

BHT¹

Biota. Human. Technology

———— International Scientific Journal ————

Electronic edition

2022





BTH

2022 | 1

International Scientific Journal

This is an international open-access, peer-reviewed electronic journal founded by the T.H. Shevchenko National University “Chernihiv Colehium”.

The Journal publishes original research papers, review articles and short communication papers in the fields of Biological Sciences, Health, Food and Chemical Technologies.

Responsibility for facts, quotations, private names, enterprises and organizations titles, geographical locations etc. to be barred by the authors.

The Editorial Office and Board do not always share the views and thoughts expressed in the articles published.

© T.H. Shevchenko National University
“Chernihiv Colehium”, 2022

Journal is reflected in the following databases:

Google Scholar
V.I. Vernadskiy National Library of Ukraine
OpenAIRE

Languages: English, Polish, Ukrainian

Frequency: 3 numbers in year

Founder: T.H. Shevchenko National University “Chernihiv Colehium”

Publisher: T.H. Shevchenko National University “Chernihiv Colehium”

Address of Editorial Office: 53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Tel. +38(067)507-8805 (Oleksandr Lukash)

Email: bht.journal.nuchc@gmail.com

EDITORIAL BOARD

Oleksandr V. LUKASH
(Editor-in-Chief)

Doctor of Biological Sciences, Professor
T.H. Shevchenko National University
"Chernihiv Colehium", Ukraine

Iryna M. KURMAKOVA
(Deputy Editor-in-Chief)

Doctor of Technical Sciences, Professor
T.H. Shevchenko National University
"Chernihiv Colehium", Ukraine

Olena S. BONDAR

Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor
T.H. Shevchenko National University
"Chernihiv Colehium", Ukraine

Yulia V. BONDARENKO

Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine

Olena E. CHYHYRYNETZ

Doctor of Technical Sciences, Professor
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine

Nataliia R. DEMCHENKO

Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor
T.H. Shevchenko National University
"Chernihiv Colehium", Ukraine

Natalia V. GREVTSEVA

Ph.D. in Technical Sciences, Professor
V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine

Olena V. HORODYSKA

Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor
T.H. Shevchenko National University
"Chernihiv Colehium", Ukraine

Vasyl V. HRUBINKO

Doctor of Biological Sciences, Professor
Ternopil Volodymyr Hnatiuk
National Pedagogical University, Ukraine

Yuri O. KARPENKO

Ph.D. in Biological Sciences, Professor
T.H. Shevchenko National University
"Chernihiv Colehium", Ukraine

Olena Yu. KUPCHYK

Ph.D. in Chemical Sciences, Associate Professor
T.H. Shevchenko National University
"Chernihiv Colehium", Ukraine

Natalia M. KURCHALUK

Doctor of Biological Sciences, Professor
Akademia Pomorska w Slupsku, Poland

Svitlana V. KYRIENKO

Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor
T.H. Shevchenko National University
"Chernihiv Colehium", Ukraine

Nadiia V. LAPITSKA

Ph.D. in Technical Sciences
T.H. Shevchenko National University
"Chernihiv Colehium", Ukraine

Olga B. MEKHED

Doctor of Pedagogical Sciences,
Ph.D. in Biological Sciences, Professor
T.H. Shevchenko National University
"Chernihiv Colehium", Ukraine

Nataliia V. TKACHUK
(Managing Editor)

Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor
T.H. Shevchenko National University
"Chernihiv Colehium", Ukraine

Olga I. SYZA
(Deputy Editor-in-Chief)

Doctor of Technical Sciences, Professor
T.H. Shevchenko National University
"Chernihiv Colehium", Ukraine

Svitlana H. OLIINYK

Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor
State Biotechnological University, Ukraine

Lee T. OSTROM

Ph.D., Professor
University of Idaho, USA

Kateryna V. RUBANKA

Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor
National University of Food Technologies, Ukraine

Olga V. SAMOKHVALOVA

Ph.D. in Technical Sciences, Professor
State Biotechnological University, Ukraine

Olesia M. SAVCHENKO

Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor
T.H. Shevchenko National University
"Chernihiv Colehium", Ukraine

Mariia I. SHANAIDA

Doctor in Pharm. Sciences, Associate Professor,
Ph.D. in Biological Sciences
I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ukraine

Nataliia O. SMOLIAR

Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor
National University "Yuri Kondratyuk
Poltava Polytechnic", Ukraine

Halyna M. TKACHENKO

Doctor of Biological Sciences, Professor
Akademia Pomorska w Slupsku, Poland

Andrei G. TSURYKAU

Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor
Francisk Skorina Gomel State University,
Republic of Belarus

Viktoria I. VOROBYOVA

Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine

Viktor O. YANCHENKO

Ph.D. in Pharmacological Sciences, Associate Professor
T.H. Shevchenko National University
"Chernihiv Colehium", Ukraine

Liubov B. ZELENA

Ph.D. in Biological Sciences, Senior Research Fellow
Danylo Zabolotny Institute of Microbiology
and Virology, NAS of Ukraine, Ukraine

Alla O. ZHYDENKO

Doctor of Biological Sciences, Professor
T.H. Shevchenko National University "Chernihiv
Colehium", Ukraine

Foreword

from the Editor-in-Chief

There is no need to convince readers of the first our issue that the natural environment is created and maintained by living organisms, the totality of which is biota. The study of the diversity of living, which began since the day of Hippocrates, Aristotle, and Theophrastus, has not lost its relevance in the modern scientific world. In the 21st century, the search for scientists in quite diverse – from inventory species diversity of ecosystems to the study of adaptation mechanisms of organisms and biota metagenomic studies.

The biota, for which there are no administrative boundaries, compensates for any environmental disturbances that do not exceed the threshold of destruction of the biota itself. This implies the need for international cooperation in various fields of living research. In order to bring together scholars who study different aspects of biotic potential of the environment and its conservation, we are launching the international scientific journal *Biota. Human. Technology*. We are the part of the Editorial Board of the Journal attracted scientists from different countries, who carry out scientific research in various fields of Biology, Ecology, Health, Food and Chemical Technologies.

We expect from our potential authors original articles dedicated to the results of diverse studies of living matter at different levels of the organization – from molecular to biosphere. We look forward to articles on the problems of the functioning of biological systems (including the human body), biodiversity protection of the environment, as well as healthy human nutrition and technological processes.

The BHT Journal pages always have a place to cover the results of scientific discussions which were made by researchers from all the world.

Respectfully Yours,
Prof. O. Lukash



CONTENTS



PHYTOBIOTA



ФІТОБІОТА

Oleksandr Lukash, Iryna Miroshnyk, Volodymyr Boiko

THE INVASIVE SPECIES OF THE CHERNIHIV CITY FLORA (UKRAINE)

INWAZYJNE GATUNKI FLORY MIASTA CZERNIHÓW (UKRAINA)

[in Polish]

- 7 -

Svitlana Kyriienko

THE BIOMASS USING FOR THE ENERGY NEEDS
IN THE NORTHERN REGIONS OF THE UKRAINE

ВИКОРИСТАННЯ БІОМАСИ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОТРЕБ
У ПІВНІЧНИХ ОБЛАСТЯХ УКРАЇНИ

[in Ukrainian]

- 20 -



MICROBIOTA



МІКРОБІОТА

Nataliia Tkachuk, Liubov Zelena, Yevheniy Olkhovik

ISOLATION OF ACTINOBACTERIES FROM THE SOIL
FERROSPHERE AND THEIR IDENTIFICATION

ВИДІЛЕННЯ АКТИНОБАКТЕРІЙ З ФЕРОСФЕРИ ҐРУНТУ
ТА ЇХ ІДЕНТИФІКАЦІЯ

[in Ukrainian]

- 33 -



FUNCTIONING OF BIOLOGICAL SYSTEMS



ФУНКЦІОНУВАННЯ БІОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

*Halyna Tkachenko, Natalia Kurhaluk, Myroslava Maryniuk,
Maryna Opryshko, Oleksandr Gyrenko, Lyudmyla Buyun*

EFFECT OF ROSEMARY ESSENTIAL OIL ON LIPID PEROXIDATION
IN THE WALNUTS OIL

ВПЛИВ ЕФІРНОЇ ОЛІЇ РОЗМАРИНУ НА ПЕРЕКИСНЕ ОКИСЛЕННЯ ЛІПІДІВ
В ОЛІЇ ВОЛОСЬКОГО ГОРІХА

[in English]

- 46 -

Kateryna Semenenko, Nataliia Demchenko

FUNCTIONAL CONDITION OF THE TEEN'S RESPIRATORY
SYSTEM WITH DIFFERENT TYPES OF PHYSICAL DEVELOPMENT

ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН ДИХАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПІДЛІТКІВ
З РІЗНИМИ ТИПАМИ ФІЗИЧНОГО РОЗВИТКУ

[in Ukrainian]

- 56 -



BIOTIC REGULATION OF THE ENVIRONMENT



БІОТИЧНА РЕГУЛЯЦІЯ ДОВКІЛЛЯ

Olga Mekhed, Lidia Polotnyanko, Alina Papka

MICROMYCETES OF SKIN AND GILL OF *CYPRINUS CARPIO*
AS ACTION OF SURFACE ACTIVE SUBSTANCES

МІКРОМІЦЕТИ ШКІРИ ТА ЗЯБЕР КОРОПА ЗА ДІЇ
ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН

[in Ukrainian]

- 67 -

Viacheslav Poletai

EXCRETORY FUNCTION OF THE LIVER OF FISH AS AN INDICATOR OF
ANTHROPOGENIC CHEMICAL POLLUTION OF WATER BODIES

ЕКСКРЕТОРНА ФУНКЦІЯ ПЕЧІНКИ РИБ ЯК ПОКАЗНИК
ХІМІЧНОГО АНТРОПОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ ВОДОЙМ

[in Ukrainian]

- 74 -



FOOD TECHNOLOGIES



ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

*Olga Syza, Olesya Savchenko, Iryna Zhurok,
Nadiya Lapytska, Olena Gorodyska*

INVESTIGATION OF THE COMPOSITION OF THE MICROFLORA OF LEAVENS'
SPONTANEOUS FERMENTATION FOR RYE-WHEAT BREAD

ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДУ МІКРОФЛОРИ ЗАКВАСОК СПОНТАННОГО БРОДІННЯ
ДЛЯ ЖИТНЬО-ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА

[in Ukrainian]

- 83 -



CHEMICAL TECHNOLOGIES



ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Olena Bondar, Kateryna Vasilenko, Oleksandr Makei, Iryna Kurmakova

QUANTUM-CHEMICAL CHARACTERIZATION OF THE NEW
[1,2,4]TRIAZOLO[1,5-A]PYRIMIDINE DERIVATIVES

WITH BIOLOGICAL ACTIVITY

КВАНТОВО-ХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА НОВИХ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ПОХІДНИХ
[1,2,4]ТРИАЗОЛО[1,5-А]ПІРИМІДИНУ

[in Ukrainian]

- 98 -

Olena Kupchyk, Anastasiya Savonova

ASSESSMENT OF THE CONTENT OF DISSOLUBLE FORMS
OF Fe, Zn, Cu, Cd AND Pb IN SOIL

ОЦІНКА ВМІСТУ РУХОМИХ ФОРМ FE, ZN, CU, CD ТА PB В ҐРУНТІ

[in Ukrainian]

- 107 -



ΡΗΥΤΟΒΙΟΤΑ
ΦΙΤΟΒΙΟΤΑ



UDC 581.524.2(477.51)

Oleksandr Lukash, Iryna Miroshnyk, Volodymyr Boiko



THE INVASIVE SPECIES OF THE CHERNIHIV CITY FLORA (UKRAINE) INWAZYJNE GATUNKI FLORY MIASTA CZERNIHÓW (UKRAINA)

DOI: 10.5281/zenodo.7110899

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Lukash O., Miroshnyk I., Boiko V., 2022

ABSTRACT

Purpose: to do the analysis of the invasive species of the Chernihiv city flora (Ukraine).

Methodology. The invasive species of Chernihiv were selected on the basis of the "List of the alien species that are proposed to be considered as dangerous invasive ones on the territory of Ukraine and included in the "black list"". The analysis of the geographic origin of the invasive species was made on the basis of the arealogical data on the synanthropic species given in domestic and foreign works. 335 geobotanical descriptions were made to determine the ecological and cenotic range of the invasive species in the city of Chernihiv. The syntaxon identification was made on the basis of the ecological and floristic classification.

Scientific novelty. 34 invasive species were found in the adventitious fraction of the Chernihiv city flora, their phytocenotic and geographical analysis was made. It is established that the natural conditions of the study area and the factors of anthropogenic impact on the environment first of all contribute to the spread of the kenophytes of the North American origin. It was proved that the active spread of *Ambrosia artemisiifolia* quarantine weed over the last decade had been causing a particular danger.

Conclusions. In Chernihiv, we observe the expansion of the invasive species that came to the region 120-50 years ago (*Acer negundo*, *Amorpha fruticosa*, *Cyclachaena xanthiifolia*, *Impatiens parviflora*, *Xanthium albinum*, *Echinocystis lobata*, etc.), and also the alien species (*Ambrosia artemisiifolia*, *Bidens frondosa*, *Solidago canadensis*, *Heracleum mantegazzianum*, *Reynoutria japonica*, *Impatiens glandulifera* Royle, *Helianthus subcanescens*).

The hydrophilic species such as *Bidens frondosa*, *Echinocystis lobata* and *Impatiens glandulifera* have the largest phytocenotic spectrum in the natural plant communities. The range of the most vulnerable to the invasive plant communities (in order of decreasing their stability) in Chernihiv is the following: moderately moist meadow communities of the *Arrhenatherion* and *Agropyro-Rumicion crispi* alliances – the *Salicion albae* forested and shrubby floodplain communities – the *Alnion incanae* not swampy forests, the Dicrano-Pinion pine forests – the *Epilobion angustifoliae* dry outskirts communities.

The synanthropic communities affected by the invasive species belong to 17 alliances. *Acer negundo*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Echinocystis lobata*, *Helianthus subcanescens*, *Heracleum mantegazzianum*, *Solidago canadensis*, *Robinia pseudoacacia*, the species of the *Amaranthus*, *Cannabis sativa*, *Coryza canadensis*, *Galinsoga parviflora*, *G. urticifolia*, *Impatiens parviflora*, *Phalacrolooma annuum*, *Phalacrolooma septentrionale* kind have the largest phytocenotic spectrum and frequency of the occurrence in these synanthropic plant communities.

Further rooting of kenophytes in the invasive natural plant communities due to the low competitiveness of the native flora species may lead to a loss of the representativeness of the natural florocenocomplexes of the Chernihiv outskirts.

Key words: flora, invasive species, phytocenosis.

STRESZCZENIE

Celem pracy było przeprowadzenie analizy inwazyjnych gatunków flory miasta Czernihów (Ukraina).

Metodologia. Rośliny inwazyjne Czernihowa są wyróżnione na podstawie „Wykazu gatunków roślin obcych, proponowanych jako inwazyjne w Ukrainie i możliwe do umieszczenia na czarnej liście”. Analizy geograficznego pochodzenia inwazyjnych roślin dokonano na podstawie danych o areałach roślin synantropijnych, wymienionych w w pismach krajowych i zagranicznych naukowców. W celu określenia powinowactwa gatunków inwazyjnych ze środowiskiem i fitocenozą w mieście Czernihów zakończono 335 geobotanicznych opisów. Syntaksyony były identyfikowane zgodnie z klasyfikacją ekologiczną i florystyczną.

Nowość naukowa. W zawleczonej frakcji flory Czernihowa stwierdzono 34 inwazyjne gatunki roślin. Badania warunków środowiskowych regionu i antropogenicznego wpływu na środowisko przyrodnicze w pierwszej kolejności sprzyjają rozpowszechnieniu się kenofitów pochodzenia północnoamerykańskiego. Szczególne niebezpieczeństwo stwarza aktywne rozpowszechnienie się w ciągu ostatniego dziesięciolecia kwarantannowego burzanu *Ambrosia artemisiifolia*.

Wnioski. W Czernihowie obserwuje się ekspansję roślin inwazyjnych, które trafiły na ten teren 120–50 lat temu (*Acer negundo*, *Amorpha fruticosa*, *Cyclachaena xanthiifolia*, *Impatiens parviflora*, *Xanthium albinum*, *Echinocystis lobata* i tym podobne), i najnowszych roślin pochodzenia obcego (*Ambrosia artemisiifolia*, *Bidens frondosa*, *Solidago canadensis*, *Heracleum mantegazzianum*, *Reynoutria japonica*, *Impatiens glandulifera*, *Helianthus subcanescens*).

Największe fitocenotyczne spektrum w przyrodniczych zbiorowiskach roślinnych mają higrofilne rośliny *Bidens frondosa*, *Echinocystis lobata* i *Impatiens glandulifera*. Wśród najbardziej wrażliwych na inwazyjne rośliny i ich roślinne zbiorowiska w Czernihowie są: podmokłe łąkowe zbiorowiska z aliansu *Arrhenatherion* i *Agropyro-Rumicion crispi*, leśne i krzaczaste łąkowe zbiorowiska *Salicion albae* – higrofilne niezabagnione lasy *Alnion incanae*, lasy iglaste Dicrano-Pinion, suche skrajne zbiorowiska leśne *Epilobion angustifoliae*.

Do zbiorowisk synantropijnych, porażonych roślinami inwazyjnymi, należy 17 aliansów. Największe fitocenotyczne spektrum i częstość występowania w tych synantropijnych roślinnych zbiorowiskach mają *Acer negundo*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Echinocystis lobata*, *Helianthus subcanescens*, *Heracleum mantegazzianum*, *Solidago canadensis*, *Robinia pseudoacacia*, gatunki *Amaranthus*, *Cannabis sativa*, *Comyza canadensis*, *Galinsoga parviflora*, *G. urticifolia*, *Impatiens parviflora*, *Phalacrolooma annuum*.

Phalacrolooma septentrionale. Późniejsze korzenienie kenofitów i przyrodnicze roślinne zbiorowiska dzięki niskiej konkurencyjności roślin miejscowej flory może doprowadzić do straty reprezentatywności przyrodniczych florocenokompleksów okolic Czernihowa.

Słowa kluczowe: flora, gatunki inwazyjne, fitocenoza.

Opis problemu

Rzeczyniście pracy. Jednym z czynników, które stanowią przeszkodę w istnieniu zbiorowisk roślinnych i w funkcjonowaniu ekosystemów, jest rozpowszechnienie się nieautochtonicznych organizmów, do których należą rośliny inwazyjne. Na podstawie licznych danych czołowi ukraińscy specjaliści zajmujący się problemem fitoinwazji

zaznaczają [1, 2], że na Ukrainie proces adwentizacji flory postępuje, wykazując tendencję wzrostową w stosunku do liczby gatunków obcych, rozpowszechniania się ich oraz naturalizacji i rozszerzania spektrum ich miejsc wzrostów. Flora roślin naczyniowych w Czernihowie ma 1058 gatunków ([9] z uzupełnieniami autora artykułu). Zwiększony wpływ antropopresji na ekosystemy i

otoczenie Czernihówa stwarza dogodne warunki do fitoinwazji.

Analiza pozostałych raportów i publikacji. W związku z tym liczne publikacje z ostatnich lat wskazują na konieczność badania obcych gatunków roślinnych, a w szczególności inwazyjnych [3, 4, 5, 6, 7]. Według L.I. Malyshev [8], łatwość adaptacji roślin zawleczonych, zwłaszcza w środkowej i północnej części pasma Europy, wynika z tego, że lokalna flora nie jest jeszcze w pełni „ustabilizowana” od czasu jej naruszenia w ostatniej fazie zlodowacenia. W związku z tym lokalna flora nie osiągnęła jeszcze zrównoważonego stanu dynamicznej równowagi i tkwi w układzie zamkniętym. Ponadto na zwiększenie liczby gatunków obcych oraz tempo ich rozprzestrzeniania się ma wpływ antropogeniczna działalność człowieka.

Celem pracy było przeprowadzenie Geograficzna i fitocenityczna analizy inwazyjnych gatunków flory miasta Czernihów (Ukraina).

Metodologia. Rośliny inwazyjne Czernihówa są wyróżnione na podstawie „Wykazu gatunków roślin obcych, proponowanych jako inwazyjne w Ukrainie i możliwe do umieszczenia na czarnej liście” [10]. Nazwy grup taksonomicznych przedstawiono w „Vascular plants of Ukraine: a nomenclatural Checklist” [11]. Analizy geograficznego pochodzenia inwazyjnych roślin dokonano na podstawie danych o areałach roślin synantropijnych, wymienionych w monografii V. V. Protopopovoj [12]. W celu określenia powinowactwa gatunków inwazyjnych ze środowiskiem i fitocenozą w mieście Czernihów zakończono 335 geobotanicznych opisów. Syntaksyony były identyfikowane zgodnie z pracami Matuszkiewicza [13] i Sołomachy [14]. Wspomniano również częstotliwości występowania (w aliansie), biorąc pod uwagę zaproponowaną skalę punktów: 5 – bardzo często (występowanie rejestrowane częściej niż w 80 % opisów), 4 – często (61–80 %), 3 – sporadycznie (41–60 %), 2 – stosunkowo rzadko (21–40 %), 1 – bardzo rzadko (11–20 %).

Nowość naukowa. W zawleczonej frakcji flory Czernihówa stwierdzono 34 inwazyjne gatunki roślin. Badania warunków środowiskowych regionu i antropogenicznego wpływu na środowisko

przyrodnicze w pierwszej kolejności sprzyjają rozpowszechnieniu się kenofitów pochodzenia północnoamerykańskiego. Szczególne niebezpieczeństwo stwarza aktywne rozpowszechnienie się w ciągu ostatniego dziesięciolecia kwarantannowego burzanu *Ambrosia artemisiifolia*.

Wyniki i ich omówienia

W zawleczonej frakcji flory Czernihówa występują rośliny, których obecność związana jest z działalnością człowieka, a ich obwód pochodzenia znajduje się poza zasięgiem badanego regionu [12]. Ujawniono 34 gatunki roślin inwazyjnych, które można podzielić na trzy grupy.

Pierwszą z nich stanowią rośliny znajdujące się na „czarnej liście” zarówno w całej Europie, jak i w „Spisie inwazyjnych roślin Ukrainy”. Rośliny te dobrze zaaklimatyzowały się na Ukrainie i znajdują się w fazie ekspansji na nowe terytoria i nowe typy siedlisk. Do grupy tej należą: *Acer negundo* L., *Ambrosia artemisiifolia* L., *Amorpha frutcosa* L., *Bidens frondosa* L., *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. et A. Gray, *Grindelia squarrosa* (Pursh) Dunal, *Helianthus subcanescens* (A. Gray) E. E. Watson, *Heracleum mantegazzianum* Sommier et Levier, *Cyclachaena xanthifolia* (Nutt.) Fresen (*Iva xanthifolia* Nutt.), *Padus serotina* (Ehrh.) Ag. (*Prunus serotina* Ehrh.), *Reynoutria japonica* Houtt. (*Fallopia japonica* (Houtt.) Ronse Decr.), *Polygonum cuspidatum* Siebold et Zucc.), *Solidago canadensis* L.

Druga grupa to rośliny umieszczone na „czarnej liście” w obrębie całej Europy, które dobrze zaaklimatyzowały się na Ukrainie, prowadzą ekspansję na nowe terytoria i nowe typy siedlisk oraz charakteryzują się szeroką amplitudą ekologiczną. Zaliczamy do nich: *Elodea canadensis* Michx., *Impatiens grandiflora* Royle i *Robinia pseudoacacia* L.

Trzecia grupa to rośliny usunięte ze spisu roślin inwazyjnych Ukrainy, które dobrze zaaklimatyzowały się we florze tego kraju, prowadzą ekspansję na nowe terytoria i typy siedlisk oraz charakteryzują się szeroką amplitudą ekologiczną. W grupie tej znajdują się: *Amaranthus albus* L., *Amaranthus blitoides* S. Watson, *Amaranthus retroflexus* L., *Anisantha tectorum* (L.) Nevski (*Bromus tectorum* L.),

Artemisia annua L., *Asclepias syriaca* L., *Cannabis sativa* L. s.l., *Centaurea diffusa* Lam., *Comyza canadensis* (L.) Cronq. (*Erigeron canadensis* L.), *Cuscuta campestris* Yunck., *Galinsoga parviflora* Cav., *Galinsoga urticifolia* (Kunth) Benth. (*G. ciliata* (Raf.)

S. F. Blake), *Helianthus tuberosus* L., *Impatiens parviflora* DC., *Phalacrocoma annuum* (L.) Dumort. (*Stenactis annua* (L.) Nees, *Erigeron annuus* (L.) Pers.), *Phalacrocoma septentrionale* (Fernald et Wiegand) Tzvelev (*P. annuum* (L.) Dumort. subsp. *septentrionale* (Fernald et Wiegand) Adema; *Erigeron annuus* (L.) Pers. subsp. *septentrionalis* (Fernald et Wiegand) Wagenitz), *Xanthium albinum* (Widder), *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, *Parthenocissus inserta* (A. Kern.) Fritsch.

Wszystkie rośliny inwazyjne są kenofitami (czyli takimi, które zostały przywleczone w dany region na początku XVI w.). Wśród nich przeważają rośliny o pochodzeniu północnoamerykańskim (24 rośliny; 70,6 %): *Acer negundo* L., *Amaranthus albus* L., *A. blitoides* S. Watson, *A. retroflexus* L., *Amorpha fruticosa* L., *Asclepias syriaca* L., *Ambrosia artemisiifolia* L., *Bidens frondosa* L., *Cuscuta campestris* Yunck., *Comyza canadensis* (L.) Cronq., *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Echinocystis lobata* (Michx) Torr. & A. Gray, *Elodea canadensis* Michx., *Grindelia squarrosa* (Pursh) Dunal, *Helianthus subcanescens* (A. Gray) E. E. Watson, *H. tuberosus* L., *Impatiens glandulifera* Royle, *Padus serotina* (Ehrh.) Ag., *Phalacrocoma annuum* (L.) Dumort., *Ph. septentrionale* (Fernald & Wiegand) Tzvelev, *Parthenocissus inserta* (A. Kern.) Fritsch, *Robinia pseudoacacia* L., *Solidago canadensis* L.

V. V. Protopopova [12] zaznacza, że najszerszą amplitudę adaptacji mają gatunki północnoamerykańskie, a ich łatwość adaptacji do szaty różnych miejsc wzrostów wyjaśnia pokrewieństwem ekologicznych wymogów roślin, które stosują do jednego (holarktycznego) obwodu [12].

Wśród roślin inwazyjnych Czernichowa wyróżnia się dwa gatunki pochodzenia południowoamerykańskiego (*Galinsoga urticifolia* (Kunth) Benth., *Galinsoga parviflora* Cav.) i po jednym

gatunku pochodzenia śródziemnomorsko-wschodnioturańskiego (*Anisantha tectorum* (L.) Nevski), śródziemnomorsko-irańskiego (*Centaurea diffusa* Lam.), wschodnioazjatyckiego (*Artemisia annua* L.), środkowoazjatyckiego (*Cannabis ruderalis* Janisch.), centralnieazjatyckiego (*Impatiens parviflora* DC.), chińskiego (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle), dalekowschodniego (*Reynoutria japonica* Houtt.), kaukaskiego (*Heracleum mantegazzianum* Sommier et Levier) i środkowoeuropejskiego (*Xanthium albinum* (Widder) H. Scholz).

Rozpowszechnieniu tych roślin sprzyjają warunki klimatyczne Czernichowa (długa wiosna, wilgotne i ciepłe lato, niewielkie wahania temperatury, dostateczna ilość opadów, śnieżna zima i inne), osobliwość krajobrazowo-typologiczną struktury (terytorium ma charakter stepowo-leśny) i pstra gruntowa szata. Warunki do rozpowszechniania się ich nasion stwarzają rozwidlona hydrologia i transportowa sieć miasta.

Na szczególną uwagę zasługują kenofity, które rozpowszechniają się ekspansywnie. Mają one charakterystyczną tolerancję stresu, wysoki stopień naturalizacji, efektywne środki, szybkie tempo rozpowszechniania, wysoką phytocenotyczną aktywność i szeroką amplitudę ekologiczną [2]. Obecnie trwa ekspansja obcych gatunków roślin, które trafiły na Wschodnie Polesie w XIX w. (*Acer negundo* L., *Amorpha fruticosa* L., *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Impatiens parviflora* DC.) i 100 lat temu (*Galinsoga parviflora* Cav.), pojawiły się na terytorium regionu w okresie powojennym (*Xanthium albinum* (Widder) H. Scholz) i w latach 60. XX wieku (*Echinocystis lobata* (Michx) Torr. & A. Gray).

W ciągu ostatnich 10–15 lat na terytorium regionu charakter ekspansji zyskały *Ambrosia artemisiifolia* L., *Bidens frondosa* L., *Solidago canadensis* L., *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier, *Reynoutria japonica* Houtt., *Impatiens glandulifera* Royle, *Helianthus subcanescens* (A. Gray) E. E. Watson.

Rozszerzenie spektrum siedlisk i wzmacnianie roli obcych gatunków roślin w strukturze roślinnych zbiorowisk świadczy o zwiększeniu inwazyjnego potencjału roślin przywleczonych z upływem lat [2]. Szczególne niebezpieczeństwo w ciągu ostatniego dziesięciolecia obserwuje się, jeśli chodzi o aktywnie rozprzestrzeniający się kwarantannowy burzan *Ambrosia artemisiifolia* L. Po raz pierwszy pojawienie się pojedynczych osobników *A. artemisiifolia* odnotowano na początku XX stulecia. W 2016 r. w Czernihowie niebezpiecznym burzaniem było porośnięte około 3 ha ziem (dane kwarantannowej inspekcji w Czernihowie).

Innym kwarantannowym ksenofitem pochodzenia północnoamerykańskiego jest *Cuscuta campestris* Yunck, która w Czernihowie charakteryzuje się ograniczonym rozprzestrzenianiem się. Najwięcej terenów (0,5 ha) porośniętych *Cuscuta campestris* Yunck ujawniono na ziemiach rolniczych przedsiębiorstw i przydomowych działkach w odległości 90 km od Czernihowa w Sosnitskim rejonie (Czernihowski obwód).

W ostatnim czasie w obrębie Czernihowa i jego okolicach obserwuje się ekspansję *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier i *Impatiens glandulifera* Royle.

Heracleum mantegazzianum jest rośliną pastewną i dekoracyjną, introducent, przyrodniczy areal którego zasiedla, obejmuje Przedkawkazie i północną część Zachodniego Zakaukazia. Na leśnych działkach i skrajach lasu *H. mantegazzianum* wypiera z ziołowej kondygnacji *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Agrostis vinealis* Schreb., *Convallaria majalis* L., *Chamerion angustifolium* (L.) Holub, *Gnaphalium sylvaticum* L., *Euphorbia cyparissias* L., *Galium verum* L., *Veronica spicata* L. W zanieczyszczonych łąkowych i piaszczystych zbiorowiskach temu inwazyjnemu gatunkowi ustępują przyrodnicze trawy łąkowe (*Festuca pratensis* Huds., *Dactylis glomerata* L.) i synantropiczne gatunki. Wśród tych ostatnich występują przedstawione apofity (*Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Medicago falcata* L. aggr., *Melilotus albus* Medik., *Pastinaca sylvestris* Mill., *Daucus carota* L., *Berteroa incana* (L.) DC., *Arctium lappa* L.) i adwentowe

gatunki roślin (*Lupinus polyphyllus* Lindl., *Cyborium intibus* L., *Centaurea diffusa* Lam.). Miejscami rzutowe pokrycie *H. mantegazzianum* sięga 95 %.

Impatiens glandulifera to dekoracyjny introducent, który pochodzi z Zachodnich Himalajów i Wschodnich Indii. Uprawiany przez człowieka od 1839 r. [15]. Rozplenił się w środowisku w latach 80. XX wieku. W latach 90. XX wieku w Czernihowie obserwowano, że *I. glandulifera* intensywnie korzeni się na stanowiskach ruderalnych i w zbiorowiskach roślinnych, na które – w niewielkim stopniu, ale stale – wpływa człowiek, nadmiernie nawilżonych substratach w pobliżu zbiorników wodnych i wzdłuż cieków wodnych (łęgi rzeczek Desny i Strzyżeń). *I. glandulifera* najczęściej występuje w zbiorowiskach letnich roślin jednorocznych na nitryfikowanych, wyschniętych działkach stojących zbiorników wodnych, lecz nie zajmuje dużych terenów.

Dosyć często introducent, pokrywający powierzchnię w 5–25 %, rośnie w wilgotnych miejscach wzrostu z okresowym zatopieniem, formując zbiorowiska z przewagą traw porastających podmokłe łąki (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., *Valeriana officinalis* L., *Lysimachia vulgaris* L., *Euphorbia palustris* L., *Stachys palustris* L., *Lythrum salicaria* L., *Geranium palustre* L., *Scirpus sylvaticus* L.). Płynny *I. glandulifera* przenika zbiorowiska z dominacją *Carex acutiformis* Ehrch., *C. appropinquata* Schum., *C. omskiana* Meinsh., *C. rostratae* Stokes, *C. riparia* Curtis, *C. vesicaria* L., *C. vulpinae* L., a także w pobliskie formacje krzaczaste (z dominacją *Salix cinerea*) i leśne błota (z dominacją *Abies glutinosa* (L.) P. Gaertn.), w zielonej kondygnacji których rosną rośliny zabagnionych łąk.

Ustalono, że rośliny inwazyjne w Czernihowie są przedstawione w następujących zbiorowiskach roślinnych (syntakson jest sprowadzony do poziomu związku). Klasyfikacyjny schemat fitocenozy, porażonej inwazyjnymi roślinami, ma następujący wygląd:

LEMNETEA MINORIS R. Tx. 1955 LEMNETALIA MINORIS R. Tx. 1955

1. *Lemnion minoris* R. Tx. 1955

2. *Lemnion trisulcae* Den Hartog et Segal 1964
 3. *Hydrocharition morsus-ranae* Rübel 1933
PHRAGMITO-MAGNOCARICETEA Klika
 in Klika et Novak 1941 **PRAGMITETALIA**
 W. Koch 1926
 4. *Phragmition communis* W. Koch 1926
NASTURTIO-GLYCERIETALIA Pignatti
 1954
 5. *Glycerio-Sparganion* Br.-Bl. et Sissingh in
 Boer 1942
OENANTHETALIA Hejny in Kopecký et Hejny
 1965
 6. *Oenanthion aquaticae* Hejny 1948 ex
 Neuhäusl 1959
MAGNOCARICETALIA Pign. 1953
 7. *Magnocaricion elatae* W. Koch 1926
 8. *Carici-Rumicion hydrolapatii*
 Passarge 1964 (*Cicution virosae* Heyny
 1960)
 9. *Caricion gracilis* Neuhäusl 1959
MOLINIO-ARRHENATHERETEA R. Tx.
 1937
AGROSTIETALIA **STOLONIFERAE**
 Oberdorfer in Oberdorfer et al. 1967
 10. *Agropyro-Rumicion crispi* Nordhagen
 1940 em. R.Tx. 1950
ARRHENATHERETALIA Pawłowski 1928
 11. *Arrhenatherion* (Br.-Bl. 1925) W. Koch 1926
SALICETEA PURPUREAE Moor 1958
SALICETALIA PURPUREAE Moor 1958
 12. *Salicion albae* R. Tx. 1955
QUERCO-FAGETEA Br.-Bl. et Vlieger 1937
FAGETALIA SYLVATICAE Pawłowski 1928
 13. *Alnion incanae* Pawłowski 1928
VACCINIO-PICEETEA Br.-Bl. 1939
CLADONIO-VACCINIETALIA Kielland-
 Lund 1967
 14. *Dicrano-Pinion* Libbert 1933
EPILOBIETEA ANGUSTIFOLII R. Tx. et
 Preising 1950
EPILOBIETALIA ANGUSTIFOLII R. Tx.
 1950
 15. *Epilobion angustifoliae* R. Tx. 1950
URTICO-SAMBUCETEA Doing 1962 em.
 Passarge 1968
SAMBUCETALIA Oberdorfer 1957
 16. *Sambuco-Salicion capraeae* R. Tx. et
 Neumann 1950
BIDENTETEA **TRIPARTITI** R.Tx.,
 Lohmeyer et Preising 1950
BIDENTETALIA TRIPARTITI Br.-Bl. et R. Tx.
 1943
 17. *Bidention tripartiti* Nordhagen 1940
STELLARIETEA MEDIAE R. Tx., Lohmeyer
 et Preising 1950
CENTAURETALIA CYANI R. Tx. 1950
 18. *Aperion spicae-venti* R. Tx. et J. Tx. 1960
 19. *Lolio-Linion* R. Tx. 1950
POLYGONO-CHENOPODIETALIA (R. Tx.
 et Lohmeyer 1960) J. Tx. 1961
 20. *Panico-Setarion* Sissingh 1946
 21. *Polygono-Chenopodion* Sissingh 1946
 22. *Chenopodion glauci* R. Tx. 1950
SISYMBRIETALIA J. Tx. 1961
 23. *Sisymbrium officinalis* R. Tx., Lohmeyer,
 Preising 1950
ARTEMISIETEA VULGARIS Lohmeyer,
 Preising et R. Tx. in R. Tx. 1950 **ONOPORDETALIA**
ACANTHII Br.-Bl. et R.
 Tx. 1943
 24. *Dauco-Melilotion* Görs 1966
 25. *Potentillo-Artemision absinthii*
 Elias (1979) 1980
ARTEMISIETALIA VULGARIS Lohmeyer in R. Tx.
 1947
 26. *Arction lappae* R. Tx. 1937
GALIO-URTICETEA Passarge ex Kopecký
CONVOLVULETALIA SEPIUM R. Tx. 1950
 27. *Convolvulion sepium* R. Tx. 1947
LAMIO ALBI-CHENOPODIETALIA BONI-
HENRICI Kopecký 1969
 28. *Galio-Alliarion* Lohmeyer et Oberdorfer in
 Oberdorfer et al. 1967
 29. *Aegopodion podagrariae* R. Tx. 1967
ROBINIETEA Jurko ex Hadač et Sofron 1980
CHELIDONIO-ROBINIETALIA Hadač
 et Sofron 1980
 30. *Chelidonio-Robinion* Hadač et Sofron 1980

AGROPYRETEA REPENTIS Oberdorfer,
Th. Müller et Görs 1967

AGROPYRETALIA REPENTIS Oberdorfer,
Th. Müller et Görs 1967

31. *Convolvulo-Agrophyron repentis* Görs 1966

PLANTAGINETEA MAJORIS R. Tx. et Preising
in R. Tx. 1950

PLANTAGINETALIA MAJORIS R. Tx. 1937

32. *Polygonion avicularis* Br.-Bl. 1931 ex
Aichinger 1933.

W tabelach 1 i 2 odpowiednio pokazano
rozpowszechnienie inwazyjnych roślin w fitocenozach
przyrodniczych i roślin synantropijnych.

Tabela 1

Rozpowszechnienie inwazyjnych roślin w fitocenozach środowiska przyrodniczego Czernińowa

Syntakson*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Gatunek	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Pierwsza grupa gatunków																
<i>Acer negundo</i>												2	2		1	3
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>										2	2					
<i>Amorpha fruticosa</i>												3	1			
<i>Bidens frondosa</i>						3	2	2	2			2				
<i>Grindelia squarrosa</i>											1					
<i>Echinocystis lobata</i>				1	3		1	1	1			4	4			
<i>Helianthus subcanescens</i>											2					1
<i>Heracleum mantegazzianum</i>										1	1			1	1	
<i>Cyclachaena xanthiifolia</i>										2						
<i>Padus serotina</i>													1	2		
<i>Reynoutria japonica</i>										1	2					
<i>Solidago canadensis</i>										3	4					2
Druga grupa gatunków																
<i>Elodea canadensis</i>	3	4	3	2												
<i>Impatiens grandulifera</i>				1	2	2	2	2	1			1	1			
<i>Robinia pseudoacacia</i>											1				4	
Trzecia grupa gatunków																
<i>Ailanthus altissima</i>																
<i>Amaranthus albus</i>										3	2					
<i>Amaranthus blitoides</i>										2	1					
<i>Amaranthus retroflexus</i>										2	1					
<i>Anisantha tectorum</i>										2	1					
<i>Artemisia annua</i>											1					
<i>Asclepias syriaca</i>										2	2					1
<i>Cannabis sativa</i>										1	1					
<i>Centaurea diffusa</i>											1					2
<i>Conyza canadensis</i>										3	2			1		
<i>Cuscuta campestris</i>										2	1					
<i>Galinsoga parviflora</i>										1						
<i>Galinsoga urticifolia</i>										1						
<i>Helianthus tuberosus</i>											1					

Kontynuacja Tabeli 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<i>Impatiens parviflora</i>												3	4	2	
<i>Phalacrolooma annuum</i>										3	3			2	
<i>Phalacrolooma septentrionale</i>										2	2			1	
<i>Parthenocissus inserta</i>												1	1	2	
<i>Xanthium albinum</i>											3				

* numer syntaksonu odpowiada numerowi w klasyfikacyjnym schemacie aliansu.

Analizując fitocenotyczne powinowactwo inwazyjne roślin w Czernihówie (Tab. 1), warto zaznaczyć, że największe fitocenotyczne spektrum w przyrodniczych zbiorowiskach roślinnych mają higrofilne rośliny *Bidens frondosa*, *Echinocystis lobata* i *Impatiens grandulifera*. Najmniej odporne na rośliny inwazyjne są zbiorowiska łąkowe (klasa *Molinio-Arrhenatheretea* R. Tx. 1937), w szczególności podmokłe łąki na bogatych gruntach (alians *Arrhenatherion* (Br.-Bl. 1925) W. Koch 1926) i zbiorowiska bogatych gruntów ciężkiego

mechanicznego składu (alians *Agropyro-Rumicion crispi* Nordhagen 1940 em. R. Tx. 1950).

Wrażliwe na fitoinwazję są również łąkowe formacje leśne i krzaczaste (alians *Salicionalbae* R. Tx. 1955), higrofilne niezabagnione lasy (alians *Alnion incanae*), lasy iglaste (*Dicrano-Pinion* Libbert 1933, najpierw zbiorowiska asocjacji *Dicrano-Pinetum sylvestris* Preising et Knapp ex Oberdorfer 1957 i *Peucedano-Pinetum* W. Matuszkiewicz (1962) 1973 oraz skrajne suche zbiorowiska leśne (alians *Epilobion angustifoliae* R. Tx. 1950).

Tabela 2

Rozpowszechnienie inwazyjnych roślin w fitocenozach środowiska synantropijnego Czernihowa

Gatunek	Syntakson																	
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Pierwsza grupa gatunków																		
<i>Acer negundo</i>								3	3	3				4	3			1
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>			3	2	2	2	2	4	2	3	2					4	3	
<i>Amorpha fruticosa</i>														1				
<i>Bidens frondosa</i>		4										2						
<i>Grindelia squarrosa</i>												2						
<i>Echinocystis lobata</i>	4	3			2	3	2	1					2	3	1			
<i>Helianthus subcanescens</i>			2	1				4	3	4							2	
<i>Heracleum mantegazzianum</i>	2										2	2		3	2	2		
<i>Cyclachaena xanthiifolia</i>								2	3							4		
<i>Padus serotina</i>														1	3			
<i>Reynoutria japonica</i>								2		1								
<i>Solidago canadensis</i>			1	2				2	3	3	3						5	
Druga grupa gatunków																		
<i>Elodea canadensis</i>																		
<i>Impatiens grandulifera</i>	2	3								3								
<i>Robinia pseudoacacia</i>								1	1	1				3	5	2		

Kontynuacja Tabeli 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Trzecia grupa gatunków																	
<i>Ailanthus altissima</i>								1									
<i>Amaranthus albus</i>			3		5	5	5	1	2		3		3				
<i>Amaranthus blitoides</i>					3	3	3	1		1			1				
<i>Amaranthus retroflexus</i>					4	3	3	2	1	2	3		1				
<i>Anisantha tectorum</i>			1		1		1	1	1							2	
<i>Artemisia annua</i>						1	1	2		1							
<i>Asclepias syriaca</i>								1	1	1						2	
<i>Cannabis sativa</i>					2	2	2	3	3	1	2						1
<i>Centaurea diffusa</i>			3					2	2								
<i>Conyza canadensis</i>			5	4	4	4	4	4	4	5	3						
<i>Cuscuta campestris</i>													2	2	1		
<i>Galinsoga parviflora</i>					5	5	5	1	1	2	1						1
<i>Galinsoga urticifolia</i>					4	4	4	1	1	1	1						
<i>Helianthus tuberosus</i>									1	1	1					2	
<i>Impatiens parviflora</i>	2				1	1	1						2	3	5		
<i>Phalacrolooma annuum</i>			2	1				5	4	4	2	1	2		1		2
<i>Phalacrolooma septentrionale</i>			2	1				3	3	2			1				1
<i>Parthenocissus inserta</i>															3		
<i>Xanthium albinum</i>		3								2	1						1

* numer syntaksonu odpowiada numerowi w klasyfikacyjnym schemacie aliansu.

Z tabeli 2 wynika, że największe fitocenotyczne spektrum i częstość występowania w synantropijnych zbiorowiskach roślinnych mają *Acer negundo*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Echinocystis lobata*, *Helianthus subcanescens*, *Heracleum mantegazzianum*, *Solidago canadensis*, *Robinia pseudacacia*, rośliny *Amaranthus*, *Cannabis sativa*, *Conyza canadensis*, *Galinsoga parviflora*, *G. urticifolia*, *Impatiens parviflora*, *Phalacrolooma annuum*,

Phalacrolooma septentrionale.

W 26 fitocenozach synantropijnych ujawniono wzrost gatunku kwarantanny *Ambrosia artemisiifolia*. Informacje na temat stopnia zanieczyszczenia fitocenozy tym niebezpiecznym gatunkiem podano w tabeli 3.

Tabela 3

Rozpowszechnienie *Ambrosia artemisiifolia* L. w fitocenozach środowiska synantropijnego Czernińowa

Fitocenoza	Liczba gatunków	Całkowity zasięg projekcyjny, %	Zasięg projekcyjny <i>Ambrosia artemisiifolia</i> , %
1	2	3	4
1	16	70	30
2	8	50	10
3	4	60	45
4	7	70	60
5	4	50	30

Kontynuacja Tabeli 3

1	2	3	4
6	6	80	40
7	10	60	30
8	6	70	60
9	6	50	40
10	5	60	20
11	10	70	20
12	6	70	60
13	8	50	10
14	9	80	20
15	6	50	5
16	7	70	15
17	9	70	15
18	7	60	20
19	9	60	1
20	10	70	1
21	6	60	10
22	10	70	10
23	12	70	5
24	11	50	5
25	12	50	15
26	11	70	15

Na ogół w Czernihówie i jego okolicach wśród roślin inwazyjnych przeważają takie, które naturalizowały się na transformowanych, wtórnych miejscach wzrostów – epekofity (22 rośliny; 74,7 %) – rośliny, które naturalizowały się w przyrodniczych i półprzyrodniczych siedliskach – agriofity (11, 32,35 %) – oraz kolonofity (1, *Ailanthus altissima*), który rozprzestrzenił się w wielu regionach Europy i jest w fazie ekspansji na nowe typy siedlisk.

Wnioski

W zawleczonej frakcji flory Czernihowa stwierdzono 34 inwazyjne gatunki roślin. Badania warunków środowiskowych regionu i antropogenicznego wpływu na środowisko przyrodnicze w pierwszej kolejności sprzyjają rozpowszechnieniu się kenofitów pochodzenia północnoamerykańskiego. Szczególnie niebezpieczeństwo stwarza aktywne rozpowszechnienie się w ciągu ostatniego dziesięciolecia

kwarantannowego burzanu *Ambrosia artemisiifolia*.

W Czernihówie obserwuje się ekspansję roślin inwazyjnych, które trafiły na ten teren 120–50 lat temu (*Acer negundo*, *Amorpha fruticosa*, *Cyclachaena xanthifolia*, *Impatiens parviflora*, *Xanthium albinum*, *Echinocystis lobata* i tym podobne), i najnowszych roślin pochodzenia obcego (*Ambrosia artemisiifolia*, *Bidens frondosa*, *Solidago canadensis*, *Heracleum mantegazzianum*, *Reynoutria japonica*, *Impatiens glandulifera*, *Helianthus scaberrimus*).

Największe fitocenotyczne spektrum w przyrodniczych zbiorowiskach roślinnych mają higrofilne rośliny *Bidens frondosa*, *Echinocystis lobata* i *Impatiens glandulifera*. Wśród najbardziej wrażliwych na inwazyjne rośliny i ich roślinne zbiorowiska w Czernihówie są: podmokłe łąkowe zbiorowiska z aliansu *Ambrosetherion* i *Agropyro-Rumicion crispi*, leśne i krzaczaste łąkowe zbiorowiska *Salicion albae* – higrofilne niezabagnione lasy *Alnion incanae*, lasy iglaste *Dicrano-Pinion*, suche skrajne zbiorowiska leśne *Epilobion angustifoliae*.

Do zbiorowisk synantropijnych, porażonych roślinami inwazyjnymi, należy 17 aliansów. Największe fitocenotyczne spektrum i częstość występowania w tych synantropijnych roślinnych zbiorowiskach mają *Acer negundo*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Echinocystis lobata*, *Helianthus subcanescens*, *Heracleum mantegazzianum*, *Solidago canadensis*, *Robinia pseudoacacia*, gatunki *Amaranthus*, *Cannabis sativa*, *Coryza canadensis*,

Galinsoga parviflora, *G. urticifolia*, *Impatiens parviflora*, *Phalacrolooma annuum*, *Phalacrolooma septentrionale*.

Późniejsze korzenie kenofitów i przyrodnicze roślinne zbiorowiska dzięki niskiej konkurencyjności roślin miejscowej flory może doprowadzić do straty reprezentatywności przyrodniczych florocenokompleksów okolic Czernihowa.

References

1. Protopopova, V., and Shevera, M. (1999). Analysis of the modern phytoinvasions in Ukraine. *Proceedings 5th International Conf. on the Ecology of Invasive Alien Plants. Abstract Book (Maddalena, 13–16 October, 1997)*. La Maddalena, Italy : ICEIAP. 96–97.
2. Protopopova, V. V., Mosiakin, S. L., and Shevera, M. V. (2002). Fitoinwazii v Ukraini yak zahroza bioriznomanittiu: suchasnyi stan i zavdannia na maibutnie [Phytoinvasions in Ukraine as a Threat to Biodiversity: Current Status and Challenges for the Future]. Kyiv, Ukraine : Institut botaniki im. M. H. Kholodnoho.
Протопопова В.В., Мосякін С.Л., Шевера М.В. Фітоінвазії в Україні як загроза біорізноманіттю: сучасний стан і завдання на майбутнє. Київ: Інститут ботаніки ім. М. Г Холодного НАН України, 2002. 32 с.
3. Richardson, D., Pyšek, P., and Rejmánek, M. (2000). Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions*, 6, 93–107.
4. Hierro, J. L., Maron, J. L., and Callaway, R. M. (2005). A biogeographical approach to plant invasions: the importance of studying exotics in their introduced and native range. *Journal of Ecology*, 93, 5–15.
5. Lambdon, P., Pyšek, P., and Arianousou, M. (2008). Alien flora of Europe: species diversity, temporal trends, geographical patterns and research Needs. *Preslia*, 80, 101–149.
6. Plant invasions: Human perception, ecological impacts and management (2008). Leiden, Netherlands: Backhuys Publishers.
7. Protopopova, V. V., and Shevera, M. V. (2008). Rozvytok doslidzhen fitoinwazii v Ukraini pid vplyvom idei Ch. Eltona [Development of Phytoinvasion Studies in Ukraine under the Influence of Ch. Elton's Ideas]. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal*, 65, 6, 922–934.
Протопопова В. В., Шевера М. В. Розвиток досліджень фітоінвазій в Україні під впливом ідей Ч. Елтона. *Український ботанічний журнал*. 2008. 65. 6. С. 922–934.
8. Malyshev, L. Y. (1981). Yzmenenye flor Zemnoho shara pod vlyianiem antropohennoho davlenia [Changing the flora of the globe under the influence of anthropogenic pressure]. *Nauchnye doklady vysshei shkoly. Vyolohycheskie nauki*, 3 (207), 5–19.
Мальшев Л. И. Изменение флор Земного шара под влиянием антропогенного давления. *Научные доклады высшей школы. Биологические науки*. 1981. 3 (207). С. 5–19.
9. Zavyalova, L. V. (2010). A Checklist of Chernihiv urban flora. Kyiv, Ukraine: Phytosociocentre.

10. Abduloieva, O., Karpenko, N., and Senchylo, O. (2008). Obhruntuvannia Chornoho spysku zahrozlyvykh dlia bioriznomanittia invaziinykh roslyn Ukrainy [Substantiation of the Black list of invasive biodiversity of invasive plants of Ukraine]. *Visnyk Kyivskoho nats. universytetu im. T. Shevchenka. Seria: biolohiia – Bulletin of the Taras Shevchenko Kyiv National University. Series: Biology*, 52–53, 108–110.

Абдулоєва О., Карпенко Н., Сенчило О. Обґрунтування Чорного списку загрозливих для біорізноманіття інвазійних рослин України. Вісник Київського нац. університету ім. Т.Шевченка. Серія: біологія. 2008. Вип. 52–53. С. 108–110.

11. Mosyakin, S. L., and Fedoronchuk, M. M. (1999). Vascular plants of Ukraine: a nomenclatural Checklist. Kyiv, Ukraine.

12. Protopopova, V. V. (1991). Synantropnaia flora Ukrainy u puty ee razvytyia. Kyiv, Ukraine: Naukova dumka.

Протопопова В. В. Синантропная флора Украины и пути ее развития. Киев: Наукова думка, 1991.

13. Matuszkiewicz, W. (2001). Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Warszawa, Poland: Wydawnictwo naukowe PWN.

14. Solomakha, V. A., Kostylov, O. V., Sheliakh-Sosonko, Yu. R. (1992). Synantropna roslynnist Ukrainy. Kyiv, Ukraine : Naukova dumka.

Соломаха В. А., Костильов О. В., Шеляг-Сосонко Ю. Р. Синантропна рослинність України. Київ: Наукова думка, 1992.

15. Golovkin, B. N., Kitaeva, L. A., and Nemchenko, E. P. (1981). Dekorativnyie rasteniya SSSR. Moscow, USSR : Mysl.

Головкин Б. Н., Китаева Л. А., Немченко Е. П. Декоративные растения СССР. Москва: Мысль, 1986.

ІНВАЗІЙНІ ВИДИ ФЛОРИ МІСТА ЧЕРНІГІВ (УКРАЇНА)

АНОТАЦІЯ

Мета роботи: здійснити аналіз інвазійних видів флори міста Чернігів (Україна).

Методологія. Інвазійні види м. Чернігова виділені на основі «Переліку чужинних видів, які пропонується визнати небезпечними інвазійними на території України та включити до “чорного списку”». Аналіз географічного походження інвазійних видів здійснено на основі ареалогічних даних про синантропні види, наведених у вітчизняних та зарубіжних працях. Для визначення еколого-ценотичної приуроченості інвазійних видів у межах м. Чернігова виконано 335 геоботанічних описів. Ідентифікація синтаксонів проводилася на основі еколого-флористичної класифікації.

Наукова новизна. У адвентивній фракції флори м. Чернігова виявлено 34 інвазійні види, проведено їх фітоцентичний та географічний аналіз. Встановлено, що природні умови регіону досліджень та чинники антропогенного впливу на довкілля у першу чергу сприяють поширенню кенофітів північноамериканського походження. Доведено, що особливу небезпеку становить активне поширення протягом останнього десятиріччя карантинного бур'яну *Ambrosia artemisiifolia*.

Висновки. У м. Чернігові спостерігаємо експансію інвазійних видів, які потрапили у регіон 120–50 років тому (*Acer negundo*, *Amorpha fruticosa*, *Cyclachaena xanthiifolia*, *Impatiens parviflora*, *Xanthium albinum*, *Echinocystis lobata* тощо), а й новітніх чужорідних видів (*Ambrosia artemisiifolia*, *Bidens frondosa*, *Solidago canadensis*, *Heracleum mantegazzianum*, *Reynoutria japonica*, *Impatiens glandulifera* Royle, *Helianthus subcanescens*).

Найбільший фітоценотичний спектр у природних рослинних угрупованнях мають гігрофільні види *Bidens frondosa*, *Echinocystis lobata* та *Impatiens grandulifera*. Ряд найбільш вразливих щодо інвазійних видів рослинних угруповань (у порядку зменшення стійкості) в м. Чернігові є таким: помірно зволожені лучні угруповання союзів *Arrhenatherion* та *Agropyro-Rumicion crispi* – лісові та чагарникові заплавні угруповання *Salicion albae* – гігрофільні незаболочені ліси *Alnion incanae*, соснові ліси *Dicrano-Pinion* – сухі узлісні угруповання *Epilobion angustifoliae*.

Синантропні угруповання, вражені інвазійними видами належать до 17 союзів. Найбільші фітоценотичний спектр і частоту трапляння у цих синантропних рослинних угрупованнях мають *Acer negundo*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Echinocystis lobata*, *Helianthus subcanescens*, *Heracleum mantegazzianum*, *Solidago canadensis*, *Robinia pseudoacacia*, види роду *Amaranthus*, *Cannabis sativa*, *Coryza canadensis*, *Galinsoga parviflora*, *G. urticifolia*, *Impatiens parviflora*, *Phalacrolooma annuum*, *Phalacrolooma septentrionale*.

Подальше укорінення кенофітів у інвазіабельні природні рослинні угруповання завдяки низькій конкурентноздатності видів місцевої флори може призвести до втрати репрезентативності природних флороценокомплексів околиць Чернігова.

Ключові слова: флора, інвазійні види, фітоценози

Received: 27.12.2019. Accepted: 23.01.2020. Published: 07.01.2022.

Cite this article in APA Style as:

Lukash, O., Miroshnyk, I., and Boiko, V. (2022). Inwazyjne gatunki flory miasta Czernihów (Ukraina) [Invasive species of the Chernihiv city flora (Ukraine)]. *BHT: Biota. Human. Technology*, 1(1), 7–19. (in Ukrainian)

Information about the authors:

Lukash O. [in Ukrainian: Лукаш О.]¹, Dr. of Biol. Sc., Prof., email: lukash2011@ukr.net

ORCID: 0000-0003-2702-6430 Scopus-Author ID: 57202369398

Department of Ecology and Nature Conservation, T.H. Shevchenko National University “Chernihiv Colehium”, 53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Miroshnyk I. [in Ukrainian: Мірошник І.]², Ph.D. in Ped. Sc., Assoc. Prof., email: iv_miroshnyk@ukr.net

ORCID: 0000-0001-7600-1112 Scopus-Author ID: 57205264952

Department of Languages and Methodology, T.H. Shevchenko National University “Chernihiv Colehium”, 53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Boiko V. [in Ukrainian: Бойко В.]³, Ph.D. Student, email: boiko_95@ukr.net

ORCID: 0000-0002-6021-3249

Department of Ecology and Nature Conservation, T.H. Shevchenko National University “Chernihiv Colehium”, 53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

¹ Study design, data collection, statistical analysis, manuscript preparation, funds collection.

² Data collection, statistical analysis, manuscript preparation.

³ Data collection, statistical analysis, manuscript preparation.

Svitlana Kyriienko



THE BIOMASS USING FOR THE ENERGY NEEDS
IN THE NORTHERN REGIONS OF UKRAINE
ВИКОРИСТАННЯ БІОМАСИ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОТРЕБ
У ПІВНІЧНИХ ОБЛАСТЯХ УКРАЇНИ

DOI: 10.5281/zenodo.7110902

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Kyriienko, S., 2022

ABSTRACT

As biomass is a by-product of agriculture, it is advisable to use it as an energy source. In Ukraine, economically viable biomass potential is estimated at 27 million tonnes / year. Attracting such potential for energy production can meet about 12–15 % of Ukraine's needs for primary energy.

Purpose. To assess the potential of agricultural waste, including wheat straw and corn stalks, for the energy needs of the Chernihiv and Rivne regions.

Methodology. The starting point for estimating the energy potential of primary agricultural waste is the statistics on the gross harvest of crops. The economic potential that best reflects the amount of biomass available for the energy needs has been investigated. The data were used for 5 years (2014–2018).

Scientific novelty. The prospects of the biomass use in the northern regions have been analyzed, the potential of the agricultural waste use in growing cereals for the energy needs in the Chernihiv and Rivne regions has been assessed for the first time.

Conclusions. The theoretical potential of wheat straw and corn stalks is adjusted with the minimum crop yields in the specific soil and climatic conditions of the study area. On the whole, there is a fairly steady upward trend in this potential as wheat and corn production increase.

The economic potential of wheat straw and corn stalks for the energy needs (conservative) in the Chernihiv region is 58.9 thousand tonnes (3.4 %) of the total amount of fuel used in 2018 and 58.1 thousand tonnes (3.3 %) of the total amount of fuel, respectively. The economic potential of wheat straw and corn stalks for the energy needs in the Rivne region is 31.73 thousand tonnes (1.71 %) of the total amount of fuel used in the region in 2018 and 37.61 thousand tonnes (2.03 %) of the total amount of fuel, respectively.

Key words: alternative energy sources, plant-growing, Polissya.

АНОТАЦІЯ

Оскільки біомаса є побічною продукцією сільського господарства, доцільним є використання її в якості джерела енергії. В Україні економічно доцільний потенціал біомаси оцінюється у 27 млн т/рік. Залучення такого потенціалу для виробництва енергії може задовольнити близько 12–15 % потреб України в первинній енергії.

Мета. Оцінити потенціал відходів сільського господарства, зокрема соломи пшениці і стебел кукурудзи, для енергетичних потреб Чернігівської та Рівненської областей.

Методологія. Досліджено економічний потенціал, який найкраще відображає обсяг біомаси, доступний для енергетичних потреб. Дані використані за 5 років (2014–2018 рр). Вихідною точкою для оцінки енергетичного потенціалу первинних відходів сільського господарства є статистичні дані по валовому збору сільськогосподарських культур.

Наукова новизна. Проаналізовано перспективи використання біомаси в північних областях, вперше проведено оцінку потенціалу використання відходів сільського господарства при вирощуванні зернових культур для енергетичних потреб у Чернігівській та Рівненській області.

Висновки. Теоретичний потенціал соломи пшениці і стебел кукурудзи корегує з мінімальними показниками врожаю культури в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах регіону дослідження. Загалом спостерігається досить стійка тенденція росту цього потенціалу, оскільки збільшується виробництво пшениці і кукурудзи.

Економічний потенціал соломи пшениці і стебел кукурудзи для енергетичних потреб (консервативний) в Чернігівській області складає 58,9 тис. т у.п. (3,4 % усього палива, що використано у 2018 р.) і 58,1 тис. т у.п. (3,3 % усього палива) відповідно. Економічний потенціал соломи пшениці і стебел кукурудзи для енергетичних потреб в Рівненській області складає 31,73 тис. т у.п. (1,71 % усього палива, що використано в області у 2018 р.) і 37,61 тис. т у.п. (2,03 % усього палива) відповідно.

Ключові слова: альтернативні джерела, рослинництво, Полісся.

Постановка проблеми

Актуальність роботи. Сучасна енергетична система, що характеризується надмірним споживанням викопного палива, все більше і більше неспроможна розв'язати проблему постачання енергії. Структури традиційного енергопостачання суперечать потребам суспільства в доступній та чистій енергії. Тому здійснення реструктуризації енергетичної системи та повернення виробництва енергії у відповідність вимогам стійкої енергетичної безпеки та охорони навколишнього середовища має бути першочерговим завданням [1].

Оскільки біомаса є побічною продукцією сільського господарства, то можна сміливо стверджувати, що з розвитком інтенсивних технологій у рослинництві чи тваринництві буде називати її проблема створення таких енергозберігаючих технологій, які б задовольняли і сільськогосподарського виробника і виробників альтернативного виду палива (АВП) та не суперечили поняттям сталості біомаси. Особливо актуальною ця проблема стає на шляху України до світової інтеграції до Європи, адже показник використання побічної продукції рослинництва у біоенергетиці повинен бути не нижчим за європейський. Так, у Данії 60 % загального збору соломи вважають придатними для вироблення енергії, а у нашій державі за нормативними документами лише 20 % її може бути використано на енергетичні потреби [2].

Залучення такого потенціалу для виробництва енергії може задовольнити близько 12–15 % потреб України в первинній енергії [8].

В Україні економічно доцільний потенціал біомаси оцінюється у 27 млн т/рік. Його основними складовими є сільськогосподарські відходи та енергетичні культури [6].

Для додаткового заміщення 5,27 млрд. м³/рік природного газу біомасою до 2020 р. відповідно до цілей затвердженого Національного плану дій з Відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), до паливно-енергетичного балансу країни потрібне широке залучення відходів сільського господарства (соломи, стебел кукурудзи/соняшника) та енергетичних культур [7]. В умовах значних ускладнень у забезпеченні потреб України в паливно-енергетичних ресурсах особливо актуальним є використання біомаси, яка вирощується регулярно, а її використання в якості джерела енергії не супроводжується зменшенням кількості зелених насаджень в регіоні, визнається відновлювальним ресурсом і вважається екологічно нейтральною.

Питання енергетичного потенціалу побічної продукції рослинництва досліджувалося здебільшого на макрорівні й тому назріла потреба його аналізу на мікрорівні, в межах конкретних областей. Аналіз досягнутого рівня енергетичного потенціалу в різних областях України є попереднім кроком до створення сприятливих інвестиційних проектів у біоенергетиці.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Досить багато вітчизняних науковців займалися питаннями розвитку біоенергетики у сільському господарстві. Так, Мельничук М. та Дубровін В. виділяють три аспекти у цій проблемі: по перше – скорочення загальних витрат енергії в сільськогосподарському виробництві, по друге – збільшення використання поновлюваних джерел енергії, а по третє – переважне використання твердих видів палива [2]. Гелетуха Г. Г., Жовнір М. М., Железна Т. А. та інші співавтори у своїх публікаціях стосовно дослідження енергетичного потенціалу багатьох культур держави на макрорівні стверджують, що Україна є державою зі значним енергетичним потенціалом для виробництва енергії на основі використання місцевих видів палива [3, 4]. Згідно тверджень Якубені Я. та Шумського Т., використовуючи суху біомасу (зокрема соломі) можна значно скоротити споживання, в першу чергу імпортного природного газу і забезпечити суттєву економію державних ресурсів [5].

Мета. Оцінити потенціал відходів сільського господарства, зокрема соломи пшениці і стебел кукурудзи, для енергетичних потреб Чернігівської та Рівненської областей.

Методологія. Інформацію про виробництво сільськогосподарських культур (пшениці та кукурудзи) в Чернігівській та Рівненській області сільськогосподарськими підприємствами за 2014–2018 рр. отримано на офіційний запит до Головного управління статистики у Чернігівській області та Головного управління статистики у Рівненській області. Статистичні дані наведені за «Рослинництво Чернігівщини» та «Рослинництво Рівненщини» [9, 10]. Основою розрахунку слугувала методика оцінки, описана у фінальному звіті «Оцінка потенціалу біомаси в Одеській області (на прикладі двох районів з деякими змінами та допущеннями, наведеними нижче [11]:

1) з урахуванням того, що типовий термін окупності енергетичного обладнання на соломі становить близько 5 років, для розрахунку

2) використані статистичні дані щодо врожаю за 2014–2018 рр.;

2) одним із важливих моментів при використанні біопалив є їх стабільне постачання у необхідній кількості на енергетичні об'єкти, тому для зменшення ризику нестачі біопалива у випадку неврожаю у розрахунку використаний мінімальний урожай за п'ятирічний період;

3) у розрахунку не бралися до уваги міста обласного значення;

4) розрахунки проводились тільки для сільськогосподарських підприємств, не враховуючи господарства населення.

Існують різні види потенціалу біомаси і зазвичай розрізняють три основні: теоретичний, технічний та економічний. Економічний потенціал – частка технічного потенціалу, що задовольняє критеріям економічної доцільності за даних умов. У дослідженні оцінено економічний потенціал, оскільки саме він найкраще відображає обсяг біомаси, доступний для енергетичних потреб:

$$Pe = \sum_{i=1}^n Cr_i \times Kr_i \times Ke_i \times Koe_i,$$

де Cr_i – виробництво i -ої сільськогосподарської культури (статистичні дані), т; Kr_i – коефіцієнт відходів для розрахунку теоретичного потенціалу біомаси; Ke_i – коефіцієнт енергетичного використання для розрахунку економічного потенціалу поживних решток; Koe_i – коефіцієнт перерахунку потенціалу біомаси у нафтовий еквівалент, теплотворна здатність відходів рослинництва / теплотворна здатність нафтового еквіваленту.

Для обробки результатів дослідження застосовувалися статистичні методи, якісний та порівняльний аналіз.

Наукова новизна. Проаналізовано перспективи використання біомаси в північних областях, вперше проведено оцінку потенціалу використання відходів сільського господарства при вирощуванні зернових культур для енергетичних потреб у Чернігівській та Рівненській області.

Результати дослідження

Чернігівщина та Рівненщина є одними із найсприятливіших та найбільш розвинутих аграрних областей України. Рослинництво є базовою галуззю сільського господарства, актуальними напрямками розвитку якого є нарощування обсягів виробництва зерна, технічних культур, картоплі та кормів. Природно-кліматичні умови областей, особливо зони Полісся, сприяють виробництву конкурентоспроможної продукції рослинництва. Виробництвом сільськогосподарської продукції в регіоні займаються 1120 (Чернігівщина) та 753 (Рівненщина) агропідприємств.

Згідно статистичних даних основними зерновими культурами Чернігівської області можна вважати пшеницю та кукурудзу на зерно.

У 2018 р. було вироблено відповідно 8466 та 25802 центнерів зерна (рис. 1).

На рисунку видно загальний тренд зростання виробництва пшениці, а також різке підвищення виробництва кукурудзи на зерно, що означає збільшення утворення первинних відходів (первинні відходи рослинництва утворюються при зборі врожаю сільськогосподарських культур), які можуть бути частково використані для виробництва енергії. Для пшениці це солома, а для кукурудзи на зерно – стебла.

У структурі валового виробництва сільськогосподарської продукції Рівненської області продукція рослинництва становить 64,7%. Основними видами продукції є зернові та зерновобобові культури, їх кількість щорічно зростає (рис.2).

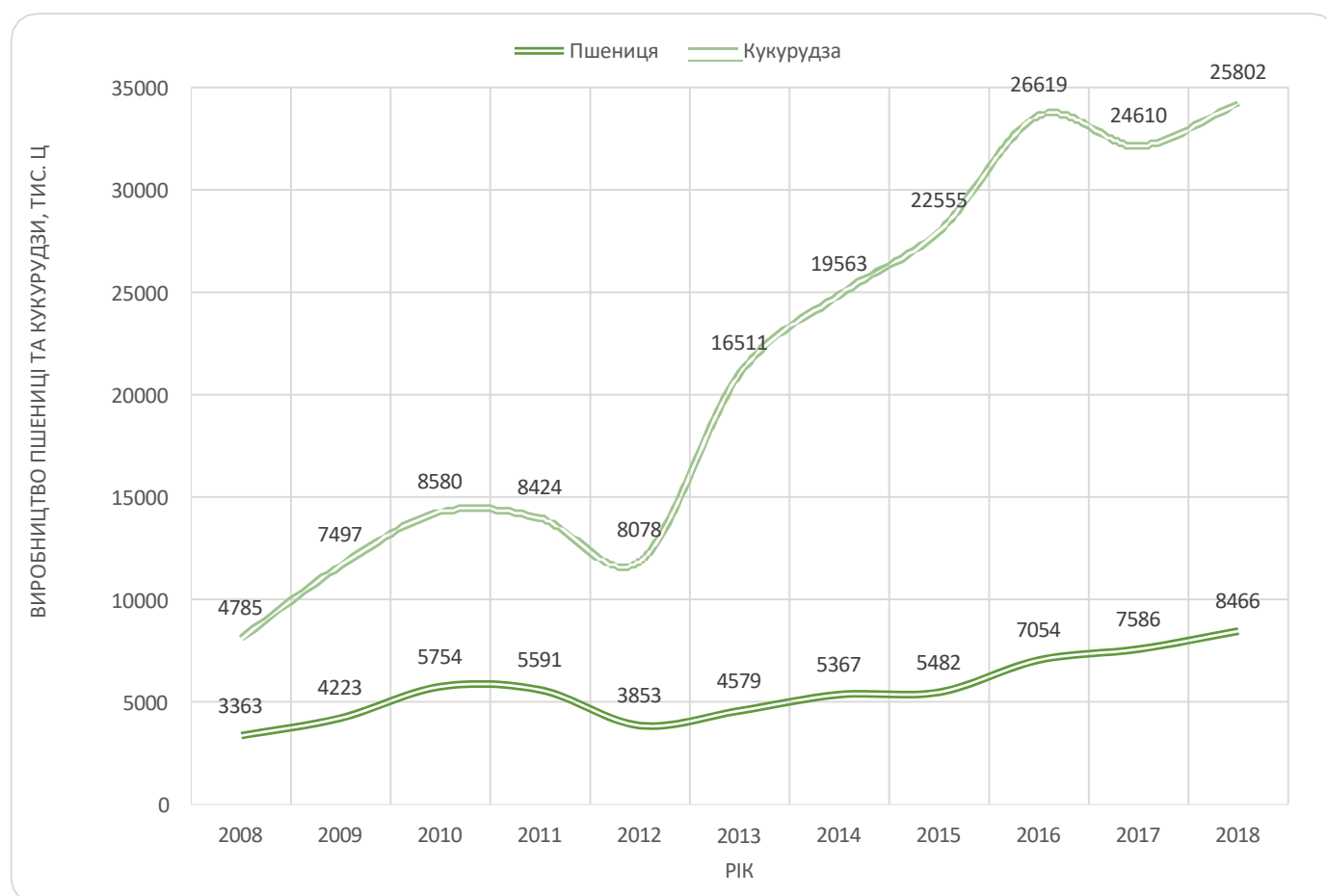


Рис. 1. Виробництво пшениці та кукурудзи на зерно у Чернігівській області (2008–2018 рр.)

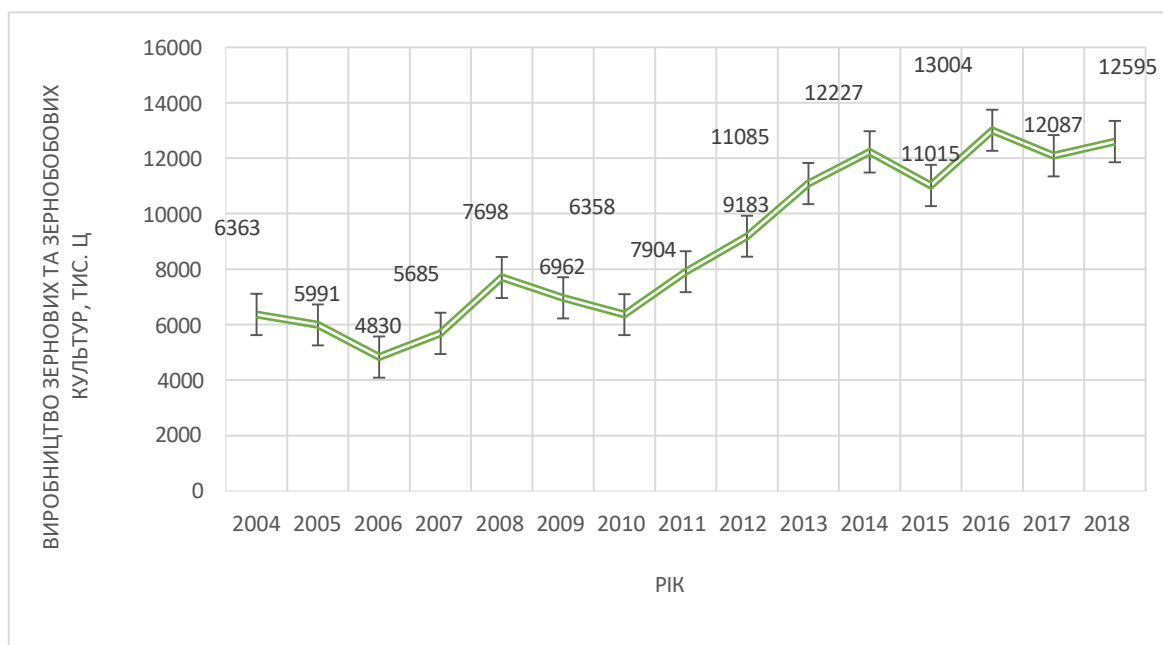


Рис. 2. Виробництво зернових культур у Рівненській області (2004–2018 рр.)

Солома зернових культур зазвичай має порівняно низький вміст вологи (в межах 20 %) і може бути гранульована/брикетована або спалена без додаткової сушки. Слід зазначити, що оптимальними показниками відносної вологості для соломи є 11–15 %. Солому вологістю вище 22 % не бажано використовувати як паливо, оскільки це погіршує якість спалювання [7].

Неуцільнену солому доцільно використовувати поблизу від місць її утворення, солому у тюках та рулонах – у межах району та сусідніх районів, а гранульовану або брикетовану солому можна перевозити на значні відстані, у тому числі і у країни дальнього зарубіжжя.

Рослинні відходи як паливо мають ряд негативних властивостей, що вимагає досить ретельного підходу до їх застосування. Так, солома може містити хлор і лужні метали, завдяки чому в процесі її спалювання утворюються такі хімічні сполуки як хлорид натрію і хлорид калію. Ці сполуки викликають корозію сталевих елементів енергетичного обладнання, особливо при високих температурах. Іншою особливістю соломи є відносно низька температура плавлення золи – 800–950 °С (для порівняння – у деревини ~1200 °С), що може призвести до шлакування елементів енергетичного обладнання.

На сьогодні в світі вже знайдено конструктивні та інші технологічні рішення, що мінімізують ці негативні впливи і дозволяють успішно використовувати солому як паливо. Прикладами таких рішень є сумісне спалювання з вугіллям, деревиною та іншими паливами або використання не «жовтої» (свіжої) соломи, а «сірої», тобто з тривалим терміном зберігання під відкритим небом. В останній міститься суттєво менше хлору та калію у порівнянні з жовтою соломою внаслідок «промивання» дощами.

Стебла кукурудзи також містять хлор та лужні метали. Вміст хлору становить ~0,2 % маси сухої речовини, що є близьким до показника «сірої» соломи. Вміст калію, виходячи з наявних даних для стрижнів кукурудзи, такий же, як в соломі (6,1 мг/кг сух.). Температура плавлення золи у стебел кукурудзи вища, ніж у соломи – 1050–1200 °С. Це є позитивним фактором з точки зору застосування як палива. Крім того, в стеблах кукурудзи значно менший вміст сірки, ніж в соломі.

Слід зазначити, що солома може використовуватися у тваринництві як підстилка для тварин, але її кількість постійно зменшується, що зменшує і потреби в соломі (рис. 3, 4).

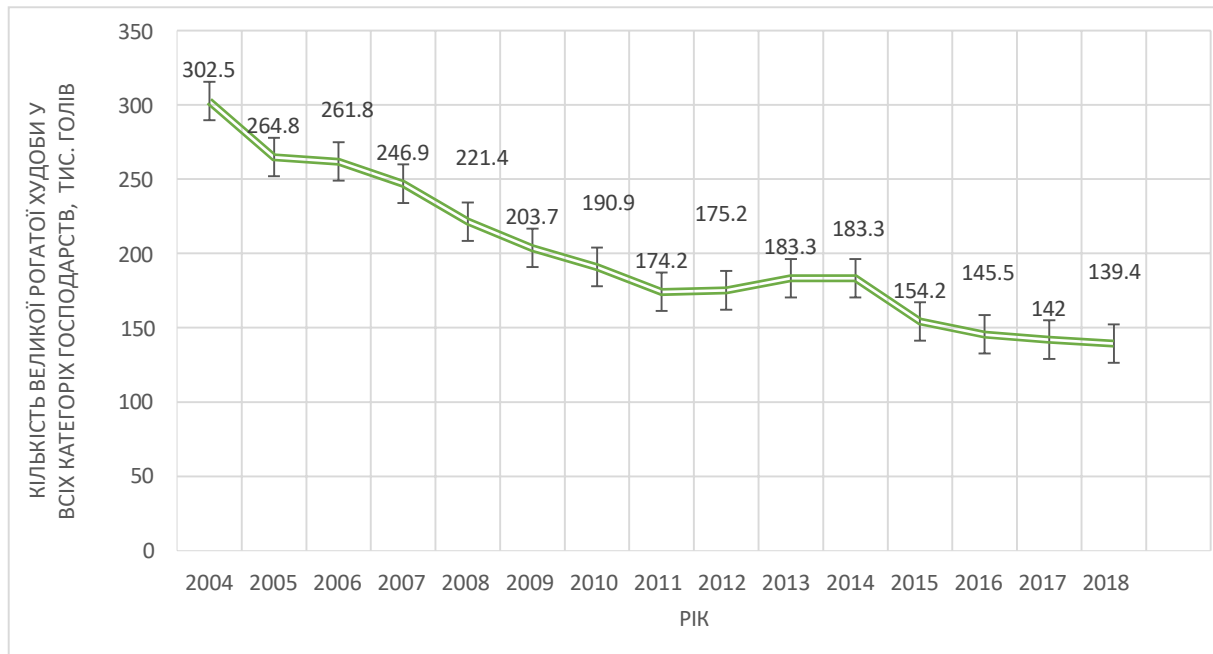


Рис. 3. Зміна кількості поголів'я великої рогатої худоби у всіх категоріях господарств Рівненської області (2004–2018 рр.)

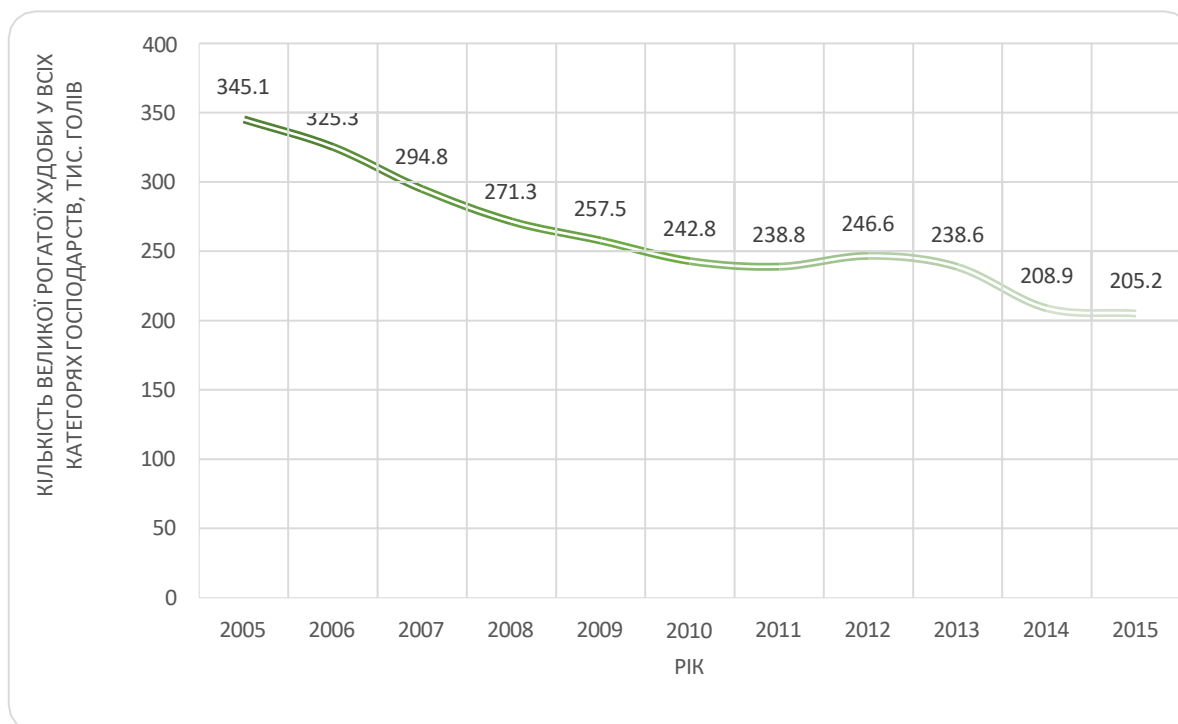


Рис. 4. Зміна кількості поголів'я великої рогатої худоби у всіх категоріях господарств Чернігівської області (2005–2015 рр.)

Вихідною точкою для оцінки енергетичного потенціалу первинних відходів сільського господарства є статистичні дані по валовому збору

сільськогосподарських культур. Загалом спостерігається досить стійка тенденція росту цього потенціалу, оскільки збільшується виробництво

пшениці і кукурудзи.

Аналіз отриманих результатів показує, що величина теоретичного потенціалу є досить нерівномірною по роках і залежить, головним чином, від врожаю пшениці і кукурудзи.

Таким чином, теоретичний потенціал соломи пшениці і стебел кукурудзи корегує з мінімальними показниками врожаю культури в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах регіону дослідження (табл. 1–4).

Таблиця 1

Результати розрахунку економічного потенціалу соломи пшениці для енергетичних потреб у розрізі районів Чернігівської області

Райони	Теоретичний потенціал соломи (консервативний), т	Економічний потенціал соломи для енергетичних потреб (консервативний), т	Економічний потенціал соломи для енергетичних потреб (консервативний), т у.п.
Бахмацький	54300	16290	7787
Бобровицький	27409	8223	3930
Борзнянський	43892	13168	6294
Варвинський	13897	4169	1993
Городнянський	10451	3135	1499
Ічнянський	36737	11021	5268
Козелецький	10306	3092	1478
Коропський	20117	6035	2885
Корюківський	6574	1972	943
Куликівський	12449	3735	1785
Менський	21539	6462	3089
Ніжинський	31240	9372	4480
Н.-Сіверський	5304	1591	761
Носівський	23157	6947	3321
Прилуцький	31624	9487	4535
Ріпкинський	5055	1517	725
Семенівський	4533	1360	650
Сновський	1713	514	246
Сосницький	4692	1408	673
Срібнянський	4431	1329	635
Талалаївський	21070	6321	3021
Чернігівський	20255	6077	2905

Серед районів Чернігівщини коливання теоретичного потенціалу соломи пшениці для енергетичних потреб знаходиться в межах від

1713 т (Сновський район) до 54300 т (Бахмацький район); стебел кукурудзи від 4692 т (Сосницький район) до 44068 т (Прилуцький район) (табл. 2).

Таблиця 2

Результати розрахунку економічного потенціалу стебел кукурудзи для енергетичних потреб у розрізі районів Чернігівської області

<i>Райони</i>	Теоретичний потенціал соломи (консервативний), т	Економічний потенціал соломи для енергетичних потреб (консервативний), т	Економічний потенціал соломи для енергетичних потреб (консервативний), т у.п.
Бахмацький	26281	7884	3769
Бобровицький	9749	2925	1398
Борзнянський	18143	5443	2602
Варвинський	33897	10169	4861
Городнянський	10451	3135	1499
Ічнянський	30737	9221	4408
Козелецький	12306	3692	1765
Коропський	27193	8158	3899
Корюківський	11442	3433	1641
Куликівський	15376	4613	2205
Менський	18539	5562	2658
Ніжинський	31240	9372	4480
Н.-Сіверський	8304	2491	1191
Носівський	19157	5747	2747
Прилуцький	44068	13220	6319
Ріпкинський	9217	2765	1322
Семенівський	7896	2369	1132
Сновський	9485	2846	1360
Сосницький	4692	1408	673
Срібнянський	11662	3499	1672
Талалаївський	25070	7521	3595
Чернігівський	20255	6077	2905

Найменший економічний потенціал соломи пшениці для енергетичних потреб в Рівненській

області має Костопільський район (30,68 т у.п.). Лідером є Млинівський район – 8148,99 т у.п. (табл.3).

Таблиця 3

Результати розрахунку економічного потенціалу соломи пшениці для енергетичних потреб у розрізі районів Рівненської області

<i>Райони</i>	Теоретичний потенціал соломи (консервативн), т	Економічний потенціал соломи для енергетичних потреб (консервативний), т	Економічний потенціал соломи для енергетичних потреб (консервативний), т. у.п.
Березнівський	331	99,3	47,46
Володимирецький	312	93,6	44,74
Гошанський	13862	4158,6	1987,8
Демидівський	13760	4128	1973,18
Дубенський	27437	8231,1	3934,46
Дубровицький	215	64,5	30,83
Здолбунівський	22009	6602,7	3156,09
Корецький	9427	2828,1	1351,83
Коспільський	214	64,2	30,68
Млинівський	56827	17048,1	8148,99
Острозький	23171	6951,3	3322,7
Радивилівський	36366	10909,8	5214,8
Рівненський	16325	4897,5	2341
Сарненський	1008	302,4	144,5

Найменший економічний потенціал соломи кукурудзи для енергетичних потреб в Рівненській області

має Сарненський район (94,55 т у.п.). Лідером є Здолбунівський район – 5365,65 т у.п. (табл. 4).

Таблиця 4

Результати розрахунку економічного потенціалу соломи кукурудзи для енергетичних потреб у розрізі районів Рівненської області

<i>Райони</i>	Теоретичний потенціал соломи (консервативний), т	Економічний потенціал соломи для енергетичних потреб (консервативний), т	Економічний потенціал соломи для енергетичних потреб (консервативний), т у.п.
1	2	3	4
Березнівський	10228	4091,2	1116,89
Гошанський	38763	15505,2	4232,92

Продовження Таблиці 4

1	2	3	4
Демидівський	26427	10570,8	2885,82
Дубенський	40862	16344,8	4462,13
Здолбунівський	49136	19654,4	5365,65
Корецький	25009	10003,6	2730,98
Костопільський	15525	6210	1695,33
Млинівський	43130	17252	4709,79
Острозький	24184	9673,6	3869,44
Радивилівський	43399	17359,6	4739,17
Рівненський	15583	6233,2	1701,66
Сарненський	865,8	346,32	94,55

Висновки

Таким чином, економічний потенціал соломи пшениці для енергетичних потреб (консервативний) в Чернігівській області складає 58,9 тис. т у.п., що становить 3,4 % усього палива, що використано у Чернігівській області у 2018 р. (1715,5 тис. т у.п.). Економічний потенціал стебел кукурудзи для енергетичних потреб (консервативний) Чернігівської області складає 58,1 тис. т у.п., що становить 3,3 % усього палива, що використано в області у 2018 р.

Економічний потенціал соломи пшениці для енергетичних потреб в Рівненській області (консервативний) складає 31,73 тис. т у.п., що становить 1,71 % усього палива, що використано в області у 2018 р. (1853,65 тис. т у.п.). Економічний

потенціал стебел кукурудзи для енергетичних потреб в Рівненській області складає 37,61 тис. т у.п., що становить 2,03 % усього палива, що використано у 2018 р.

Розглянуті типи біомаси – солома пшениці і стебла кукурудзи – можуть бути використані для виробництва біопалива та його використання для енергетичних потреб у північних областях України – Рівненській і Чернігівській областях, що зменшить використання традиційних викопних палив, підвищить рівень диверсифікації постачання палив, збільшить рівень зайнятості населення, з'явиться можливість додаткового заробітку населенню, частина фінансів, яка йде на оплату палива за межі області, залишиться в ній тощо.

References

1. Vidnovliuvani dzhherela enerhii i navkolyshnie seredovyshche [Renewable energy sources and the environment] (n.d.). Retrieved from http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/mpz/docs/1015_rec_1879.htm

Відновлювані джерела енергії і навколишнє середовище. [Електронний ресурс]. URL: http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/mpz/docs/1015_rec_1879.htm

2. Heletukha, H. H., Zheliezna, T. A., Kucheruk, P. P., Oleinyk, E. N., and Tryboi, A. V. (2015). Bioenerhetyka v Ukraini: suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku. Chastyna 1 [Bioenergy in Ukraine: current status and development prospects. Part 1]. *Promyslova teplotekhnika – Industrial heat engineering*, 2 (37), 68–76.

Гелетука Г. Г., Железна Т. А., Кучерук П. П., Олейник Е. Н., Трибой А. В. Біоенергетика в Україні: сучасний стан та перспективи розвитку. Частина 1. *Промислова теплотехніка*. 2015. Т. 37, № 2. С. 68–76.

3. Heletukha, H. H., and Zheliezna, T. A. (2014). Perspektivy vykorystannia vidkhodiv silskoho hospodarstva dlia vyrobnytstva enerhii v Ukraini [Prospects for the use of agricultural waste for energy production in Ukraine]. Retrieved from <https://uabio.org/wp-content/uploads/2014/02/position-paper-uabio-7-ua.pdf>.

Гелетука Г. Г., Железна Т. А. Перспективи використання відходів сільського господарства для виробництва енергії в Україні [Електронний ресурс]. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2014/02/position-paper-uabio-7-ua.pdf>.

4. Heletukha, H. H., Zheliezna, T. A., and Oliinyk, Ye. M. (2013). Perspektivy vyrobnytstva teplovoi enerhii z biomasy v Ukraini [Prospects for the production of thermal energy from biomass in Ukraine]. *Promyslova teplotekhnika*, 5(35), 48–57.

Гелетука Г. Г., Железна Т. А., Олійника Є. М. Перспективи виробництва теплової енергії з біомаси в Україні. *Промислова теплотехніка*, 2013. Т. 35. № 5. С. 48–57.

5. Heletukha, H., and Zheliena, T. (2014). Svitovyi dosvid vykorystannia vidkhodiv silskoho hospodarstva dlia vyrobnytstva enerhii [World experience in the use of agricultural waste for energy production]. *Ekolohiia pidpriemstva – Ecology of the enterprise*, 3, 56–57, 63–65.

Гелетука Г., Железна Т. Світовий досвід використання відходів сільського господарства для виробництва енергії. *Екологія підприємства*. 2014. № 3. С. 56–57, 63–65.

6. Enerhetychna stratehiia Ukrainy do 2030. (2013). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0002120-13#Text>.

Енергетична стратегія України до 2030 [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0002120-13#Text>.

7. Heletuha, H. (2016). Pidhotovka ta vprovadzhennia proektiv zamishchennia pryrodnoho hazu biomasoiiu pry vyrobnytstvi teplovoi enerhii v Ukraini [Preparation and implementation of projects to replace natural gas with biomass in the production of thermal energy in Ukraine]. Kyiv, Ukraine : Polihraf plus.

Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні. Практичний посібник / За ред. Г. Гелетука. Київ: Поліграф плюс, 2016. 104 с.

8. Proekt «Rozvytok ta komertsializatsiia bioenerhetychnykh tekhnolohii v munitsypalnomu sektori v Ukraini». Analitichnyi zvit ta rekomendatsii shchodo vyroshchuvannia enerhetychnykh kultur v Ukraini [Project “Development and commercialization of bioenergy technologies in the municipal sector in Ukraine”. Analytical report and recommendations for growing energy crops in Ukraine]. Retrieved from http://bioenergy.in.ua/media/filer_public/58/b4/58b45b61-d09d-43bf-bcb7-47e0235d39e0/otchet_po_verbe.pdf.

Проект «Розвиток та комерціалізація біоенергетичних технологій в муніципальному секторі в Україні». Аналітичний звіт та рекомендації щодо вирощування енергетичних культур в Україні [Електронний ресурс]. URL: http://bioenergy.in.ua/media/filer_public/58/b4/58b45b61-d09d-43bf-bcb7-47e0235d39e0/otchet_po_verbe.pdf.

9. Roslynystvo Rivnenshchyny. Holovne upravlinnia statystyky u Rivnenskkii oblasti [Crop production of Rivne Region. Main Department of Statistics in Rivne Oblast] (2017). Retrieved from http://rivnestat.gov.ua/books/publ/z_roslyn_16.zip.

Рослинництво Рівненщини. Головне управління статистики у Рівненській області, 2017. [Електронний ресурс]. URL: http://rivnestat.gov.ua/books/publ/z_roslyn_16.zip.

10. Roslynystvo Chernihivshchyny. Holovne upravlinnia statystyky u Chernihivskii oblasti [Crop

production of Chernihiv Region. Main Department of Statistics in Chernihiv Oblast]. (2017). Retrieved from http://chernigvstat.gov.ua/books/publ/z_roslyn_16.zip.

Рослинництво Чернігівщини. Головне управління статистики у Чернігівській області, 2017. [Електронний ресурс]: http://chernigvstat.gov.ua/books/publ/z_roslyn_16.zip.

11. Finalnyi zvit «Otsinka potentsialu biomasy v Odeskii oblasti (na prykladi dvokh raioniv) [Final report “Assessment of biomass potential in Odessa region (on the example of two districts)”]. (2017). Retrieved from http://eeau.org.ua/wp-content/uploads/2017/02/web_Biomassresources_07022017_UKR_FINAL.pdf.

Фінальний звіт «Оцінка потенціалу біомаси в Одеській області (на прикладі двох районів)», 2017. [Електронний ресурс]. URL: http://eeau.org.ua/wp-content/uploads/2017/02/web_Biomassresources_07022017_UKR_FINAL.pdf

Received: 23.12.2019. Accepted: 23.01.2020. Published: 07.01.2022.

Cite this article in APA Style as:

Kyriienko, S. (2022). Vykorystannia biomasy dlia enerhetychnykh potreb u pivnichnykh oblastiakh Ukrainy [The biomass using for the energy needs in the Northern regions of Ukraine]. *BHT: Biota. Human. Technology*, 1(1), 20–31. (in Ukrainian)

Information about the author:

Kyriienko S. [*in Ukrainian*: **Кириєнко С.**], Ph.D. in Biol. Sc., Assoc. Prof., email: vettavl@ukr.net
ORCID: 0000-0002-2960-8656

Department of Ecology and Nature Conservation, T.H. Shevchenko National University “Chernihiv Colehium”,
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine



MICROBIOTA
МІКРОБІОТА



Nataliia Tkachuk, Liubov Zelena, Yevheniy Olkhovik



ISOLATION OF ACTINOBACTERIES FROM THE SOIL
FERROSPHERE AND THEIR IDENTIFICATION
ВИДІЛЕННЯ АКТИНОБАКТЕРІЙ З ФЕРОСФЕРИ ҐРУНТУ
ТА ЇХ ІДЕНТИФІКАЦІЯ

DOI: 10.5281/zenodo.7110904

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Tkachuk N., Zelena L., Olkhovik Ye., 2022

ABSTRACT

Actinobacteria is one of the bacterial groups important in terms of biofilm formation. Among them, representatives of *Streptomyces* sporoactinobacteria, some of the most active soil ammonifying bacteria, deserve attention. It is known that ammonifying bacteria are involved in microbially induced corrosion in the first stages of biofilm formation and form ammonia – a corrosion-dangerous metabolite. However, their diversity in soil ferrosphere remains poorly understood. The purpose of the work is the isolation of an actinobacterium strain from the soil ferrosphere and its identification.

The work was carried out by conventional methods: general biological (preparation of mounts "crushed drop", stained smears, microscopy), microbiological (preparation of medium for the cultivation of bacteria, the method of ten-fold dilutions, Koch's method, seeding microorganisms in a liquid and agar medium, methods of staining of cells of bacteria and their structures (staining with fuchsin, methylene blue, Gram staining method in Kalina's modification), methods of determining physiological and biochemical properties (tests for catalase, oxidase, utilization of citrate, casein, fats, starch, urea, formation of indole, ammonia, hydrogen sulfide, MRVP-test, relation to oxygen and temperature), molecular-genetic (isolation of DNA from bacterial cells, polymerase chain reaction with primers for 16S rRNA gene, 16S rRNA gene sequencing, horizontal agarose gel electrophoresis, phylogenetic analysis using GenBank database and MEGA 6.0 computer program).

Scientific novelty – from the soil ferrosphere is isolated a strain of actinobacteria, which by the complex of microbiological, physiological and biochemical properties and based on the sequence of the 16S rRNA gene fragment (according to the results of phylogenetic analysis) is classified as *Streptomyces canus*. It develops and expands the understanding of the diversity of corrosive bacteria and a set of test cultures for the study of microbial-induced corrosion processes.

Conclusions – according to a number of microbiological, physiological, biochemical and genetic characteristics, the NUChC F2 strain is classified as *Streptomyces* and identified as *Streptomyces canus*. The nucleotide sequences of the 16S rRNA gene were registered in the GenBank database as *Streptomyces canus* MG924748 and MG924855. The isolated strain is ammonifying, thus potentially corrosion-active, and can be used in the study of microbial-induced corrosion processes. According to the level of biosafety, bacteria of the *S. canus* species belong to the 1st risk group (according to the German Technical Rules for biological agents) and are safe for human health.

Key words: ferrosphere, actinobacteria, phenotypic characteristics, 16S pRNA gene.

АНОТАЦІЯ

Однією з бактеріальних груп, важливих з точки зору формування біоплівки, є актинобактерії. Серед них на увагу заслуговують представники спороактинобактерій роду *Streptomyces* – одні з найбільш активних амоніфікувальних бактерій ґрунту. Відомо, що

амоніфікувальні бактерії беруть участь у мікробно індукованій корозії на перших етапах формування біоплівки та утворюють амоніак – корозійно небезпечний метаболіт. Проте їх різноманіття у феросфері ґрунту залишається недостатньо вивченим. Мета роботи – виділення штаму актинобактерій з феросфери ґрунту та його ідентифікація.

Роботу здійснювали загальноприйнятими методами: загальнобіологічними (виготовлення препаратів «роздавлена крапля», препаратів-мазків, мікроскопування), мікробіологічними (приготування середовищ для вирощування бактерій, метод граничних десятикратних розведень, метод Коха, посів у рідке середовище, посів на щільне середовище, морфологічний аналіз колоній мікроорганізмів, методи фарбування клітин бактерій та їх структур (фарбування фуксином, метиленовим синім, за Грамом у модифікації Каліни), методи визначення фізіолого-біохімічних властивостей (тести на каталазу, оксидазу, утилізацію цитрату, казеїну, жирів, крохмалю, сечовини, утворення індолу, амоніаку, сірководню, MRVP-тест, відношення до кисню та температури), молекулярно-генетичними (виділення ДНК з клітин бактерій, полімеразна ланцюгова реакція з праймерами до гена 16S рРНК, секвенування гена 16S рРНК, електрофорез у горизонтальному агарозному гелі, філогенетичний аналіз з використанням бази даних GenBank та комп'ютерної програми MEGA 6.0).

Наукова новизна – з феросфери ґрунту виділено штаму актинобактерій, який за комплексом мікробіологічних ознак, фізіолого-біохімічних властивостей та на основі сиквенсу фрагмента гена 16S рРНК (за результатами філогенетичного аналізу) віднесено до виду *Streptomyces canus*, що розвиває й розширює уявлення про різноманіття корозійно активних бактерій та набір тест-культур для дослідження процесів мікробно індукованої корозії.

Висновки – за рядом мікробіологічних, фізіолого-біохімічних та генетичних ознак штаму NUChC F2 віднесено до роду *Streptomyces* та ідентифіковано як *Streptomyces canus*. Нуклеотидні послідовності гена 16S рРНК зареєстровано у базі даних GenBank як *Streptomyces canus* MG924748 та MG924855. Виділений штаму амоніфікувальний, отже потенційно корозійно активний, і може бути використаний при дослідженні процесів мікробно індукованої корозії. За рівнем біобезпеки бактерії виду *Streptomyces canus* відносяться до 1-ї групи ризику (за Німецькими Технічними Правилами для біологічних агентів) і безпечні для здоров'я людини.

Ключові слова: феросфера, актинобактерії, фенотипові ознаки, ген 16S рРНК.

Постановка проблеми

Феросфера є зоною ґрунту, що безпосередньо контактує з поверхнею металу. У ній існують бактерії різних еколого-трофічних груп, які прикріплюються до поверхні металу або захисного покриття, формують біоплівку і спричиняють мікробно індуковану корозію [17].

Однією з бактеріальних груп, важливих з точки зору формування біоплівки, є актинобактерії [5]. Серед них на увагу заслуговують представники спороакти-нобактерій роду *Streptomyces*, оскільки вони є одними з найбільш активних амоніфікувальних бактерій ґрунту [1]. Відомо, що амоніфікувальні бактерії беруть участь у мікробній корозії на перших етапах формування біоплівки та утворюють амоніак – корозійно небезпечний метаболіт [17]. В літературних джерелах показано, що мікробні пошкодження

металів бактеріями роду *Streptomyces* залежать від досліджуваного виду та штаму.

Так, дослідження Jaaraman зі співавторами [12] показали однаковий ступінь корозії зразків сталі у стерильному контролі та за присутності *S. lividans*. Встановлено, що фосфати не забезпечують зниження корозії у мінеральних середовищах за присутності *S. pilosus* DSM 40714, що не утворює біоплівку [26].

Стрептоміцети досліджуються у монокультурах та асоціативних культурах. При цьому зазначають як посилення, так і послаблення корозії. Так, встановлено, що спільна присутність *Streptomyces* та *Nocardia sp.* посилює корозію сталі [23]. При вивченні мікробної корозії за участі *Thiobacillus ferrooxidans*, стрептоміцетів та асоціації цих мікроорганізмів відмічено найбільш серйозні пошкодження за участі стрептоміцетів, асоціація на другому місці [24]. У той же час спільна присутність

S. griseus та *Bacillus amyloliquefaciens* запобігала відшаруванню біоплівки, що мало місце при культивуванні одного стрептоміцету [27].

Встановлено, що штам *S. limalinbarensii* 235 пригнічує ріст штамів *Bacillus pumilus* LF-4 та *Desulfotribrio alaskensis* NCIMB 13491, які є учасниками формування біоплівки та процесу біокорозії [20]. Автори зазначають, що запобігання вище названим штамом утворення біоплівки сульфатвідновлювальними бактеріями відбувається завдяки антимікробним речовинам, які утворює штам [21]. Наразі дослідженнями Nnabuk Okon Eddy показано, що альбоміцин (продукт ферментації *S. griseus*) є гарним адсорбційним інгібітором корозії цинку у розчині сульфатної кислоти [18]. Дослідники зауважують, що серед вторинних метаболітів стрептоміцетів слід звернути увагу на тіазолілові пептиди (тіопептиди), оскільки з'ясовано, що тіоцилін (антибіотик групи тіопептидів) сприяє росту популяції матрикс-продукуючих *B. subtilis* [3].

Таким чином, представники роду *Streptomyces* заслуговують на увагу як такі, що можуть вплинути на процес корозії утворенням біоплівки, виробленням антимікробних або корозійно небезпечних речовин. У той же час різноманіття актинобактерій у феросфері ґрунту залишається недостатньо вивченим. Тому метою даної роботи було виділення штамів актинобактерій з феросфери ґрунту та його ідентифікація.

Виділення штаму бактерій із феросфери ґрунту

Відбір ґрунтових зразків, підготовку до посіву, посів, виділення та культивування мікроорганізмів здійснювали за загальноприйнятими у мікробіології методами [16, 22]. Для виділення чистих культур бактерій використали ґрунт, відібраний з глибини 0,7 м, що безпосередньо контактував з поверхнею металевої конструкції (феросфера) [2, 17].

Виділення чистої культури бактерій штаму NUChC F2 здійснювали з феросфери ґрунту методом Коха на м'ясо-пептонному агарі (МПА) за аеробних умов. Інкубація відбувалась за

температури 29 °C. Матеріал однієї ізольованої колонії з однієї із чашок пересівали на м'ясо-пептонний бульйон. Після п'яти пасажів на МПА та м'ясо-пептонному бульйоні одержали штам NUChC F2, який використали у подальших дослідженнях.

Дослідження культурально-морфологічних та деяких фізіолого-біохімічних властивостей виділених бактерій

Перевірку чистоти культури здійснювали мікроскопуванням. Для вивчення морфології бактерій використовували світлову мікроскопію (мікроскоп Delta Optical Genetic Pro) за збільшення ($\times 400$ та $\times 1000$). Препарати клітин мікроорганізмів забарвлювали за Грамом у модифікації Калини для визначення грамналежності [6]. Морфологічний аналіз колоній здійснювали за загальноприйнятою схемою [22].

Дослідження фізіолого-біохімічних властивостей бактерій штаму здійснювали загально-відомими методами [15–16, 22]. Зокрема дослідження здатності виділеного штаму до утворення деяких корозійно небезпечних метаболітів здійснювали наступним чином: амоніак – за зміною кольору лакмусового папірця, сірководень – за зміною кольору папірця, просоченого сіллю плюмбуму [6, 22].

Молекулярно-генетичне дослідження виділеного штаму

Для встановлення систематичного положення виділених бактерій здійснювали молекулярно-генетичне дослідження, яке включало наступні етапи: виділення ДНК з клітин бактерій, полімеразна ланцюгова реакція (ПЛР), електрофорез продуктів ампліфікації, очищення ПЛР-продукту, секвенування.

Бактеріальну ДНК виділяли з добової культури з використанням набору «GeneJET Genomic DNA Purification Kit» (Thermo Scientific, Литва), згідно до інструкції виробника. Ампліфікацію гена 16S рРНК проводили з праймерами 27f (5'-AGAGTTTGATCMTGGCTCAG-3') і 1492r (5'-CGGTTACCTTGTACGACTT-3') [14] за наступного температурного режиму:

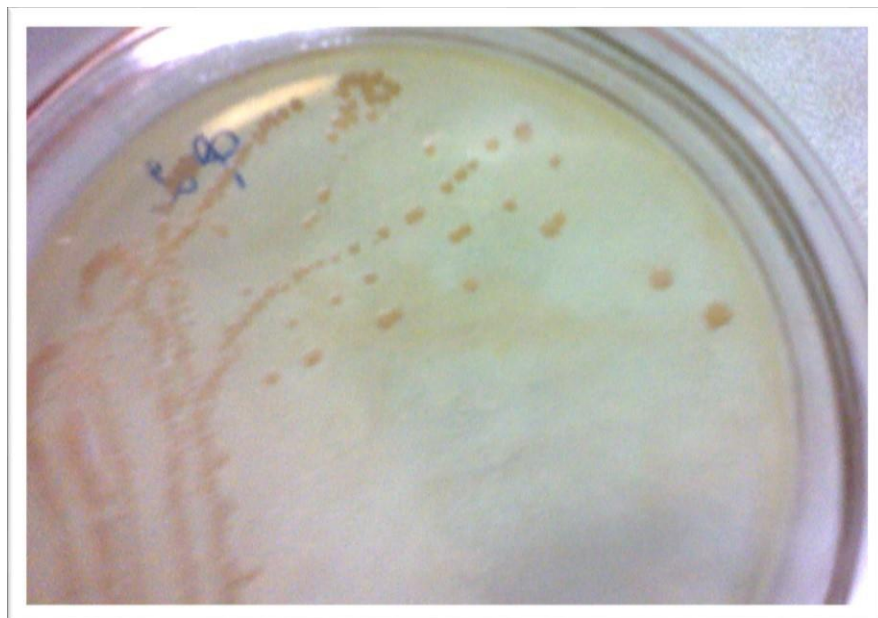
початкова денатурація 2 хв., 95°C; 30 циклів – 30 сек., 95°C; 45 сек., 56°C; 90 сек., 72°C; кінцева елонгація 7 хв., 72°C. ПЛР-суміш, об'ємом 25 мкл, містила 12,5 мкл 2x DreamTaq PCR Master Mix (ThermoScientific), 30 пкмоль кожного праймера та 50 нг ДНК. ПЛР проводили на ампліфікаторі Mastercycler Personal 5332 (Eppendorf, Німеччина). Продукти ПЛР розділяли у 1,7 % агарозному гелі, що містив 0,01 % бромистого етидію. Результати візуалізували в УФ-світлі. Отриманий амплікон розміром ~1500 п.н. вирізали з гелю і очищували за допомогою набору GeneJet PCR Purification Kit (ThermoScientific). Концентрацію ДНК визначали на приладі "BioPhotometer" (Eppendorf, Німеччина). Очищений ПЛР-продукт сиквенували у двох напрямках на приладі "Genetic Analyzer 3130" з використанням набору реактивів "BigDye Terminator v 3.1 Cycle Sequencing Kit". Отриману нуклеотидну послідовність порівнювали з внесеними до бази даних GenBank за допомогою програми Blast (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/blast>). Філогенетичний аналіз, вирівнювання нуклеотидних послідовностей 16S рДНК представників

різних видів роду *Streptomyces* здійснювали за допомогою програми MEGA 6.0 [25]. Дендрограму філогенетичних зв'язків будували за допомогою методу найближчого зв'язування (Neighbor Joining) з використанням двопараметричної моделі Кімури по 1000 реплікам бутстреп-аналізу з використанням програми MEGA 6.0 [25]. Послідовності гена 16S рРНК типових культур бактерій роду *Streptomyces* були взяті з бази даних GenBank та web-ресурсу www.straininfo.net (дата звернення 10.05.17).

Результати дослідження

Мікробіологічні та деякі фізіолого-біохімічні властивості штаму

На МПА колонії штаму округлі, діаметром 2–4 мм, сіро-коричневого кольору, поверхня складчаста, шкіриста, матова, структура крупнозерниста, консистенція тверда (рис. 1, а). Штам виділяє пігмент темно-коричневого кольору (рис. 1, б). Повітряний міцелій не утворюється.



а



б

Рис.1. Ріст штаму NUCc F2 на МПА: а – агарова пластинка; б – косий агар

Бактерії утворюють розгалужений міцелій (рис. 2).

За морфологічними ознаками виділений мікроорганізм можна віднести до актинобактерій. Відомо, що при рості на багатих живильних середовищах (до яких належить МПА) актинобактерії дають так званий атиповий ріст – щільні шкіристі колонії, зазвичай не опушені типовим для штамів роду *Streptomyces* повітряним міцелієм. Для прояву диференціювання, утворення характерних спор і пігментів актинобактеріям потрібні спеціальні середовища. Таким середовищем, зокрема, є вівсяний агар [19].

Ми виростили штам на вівсяному агарі та одержали поверхневі, сіро-білого кольору колонії, діаметром 2–4 мм (рис. 3, 4). Форма округла з валиком, профіль кратероподібний, поверхня складчаста, консистенція волокниста (рис. 3). На 14–20-у добу розвивається добре виражений повітряний міцелій білого кольору. З нижнього боку колонії коричневого кольору (рис. 3). Штам утворює коричневий пігмент, який з часом (1–2 місяці) набуває червонуватого відтінку (рис. 4).

Бактерії утворюють розгалужений міцелій зі спорами, розташованими ланцюжком по 10– 50 спор і більше (рис. 5). Ланцюжки спор спіральні, але є деякі спорові ланцюжки прямі та петлеподібні. Клітини грампозитивні.

Виділений штам відноситься до мезофілів, оскільки температурний оптимум для нього становить 19–33 °С.

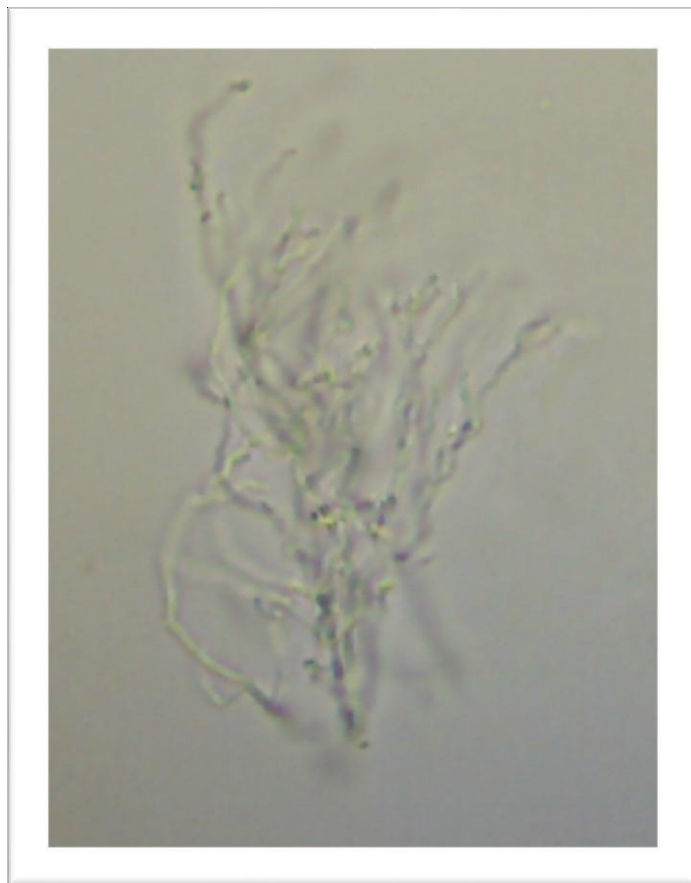


Рис. 2. Мікрофотографія штаму NChC F2 (світлова мікроскопія, препарат «роздавлена крапля», збільшення x400)

Результати дослідження деяких фізіолого-біохімічні властивостей виділеного штаму узагальнено у таблиці 1.



Рис. 3. Ріст штаму NChC F2 на вівсяному агарі: агарова пластинка (5 діб, вигляд колоній зверху та знизу відповідно)

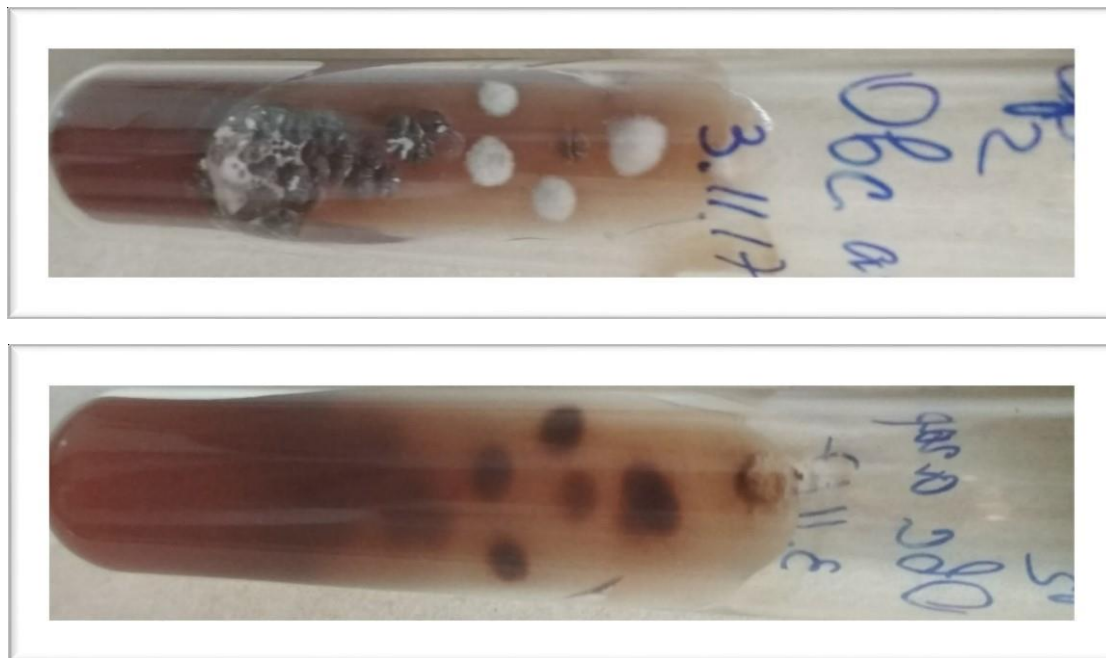
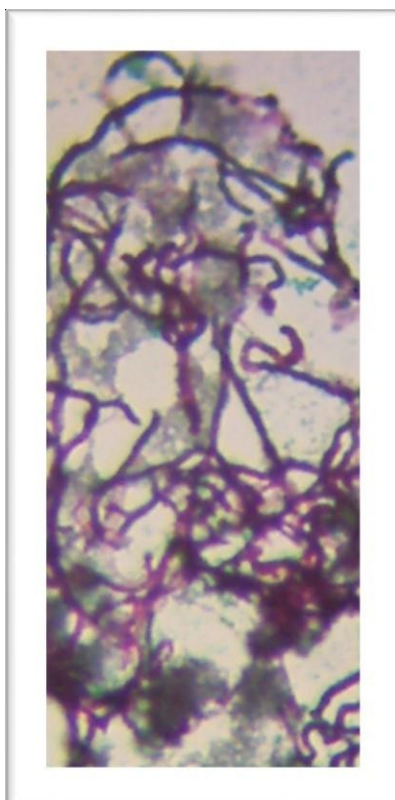


Рис. 4. Ріст штаму NUC_hC F2 на вівсяному агарі: косий агар (1–2 місяці, вигляд колоній зверху та знизу відповідно)



а



б

Рис. 5. Мікрофотографії штаму NUC_hC F2 (світлова мікроскопія, імерсія, збільшення x1000): а – фарбування фуксином; б – фарбування метиленовим синім

Таким чином, за культурально-морфологічними та фізіолого-біохімічними властивостями згідно з Bergey's Manual of

Systematic Bacteriology [9] виділений штам віднесено до роду *Streptomyces*.

Таблиця 1

Фізіолого-біохімічні властивості виділеного штаму

№ п/п	Властивість	Наявність
1.	Каталазна активність	+
2.	Оксидазна активність	—
3.	Аеробний ріст	+
4.	Анаеробний ріст	—
5.	Утилізація глюкози	—
6.	Виділення амоніаку	+
7.	Гідроліз казеїну	+
8.	Гідроліз крохмалю	+
9.	Гідроліз ліпідів	—
10.	Уреазна активність	—
11.	Утилізація цитрату	+
12.	Утворення індолу	—
13.	Утворення сірководню	—
14.	Левансахараза	—
15.	Реакція з метиловим червоним	—
16.	Реакція Фогеса-Проскауера	—

Молекулярно-генетична характеристика гену 16S р рННК виділеного штаму

У результаті визначення нуклеотидної послідовності гену 16S р рННК досліджуваного штаму отримано сиквенс фрагменту, загальною довжиною 1286 п.н. Порівняльний аналіз цього фрагменту з задепонованими у базі даних

GenBank виявив високий відсоток схожості (99 %) з декількома видами роду *Streptomyces*, зокрема *S. canus*, *S. ciscaucasicus*, *S. resistomyzificus*. Відсоток подібності нуклеотидних послідовностей гену 16S р рННК між досліджуваним штамом та деяких видами роду *Streptomyces* наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Відсоток схожості між нуклеотидними послідовностями гену 16S р рННК *S. canus* NUCCh F2 та іншими видами роду *Streptomyces*

Вид	% схожості
1	2
<i>S. canus</i> NBRC 12752	99
<i>S. ciscaucasicus</i> NBRC 12872	99
<i>S. resistomyzificus</i> NBRC 12814	99
<i>S. lincolnensis</i> NBRC 13054	99

1	2
<i>S. novaecaesareae</i> NBRC 13368	99
<i>S. antibioticus</i> NBRC 12838	98
<i>S. coralus</i> NBRC 12856	98
<i>S. mirabilis</i> ATCC27447	98
<i>S. mexicanus</i> NBRC 100915	97
<i>S. albus</i> NRRL B-1811	96
<i>S. coelicolor</i> DSM 40233	96

Для уточнення рівня генетичної спорідненості штаму NUChC F2 з іншими стрептоміцетами, на основі сиквенсів гену 16S рРНК було побудовано дендрограму (рис. 6). Досліджуваний штам сформував одну групу з типовими штамми видів *S. ciscaucasicus* та *S. canus* (див. рис. 6). Вперше вид *S. canus* був описаний у 1953 році [10], а дані щодо виду *S. ciscaucasicus* були опубліковані у 1983 році [8]. Однак, незважаючи на фенотипові відмінності між цими видами, на основі порівняльного аналізу

їх геномів та за результатами мультилокусного сиквенування типових штамів цих видів, на цей час запропоновано вважати *S. ciscaucasicus* синонімом *S. canus* [13].

Нуклеотидна послідовність фрагмента гена 16S рРНК штаму NUChC F2 занесена у базу даних GenBank як *Streptomyces canus* MG924748 (з прямого праймеру) та MG924855 (зі зворотного праймеру).

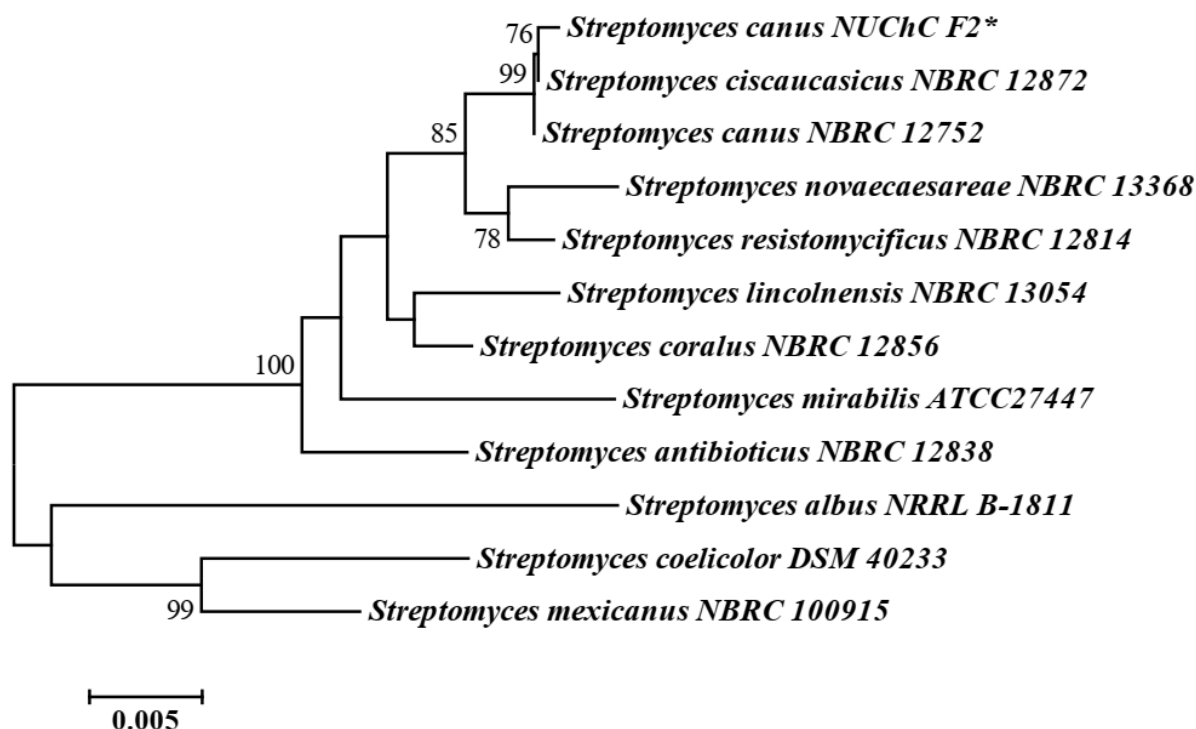


Рис. 6. Дендрограма філогенетичних зв'язків між деякими видами роду *Streptomyces*, побудована на основі нуклеотидних послідовностей гену 16S рРНК та з використанням neighbor-joining методу. Досліджуваний штам позначений *.

Теоретичний аналіз біобезпеки досліджуваних мікроорганізмів

Біобезпека описує принципи ізолювання, технології та методи, використовувані для запобігання ненавмисному впливу патогенів і токсинів на людину або їх випадковому розповсюдженню [11]. За рівнем біобезпеки бактерії виду *S. canis* відносяться до 1-ї групи ризику згідно Німецьких Технічних Правил для біологічних агентів [4]. У відповідності з Директивою 2000/54/ЕС Європейського Парламенту та Ради про захист працівників від ризиків, пов'язаних із впливом біологічних агентів на роботі, мікроорганізм з 1-ї групи ризику навряд чи спричинить захворювання людини [7]. Згідно Всесвітньої Організації Охорони Здоров'я у представників групи ризику 1 відсутня або низька індивідуальна і суспільна небезпека. Мікроорганізм цієї групи потенційно не є збудником хвороб людини або тварин [28]. Для роботи з представниками 1-ї групи ризику не вимагається захисного обладнання, а особливостями лабораторного захисту є застосування «правильних мікробіологічних технік» [11]. Отже, виділені бактерії безпечні для здоров'я людини.

Висновки

З феросфери ґрунту виділено штам актинобактерій NUChC F2, одержано чисту культуру.

За фенотиповими і генотиповими характеристиками досліджуваного штаму, керуючись останніми публікаціями та правилами щодо систематики і таксономії видів стрептоміцетів, штам NUChC F2 віднесено до виду *Streptomyces canis*.

Нуклеотидні послідовності гена 16S рРНК зареєстровано у базі даних GenBank як *Streptomyces canis* MG924748 (з прямого праймеру) та MG924855 (зі зворотного праймеру).

Бактерії виділеного штаму амоніфікувальні, отже потенційно корозійно активні, і можуть бути використані при дослідженні процесів мікробно індукованої корозії.

За рівнем біобезпеки бактерії виду *Streptomyces canis* відносяться до 1-ї групи ризику (за Німецькими Технічними Правилами для біологічних агентів) і безпечні для здоров'я людини.

References

1. Andreyuk, E. I., Iutinskaya, G. A., and Dulgerov, A. N. (1988). Pochvennyie mikroorganizmyi i intensivnoe zemlepolzovanie [Soil microorganisms and intensive land use]. Kyiv, Ukraine : Naukova dumka.
Андреюк Е. И., Иутинская Г. А., Дульгеров А. Н. Почвенные микроорганизмы и интенсивное землепользование. К.: Наук. думка, 1988. 192 с.
2. Andreyuk, E. I., Kozlova, I. A., Kopteva, Zh. P. et al. (2002). Ferrosfera – zona formirovaniya korrozionno-aktivnogo soobshchestva mikroorganizmov [Ferrosphere – a zone of formation of a corrosion-active community of microorganisms]. *Reports of NAS of Ukraine*, 3, 157–161.
Андреюк Е. И., Козлова И. А., Коптева Ж. П. и др. Ферросфера – зона формирования коррозийно-активного сообщества микроорганизмов. *Доповіди НАН України*. 2002. № 3. С. 157–161.
3. Bleich, R., Watrous, J. D., Dorrestein, P. C., Bowers, A. A., and Shank, E. A. (2015). Thiopeptide antibiotics stimulate biofilm formation in *Bacillus subtilis*. *PNAS*, 10(112), 3086–3091. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1414272112>.
4. Catalogues of Leibniz Institute DSMZ (German Collection of Microorganisms and Cells Cultures). (n.d.). Retrieved from <https://www.dsmz.de/catalogues/details/culture/DSM-40017.html>.

5. Chadderton, R. A., Christensen, G. L., and Henry-Unrath, P. (1992). Implementation and Optimization of Distribution Flushing Programs. *American Water Works Association*. Retrieved from https://books.google.com.ua/books?id=tgtA_05lcGYC&pg.

6. Dikiy, I. L., Holupyak, I. Yu., and Sidorchuk, I. I. Mikrobiologiya. Rukovodstvo k laboratornym zanyatiyam [Microbiology. Guide to laboratory exercises] (2002). Kharkov, Ukraine : Publishing House of the National Pharmaceutical University «Golden Pages».

Дикий И. Л., Холупяк И. Ю., Сидорчук И. И. Микробиология. Руководство к лабораторным занятиям. Харьков: Изд. НФаУ "Золотые страницы", 2002. 444 с.

7. Directive 2000/54/EC of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000 on the protection of workers from risks related to exposure to biological agents at work. (2000). *Official Journal of the European Communities*, 22–45. Retrieved from <https://osha.europa.eu/en/legislation/directives/exposure-to-biological-agents/77>.

8. Gauze, G. F., Preobrazhenskaya, T. P., Sveshnikova, M. A., Terehova, A. P., and Maksimova, T. S. (1983). *Opredelitel aktinomitsvetov*. [Key to actinomycetes]. Moscow, Russian Federation : Nauka.

Гаузе Г. Ф., Преображенская Т. П., Свешникова М. А., Терехова А. П., Максимова Т. С. Определитель актиномицетов. Москва: Наука, 1983. 248 с.

9. Goodfellow, M., Kämpfer, P., Busse, H.-J. et al. The Actinobacteria, Part A. (2012). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. 2nd ed. Vol. 5. New York, USA : Springer.

10. Heinemann, B., Kaplan, M. A., Muir, R. D., and Hooper, I. R. (1953). Amphomycin, a new antibiotic. *Antibiotics & chemotherapy* (Northfield, Ill.), 3(12), 1239–1242.

11. Holubnycha, V. M., Pohorielov, M. V., and Korniienko, V. V. (2016). Biobezpeka ta biozakhyst u biolohichnykh laboratoriiakh 1-ho ta 2-ho rivniv biobezpeky: monohrafiia [Biosafety and biosecurity in 1st and 2nd level biological laboratories: monograph]. Sumy, Ukraine : Sumy State University.

Голубнича В. М., Погорелов М. В., Корнієнко В. В. Біобезпека та біозахист у біологічних лабораторіях 1-го та 2-го рівнів біобезпеки: монографія. Суми: Сумський державний університет, 2016. 123 с.

12. Jayaraman, A., Cheng, E. T., Earthman, J. C., and Wood, T. K. (1997). Importance of biofilm formation for corrosion inhibition of SAE 1018 steel by axenic aerobic biofilms. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 18, 396–401. DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.jim.2900396>.

13. Kämpfer, P., Rückert, C., Blom, J. et al. (2018). *Streptomyces ciscaucasicus* Sveshnikova et al. 1983 is a later subjective synonym of *Streptomyces canus* Heinemann et al. 1953. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 68(1), 42–46. DOI: <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.002418>.

14. Lane, D. G. (1991). Nucleic acids techniques in bacterial systematic. Ed. by E. Stackebrandt and M. Goodfellow. Chichester, United Kingdom : John Wiley. Pp.115–175.

15. Gerhard, F. et al. (Ed.). (1984). *Metody obschey bakteriologii*. [General bacteriology methods]. Moscow, USSR : Mir Publishing House.

Методы общей бактериологии / Под ред. Ф. Герхардта и др. Москва: Мир, 1984. 264 с.

16. Zvyagintsev, D. G. (Ed.). (1991). *Metody pochvennoy mikrobiologii i biohimii* [Methods of soil microbiology and biochemistry] (1991). Moscow, USSR : Moscow University Press.
Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д.Г. Звягинцева. Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1991. 303 с.
17. Andreiuk, K. I. et al. (2005). *Mikrobna koroziiia pidzemnykh sporud* [Microbial corrosion of underground structures]. (2005). Kyiv, Ukraine : Naukova dumka.
Мікробна корозія підземних споруд / Андрейук К.І. та ін. Київ: Наук. думка, 2005. 258 с.
18. Nnabuk Okon Eddy. (2010). Fermentation product of *Streptomyces griseus* (albomycin) as a green inhibitor for the corrosion of zinc in H₂SO₄. *Green Chemistry: Letters and Reviews.*, 4(3), 307–314. DOI: <https://doi.org/10.1080/17518253.2010.486771>.
19. Hoult, J., Krig, N., Snit, P., Steily, J., and Williams, S. (1997). *Opredelitel bakteriy Berdzhii* [Bergey Bacterial Identifier]. Moscow, Russian Federation : Mir.
Определитель бактерий Берджи / Под ред. Дж.Хоулта, Н.Крига, П.Снита, Дж.Стейли, С.Уилльямса. Москва: Мир, 1997. Т. 2. 800 с.
20. Pacheco da Rosa, J., Korenblum, E., Franco-Cirigliano, M. N. et al. (2013). *Streptomyces lunalinharesii* Strain 235 Shows the Potential to Inhibit Bacteria Involved in Biocorrosion Processes. *Hindawi Publishing Corporation BioMed Research International*. Vol. 2013, Article ID 309769. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2013/309769>.
21. Pacheco da Rosa, J., Tibùrcio, S. R. G., Marques, J. M. et al. (2016). *Streptomyces lunalinharesii* 235 prevents the formation of a sulfate-reducing bacterial biofilm. *Brazilian journal of microbiology*, 47, 603–609. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2016.04.013>.
22. Egorov, N. S. (Ed.). (1983). *Rukovodstvo k prakticheskim zanyatiyam po mikrobiologii* [Microbiology Practice Tutorial]. Moscow, USSR : Moscow University Press.
Руководство к практическим занятиям по микробиологии: Практ. пособие / Под ред. Н.С. Егорова. Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1983. 215 с.
23. Song-Mei, L., Yuan-Yuan, Z., Ru-Bing, B. et al. (2009). Corrosion Behavior of Steel A3 under the Combined Effect of *Streptomyces* and *Nocardia* sp. *Acta Phys.-Chim. Sin.*, 25(5), 921–927. DOI: <https://doi.org/10.3866/PKU.WHXB20090518>.
24. Songmei, L., Yuanyuan, Z., Juan, D. et al. (2010). Influence of streptomyces on the Corrosion Behavior of Steel A3 in *Thiobacillus ferrooxidans* Media. *Acta Chimica Sinica*, 1(68), 67–74.
25. Tamura, K., Stecher, G., Peterson, D., Filipski, A., and Kumar, S. (2013). MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 6.0. *Molecular Biology and Evolution*, 12(30), 2725–2729. DOI: <https://doi.org/10.1093/molbev/mst197>.
26. Volkland, H.-P. (2001). *From Biocorrosion to Bioprotection: A New Approach in Corrosion Control*. A dissertation submitted to the Swiss Federal Institute Of Technology for the degree of Doctor Of Natural Sciences. Zürich, Switzerland.

27. Winn, M., Casey, E., Habimana, O., and Murphy, C. D. (2014). Characteristics of *Streptomyces griseus* biofilms in continuous flow tubular reactors. *Federation of European Microbiological Societies. Microbiol. Lett*, 352, 157–164. DOI: <https://doi.org/10.1111/1574-6968.12378>.

28. Zlenko, V. V., Piriatska, N. Ye., Lytvynenko, M. I. et al. (2015). Orhanizatsiia roboty ta zabezpechennia sanitarno-protyepidemichnoho rezhymu v laboratorno-diahnostychnykh ustanovakh riznoho profilu [Organization of work and maintenance of sanitary-anti-epidemic regime in laboratory-diagnostic establishments of different profile]. Kharkiv, Ukraine : Publisher of Kharkiv National Medical University.

Зленко В. В., Пірятинська Н. Є., Литвиненко М. І. та ін. Організація роботи та забезпечення санітарно-протиепідемічного режиму в лабораторно-діагностичних установах різного профілю : навч. посібник. Харків: ХНМУ, 2015. 56 с.

Received: 09.01.2020. Accepted: 23.01.2020. Published: 07.01.2022.

Cite this article in APA Style as:

Tkachuk, N., Zelena, L., and Olhovich, Ye. (2022). Vydilennia aktynobakterii z ferosfery gruntu ta yikh identyfikatsiia [Isolation of actinobacteria from the soil ferrosphere and their identification]. *BHT: Biota. Human. Technology*, 1(1), 33–44. (in Ukrainian)

Information about the authors:

Tkachuk N. [*in Ukrainian: Ткачук Н.*]¹, Ph.D. in Biol. Sc., Assoc. Prof., email: nataliia.smykun@gmail.com
ORCID: 0000-0002-5115-7716 *Scopus-Author ID: 7801574248*
Department of Biology, T.H. Shevchenko National University “Chernihiv Colehium”,
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Zelena L. [*in Ukrainian: Зелена Л.*]², Ph.D. in Biol. Sc., Senior Researcher, email: zelenalyubov@gmail.com
ORCID: 0000-0002-5148-1030
Danylo Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, NAS of Ukraine,
154 Akademika Zabolotnoho Street, Kyiv, 03680, Ukraine

Olhovich Ye. [*in Ukrainian: ОЛЬХОВИК Є.*]³, Pupil (11th grade), email: e.olhovich2003@gmail.com
ORCID: 0000-0002-8510-3820
Chernihiv Lyceum No 32,
11 Shevchuka Street, Chernihiv, 14000, Ukraine

¹ Study design, data collection, statistical analysis, manuscript preparation, funds collection.

² Data collection, statistical analysis.

³ Data collection, statistical analysis, manuscript preparation.



FUNCTIONING OF BIOLOGICAL SYSTEMS
ФУНКЦІОНУВАННЯ БІОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ



UDC 547.915:66.094.3-926.215

**Halyna Tkachenko, Natalia Kurhaluk, Myroslava Maryniuk, Maryna Opryshko,
Oleksandr Gyrenko, Lyudmyla Buyun**



**EFFECT OF ROSEMARY ESSENTIAL OIL ON LIPID PEROXIDATION
IN THE WALNUTS OIL
ВПЛИВ ЕФІРНОЇ ОЛІЇ РОЗМАРИНУ НА ПЕРЕКИСНЕ ОКИСЛЕННЯ ЛІПІДІВ
В ОЛІЇ ВОЛОСЬКОГО ГОРИХА**

DOI: 10.5281/zenodo.7110911

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Tkachenko H., Kurhaluk N., Maryniuk M., Opryshko M., Gyrenko O., Buyun L., 2022

ABSTRACT

Purpose. To investigate the content of 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) in the walnuts oil with the use of rosemary essential oil (Etja, Elblag, Poland) as an antioxidant agent by monitoring the lipid peroxidation during 40 days storage period.

Methodology. Lipid oxidation was evaluated by TBARS according to the method described by Kamyshnikov with some modifications. All variables were tested for normal distribution using the Kolmogorov-Smirnov test ($P > 0.05$). Significance of differences in the lipid peroxidation biomarker in the samples (significance level at $p < 0.05$) was examined using the Mann-Whitney test according to Zar. All statistical calculations were performed on separate data from each sample with STATISTICA 8.0 software (StatSoft, Krakow, Poland).

Scientific novelty. Investigated the content of 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) in the walnuts oil with the use of rosemary essential oil Etja, Elblag, Poland.

Conclusions. This study evaluated the effects of rosemary essential oil (REO) as an antioxidant agent by monitoring the lipid peroxidation in the walnuts oil during 40 days storage period by the assessment of the content of TBARS as a biomarker of lipid peroxidation.

The effect of the REO on oxidative stability of the walnuts oil was evaluated throughout 40 days of storage. The inclusion of the REO in plant oil and storage time significantly affected TBARS values at 8 days. Lipid oxidation decreased significantly ($p < 0.05$) during storage, particularly in the control sample, which showed the highest decrease at 15 days (by 57.14 %, $p < 0.05$) and at 8 days (by 3.6 %, $p > 0.05$). The REO decreased lipid oxidation compared to the control sample by 13.6% ($p < 0.05$) at 8 days and increase by 10.9 % ($p > 0.05$) at 40 days. At 15 days, the TBARS values reached approximately $73.85 \mu\text{mols} \times \text{L}^{-1}$, corresponding to a lipid oxidation increase of approximately 19 % ($p > 0.05$) for samples enriched by REO. The present results demonstrate that the administration of REO, exhibiting free radical scavenging activity determined by TBARS assay, exerts beneficial effects on preventing lipid peroxidation in walnuts oil by limiting the TBARS level at 8 days of storage.

Key words: walnuts oil, rosemary essential oil, 2-thiobarbituric acid reactive substances, lipid peroxidation.

АНОТАЦІЯ

Мета роботи. Дослідити вміст реагуючих речовин 2-тіобарбітурової кислоти (РРТБК) в олії волоського горіха з використанням ефірної олії розмарину (Etja, Elblag, Poland) як антиоксиданту шляхом моніторингу перекисного окислення ліпідів протягом 40 днів зберігання.

Методологія. Окислення ліпідів оцінювали РРТБК за методикою, описаною Камишиниковим з деякими модифікаціями. Усі змінні були перевірені на нормальний розподіл за допомогою тесту Колмогорова-Смірнова ($P > 0,05$). Достовірність відмінностей біомаркера

перекисного окислення ліпідів у зразках (рівень значущості при $p < 0,05$) досліджували за допомогою тесту Манна-Уїтні за Zar. Усі статистичні розрахунки здійснювали за окремими даними з кожної вибірки за допомогою програмного забезпечення STATISTICA 8.0 (StatSoft, Краків, Польща).

Наукова новизна. Досліджено вміст РРТБК в олії волоського горіха з використання ефірної олії розмарину Etja, Elblag, Poland.

Висновки. У цьому дослідженні оцінювали вплив ефірної олії розмарину (EOP) як антиоксидантного агента шляхом моніторингу перекисного окислення ліпідів у олії волоських горіхів протягом 40 днів зберігання шляхом оцінки вмісту РРТБК як біомаркера перекисне окислення ліпідів.

Вплив EOP на окислювальну стабільність олії волоських горіхів оцінювали протягом 40 днів зберігання. Включення EOP до рослинної олії та час зберігання суттєво вплинули на значення РРТБК через 8 днів. Окислення ліпідів значно зменшилося ($p < 0,05$) під час зберігання, особливо в контрольній пробі, яка показала найбільше зниження на 15 добу (на 57,14 %, $p < 0,05$) та на 8 добу (на 3,6 %, $p > 0,05$). EOP зменшив окислення ліпідів порівняно з контрольним зразком на 13,6 % ($p < 0,05$) через 8 днів і збільшив на 10,9 % ($p > 0,05$) через 40 днів. Через 15 днів значення TBARS досягли приблизно $73,85 \text{ мкмоль} \times \text{л}^{-1}$, що відповідає зростанню окислення ліпідів приблизно на 19 % ($p > 0,05$) для зразків, збагачених EOP. Ці результати свідчать, що введення EOP, що демонструє активність поглинання вільних радикалів, визначену за допомогою аналізу РРТБК, сприятливо впливає на запобігання перекисного окислення ліпідів у олії волоських горіхів, обмежуючи рівень РРТБК протягом 8 днів зберігання.

Ключові слова: олія волоського горіха, ефірна олія розмарину, реактивні речовини 2-тіобарбітурової кислоти, перекисне окислення ліпідів.

Introduction

Rosemary (*Rosmarinus officinalis* Linn.) is a common household plant grown in many parts of the world used as spices in a variety of foods and employed in traditional medicine for its healing properties [2, 12]. It is used for flavoring food, a beverage drink, as well as in cosmetics; in folk medicine, it is used as an antispasmodic in renal colic and dysmenorrhoea, in relieving respiratory disorders and to stimulate the growth of hair. Extract of rosemary relaxes smooth muscles of trachea and intestine and has choleric, hepatoprotective and antitumorigenic activity [2]. Rosemary is a rich source of active antioxidant constituents such as phenolic diterpenes, flavonoids, and phenolic acids. Caffeic acid and rosmarinic acid are the most important bioactive constituents. Rosmarinic acid is the ester of caffeic acid and 3,4-dihydroxy phenyl lactic acid and is widely identified in different plant species. Chemical structure of rosmarinic acid contains two phenolic rings: one of them is derived from phenylalanine via caffeic acid

and the other from tyrosine *via* dihydroxy phenyl lactic acid [12]. The rosemary and its constituents especially caffeic acid derivatives such as rosmarinic acid have a therapeutic potential in treatment or prevention of bronchial asthma, spasmogenic disorders, peptic ulcer, inflammatory diseases, hepatotoxicity, atherosclerosis, ischaemic heart disease, cataract, cancer, and poor sperm motility [2]. Besides the therapeutic purpose, it is commonly used as a condiment and food preservative. *R. officinalis* is constituted by bioactive molecules, the phytochemicals, responsible for implementing several pharmacological activities, such as anti-inflammatory, antioxidant, antimicrobial, antiproliferative, antitumor and protective, inhibitory and attenuating activities [6].

The antioxidants, as well as plants containing metabolites with antioxidant properties, are added to maintain the quality and shelf-life of lipid-rich products. Antioxidants are capable of stabilizing free radicals by donating hydrogen (H) to free radicals or

accepting electrons from free radicals to form a complex [10, 21]. The adding of antioxidants to the final products is one strategy used to minimize deterioration during storage and consequently increase the shelf-life of the products [9, 21]. Synthetic antioxidants have been used extensively to minimize lipid oxidation in foods. However, due to an increasing concern about the safety of synthetic chemicals, the use of natural and bioactive antioxidants are preferred and have attracted the attention of researchers [3, 4, 21].

Essential oils are mixtures of volatile compounds obtained, mainly by steam distillation, from medicinal and aromatic plants. They are an alternative to synthetic additives for the food industry, and they have gained attention as potential sources for natural food preservatives due to the growing interest in the development of safe, effective, natural food preservation [13].

Therefore, it is interesting to study the progress of lipid oxidation in plant oils under the same conditions with and without the addition of rosemary extract as antioxidant. We hypothesized that rosemary essential oil would inhibit or reduce lipid oxidation in plant oils due to the antioxidative properties of the essential oil. In addition, contents of the lipid peroxidation marker in the plant oils were monitored during the storage period to investigate if lipid oxidation or food composition can have effects on the fate of bioactive compounds in the plant oils during storage. The goal of this study was to investigate the content of 2- thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) in the walnuts oil with the use of rosemary essential oil (Etja, Elblag, Poland) as an antioxidant agent by monitoring the lipid peroxidation during 40 days storage period.

Preparation of samples. The walnuts oil was obtained from local shops. The plant oil sample (5 mL) was incubated with 0.1 mL of rosemary essential oil (REO) (Etja, Elblag, Poland) (final concentration was 20 µg/mL) at 25 °C for 40 days.

This reaction mixture was shaken gently while being incubated for a fixed interval at 25 °C. Samples were removed at 0, 8, 15, and 40 days of storage for analysis. The walnuts oil was used as the control sample.

Assay of 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS). Lipid oxidation was evaluated by 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) according to the method described by Kamyshnikov (2004) with some modifications. Briefly, 0.1 mL of sample was added with 2 mL of distilled water, 1 mL of 20 % trichloroacetic acid and 1 mL of 2-thiobarbituric acid in a test tube and, the tube content was immediately vortexed. Following water bath treatment at 100 °C for 15 min, the tube content was cooled rapidly down to room temperature and centrifuged at 1000 × g for 10 min. Then, absorbance was measured at 540 nm with a spectrophotometer (Specol 11, Carl Zeiss Jena, Germany) against blind (2.1 mL distilled water and 2 mL TCA-TBA solution). TBARS were calculated as µmoles malonic dialdehyde (MDA) per L of the sample [7].

Statistical analysis. Results are expressed as the mean. All variables were tested for normal distribution using the Kolmogorov-Smirnov test ($P > 0.05$). Significance of differences in the lipid peroxidation biomarker in the samples (significance level at $p < 0.05$) was examined using the Mann-Whitney test according to Zar (1999) [22]. All statistical calculations were performed on separate data from each sample with STATISTICA 8.0 software (StatSoft, Krakow, Poland).

Results of the research

Lipid oxidation is a very complex process initiated by peroxidation of the unsaturated fatty acid in phospholipid membranes to form primary oxidation products, hydroperoxides. The hydroperoxides decompose into further secondary oxidation products, such as aldehydes, ketones, alkenes and alcohols that cause off-flavors and odors in food products [9, 21].

The effect of the REO on oxidative stability of the walnuts oil was evaluated throughout 40 days of storage. The inclusion of the REO in plant oil and storage time significantly affected TBARS values at 8 days (Fig. 1).

The effect of the interaction of the addition of REO and storage time on TBARS value in the walnuts oil was presented in Fig. 1.

Lipid oxidation decreased significantly ($p < 0.05$) during storage, particularly in the control sample, which showed the highest decrease at 15 days (by 57.14 %, $p < 0.05$) and at 8 days (by 3.6 %, $p > 0.05$). The REO decreased lipid oxidation compared to the control sample by 13.6 % ($p < 0.05$) at 8 days and increase by 10.9 % ($p > 0.05$) at 40 days. At 15 days, the TBARS values reached approximately $73.85 \mu\text{mols} \times \text{L}^{-1}$, corresponding to a lipid oxidation increase of approximately 19 % ($p > 0.05$) for samples enriched by REO (Fig. 1).

In our previous study [5], the content of 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) in the various plant oils (rapeseed oil, olive oil, rice oil) with the use of rosemary essential oil as an antioxidant agent by monitoring the lipid peroxidation during one month storage period were evaluated. Lipid peroxidation retarding capacity of rosemary essential oil was found obviously promising. These antioxidant activities seem to be attributed to antioxidant compounds present in the rosemary essential oil. The rosemary essential oil decreased lipid oxidation in the rapeseed oil compared to the control sample by 23.9 % ($p < 0.05$) at 8 days and by 9.4 % ($p > 0.05$) at 40 days. The addition of rosemary essential oil to olive oil increased significantly TBARS values only at 8 days of the storage. The reduction of the lipid oxidation was the highest at 40 days as compared to the start of the study. Rosemary essential oil added to rice oil-induced the increase of TBARS level at 8 days (by 23.7 %, $p < 0.05$) and 0 days (by 64.4 %, $p < 0.05$), respectively.

Consequently, rosemary essential oil could be successfully added to various plant oils as a natural antioxidant source [5].

Herbs and herbal extracts which contain antioxidants and aromatic substances with antimicrobial effects are commonly used in foods. In a study of Karaton Kuzgun and Gürel İnanlı (2018), the chemical, microbiological and sensory changes during storage at $2 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ of *Luciobarbus esocinus* fillets coated with edible films prepared with chitosan incorporation of thyme, clove, rosemary essential oils were examined. To create the experimental samples, a total of six groups of *L. esocinus* fillets coated with different edible films (normal, vacuum-packed, chitosan, chitosan with added thyme oil, chitosan with added clove oil, and chitosan with added rosemary) were used. The food composition of the fillets and experimental samples was determined after they had been coated with edible films. The results of the analysis showed that the preservation period of fresh fillets ended on day 12th, that of vacuum-packed fillets on day 15th, that of fillets coated with chitosan incorporation of rosemary on day 27th, that of fillets coated with chitosan incorporation of thyme and chitosan incorporation of cloves on day 30th. In comparison with the control group, fish spoilage was significantly delayed in samples coated with chitosan incorporation of thyme and chitosan incorporation of cloves ($p < 0.05$). The lowest bacterial growth, values of PV, TBA and TVB-N were obtained in fish samples coated with thyme + chitosan and cloves + chitosan. In terms of the general acceptability of the fish, as determined by qualified panelists, it was determined that the highest score was given to the experimental group to which essential oil of clove had been applied [8].

Mezza and co-workers (2018) have evaluated the antioxidant activity of rosemary essential oil fractions obtained by molecular distillation (MD) and investigate their effect on the oxidative stability of sunflower oil [11]. MD fractions were prepared in a series of low-pressure stages where rosemary essential oil was the first feed. Subsequently, a distillate (D1) and residue (R1) were obtained and the residue fraction from the previous stage used as the feed for the next. The residue fractions had the largest capacity to capture free radicals, and the lowest peroxide values, conjugated dienes, and conjugated trienes. The antioxidant activity of the fractions was due to oxygenated monoterpenes, specifically α -terpineol and cis-sabinene hydrate. Oxidative stability results showed the residues (R1 and R4) and butylated hydroxytoluene had greater antioxidant activity than either the distillate fractions or original rosemary essential oil. The residue fractions obtained by the short path MD of rosemary essential oil could be used as a natural antioxidant by the food industry [11].

Upadhyay and Mishra (2015) have classified of sunflower oil blends stabilized by oleoresin rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) using the multivariate kinetic approach. The sunflower oil-oleoresin rosemary blends (SORB) at 9 different concentrations (200 to 2000 mg/kg), sunflower oil-tertiary butyl hydroquinone (SOTBHQ) at 200 mg/kg and control (without preservatives) (SO control) were oxidized using Rancimat (temperature: 100 to 130 °C; airflow rate: 20 L/h). The oxidative stability of blends was expressed using induction period (IP), oil stability index and photochemiluminescence assay. The linear regression models were generated by plotting \ln IP with temperature to estimate the shelf life at 20 °C (SL₂₀; $R^2 > 0.90$). Principal component analysis (PCA) and hierarchical cluster analysis (HCA) was used to classify the oil blends depending upon the oxidative stability and kinetic parameters. The

multivariate kinetic approach effectively screened SORB1500 as the best blend conferring the highest oxidative stability to sunflower oil. This approach can be adapted for quick and reliable estimation of the oxidative stability of oil samples [20].

Sirocchi and co-workers (2017) have investigated the effect of Rosemary essential oil (REO) combined with modified atmosphere packaging conditions (MAP), i.e., aerobic, vacuum or high O₂, to extend the shelf life of beef. Beef slices were wrapped in special three-layer sheets of packaging material, some with a coating of REO (active packaging, AP), and some without REO (non-active packaging, NAP), and stored at 4°C for 20 days. The use of REO proved efficacious in every storage condition, as seen in the lower counts of psychrotrophics, *Brochothrix thermosphacta*, *Pseudomonas* spp., and *Enterobacteriaceae* in AP meat compared to NAP meat. Sensory and colorimetric analyses showed that the best packaging conditions were the high-O₂ atmosphere in combination with REO. Based on microbiological data, the shelf life of beef was 5-6 days for AP samples packaged under aerobic conditions and 14-15 days for AP samples in high-O₂ conditions [18].

Anisakidosis is caused by the ingestion of raw or undercooked fish or cephalopods containing viable *Anisakis* larvae. Several natural extracts, oils, essential oils, and their compounds have been tested against *Anisakis*. In a study of Trabelsi and co-workers (2019), the effectiveness of Tunisian olive oil with different spices or plants (cardamom, cinnamon, ginger, laurel, and rosemary) was tested against *Anisakis* larvae type 1. For the in vitro test, larvae were submerged separately in the oils mentioned above and observed to check viability. Cinnamon oil was the most effective against parasites with lethal time (LT) scores being LT₅₀ = 1.5 days and LT₁₀₀ = 3 days, followed by rosemary. Laurel, cardamom, and ginger oils were less effective.

For the *ex vivo* experiment, cinnamon, and rosemary oils were tested in anchovy fillets, previously artificially parasitized. Cinnamon was the most effective against parasites (dead after 4 days) as compared to rosemary (7 days). Therefore, the uses of cinnamon and rosemary-flavored olive oil in the industrial marinating process can be considered as an efficient alternative to the freezing process required by European Regulation EC No 853/2004 to devitalize *Anisakis* [19].

The application of rosemary essential oils as natural preservatives is recommended in meat products, especially in chicken meats. Raeisi and co-workers (2016) have conducted the study aimed to preserve the microbial quality of chicken meat fillets during storage time by using sodium alginate active coating solutions incorporated with different natural antimicrobials including nisin, *Cinnamomum zeylanicum* (cinnamon), and rosemary essential oils (EOs) which were added individually and in combination. The samples were stored in refrigeration condition for 15 days and were analyzed for the total viable count, *Enterobacteriaceae* count, lactic acid bacteria count, *Pseudomonas* spp. count, psychrotrophic count, and yeast and mold count, as well as the fate of inoculated *Listeria monocytogenes* at 3-day intervals. Results indicated that values of tested microbial indicators in all samples increased during storage. Antimicrobial agents, when used in combination, had a stronger effect in preserving the microbial quality of chicken meat samples rather than their individual use and the strongest effect was observed in samples coated with alginate solution containing both cinnamon and rosemary EOs (CEO+REO). However, all treatments significantly inhibited microbial growth when compared to the control ($P < 0.05$). Therefore, based on the results of this study, the application of alginate coating solutions containing nisin, cinnamon, and rosemary EOs as natural preservatives is

recommended in meat products, especially in chicken meats [16].

The use of dietary rosemary extract (DRE) at low doses is proposed as a nutritional strategy to improve meat preservation in the study of Ortuño and co-workers (2014). Lamb diet was supplemented with 0, 200 or 400 mg DRE (containing carnosic acid and carnosol at 1:1 w:w) per kg feed during the fattening stage. Meat quality was evaluated in lamb fillets packed under a protective atmosphere and kept in retail conditions for up to 14 days. The effects of diet and storage time were determined on different physical-chemical ($L^*a^*b^*$ color, pH, TBARS, protein oxidation and volatiles from lipid oxidation), microbial (total viable and psychrophilic bacteria, *Enterobacteriaceae*, molds, and yeasts) and sensory (appearance and odor) characteristics of the meat. The antioxidant and antimicrobial effects of DRE on meat were demonstrated. DRE delayed lean and fat discoloration, lipid oxidation, odor deterioration, and microbial spoilage, extending the shelf life of fillets from around 9 to 13 days. Both DRE doses provided similar shelf life extension [15].

The rosemary aqueous extract was used as a functional ingredient for cottage cheese in the study of Ribeiro and co-workers (2016), after proving that it possesses both higher content of phenolic compounds and antioxidant activity, compared with the corresponding hydroethanolic extract. However, a decrease of bioactivity was observed for the cheese samples enriched with the extracts in free form after seven days under storage. Therefore, in order to preserve the antioxidant activity, the rosemary aqueous extract was efficiently microencapsulated by using an atomization/coagulation technique. Overall, the introduction of both free and microencapsulated extracts provided bioactivity that was better preserved with microencapsulated extracts without changing the nutritional value of cottage cheese [17].

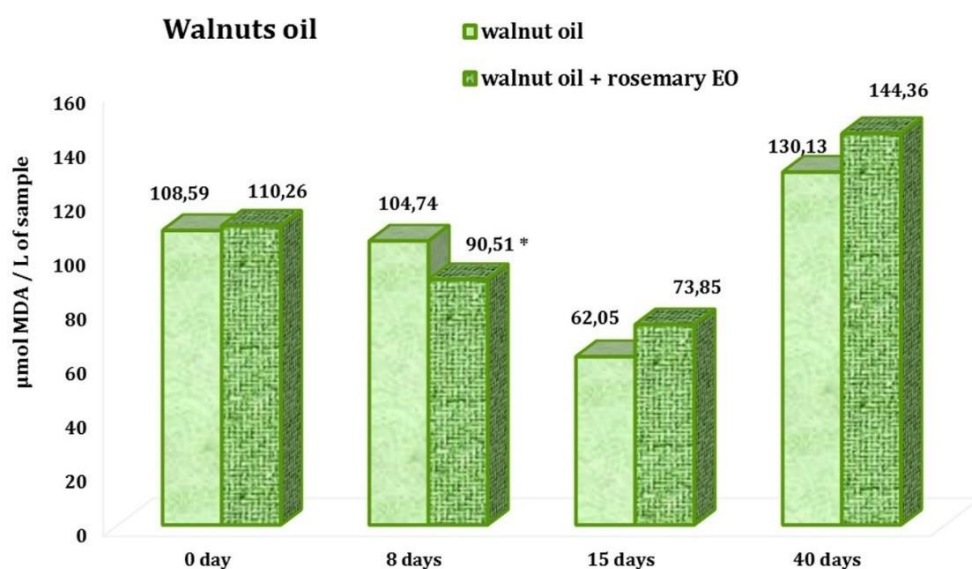


Fig. 1. The effect of the addition of rosemary essential oil and storage time on TBARS value (a biomarker of lipid peroxidation) in the walnuts oil

* means with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$)

The effect of two levels (0.05 % and 0.4 %) of essential oil of rosemary, oregano, or garlic on protein oxidation in pork patties was studied by Nieto and co-workers (2013) during storage under modified atmosphere (MAP: 70 % O_2 : 20 % CO_2 : 10 % N_2) or under aerobic conditions (AE) at 4°C. The oxidative stability of the meat proteins was evaluated as loss of thiols for up to 9 days of storage, and as the formation of myosin cross-links analyzed by SDS-PAGE after 12 days of storage. Protein thiols were lost during storage to yield myosin disulfide cross-links. Essential oils of rosemary and oregano were found to retard the loss of thiols otherwise resulting in myosin cross-links. Garlic essential oil, on the contrary, was found to promote protein oxidation, as seen by an extreme loss in thiol groups, and elevated myosin cross-link formation compared to control [14].

Microencapsulated rosemary oil has the potential to improve the quality of button mushrooms and extend shelf-life. Effects of microencapsulated thyme

(*Thymus vulgaris* L.) and rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) on quality of fresh button mushroom were compared in the study of Alikhani-Koupaei and co-workers (2014). Fresh button mushrooms (*Agaricus bisporus* L.) are sensitive to browning, water loss, and microbial attack. The short shelf-life of mushrooms is an impediment to the distribution and marketing of the fresh product. Essential oils stand out as an alternative to chemical preservatives and their use in foods meets the demands of consumers for natural products. To resolve the controlled release of oil and an increase in antioxidant and antimicrobial activities, the oil was incorporated into microcapsules. Physicochemical qualities were evaluated during 15 days of storage at $4 \pm 0.5^\circ C$. All treatments prevented product weight loss and a decrease in polyphenol oxidase and peroxidase activities during storage.

Color and firmness, microbiological analysis, and total phenolic content caused the least change. With the use of microencapsulated oils, mushrooms were within acceptable limits during 10 days of storage [1].

Conclusions

In summary, the present results demonstrate that the administration of REO, exhibiting free radical scavenging activity determined by TBARS assay, exerts beneficial effects on preventing lipid peroxidation in walnuts oil by limiting the TBARS

level at 8 days of storage. At other periods of storage (15 and 40 days), the TBARS level non-significantly differed from control samples. Thus, edible adding containing essential oils have potential application in the plant oils to maintain/improve their characteristics during the shelf-life.

References

1. Alikhani-Koupaei, M., Mazlumzadeh, M., Sharifani, M., and Adibian, M. (2014). Enhancing stability of essential oils by microencapsulation for preservation of button mushroom during postharvest. *Food Sci. Nutr.*, 2(5): 526–533.
2. al-Sereiti, M. R., Abu-Amer, K. M., and Sen, P. (1999). Pharmacology of rosemary (*Rosmarinus officinalis* Linn.) and its therapeutic potentials. *Indian J. Exp. Biol.*, 37(2), 124–130.
3. Artés, F., Gómez, P. A., and Artés-Hernández, F. (2007). Physical, Physiological and Microbial Deterioration of Minimally Fresh Processed Fruits and Vegetables. *Food Science and Technology International*, 13, 177–188.
4. Asoodeh, A., Memarpoor, Yazdi, M., and Chamani, J. (2012). Purification and characterisation of angiotensin I converting enzyme inhibitory peptides from lysozyme hydrolysates. *Food Chemistry*, 131(1), 291–295.
5. Datsenka, A., Kanavod, H., Belaya, L., Klimovich, V., Truchan, M., and Tkachenko, H. (2019). Effect of rosemary essential oil on lipid peroxidation in the various plant oils. *Scientific and Technical Bulletin of Institute of Animal Science of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine*, (121), 23–32.
6. de Oliveira, J. R., Camargo, S. E. A., and de Oliveira, L. D. (2019). *Rosmarinus officinalis* L. (rosemary) as therapeutic and prophylactic agent. *J. Biomed. Sci.*, 26(1), 5.
7. Kamyshnikov, V. S. (2004). A reference book on the clinic and biochemical researches and laboratory diagnostics. *MEDpress-inform*. Moscow, Russian Federation.
8. Karaton Kuzgun, N., and Gürel İnanlı, A. (2018). The investigation of the shelf life at 2 ± 1 °C of *Luciobarbus esocinus* fillets packaged with films prepared with the addition of different essential oils and chitosan. *J. Food Sci. Technol.*, 55(7), 2692–2701.
9. Kumar, Y., Yadav, D. N., Ahmad, T., and Narsaiah, K. (2015). Recent Trends in the Use of Natural Antioxidants for Meat and Meat Products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14, 796–812.

10. Maisuthisakul, P., Suttajit, M., and Pongsawatmanit, R. (2007). Assessment of phenolic content and free radical-scavenging capacity of some Thai indigenous plants. *Food Chemistry*, 100, 1409–1418.
11. Mezza, G. N., Borgarello, A. V., Grosso, N. R., Fernandez, H., Pramparo, M. C., and Gayol, M. F. (2018). Antioxidant activity of rosemary essential oil fractions obtained by molecular distillation and their effect on oxidative stability of sunflower oil. *Food Chem.*, 242, 9–15.
12. Nabavi, S. F., Tenore, G. C., Daglia, M., Tundis, R., Loizzo, M. R., and Nabavi, S. M. (2015). The cellular protective effects of rosmarinic acid: from bench to bedside. *Curr. Neurovasc. Res.*, 12(1), 98–105.
13. Nieto, G. (2017). Biological Activities of Three Essential Oils of the *Lamiaceae* Family. *Medicines (Basel)*, 4(3).
14. Nieto, G., Jongberg, S., Andersen, M. L., Skibsted, L. H. (2013). Thiol oxidation and protein cross-link formation during chill storage of pork patties added essential oil of oregano, rosemary, or garlic. *Meat Sci.*, 95(2), 177–184.
15. Ortuño, J., Serrano, R., Jordán, M. J., and Bañón, S. (2014). Shelf life of meat from lambs given essential oil-free rosemary extract containing carnosic acid plus carnosol at 200 or 400 mg kg⁻¹. *Meat Sci.*, 96(4), 1452–1459.
16. Raeisi, M., Tabaraei, A., Hashemi, M., and Behnampour, N. (2016). Effect of sodium alginate coating incorporated with nisin, *Cinnamomum zeylanicum*, and rosemary essential oils on microbial quality of chicken meat and fate of *Listeria monocytogenes* during refrigeration. *Int. J. Food Microbiol.*, 238, 139–145.
17. Ribeiro, A., Caleja, C., Barros, L., Santos-Buelga, C., Barreiro, M. F., and Ferreira, I. C. (2016). Rosemary extracts in functional foods: extraction, chemical characterization and incorporation of free and microencapsulated forms in cottage cheese. *Food Funct.*, 7(5), 2185–2196.
18. Sirocchi, V., Devlieghere, F., Peelman, N., Sagratini, G., Maggi, F., Vittori, S., and Ragaert, P. (2017). Effect of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil combined with different packaging conditions to extend the shelf life of refrigerated beef meat. *Food Chem.*, 221, 1069–1076.
19. Trabelsi, N., Nalbone, L., Marotta, S. M., Taamali, A., Abaza, L., and Giarratana, F. (2019). Effectiveness of five flavored Tunisian olive oils on *Anisakis* larvae type 1: application of cinnamon and rosemary oil in industrial anchovy marinating process. *J. Sci. Food Agric.*, 99(10), 4808–4815.
20. Upadhyay, R., and Mishra, H. N. (2015). Classification of Sunflower Oil Blends Stabilized by Oleoresin Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) Using Multivariate Kinetic Approach. *J. Food Sci.*, 80(8), 1746–1754.
21. Vital, A. C., Guerrero, A., de Monteschio, O. J., Valero, M. V., Carvalho, C. B., de Abreu Filho, B. A., Madrona, G. S., and do Prado, I. N. (2016). Effect of Edible and Active Coating (with Rosemary and Oregano Essential Oils) on Beef Characteristics and Consumer Acceptability. *PLoS One*, 11(8), e0160535.

22. Zar, J. H. (1999). *Biostatistical Analysis*, 4th ed. Hoboken, New Jersey : Prentice Hall Inc.

Received: 13.01.2020. Accepted: 01.12.2021. Published: 07.01.2022.

Cite this article in APA Style as:

Tkachenko, H., Kurhaluk, N., Maryniuk, M., Opryshko, M., Gyrenko, O., and Buyun, L. (2022). Effect of rosemary essential oil on lipid peroxidation in the walnuts oil. *BHT: Biota. Human. Technology*, 1(1), 46–55. (in Ukrainian)

Information about the authors:

Tkachenko H. [*in Ukrainian: Ткаченко Г.*]¹, Dr. of Biol. Sc., Prof., email: halyna.tkachenko@apsl.edu.pl
ORCID: 0000-0003-3951-9005
Department of Biology, Pomeranian University in Słupsk,
22b Arciszewski Street, Słupsk, 76-200, Poland

Kurhaluk N. [*in Ukrainian: Курхалюк Н.*]², Dr. of Biol. Sc., Prof., email: natalia.kurhaluk@apsl.edu.pl
ORCID: 0000-0002-4669-1092
Department of Biology, Pomeranian University in Słupsk,
22b Arciszewski Street, Słupsk, 76-200, Poland

Maryniuk M. [*in Ukrainian: Маринюк М.*]³, Senior Engineer, email: mariniuk.m.m@nas.gov.ua
Department of tropical and subtropical plants, M. M. Gryshko National Botanic Garden,
1 Tymiriazivska Street, Kyiv, 01014, Ukraine

Opryshko M. [*in Ukrainian: Опришко М.*]⁴, Senior Engineer, email: oprishko.m.v@nas.gov.ua
Department of tropical and subtropical plants, M. M. Gryshko National Botanic Garden,
1 Tymiriazivska Street, Kyiv, 01014, Ukraine

Gyrenko O. [*in Ukrainian: Гиренко О.*]⁵, Ph.D. in Biol.Sc., Senior Engineer, email: oprishko.m.v@nas.gov.ua
Department of tropical and subtropical plants, M. M. Gryshko National Botanic Garden,
1 Tymiriazivska Street, Kyiv, 01014, Ukraine

Buyun L. [*in Ukrainian: Буюн Л.*]⁶, Dr. of Biol.Sc., Senior Scientist, email: buyun.li@nas.gov.ua
ORCID: 0000-0002-9158-6451
Department of tropical and subtropical plants, M. M. Gryshko National Botanic Garden,
1 Tymiriazivska Street, Kyiv, 01014, Ukraine

¹ Study design, statistical analysis, manuscript preparation

² Study design, statistical analysis, manuscript preparation

³ Data collection, statistical analysis

⁴ Data collection, statistical analysis

⁵ Data collection, statistical analysis

⁶ Study design, statistical analysis, manuscript preparation

Kateryna Semenenko, Nataliia Demchenko

**FUNCTIONAL CONDITION OF THE TEEN'S RESPIRATORY SYSTEM WITH DIFFERENT TYPES OF PHYSICAL DEVELOPMENT****ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН ДИХАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПІДЛІТКІВ
З РІЗНИМИ ТИПАМИ ФІЗИЧНОГО РОЗВИТКУ**

DOI: 10.5281/zenodo.7110920

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Semenenko K., Demchenko N., 2022

ABSTRACT

The purpose of the work. Investigation of the physical development and individual-typological features of the functional state of the external respiration system in children aged 13–14 years.

Methodology. Anthropometry and anthroscopy, a method of sigmal standards of physical development assessment; comprehensive study of the function of external respiration: spirometry. Six functional respiratory tests were used to examine the respiratory system: lung capacity (VCL), reserve inspiratory volume (ROVD), Stange, Genche samples, and the effects of exercise on respiratory retention and VCL.

Scientific novelty. The correlation analysis found a relatively high association between lung capacity and growth rates in adolescents attending sports sections.

Conclusions. Among the studied adolescents aged 13–14 years, 91 % of girls and 31.5 % of boys have a disharmonious physical development, and 91 % of girls and 68.5 % of boys have a harmonious type of development. It has been found that the functional state of the respiratory system of children aged 13–14 years who attend sports sections is better, since their actual indicators exceed the required by 10–15 %. Children of the same age who do not attend the section have lower actual external respiration rates than required by 20–30 %.

Key words: physical development, vital capacity of lungs, Stange test, Genche test.

АНОТАЦІЯ

Мета роботи. Дослідження фізичного розвитку та індивідуально-типологічних особливостей функціонального стану системи зовнішнього дихання у дітей віком 13–14 років.

Методологія. Антропометрія та антропоскопія, метод сигмальних стандартів оцінки фізичного розвитку; комплексне дослідження функції зовнішнього дихання: спірометрія. Для дослідження стану дихальної системи було використано 6 функціональних дихальних проб: життєва ємність легень (ЖЄЛ), резервний об'єм вдиху (РОВд), проби Штанге, Генче та вплив фізичного навантаження на затримку дихання та ЖЄЛ.

Наукова новизна. Встановлено тісний взаємозв'язок між показниками життєвої ємності легень та ростом у підлітків, які відвідують спортивні секції.

Висновки. Серед досліджених підлітків віком 13–14 років дисгармонійний фізичний розвиток мають 9 % дівчат і 31,5 % хлопчиків, а гармонійний тип розвитку 91 % дівчат і 68,5 % хлопчиків. З'ясовано, що функціональний стан дихальної системи дітей віком 13–14 років які відвідують спортивні секції є кращими, оскільки їх фактичні показники перевищують потрібні на 10–

15 %. Діти цього ж віку, які не відвідують секції, мають менші фактичні показники зовнішнього дихання за потрібні на 20–30 %.

Ключові слова: фізичний розвиток, життєва ємність легень, проба Штанге, проба Генче.

Постановка проблеми

Актуальність роботи. Пріоритетним завданням охорони здоров'я України, закріпленим на законодавчому рівні, є збереження і зміцнення здоров'я дітей та підлітків, яке в сучасному соціумі розглядається як інвестиції в майбутнє країни, її трудовий та інтелектуальний потенціал [3]. У сучасних умовах стан здоров'я дітей має неабияке значення, оскільки саме від стану здоров'я підростаючого покоління залежить розвиток суспільства у майбутньому. Результати різноманітних досліджень свідчать про наявну тенденцію погіршення показників здоров'я дітей та підлітків в Україні [1, 4].

Система дихання – одна з найважливіших фізіологічних систем, що визначає як розумову, так і фізичну працездатність дітей в процесі онтогенезу та адаптації до навчальної діяльності. Початок навчальної діяльності супроводжується появою комплексу інтелектуальних та фізичних навантажень, величина яких часто не відповідає віковим можливостям, що викликає функціональні порушення в дитячому організмі [2].

Невпинне погіршення стану здоров'я дітей в останній час було відмічено на XI конгресі педіатрів України. За даними центру медичної статистики МОЗ України захворювання дихальної системи займають найбільшу частку в структурі дитячої захворюваності – 66,7 % (+22,9 % за 2015 р.). З 2006 по 2010 та з 2012 до 2014 рр.

відмічається тенденція до зростання показників захворюваності та поширеності хвороб органів дихання на 15,36 % та 10,18 % відповідно [10]. За даними НАМН України, захворюваність дітей шкільного віку за останні десять років зросла майже на 27 %. Так, якщо в першому класі вже налічується більше 30 % дітей, що мають хронічні захворювання, то до п'ятого класу їх кількість зростає до 50 %, досягаючи в дев'ятому 64 % [5].

У цілому лише у 7 % українських школярів спостерігається задовільний функціональний стан організму. Найвищий рівень захворюваності спостерігається у віковій групі 0–6 років (11,86 на 1000 відповідного населення), потім серед дітей 7–14 років (2,29) і 15–17 років (1,86) [7].

Ситуація, що склалась в сфері здоров'я дитячого населення, викликає негативний резонанс в освітній галузі стосовно успішності навчально-виховного процесу та підвищення інтелектуального рівня підростаючого покоління і його наступної працездатності.

Фізичний розвиток підлітків характеризується відношенням трьох основних показників, а саме росту, маси тіла і обхват грудної клітки [11]. У підлітковому віці спостерігається нерівномірний фізичний розвиток, який проявляється в інтенсивності збільшення якого-небудь окремо взятого показника в залежності від статі [6]. Саме тому ми вирішили дослідити фізичний розвиток та функціональний стан дихальної системи у дітей 13–14 років.

Мета роботи. Дослідження фізичного розвитку та індивідуально-типологічних особливостей функціонального стану системи зовнішнього дихання у дітей віком 13–14 років.

Методологія. Антропометрія та антропоскопія, метод сигмальних стандартів оцінки фізичного розвитку; комплексне дослідження функції зовнішнього дихання: спірометрія. Для дослідження стану дихальної системи було використано 6 функціональних дихальних проб: життєва ємність легень (ЖЄЛ), резервний об'єм вдишу (РОВд), проби Штанге, Генче та вплив фізичного навантаження на затримку дихання та ЖЄЛ.

Наукова новизна. Отримані результати кореляції антропометричних показників з життєвою ємністю легень: найбільша кореляції життєвої ємності легень простежується зі зростом (лінійне відхилення від прямої становить $R^2 = 0,9822$).

Результати дослідження

За результатами антропометрії було отримано співвідношення типів фізичного розвитку у різних групах досліджуваних. Серед досліджуваних дівчат віком 13–14 років (рис. 1, а) кількістю 11 осіб дисгармонійний тип

фізичного розвитку мають 9 %, а гармонійний тип розвитку 91 %. Аналізуючи отримані дані досліджуваних хлопчиків віком 13–14 років (рис. 1, б) кількістю 19 осіб дисгармонійний тип фізичного розвитку мають 31,5 %, а гармонійний відповідно 68,5 %.

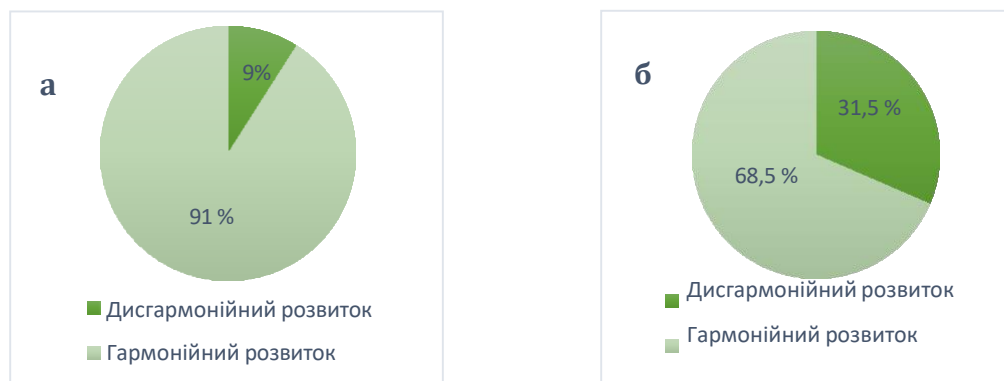


Рис. 1. Типи фізичного розвитку серед дітей віком 13–14 років: а – дівчата; б – хлопчики.

Більший відсоток дисгармонійного типу розвитку у хлопчиків можна пояснити тим, що статеве дозрівання у дівчат починається раніше у 10–12 років, а у хлопчиків в 12–13 років. Неоднорідність в розвитку антропометричних показників у хлопчиків можна пояснити тим, що період статевого дозрівання лише починається.

Результати дослідження функціональних показників зовнішнього дихання у дітей віком 13–14 років наведено на рис. 2, рис. 3, рис. 4. Аналіз отриманих функціональних показників дихальної

системи у підлітків, які відвідують та не відвідують спортивні секції показав, що вони дещо різняться між собою. На основі отриманих результатів ЖЕЛ групи дітей, було побудовано діаграму залежності між фактичним показником ЖЕЛ (до і після навантаження) у досліджуваній групі з потрібними (рис. 2). Отриманий фактичний результат ЖЕЛ дівчат, які не відвідують спортивні секції є нижчий за потрібний на 20–30 % (рис. 2, а). Це пояснюється тим, що дівчата ведуть малорухливий спосіб життя.

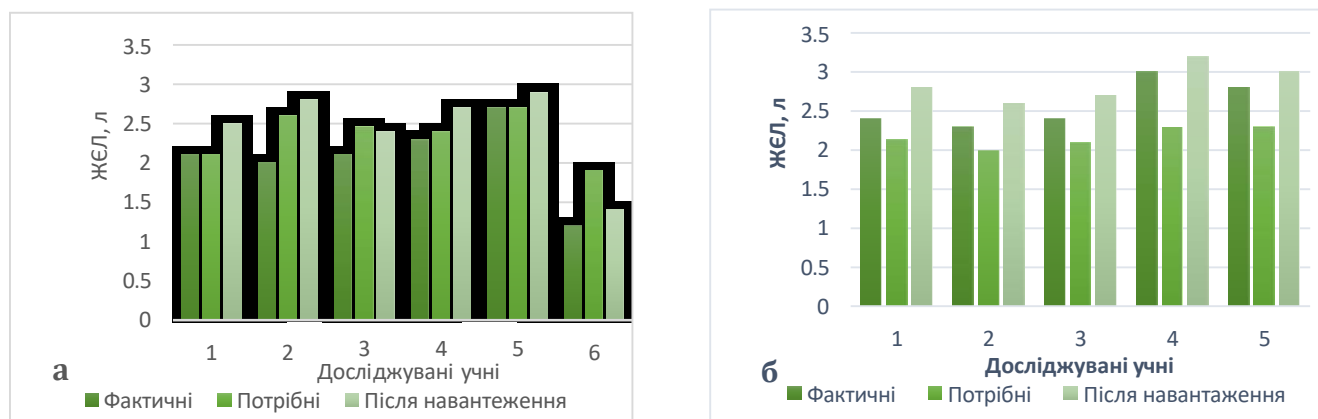


Рис. 2. Показники життєвої ємності легень у дівчат віком 13 – 14 років: а – не відвідують спортивні секції; б – відвідують спортивні секції.

Проаналізувавши отримані результати ЖЄЛ групи дівчат, які відвідують спортивні секції (рис. 2, б) ми можемо прослідкувати тенденцію, що фактичний результат перевищує потрібний на 10–15 %.

Аналізуючи отримані дані досліджуваної групи хлопчиків, які не відвідують спортивні секції також прослідковується тенденція, що фактичні показники ЖЄЛ менші за потрібні на 20–30 % (рис. 3).

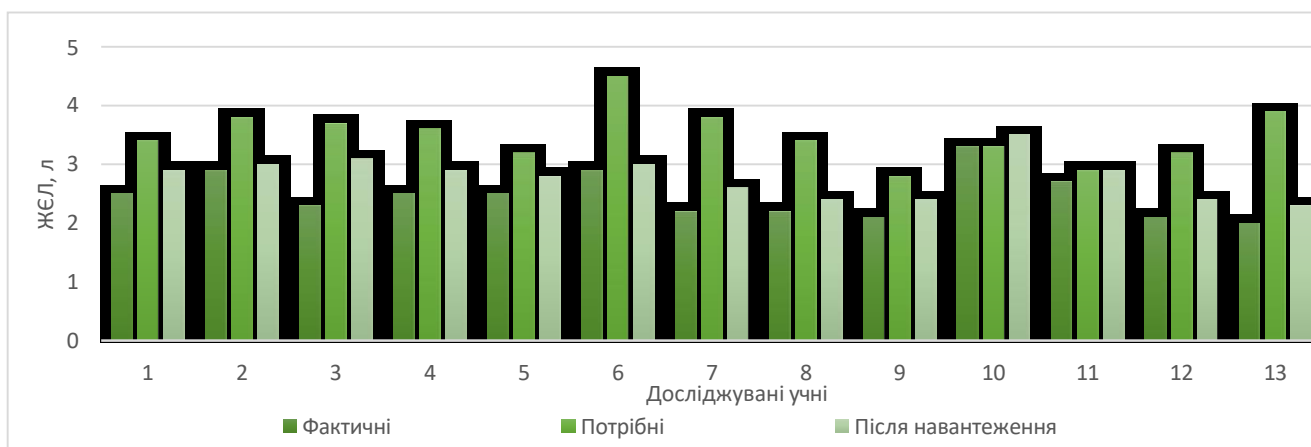


Рис. 3. Показники життєвої ємності легень (ЖЄЛ) у хлопчиків віком 13 – 14 років, які не відвідують спортивні секції

Аналізуючи показники ЖЄЛ хлопчиків, які відвідують секції (рис. 4) прослідковується закономірність, що фактичний показник

життєвої ємності легень перевищує потрібний на 10–15 %.

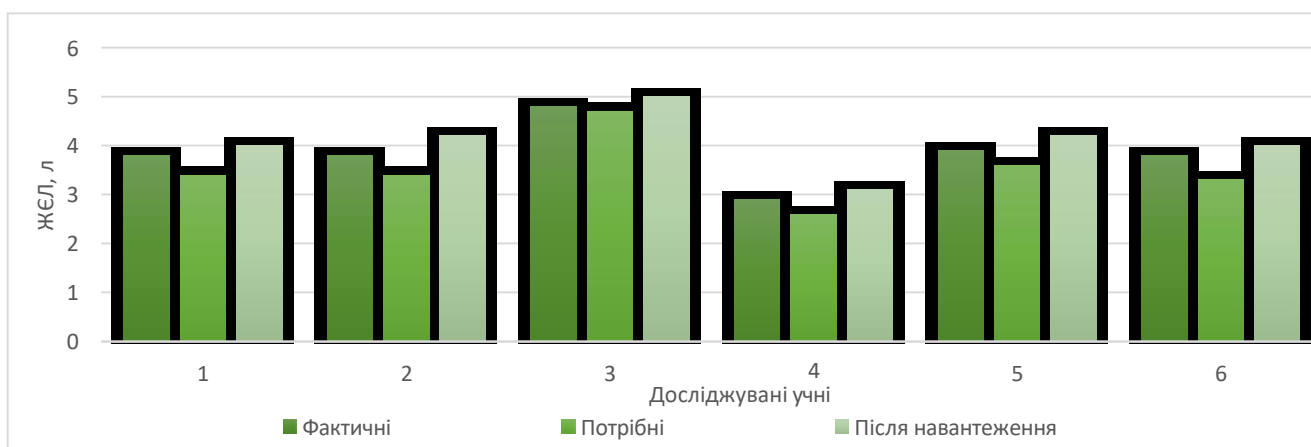


Рис. 4. Показники життєвої ємності легень (ЖЄЛ) у хлопчиків віком 13–14 років, які відвідують спортивні секції

Щодо впливу фізичного навантаження на показник ЖЄЛ, то у всіх групах досліджуваних він збільшився, що пов'язано з більшою потребою кисню під час навантаження.

Отже, нами було встановлено, що підлітки, які не відвідують секції мають значно нижчі

показники ЖЄЛ від потрібних. Зниження ЖЄЛ може бути пов'язано зі зменшенням еластичності легень, зниження бронхіальної прохідності й сили дихальних м'язів. Причиною цього може бути гіподинамія, наявність шкідливих звичок та хронічних захворювань органів дихання [8].

Для оцінки дихальної функції у дітей 13–14 років нами досліджувалась функціональна проба затримки дихання під час вдиху – проба

Штанге (рис. 5, 6) та функціональна проба з затримкою дихання під час видиху – проба Генче (рис. 7, 8).



Рис. 5. Показники проби Штанге у хлопчиків віком 13–14 років: а – відвідують спортивні секції; б – не відвідують спортивні секції



Рис. 6. Показники проби Штанге у дівчат віком 13–14 років: а – відвідують спортивні секції; б – не відвідують спортивні секції



Рис. 7. Показники проби Генче у хлопчиків віком 13–14 років: а – відвідують спортивні секції; б – не відвідують спортивні секції

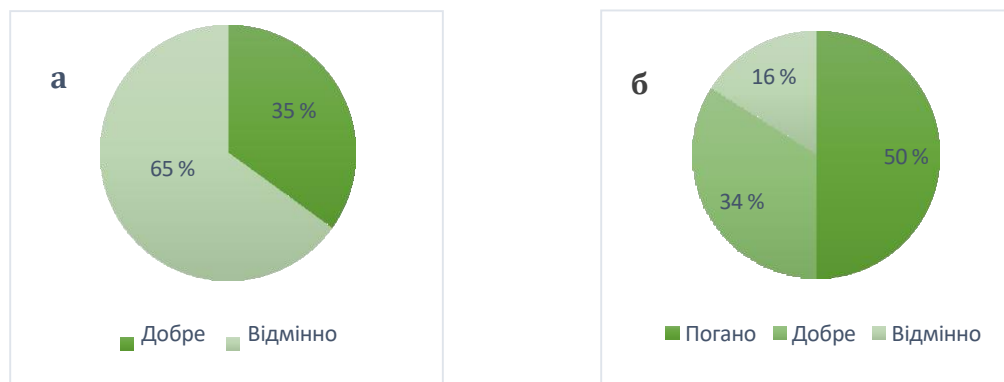


Рис. 8. Показники проби Генче у дівчат віком 13–14 років:
а – відвідують спортивні секції; б – не відвідують спортивні секції

З'ясовано, що серед групи хлопчиків, які відвідують спортивні секції результат відмінно мають 60 %, добре – 40 % (рис. 5, а). Серед хлопчиків, які не відвідують спортивні секції було отримано не втішні результати, оскільки більша половина досліджуваних, а саме 54 %, мають результат погано, добре – 23 %, відмінно – 23 % (рис. 5, б).

Серед групи дівчат, які не відвідують спортивні секції 50 % мають результат погано, 34 % – добре, 16 % – відмінно (рис. 6, б). Серед дівчат, які відвідують спортивні секції результат відмінно мають 65 %, добре – 35 % (рис. 6, а).

Аналіз проби Штанге показав, що найгірші результати має група дітей, які не відвідують спортивні секції, оскільки їхній спосіб життя негативно впливає на стан дихальної системи. За аналізом результатів проби Штанге, можна зробити висновок, що на стан дихальної системи впливає рівень фізичної зайнятості дітей, а також підтверджують позитивний вплив фізичних навантажень на функціональний стан дихальної системи.

Результати дослідження проби Генче у хлопчиків наведено на рис. 7. Показники проби Генче у різних досліджуваних групах знижені відповідно до проби Штанге, що є нормою.

Серед хлопчиків, які відвідують спортивні секції результат відмінно мали 80 % хлопчиків а результат добре – 20 % (рис. 7, а). Серед групи хлопчиків, які не відвідують спортивні секції

переважаюча більшість дітей отримали результат погано, а саме 84 %, а результат добре лише 16 % (рис. 7, б).

Результати функціональної проби з затримкою дихання під час видиху – проби Генче серед дівчат наведено на рис. 8.

Дівчата, які не займаються спортом (рис. 8, б) мають невтішні результати: 50 % – погано, 34 % – добре та 16 % – відмінно.

В досліджуваних групах було зафіксовано зниження проби Штанге після навантаження порівняно з пробою в стані спокою. Цей факт можна пояснити, тим що організм в стані навантаження вимагає більше кисню, тим самим зменшуючи час затримки дихання, оскільки кисень, який надходить з вдихом, швидко витрачається організмом. Серед групи дівчат, які відвідують спортивні секції результати показують, що функціональний стан дихальної системи при дослідженні затримки дихання після фізичного навантаження є добрим. Результат відмінно отримали 40 %, а результат добре – 60 %. Серед дівчат, які не мають фізичних навантажень більшість (70 %) мають результат погано, а 30 % – добре.

Результат проби Штанге після навантаження серед хлопчиків, які відвідують спортивні секції склав відмінно у 30 %, добре у 70 %. Серед хлопчиків, які не відвідують спортивні секції результат погано мали 70 %, а результат добре та відмінно мали 23 % і 7 % відповідно.

Узагальнюючи результати дослідження функціонального стану дихальної системи, можна сказати що більшість хлопчиків і дівчат, які не відвідують спортивні секції у всіх досліджених функціональних пробах отримали результат незадовільний. Зниження ЖЄЛ може бути пов'язано зі зменшенням еластичності легень, зниженням бронхіальної прохідності й сили дихальних м'язів. Можливими причинами цього може бути гіподинамія, наявність шкідливих звичок та хронічних захворювань органів дихання [2].

Водночас необхідно зазначити, що досліджені показники функціонального стану дихальної системи групи школярів, які відвідують спортивні секції були нормальними та вищими за потрібні.

Це можна пояснити зміною біомеханічних факторів дихання у спортсменів, що носять сприятливий характер. Позитивний приріст ЖЄЛ, свідчить про відсутність феномена втоми дихальної мускулатури, її високу скорочувальну здатність і хорошу пристосованість до тренувальних і змагальних навантажень [9].

На основі отриманих результатів дослідження антропометричних показників та життєвої ємності легень (ЖЄЛ) дітей віком 13–14 років, було встановлено, що тісний взаємозв'язок існує лише у дітей, які відвідують спортивні секції (рис. 9, 10). Найбільш корелюють показники ЖЄЛ та росту як у дівчат, так і у хлопчиків: лінійне відхилення від прямої становить $R^2 = 0,9822$ та $R^2 = 0,7433$ відповідно.

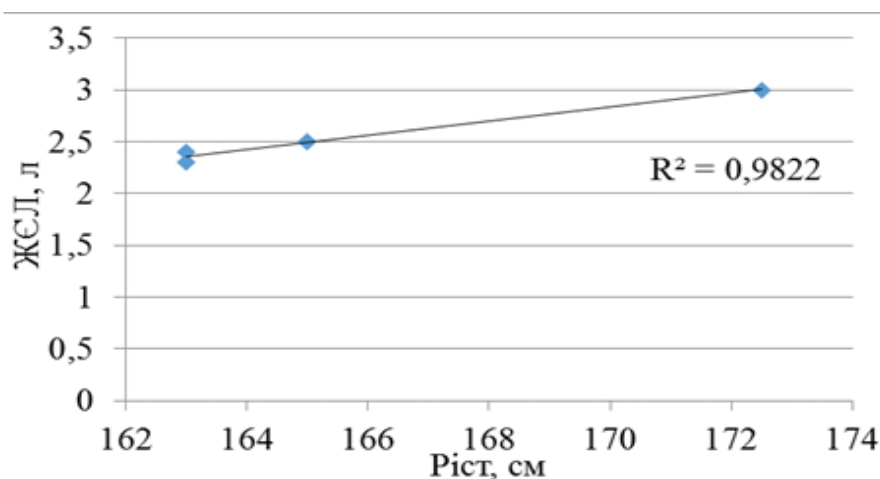


Рис. 9. Взаємозв'язок показників ЖЄЛ та росту у дівчат, які відвідують спортивні секції

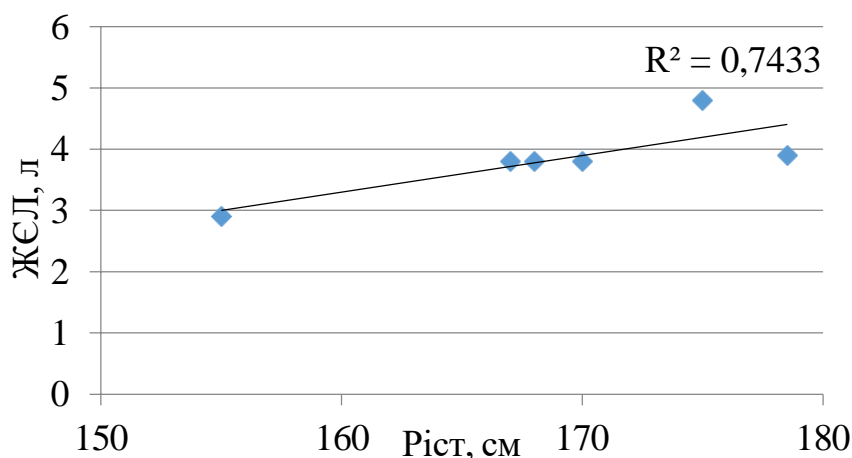


Рис. 10. Взаємозв'язок показників ЖЄЛ та росту у хлопчиків, які відвідують спортивні секції

Тісний кореляційний зв'язок між показниками біомеханіки дихання та антропометричними даними, зокрема з довжиною тіла чітко проявляється у підлітків. Отримані результати є підтвердженням «Енергетичного правила скелетних м'язів» І. А. Аршавського [2]. Згідно цього правила особливості енергетичних процесів в різні вікові періоди, а також зміни і перетворення діяльності дихальної системи в процесі онтогенезу знаходиться в залежності від відповідного розвитку скелетної мускулатури.

Висновки

1. Підлітковий вік характеризується інтенсивним зростанням всього організму, яке визначається статевим дозріванням. Істотні розходження в термінах статевого дозрівання призводять до відмінностей у їхньому фізичному розвитку, яке проявляється в інтенсивності збільшення якого-небудь окремого показника. Фізичний розвиток дівчат, порівняно з хлопчиками відбувається раніше, стрімко і стрибкоподібно. З початком пубертатного періоду з'являється різниця в формі тіла хлопчиків та дівчат. Інтенсивний розвиток скелетної мускулатури позначається на характері вікових перетворень дихальної системи підлітка. У віці 12–15 років інтенсивно йде процес розвитку дихальної системи: перебудовуються нервова та

гуморальна регуляція, удосконалюється апарат зовнішнього дихання, збільшується життєва ємність легень, дихальний та хвилинний об'єм, максимальна вентиляція легень та їх дифузійна здатність.

2. Встановлено, що серед досліджуваних дівчат віком 13–14 років дисгармонійний фізичний розвиток мають 9 %, а гармонійний тип розвитку 91 %. Аналізуючи отримані дані досліджуваних хлопчики віком 13–14 років дисгармонійний фізичний розвиток мають 31,5 %, а гармонійний 68,5 %. Також встановлено, що група хлопчиків має більший відсоток дисгармонійного розвитку порівняно з дівчатами.

3. З'ясовано, що функціональний стан дихальної системи дітей віком 13–14 років які відвідують спортивні секції є кращими, оскільки їх фактичні показники перевищують потрібні на 10–15 %. Діти цього ж віку, які не відвідують секції, мають на 20–30 % менші фактичні показники зовнішнього дихання за потрібні. Все це свідчить про те, що систематичні навантаження покращують функціональні можливості дихальних м'язів, що спричиняє позитивний вплив на стан дихальної системи.

4. Методом кореляційного аналізу встановлено відносно високі зв'язки між довжиною тіла та ЖЄЛ у підлітків, які відвідують спортивні секції.

References

1. Antypkin, Yu. H. (2005). Stan zdorovia ditei v umovakh dii riznykh ekolohichnykh chynnykiv [The state of health of children under the influence of various environmental factors]. *Mystetstvo likuvannia – The art of healing*, 2, 16–23.

Антипкін Ю. Г. Стан здоров'я дітей в умовах дії різних екологічних чинників. *Мистецтво лікування*. 2005. № 2. С. 16–23.

2. Antonik, V. I., Antonik, I. P., and Andrianov, V. Ye. (2009). Anatomiiia, fizioloohiia ditei z osnovamy hihiieny ta fizychnoi kultury [Anatomy, physiology of children with the basics of hygiene and physical culture]. Kyiv, Ukraine : Profesional. Tsentr uchbovoi literatury.

Антонік В. І., Антонік І. П., Андріанов В. Є. Анатомія, фізіологія дітей з основами гігієни та фізичної культури. Київ: Професіонал. Центр учбової літератури, 2009. 336 с.

3. Afanaseva, E. A. (2011). Obosnovanie problemyi sohraneniya zdorovya detey i podrostkov v sovremennykh usloviyakh [Substantiation of the problem of maintaining the health of children and adolescents in modern conditions]. *Problemy kachestva fizkulturno-ozdorovitel'noy i zdorovesberegayuschey deyatelnosti obrazovatel'nykh uchrezhdeniy: tez. dokl. 1-y Vserossiyskoy nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. Uchastiem – Problems of quality of physical culture and health-improving and health-preserving activity of educational institutions: thesis reports of the 1st All-Russian scientific-practical conf. with international participation. Ekaterinburg, Russian Federation : FGAOU VPO “Ros. gos. prof.-ped. un-t.”. Pp. 7–10.*

Афанасьева Е. А. Обоснование проблемы сохранения здоровья детей и подростков в современных условиях. *Проблемы качества физкультурно-оздоровительной и здоровьесберегающей деятельности образовательных учреждений: тез. докл. 1-й Всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участием. Екатеринбург: ФГАОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2011. С. 7–10.*

4. Baranov, A. A. (2014). Sostoyanie zdorovya sovremennykh detey i podrostkov i rol mediko-sotsialnykh faktorov v ego formirovaniy [The state of health of modern children and adolescents and the role of medical and social factors in its formation]. *Vestnik RAMN, 5, 6–10.*

Баранов А. А. Состояние здоровья современных детей и подростков и роль медико-социальных факторов в его формировании. *Вестник РАМН – RAMS Bulletin. 2014. № 5. С. 6–10.*

5. Berdnik, O. V., Dobryanskaya O. V., and Skochko T. P. (2011). Fondy zdorovya detskogo naseleniya raznykh regionov Ukrainy [Children's health funds from different regions of Ukraine]. *Zdorove i okruzhayushchaya sreda – Health and environment. Issue 18. Minsk, Belarus : GU RNMB. Pp. 80–83.*

Бердник, О. В., Добрянская О. В., Скочко Т. П. Фонды здоровья детского населения разных регионов Украины. *Здоровье и окружающая среда. Минск: ГУ РНМБ, 2011. Вып. 18. С. 80–83.*

6. Hudzevych, L. S. (2007). Pokaznyky zovnishnoho dykhannia zdorovykh pidlitkiv m. Vinnytsi u zalezhnosti vid stati, viku ta osoblyvostei samatotyphu [Indicators of external respiration of healthy adolescents in Vinnytsia depending on gender, age and characteristics of the self-type]. *Visnyk problem biologii i medytsyny – Bulletin of problems of biology and medicine, 4(2), 76.*

Гудзевич Л. С. Показники зовнішнього дихання здорових підлітків м. Вінниці у залежності від статі, віку та особливостей саматотипу. *Вісник проблем біології і медицини. 2007. № 4. Т. 2. С. 76.*

7. Dudina, O. O., and Tereshchenko, A. V. (2014). Sytuatsiinyi analiz stanu zdorovia dytiachoho naselennia [Situational analysis of children's health]. *Visnyk sotsialnoi hibiieny ta orhanizatsii zdorovia Ukrainy – Bulletin of Social Hygiene and Health Organization of Ukraine, 2(60), 49–57.*

Дудіна О. О., Терещенко А. В. Ситуаційний аналіз стану здоров'я дитячого населення. *Вісник соціальної гігієни та організації здоров'я України. 2014. №2 (60). С. 49–57.*

8. Kovalchuk, V. M. (2011). Osoblyvosti pokaznykiv zovnishnoho dykhannia v pidlitkiv i studentiv-yunakiv [Features of indicators of external respiration in adolescents and young students]. *Fizychnye vykhovannia, sport i kultura zdorovia u suchasnomu suspilstvi – Physical education, sports and health culture in modern society, 3(15), 64.*

Ковальчук В. М. Особливості показників зовнішнього дихання в підлітків і студентів-юнаків. *Фізичне виховання, спорт і культура здоров'я у сучасному суспільстві. 2011. №3 (15). С. 64.*

9. Skrypnyk, N. M., Ivaniura, I. O., and Razdaibedin, V. M. (2012). Adaptatsiia dykhalnoi systemy do fizychnykh navantazhen [Adaptation of the respiratory system to physical activity]. *Visnyk LNU im. T. H. Shevchenka. Khimiko-biobichni nauky – Bulletin of the Luhansk Taras Shevchenko National University. Chemical and Biological Sciences, 17(9), 21–24.*

Скрипник Н. М., Іванюра І. О., Раздайбедін В. М. Адаптація дихальної системи до фізичних навантажень. *Вісник АНУ ім. Т. Г. Шевченка. Хіміко-біологічні науки*. 2012. № 17 (9). С. 21–24.

10. *Ukrainska Baza Medyko-Statystychnoi Informatsii : za danymy tsentru medstatystyky 2015 r.* [Ukrainian Database of Medical and Statistical Information : according to the Center for Medical Statistics 2015]. (2015). Retrieved from <http://medstat.gov.ua>

Українська База Медико-Статистичної Інформації [Електронний ресурс]: за даними центру медстатистики 2015 р.
URL: <http://medstat.gov.ua>.

11. Farber, D. A. (1988). *Fyzyolohiya podrostka* [Physiology of the adolescent]. Moscow, Russian Federation : Pedagogika.

Фарбер Д. А. Физиология подростка. Москва: Педагогика, 1988. 208 с.

Received: 09.01.2020. Accepted: 23.01.2020. Published: 07.01.2022.

Cite this article in APA Style as:

Semenenko, K., and Demchenko, N. (2022). Funktsionalnyi stan dykhalnoi systemy pidlitkiv z rinyamy typaramy fizychnoho rozvytku [Functional condition of the teen's respiratory system with different types of physical development]. *Biota*, 1(1), 56–65. (in Ukrainian)

Information about the authors:

Semenenko K. [*in Ukrainian*: Семененко К.] ¹, student, email: semenenko.katerinra@mail.ru
Т.Н. Шевченко National University "Chernihiv Colehium",
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Demchenko N. [*in Ukrainian*: Демченко Н.] ², Ph.D. in Biol. Sc., Assoc. Prof., email: nata_demch@ukr.net
ORCID: 0000-0003-1130-9962 *Scopus-Author ID*: 57190674891
Department of Biology, Т.Н. Шевченко National University "Chernihiv Colehium",
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

¹ Data collection, statistical analysis.

² Study design, data collection, statistical analysis, manuscript preparation.



**BIOTIC REGULATION
OF THE ENVIRONMENT**
БІОТИЧНА РЕГУЛЯЦІЯ
ДОВКІЛЛЯ



Olga Mekhed, Lidia Polotnyanko, Alina Papka



MICROMYCETES OF SKIN AND GILL OF *CYPRINUS CARPIO*
AS ACTION OF SURFACE ACTIVE SUBSTANCES
МІКРОМІЦЕТИ ШКІРИ ТА ЗЯБЕР КОРОПА ЗА ДІЇ
ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН

DOI: 10.5281/zenodo.7110929

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Mekhed O., Polotnyanko L., Papka A., 2022

ABSTRACT

The article analyzes the changes in the quantitative and qualitative composition of micromycetes of the surface of the skin and gills of *Cyprinus carpio* in response to the contamination of the aquatic environment with surfactants.

The purpose of the article was to study the effect of surfactants on the quantitative and qualitative changes in the composition of microscopic fungi of the surface of the skin and gills of the carp.

Methodology. The studies were conducted in May–September 2018 on the basis of the chemical-toxicological department of the Chernihiv Regional State Laboratory of the State Service of Ukraine for Food Safety and Consumer Protection. Experiments on the influence of xenobiotics on the development of the microbiota of the body surface and gills of fish were carried out in laboratory conditions on two-year-old carp (*Cyprinus carpio* L.). Potassium phosphate, a sodium lauryl sulfate synthetic detergent, and a phosphate-free detergent that met two maximum permissible concentrations were introduced into the water to simulate contamination. Controls were micromycetes of the skin surface and gills of fish that were in aquarium water without the addition of contaminants.

Sampling for microbiological examination was carried out from the skin and gills of *Cyprinus carpio* by conventional methods. The detection of microscopic fungi was carried out by the method of accumulation in Petri dishes using agar medium Chapek. Isolation of micromycetes was performed by the method of dilution.

Scientific novelty is to establish quantitative and qualitative changes in the composition of microscopic fungi of the surface of the skin and gills of the carp by the action of surfactants, such studies have not been conducted before.

Conclusions. The microbial coenosis of the surface of the skin and gills of *Cyprinus carpio* includes microscopic fungi. Mushrooms of the genus *Aspergillus* form the nucleus of the *Cyprinus carpio* mycobiota. Among the studied fungi are pathogenic species that can cause disease and even death of fish. These include representatives of the genera *Phoma*, *Fusarium*, *Cladosporium*. With the action of synthetic detergents, the development of microscopic fungi of the genus *Aspergillus* and *Cladosporium* on the skin of the fish is slightly stimulated. In addition to the above, isolated from the biological material of the control group fish, from the skin and gills of the fish, which were exposed to surfactants, were sown fungi *Alternaria* sp., *Helminthosporium bondarzewi*, *Penicillium* sp., *Saccharomyces* sp., *Trichobecium roseum*.

Key words: carp scaly, micromycetes, surfactants.

АНОТАЦІЯ

У статті здійснено аналіз змін кількісного та якісного складу мікроміцетів поверхні шкіри та зябер *Cyprinus carpio* як відповідь на забруднення водного середовища поверхнево-активними речовинами (ПАР).

Метою статті було вивчити вплив ПАР на кількісні та якісні зміни складу мікроскопічних грибів поверхні шкіри та зябер коропа.

Методологія. Дослідження проводились у травні–вересні 2018 р. на базі хіміко-токсикологічного відділу Чернігівської регіональної державної лабораторії Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів. Досліди з вивчення впливу ксенобіотиків на розвиток мікробіоти поверхні тіла та зябер риби проводили в лабораторних умовах на коропах дволітках (*Cyprinus carpio* L.). Для моделювання забруднення у воду вносили калій фосфат, лаурилсульфатвмісний синтетичний миючий засіб, та безфосфатний миючий засіб, що відповідала двом гранично-допустимим концентраціям (ГДК). Контролем були мікрومیцети поверхні шкіри та зябер риб, що перебували у воді акваріумів без додавання забруднювачів.

Відбір проб для мікробіологічного дослідження здійснювали зі шкіри та зябер *C. carpio* за загальноприйнятими методиками. Виявлення мікроскопічних грибів проводили методом накопичення в чашках Петрі з використанням агаризованого середовища Чапека (АЧ). Виділення мікрومیцетів проводили методом розведення.

Наукова новизна полягає у встановленні кількісних та якісних змін складу мікроскопічних грибів поверхні шкіри та зябер коропа за дії поверхнево-активних речовин, раніше подібні дослідження не проводились.

Висновки. До складу мікробного ценозу поверхні шкіри та зябер *C. carpio* входять мікроскопічні гриби. Гриби роду *Aspergillus* складають ядро угруповання мікробіоти *C. carpio*. Серед досліджених грибів є і патогенні види, що можуть викликати захворювання і навіть загибель риби. До них відносяться представники родів *Phoma*, *Fusarium*, *Cladosporium*. За дії синтетичних мийних засобів розвиток мікроскопічних грибів родів *Aspergillus* та *Cladosporium* на шкірі риб незначно стимулюється. Окрім вищезазначених, виділених із біологічного матеріалу риб контрольної групи, із шкіри та зябер риб, що перебували за дії поверхнево-активних речовин, було висіяно гриби *Alternaria* sp., *Helminthosporium bondarzewii*, *Penicillium* sp., *Saccharomyces* sp., *Trichothecium roseum*.

Ключові слова: короп лускатий, мікрومیцети, поверхнево-активні речовини.

Постановка проблеми

Актуальність роботи. За оцінками FAO, найбільш швидкозростаючим сектором виробництва продуктів харчування в світі на сьогодні є аквакультура. Річний обсяг її продукції зараз становить близько 45 млн т. і за розрахунками до 2020 р. він зрівняється з обсягом промислового вилову, що вже досяг своєї межі в 90–100 млн т. Тим часом, одним з основних факторів, які гальмують розвиток світового рибництва, є хвороби, що викликаються вірусами, бактеріями, зоопаразитами і політантами різного походження. Тому актуальна необхідність проведення постійного ветеринарно-санітарного та паразитологічного контролю прісноводної і морської риби та продуктів їх переробки вітчизняного виробництва, і тих, що надходять по імпорту [1, 8].

Для підвищення економічної ефективності ведення рибного господарства необхідно врахувати

ряд факторів, і одним з них є захворюваність риб. Адже, під час виникнення ряду хвороб спостерігається значна летальність, що призводить до великих збитків, а також додаткових витрат на лікування тварин [3, 9].

Враховуючи сучасний стан водних об'єктів (великий відсоток заростання, мулові відкладення, малу протічність), якість кормів, хвороби різноманітної етіології, забруднення промисловими, сільськогосподарськими та побутовими відходами, бачимо, що мікозні захворювання можуть виникнути в будь-якому регіоні України [2, 3, 5].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Більша частина водойм, яка отримує стічні води, надзвичайно збагачена фосфором порівняно з іншими біогенними елементами. Таке збагачення не може не викликати стрессового впливу на екосистеми [12]. У дощових водах, які стікають з міста, вміст фосфору може сягати до 1,5 мг/дм³, а вже протягом першої години дощу із водозабору

вулиць площею 5670 га змивається 200 кг фосфору [6].

Велике негативне значення має забруднення вод детергентами (синтетичними миючими засобами, до складу яких входять солі неорганічних кислот, фосфати). Детергенти покривають поверхню водою шаром поверхневої плівки. Вона зменшує випаровування, що викликає підвищений прогрів поверхні води. Утворення плівки перешкоджає надходженню кисню у воду і виділенню вуглекислого газу із води у повітря протягом тривалого часу. Детергенти також поглинають частину ультрафіолетового проміння. Вони практично не окисляються і знижують співвідношення біологічної потреби кисню, у зв'язку з чим є сильною отрутою для біоти. Так, в концентраціях вище 0,5–25 мг/дм³ детергенти викликають загибель бокоплавів і багатьох риб [7].

Метою статті було вивчити вплив ПАР на кількісні та якісні зміни складу мікроскопічних грибів поверхні шкіри та зябер коропа.

Методологія. Дослідження проводились у травні–вересні 2018 р. на базі хіміко-токсикологічного відділу Чернігівської регіональної державної лабораторії Державної служби України з питань безпеки харчових продуктів та захисту споживачів.

Досліди з вивчення впливу ксенобіотиків на розвиток мікробіоти поверхні тіла та зябер риби проводили в лабораторних умовах на коропах дволітках (*Cyprinus carpio* L.).

Під час експерименту риб утримували в 250-літрових акваріумах із відстояною водопровідною водою (40 дм³ води на 1 екземпляр риби). Дослідження проводили в осінньо-зимовий період впродовж 14 діб за температури води 8±2 °С, рН 7,80±0,28; вміст O₂ у воді становив 5,8±0,5 мг/дм³. Підтримували постійну аерацію та температуру води, яка була близькою до природної. Заміну води проводили кожні 3 доби.

Для моделювання забруднення у воду вносили калій фосфат, лаурилсульфатвмісний синтетичний миючий засіб, та безфосфатний миючий засіб, що відповідало двом гранично-допустимим

концентраціям (ГДК). Контролем були мікроміцети поверхні шкіри та зябер риб, що перебували у воді акваріумів без додавання забруднювачів.

Відбір проб для мікробіологічного дослідження здійснювали зі шкіри та зябер *Cyprinus carpio* за загальноприйнятими методиками [5, 11]. Виявлення мікроскопічних грибів проводили методом накопичення в чашках Петрі [5] з використанням агаризованого середовища Чапека (АЧ). Виділення мікроміцетів проводили методом розведення [5].

Культивування досліджених зразків проводили за температури 26–28 °С. Ізольовані культури вивчали за допомогою оптичного мікроскопу (×100) Delta Optical Genetic Pro Polska за прийнятою в мікологічних дослідженнях методикою [5].

Частоту трапляння видів (родів) мікроскопічних грибів визначали у відсотках, як відношення числа проб, в яких даний вид (рід) траплявся, до загальної кількості проб [ДСТУ]: $P = n/N \times 100$ (%), де n – кількість проб, в яких виявлено даний вид (рід); N – загальна кількість відібраних та досліджених проб.

Ідентифікацію мікроміцетів до роду проводили на основі їх морфолого-культуральних особливостей, використовуючи визначники вітчизняних та зарубіжних авторів. Для визначення виду збудника брали до уваги культуральні та морфологічні властивості: розмір колоній, їх структуру, колір, характер краю колонії, пігментацію зворотної сторони колонії та поживного середовища. Під час мікроскопічного дослідження культур відмічали будову, товщину міцелію, форму й розміри мікроконідій. Для мікроскопії культур готували нативні препарати. Ідентифікацію культур грибів проводили з використанням визначників грибів [5].

Наукова новизна полягає у встановленні кількісних та якісних змін складу мікроскопічних грибів поверхні шкіри та зябер коропа за дії поверхнево-активних речовин, раніше подібні дослідження не проводились.

Результати дослідження

Дослідження мікроорганізмів асоційованих з поверхнею шкіри та зябер *Cyprinus carpio* було виділено 16 культур грибів. Таксономічний аналіз виділених грибів дозволив віднести їх до 7 таксонів в рангу виду із 5 родів, 4 родин,

4 порядків, 2 класів відділу *Ascomycota* і групи *Anamorphafungi* (табл. 1). Усі виділені міксоміцети виявляються не лише в рибі, вони трапляються в ґрунті, та інших субстратах рослинного і тваринного походження [11].

Таблиця 1

Частота трапляння міксоміцетів поверхні шкіри та зябер *Cyprinus carpio*

Вид грибів	Частота трапляння, %	Шкіра	Зябра
<i>Aspergillus carneus</i> (Tiegh) Bohwitz	14.3	+	-
<i>Aspergillus parasiticus</i>	14.3	+	+
<i>Aspergillus versicolor</i>	32.4	+	+
<i>Cladosporium herbarum</i>	28.6	+	-
<i>Fusarium avenaceum</i>	14.3	+	-
<i>Mycelia sterilia</i> ,	14.3	+	+
<i>Phoma</i> sp.	28.6	+	-

Із поверхні шкіри коропа виділено гриби, що відносяться до 5 родів. Серед них ідентифіковані *Aspergillus carneus*, *A. parasiticus*, *A. versicolor*, *Cladosporium herbarum*, *Fusarium avenaceum*, *Mycelia sterilia*, *Phoma* sp.

Слід зазначити, що представники родів *Phoma*, *Fusarium*, *Cladosporium* є патогенними й можуть викликати захворювання й навіть загибель риби. Гриби *Aspergillus carneus*, *Cladosporium herbarum*, *Fusarium avenaceum*, *Phoma* sp. були присутні тільки на поверхні шкіри.

Мікроміцети, виділені зі зябер риби, відносяться до 2 родів. Установлено, що на зябрах, так як і на поверхні шкіри, переважали представники роду *Aspergillus*.

Домінантні види мікроміцетів, частота трапляння яких складала б більше 50 %, на поверхні шкіри та зябер не виявлено. Із високими показниками частоти трапляння ізольовані *Aspergillus versicolor* (32,4 %), *Cladosporium herbarum*, *Phoma* sp. (по 28,6 %).

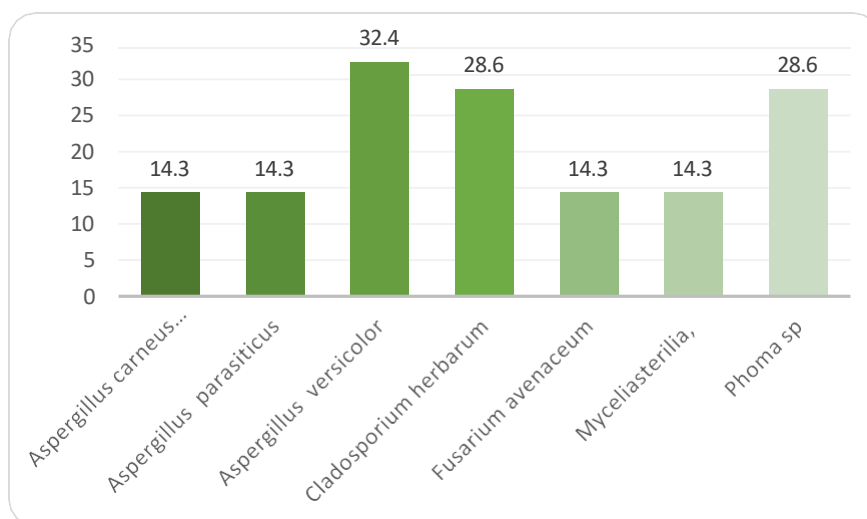


Рис. 1. Частота трапляння міксоміцетів поверхні шкіри та зябер *Cyprinus carpio*, %

Мікологічне обстеження поверхні тіла та зябер *Cyprinus carpio* після впливу синтетичних мийних засобів та фосфатів показало, що чисельність мікроскопічних грибів за дії СМЗ

зростає на 1,9 та 2,9 % на поверхні шкіри незначно зменшується порівняно з рівнем контролю у зябрах (табл. 2).

Таблиця 2

Кількісні показники визначення мікроміцетів поверхні шкіри та зябер *Cyprinus carpio* за дії полютантів

Варіант досліджу	Кількість міксоміцетів $\times 10^2$, КУО / мл	
	Поверхня шкіри	Зябра
Контроль	11.3 \pm 0.9	6.3 \pm 0.5
Фосфати	14.6 \pm 1.4	5.7 \pm 0.3
Натрій лаурил сульфат	13.2 \pm 1.2	4.3 \pm 0.9
СМЗ (безфосфатний)	14.2 \pm 1.5	5.8 \pm 0.6

Мікроскопічні гриби по-різному реагують на дію досліджуваних полютантів. Так, за дії синтетичних мийних засобів та фосфатів стимулюється розвиток грибів *Aspergillus versicolor* на поверхні шкіри, а в зябрах розвиток усіх грибів пригнічується.

Одночасно на поверхні шкіри та зябер відбувається зміни видового різноманіття за рахунок елімінації видів, які виявились чутливими до даних забруднювачів. Такими виявились види – *Aspergillus camels*, *A. parasiticus*, *Myxelia sterilia*, *Phoma* sp. Чисельність мікроскопічних грибів може залишатись на рівні контролю чи збільшуватись за рахунок масового розвитку толерантних щодо синтетичного мийного засобу видів, якими, вірогідно, є представники родів *Aspergillus* та *Cladosporium*.

Відомо, що органічні та неорганічні речовини можуть бути як додатковим так і повноцінним джерелом живлення для мікроорганізмів, у тому числі для мікроскопічних грибів [10].

Відповідно, наявність у воді синтетичного мийного засобу є фактором, який сприяє розвитку мікроскопічних грибів на поверхні шкіри коропа. Виявлені зміни в кількісному та видовому складі мікобіоти поверхні шкіри та зябер коропа під дією полютантів є важливими для подальшого тривалого

моніторингу стану водного середовища, а також складання прогнозу щодо токсичної дії полютантів на біоту в цілому [10].

Окрім вищезазначених, виділених із біологічного матеріалу риб контрольної групи, із шкіри та зябер риб, що перебували за дії поверхнево-активних речовин, було висіяно гриби *Alternaria* sp., *Helminthosporium bondarzeni*, *Penicillium* sp., *Saccharomyces* sp., *Trichothecium roseum*.

Висновки

До складу мікробного ценозу поверхні шкіри та зябер *Cyprinus carpio* входять мікроскопічні гриби. Гриби роду *Aspergillus* складають ядро угруповання мікобіоти *Cyprinus carpio*. Серед досліджених грибів є і патогенні види, що можуть викликати захворювання і навіть загибель риби. До них відносяться представники родів *Phoma*, *Fusarium*, *Cladosporium*. За дії синтетичних мийних засобів розвиток мікроскопічних грибів родів *Aspergillus* та *Cladosporium* на шкірі риб незначно стимулюється. Окрім вищезазначених, виділених із біологічного матеріалу риб контрольної групи, із шкіри та зябер риб, що перебували за дії поверхнево-активних речовин, було висіяно гриби *Alternaria* sp., *Helminthosporium bondarzeni*, *Penicillium* sp., *Saccharomyces* sp., *Trichothecium roseum*.

References

1. Buchatskyi, L. P., and Halakhyn, K. A. (2009). Opukholy ryb vodoemov Ukrainy [Tumors of fish in water bodies of Ukraine]. Kyiv, Ukraine : DYA.
Бучацкий Л. П., Галахин К. А. Опухоли рыб водоемов Украины. Киев : ДИА, 2009.
2. Davydov, O. M., and Temnikhanov, Yu. D. (2004). Osnovy veterynarno-sanitarnoho kontroliu v rybnytstvi [Fundamentals of veterinary and sanitary control in the pisciculture]. Kyiv, Ukraine : INKOS.
Давыдов О. М., Темниханов Ю. Д. Основы ветеринарно-санитарного контроля в рыбництві: Посібник. Київ : ІНКОС, 2004.
3. Davydov, O. N., and Temnykhanov, Yu. D. (2003). Bolezny presnovodnykh ryb [Freshwater Fish Disease]. Kyiv, Ukraine : Vetyinform.
Давыдов О. Н., Темниханов Ю. Д. Болезни пресноводных рыб. Київ : «Ветинформ», 2003.
4. Davydov, O. N., Neborachek, S. I., Kurovskaya, L. Ya., and Lysenko, V. N. (2011). Ekologiya parazitov ryb vodoemov Ukrainy [Ecology of fish parasites in water bodies of Ukraine]. Kyiv, Ukraine : Vestnyk zoologii.
Давыдов О. Н., Неборачек С. И., Куровская Л. Я., Лысенко В. Н. Экология паразитов рыб водоемов Украины. Киев : Вестник зоологии, 2011.
5. Demchenko, N. R. (2015). Zminy kilkisnoho ta yakisnoho skladu mikromitsetiv poverkhni shkiry ta ziaber *Cyprinus specularis* yak vidpovid na zabrudnennia vodnoho seredovishcha poliutantamy [Changes in the quantitative and qualitative composition of micromycetes of the surface of the skin and gills of *Cyprinus specularis* in response to pollutants of the aquatic environment by pollutants.]. *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Seriya: Biologiya – Scientific Notes of the Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology, 3–4, 182–185.*
Демченко Н. Р. Зміни кількісного та якісного складу мікроміцетів поверхні шкіри та зябер *Cyprinus specularis* як відповідь на забруднення водного середовища політантами. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія.* 2015. № 3–4. С. 182–185.
6. Kupriyanov, V. V. (1977). Gidrologicheskie aspekty urbanizatsii [Hydrological aspects of urbanization]. Leningrad, USSR : Gidrometeoizdat.
Куприянов В. В. Гидрологические аспекты урбанизации. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1977.
7. Kul'skyi, L. A., Syrenko, L. A., and Shkavr, Z. N. (1986). Fytoplankton y voda [Phytoplankton and water]. Kyiv, Ukraine : Naukova dumka.
Кульский Л. А., Сиренко Л. А., Шкавро З. Н. Фитопланктон и вода. Київ : Наукова думка, 1986.
8. Mandygra, N. S., Davydov, O. N., and Temnikhanov, Yu. D. (2003). Parazity kak faktory kancerogeneza i mutageneza [Parasites as carcinogenesis and mutagenesis factors]. *Teoreticheskie i prakticheskie issledovaniya v ikhtiopatologii.* Rivne, Ukraine. 85–105.
Мандыгра Н. С., Давыдов О. Н., Темниханов Ю. Д. Паразиты как факторы канцерогенеза и мутагенеза. *Теоретические и практические исследования в икhtiопатологии.* 2003. С. 85–105.

9. Poltavchenko, T. V., Bohatko, N. M., and Parfeniuk, I. O. (2016). Sanitariia ta hihiena v rybnytstvi [Sanitation and hygiene in fisheries]. Rivne, Ukraine : NUVHP

Полтавченко Т. В., Богатко Н. М., Парфенюк І. О. Санітарія та гігієна в рибництві. Лабораторний практикум. Рівне: НУВГП, 2016.

10. Satton, D., Fotergill, A., and Rinaldi, M. (2001). Opredelitel patogennykh i uslovno patogennykh gribov [Determinant of pathogenic and conditionally pathogenic fungi]. Moscow, Russia : Mir.

Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно патогенных грибов. Москва : Мир, 2001.

11. Terekhova, V. A. (2007). Mikromiczyety v ekologicheskoy oczenke vodnykh i nazemnykh ekosistem [Micromycetes in ecological assessment of aquatic and terrestrial ecosystems.]. Moscow, Russia : Nauka.

Терехова В. А. Микромитеты в экологической оценке водных и наземных экосистем. Москва : Наука, 2007.

12. Usenko, O. M., Manturova, O. V., and Sakevych, A. Y. (2010). Vlyianyie fosforsoderzhashchykh herbytsydov na funktsylnalnuu aktyvnost vodorostei [The effect of phosphorus-containing herbicides on the functional activity of hydrogens]. *Hydrobiol. zhurn. – Hydrobiological journal*, 46, 1, 75–87.

Усенко О. М., Мантурова О. В., Сакевич А. И. Влияние фосфорсодержащих гербицидов на функциональную активность водорослей. *Гидробиол. журн.* 2010. Т. 46. №1. С. 75–87.

Received: 28.12.2019. Accepted: 23.01.2020. Published: 07.01.2022.

Cite this article in APA Style as:

Mekhed, O., Polotnyanko, L., and Papka, A. (2022). Mikromitsety shkiry ta ziaber koropa za dii poverhnevo-aktyvnykh rechovyn [Micromycetes of skin and gill of *Cyprinus carpio* as action of surface active substances]. *BHT: Biota. Human. Technology*, 1(1), 67–73. (in Ukrainian)

Information about the authors:

Mekhed O. [*in Ukrainian: Мехед О.*]¹, Ph.D. in Biol. Sc., Assoc. Prof., email: mekhedolga@gmail.com

ORCID: 0000-0001-9485-9139 Scopus-Author ID: 6506181994

Department of Biology, T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium",

53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Polotnyanko L. [*in Ukrainian: Полотнянко Л.*]², mycologist, email: chreglab@vetmed.gov.ua

ORCID: 0000-0001-8665-2648

Chernihiv State Laboratory, State Service of Ukraine on Food Safety and Consumer Protection,

180 Pershoho Travnia Street, Chernihiv, 14034, Ukraine

Papka A. [*in Ukrainian: Папка А.*]³, Master's Degree Candidate, email: alinapapka0@gmail.com

ORCID: 0000-0003-3436-1173

Department of Biology, T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium",

53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

¹ Study design, data collection, statistical analysis, manuscript preparation, funds collection.

² Data collection, statistical analysis.

³ Data collection, statistical analysis, manuscript preparation.

Viacheslav Poletai



EXCRETORY FUNCTION OF THE LIVER OF FISH AS AN INDICATOR OF ANTHROPOGENIC CHEMICAL POLLUTION OF WATER BODIES

ЕКСКРЕТОРНА ФУНКЦІЯ ПЕЧІНКИ РИБ ЯК ПОКАЗНИК ХІМІЧНОГО АНТРОПОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ ВОДОЙМ

DOI: 10.5281/zenodo.7110933

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Poletai, V., 2022

ABSTRACT

The results of the study of the excretory function of the liver in the detoxification of exogenous toxins of the aquatic environment are considered in the article. The ratios of the main pigment fractions of the carp gallbladder of different age groups were determined under the conditions of toxicant action of different chemical composition.

Article's purpose. To show the presence of fish in an environment with high concentrations of toxic substances (herbicides and phosphates) affects the liver excretory function and can serve as an indicator of chemical anthropogenic contamination of water bodies.

Methodology. Biotesting, ichthyotoxicological experiment, physiological and biochemical method, thin-layer chromatography, densitometry, statistical methods of processing results.

Scientific novelty is to determine changes in the ratio of pigment constituents of bile in response to anthropogenic contamination of reservoirs with toxicants of different chemical structure

Conclusions. In conditions of exogenous toxicosis, which was caused by different concentrations of chemicals of different chemical composition, namely herbicides and phosphate-containing substances on fish of different ages, we observed a significant decrease in the content of dominant fractions and the total amount of bile pigments in bile. These changes can be caused by the corresponding qualitative and quantitative changes in the course of their biosynthesis, conjugation in hepatocytes and translocation through the canalicular membranes. But, at the same time, there was an increase in the content of individual pigment fractions in the gallbladder, in particular biliverdin monoglucuronide and carbohydrate compounds of this substance, which may indicate activation in the liver and the reticulo-endothelial system of alternative detoxifying mechanisms in conditions of toxicosis. The established changes in the excretory function of the liver can be used as one of the indicators of chemical anthropogenic pollution of reservoirs.

Key words: bile, pigments, excretory function of the liver, anthropogenic pollution of reservoirs, detoxification.

АНОТАЦІЯ

У статті розглядаються результати дослідження екскреторної функції печінки при детоксикації екзогенних токсинів водного середовища. Визначались співвідношення основних пігментних фракцій міхурової жовчі коропів різних вікових груп за умов дії токсикантів різного хімічного складу.

Мета роботи. Показати, що перебування риб в середовищі з підвищеними концентраціями токсичних речовин (гербіцидів та фосфатів) позначається на екскреторній функції печінки і може слугувати показником хімічного антропогенного забруднення водойм.

Методологія. Біотестування, іхтіотоксикологічний експеримент, фізіолого-біохімічний метод, тонкошарова хроматографія, денситометрія, статистичні методи обробки результатів.

Наукова новизна полягає у визначенні змін співвідношення пігментних складових жовчі у відповідь на антропогенне забруднення водойм токсикантами різної хімічної будови.

Висновки. В умовах екзогенного токсикозу, який був викликаний різними концентраціями хімічних речовин різного хімічного складу, а саме гербіцидами та фосфатвмісними речовинами на риби різного віку ми спостерігали вірогідне зменшення вмісту домінуючих фракцій та сумарної кількості жовчних пігментів у жовчі. Вищевказані зміни можуть бути обумовлені відповідними якісними та кількісними змінами в перебігу процесів їх біосинтезу, кон'югації в гепатоцитах та транслокації через каналікулярні мембрани. Але, водночас мало місце зростання вмісту окремих пігментних фракцій в міхуровій жовчі, зокрема моноглюкуроніду білівердину та вуглеводних сполук цієї речовини, що може вказувати на активацію в печінці та ретикуло-ендотеліальній системі альтернативних детоксуючих механізмів в умовах токсикозу. Встановлені зміни екскреторної функції печінки може бути використано як один із показників хімічного антропогенного забруднення водойм.

Ключові слова: жовч, пігменти, екскреторна функція печінки, антропогенне забруднення водойм, детоксикація.

Постановка проблеми

Впродовж життя гідробіоти постійно зазнають дії несприятливих екологічних чинників. На відміну від природних чинників, антропогенні, особливо хімічні, становлять для водяних організмів небезпеку, так як більша частина їх отруйна для гідробіотів. До них в ряді випадків відносять: пестициди, миючі засоби, радіонукліди, синтетичні барвники, поліароматичні вуглеводні та ін. Серед шляхів потрапляння токсикантів у водне середовище є змиви сміттєвих полігонів та стихійних сміттєзвалищ, стічні води промислових підприємств, ґрунтові води, каналізаційні стоки, забруднення побутовими відходами тощо. Таке забруднення викликає евтрофікацію водойм, і, як наслідок, погіршення якості води, розвиток деструктивних змін в організмах гідробіотів, загибель гідробіотів тощо [1].

Один зі специфічних методів моніторингу забруднення навколишнього середовища є біоіндикація – визначення ступеня забруднення геофізичних середовищ за допомогою живих організмів – біоіндикаторів. Біоіндикація використовується в екологічних дослідженнях, як метод виявлення антропогенного навантаження на біоценоз. У якості біоіндикаторів вибирають найбільш чутливі до досліджуваних факторів біологічні системи або організми. Зміни в поведженні

тест-об'єкта оцінюють у порівнянні з контрольними ситуаціями, прийнятими за еталон. Оцінку стану середовища проводять за зміною біохімічних і фізіологічних реакцій, що супроводжується накопиченням токсикантів в органах або тканинах, за характером анатомічних, морфологічних, біоритмічних і поведінкових реакцій та за зміною видового складу флористичних та фауністичних комплексів.

Серед організмів-біоіндикаторів не можна не відмітити внесок риб в процес індикації вмісту токсичних речовин у водному середовищі. Вплив концентрацій токсичних речовин, що перевищують гранично допустимі (ГДК) в декілька разів викликає у риб формування компенсаторних реакцій-відповідей, які забезпечують толерантність організму до неспецифічних чинників [2]. Ці компенсаторні реакції можна спостерігати в органах та середовищах організму вже за 3–14 діб і за ступенем їх прояву оцінювати стан водного середовища.

Детоксикація ендогенних та екзогенних токсинів є однією з провідних функцій печінки і здійснюється різними механізмами, при яких відбувається активація окремих поліферментних систем, які беруть участь в детоксикації, що певним чином може позначатись на екскреторній функції даного органу.

Детоксикаційна функція печінки визначається за співвідношенням фракцій жовчних пігментів, які зв'язані з глюкуроною кислотою. Цим механізмом знешкоджується більшість токсичних речовин, в тому числі і некон'юговані жовчні пігменти. Жовчні пігменти білірубін та білівердин є кінцевими продуктами розчеплення гемоглобіну та інших гемовмісних сполук. Ці метаболіти практично нерозчинні у воді і тому в організмі людини та тварин знаходяться у зв'язаному комплексі з альбуміном, завдяки чому не можуть здолати тканинні бар'єри і проявити токсичні ефекти за нормальних умов життєдіяльності організмів. Печінка виконує в організмі ряд найважливіших функцій в обміні жовчних пігментів, зокрема забезпечує захоплення їх із крові гепатоцитами та за участю різних поліферментних систем клітини здійснює кон'югацію білірубину з глюкуроною та іншими кислотами та моноцукрами, що сприяє їх виведенню з жовчю у дванадцятипалу кишку [3]. У процесі зазначених функцій печінкою задіяна ціла низка білків-транспортів, як на синусоїдальних, так і на каналікулярних мембранах, а також безпосередньо в цитоплазмі клітин даного органу [4]. Особливу увагу у зазначеній функції приділяють вмісту диглюкуроніду білірубину. Зменшення його вмісту в жовчі свідчить про зниження детоксикаційної функції печінки [5].

Внаслідок надмірного накопичення в організмі як ендогенних, так і екзогенних токсичних речовин, що може спостерігатися при хімічному забрудненні водойм, порушується природний каскад перетворень жовчних пігментів у печінці, оскільки багато метаболічних ланок його залучається для відтворення детоксикуючої функції даного органу [6].

Метою статті є показати, що перебування риб в середовищі з підвищеними концентраціями токсичних речовин (гербіцидів та фосфатів) позначається на екскреторній функції печінки і може слугувати показником хімічного антропогенного забруднення водойм.

Наукова новизна полягає у визначенні змін співвідношення пігментних складових жовчі у

відповідь на антропогенне забруднення водойм токсикантами різної хімічної будови.

Матеріали та методи. Об'єктом біотестування слугував лускатий короп (*Cyprinus carpio* L.) однорічного віку масою 85–120 г та дворічного віку масою 250–300 г. Досліди з вивчення впливу токсичних речовин на організм риб проводили в 250-літрових акваріумах із водопровідною водою, яка попередньо була відстояна, в осінньо-зимовий період впродовж 14 діб. Температура води була в межах 8-10 °С, що відповідало природному рівню, також проводилась постійна аерація води за допомогою компресора. Рівень досліджуваних токсикантів (найбільш часто вживаний в Україні гербіцид раундап (гліфосат, ГДК для риб 0,02 мг/дм³) та солі ортофосфатної кислоти (ГДК для води рибних господарств становить 3,5 мг PO₄/дм³) вносили у воду на початку експерименту та щоразу після заміни води задавали у розрахунку 4 ГДК для гербіциду та 2 і 5 ГДК для фосфатів. Дослідження проводили з додержанням вимог Міжнародних принципів Гельсінської декларації про гуманне ставлення до тварин. Перед забором біоматеріалу рибу знерухомлювали шляхом перерізу спинного мозку біля основи черепа. Жовч забирали після лапаротомії з жовчного міхура шляхом його пункції.

Вміст пігментних складових проводили за розробленою методикою у лабораторії НДІ фізіології імені П. Богача [6]. До отриманої в експерименті проби жовчі (50 мкл) додавали 50 мкл стабілізуючого водного розчину, який містить 5,0 % карбаміду та 0,5 % аскорбінової кислоти. До отриманої суміші додавали бутанол та ацетон до співвідношення 2:2:7. Після перемішування, центрифугування та упарювання ацетонової складової проводили хроматографічний розподіл екстрагованих пігментів на пластинах «Сорбфіл», використовуючи комбіновану суміш розчинників для хроматографії, яка складалась з амілового ефіру оцтової кислоти, концентрованої оцтової кислоти, пропанолу, води та етиленгліколю у відповідному об'ємному співвідношенні 21:10:5:5:3.

Після фарбування хроматограм модифікованим діазореактивом і збагаченням отриманої суміші 1,0 мл мурашиного альдегіду проводили денситометричну кількісну оцінку окремих фракцій похідних білірубину та білівердину як в ультрафіолетовому, так і у видимому діапазоні світла із залученням денситометру ДО-1М. Цифровий матеріал обробляли методом варіаційної статистики з урахуванням критерію Стьюдента. Вірогідною вважали різницю між дослідом та контролем при $p < 0,05$.

Результати досліджень

За допомогою тонкошарової хроматографії в екстрактах із жовчі коропа лускатого було виявлено, ідентифіковано та кількісно визначено три групи фракцій жовчних пігментів. У коропоподібних риб, як і у деяких інших тварин (курки, кроля), відсутній (або присутній в дуже невеликих кількостях) фермент, що перетворює білівердин на білірубін. Тому у цих тварин вільний білірубін та його похідні за фізіологічних умов в біорідинах організму або відсутні взагалі, або присутні в невеликих кількостях (іноді визначаються лише сліди). Основним пігментом у вказаних тварин є білівердин, який виявляється на хроматограмах з цілою низкою похідних, що вказує на можливу його кон'югацію не тільки з глюкуроновою кислотою [3].

Згідно Walter R. Eberlein до бутанолу має більшу спорідненість моноглюкуронід білірубину та білівердину, а також ефір глюкози із вказаними жовчними пігментами. У вказаних пігментних фракціях положення на хроматограмах ближче до фронту ($R_f - 0,83$ і $R_f - 0,97$). У водній фазі екстракту ідентифікується диглюкуронід білірубину ($R_f 0,37 - 0,38$) по пірольній та по глюкуроновій складовій даної молекули. Кількість останнього є домінуючою серед пігментних складових. Некон'юговані (вільні) білірубін та білівердин майже не рухаються в

застосованій системі розчинників для хроматографії і залишаються недалеко від лінії старту (відповідно $R_f - 0,04$ та $0,07$). Між некон'югованими пігментами та їх диглюкуронідами виявляються сульфокон'югати білірубину, які дають позитивну реакцію на метиленовий синій та бромтімоловий синій, та мають відповідно $R_f - 0,21$ для цих сполук [6].

Відповідно до вищезазначеного, визначені нами пігментні фракції було розподілено на 3 групи: сульфокон'югати білівердину, диглюкуронід білівердину та суму пігментів, що споріднені з бутанольною фазою системи розчинників: моноглюкуронід білівердину та ефіри вказаної сполуки з глюкозою (моноглюкуронідмоноглюкозид білівердину). Найбільш об'ємною фракцією, що нами визначена у міхуровій жовчі контрольної групи тварин, була фракція диглюкуроніду білівердину. В різних групах досліджуваних тварин вона складала 63 – 68 % від загальної кількості визначених нами пігментів.

Дослідження пігментних складових жовчі за умов гебіцидного токсикозу проводили на двох групах коропів: однорічного та дворічного віку. Загальний аналіз отриманих експериментальних даних показує, що при навантаженні організму коропа 4 ГДК гербіциду спостерігається реакція на зменшення сумарної концентрації жовчних пігментів та основних пігментних фракцій в жовчі, прояв якої був певною мірою залежний від віку тварин. При дії гербіциду на коропів-однорічок мало місце зменшення кількості загальних пігментів міхурової жовчі на 16,9 % ($p < 0,05$). Домінуюча фракція диглюкуроніду білівердину зменшилась на 14,3 %. Моноглюкуроніди білівердину разом із його вуглеводними сполуками зменшились на 29,9 % ($p < 0,05$), а кон'югати із сірчаною кислотою мали незначну тенденцію до зростання на 8,5 % (рис.1).

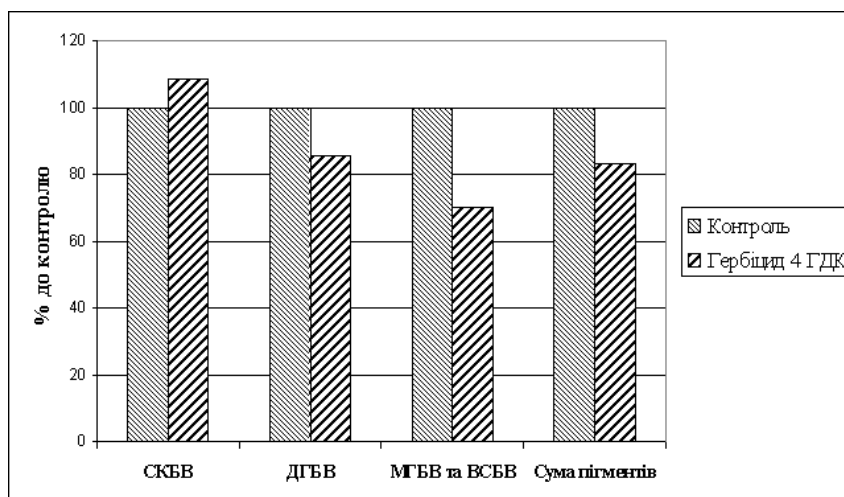


Рис. 1. Відносні зміни концентрації жовчних пігментів у міхуровій жовчі коропа одnorічного віку за дії гербіциду раундапу (4 ГДК) у відсотках до контролю, контроль = 100%, n=12.

Примітка: СКБВ – сульфокон’югати білівердину; ДГБВ – дигляукуронід білівердину; МГБВ та ВСБВ – моноглюкуронід білівердину та вуглеводні сполуки моноглюкуроніду білівердину

При дії гербіциду на коропів-дворічок мало місце зменшення кількості загальних пігментів міхурової жовчі на 20,7 % ($p < 0,05$). Фракція дигляукуроніду білівердину зменшилась на 23,6 % ($p < 0,05$). Моноглюкуроніди білівердину разом із його вуглеводними сполуками зменшились на 23,2 % ($p < 0,05$), а кон’югати із сірчаною кислотою зросли майже на 26 % (рис. 2).

Аналізуючи в цілому дані по зміні вмісту жовчних пігментів в міхуровій жовчі коропа лускатого у водному середовищі 4 ГДК гербіциду

раундапу (гліфосату) можна констатувати зниження загального рівня жовчних пігментів та більшості їх фракцій, що може слугувати показником пригнічення детоксуючої функції печінки в змодульованих нами умовах, більш виражене у дворічок. Окрім того, вказані зміни є свідченням пригнічення біосинтетичної функції печінки та вказує на змінений стан білків-транспорттерів в каналікулярній мембрані гепатоцитів, відповідальних за транслокацію даних фракцій пігментів.

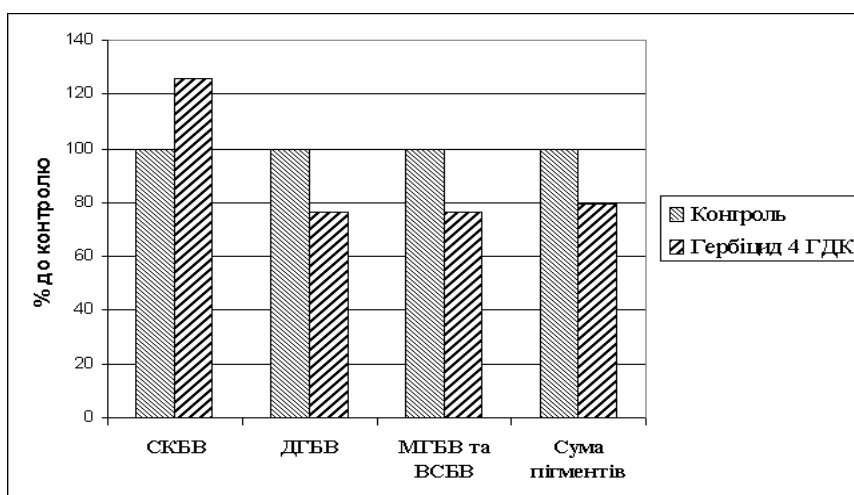


Рис. 2. Відносні зміни концентрації жовчних пігментів у міхуровій жовчі коропів дворічного віку за дії гербіциду раундапу (4 ГДК) у відсотках до контролю, контроль = 100 %, n=10.

Примітка: СКБВ – сульфокон’югати білівердину; ДГБВ – дигляукуронід білівердину; МГБВ та ВСБВ – моноглюкуронід білівердину та вуглеводні сполуки моноглюкуроніду білівердину

Дослідження пігментних складових жовчі за умов фосфатного токсикозу проводили на трьох групах коропів дворічного віку, серед яких одна була контрольною, а на дві інші діяли різними концентраціями фосфатвмісних речовин: 2 ГДК та 5 ГДК.

Провівши порівняльну характеристику хроматограм контрольної та досліджуваних груп риб ми виявили майже повну відсутність пігментної фракції в дослідних зразках, що

відповідають рівню сульфокон'югатів білівердину у контролі ($R_f - 0,21$). Також виявлено значне, залежне від концентрації у воді токсиканта, зменшення вмісту диглюкуроніду білівердину в порівнянні з контролем. За умов дії 2 ГДК фосфатвмісних речовин вміст диглюкуроніду білівердину зменшився на 86,2 % ($p < 0,05$), а за умов дії 5 ГДК фосфатвмісних речовин вміст вищевказаного пігментного кон'югату зменшився на 88,9 % ($p < 0,05$) (рис. 3).

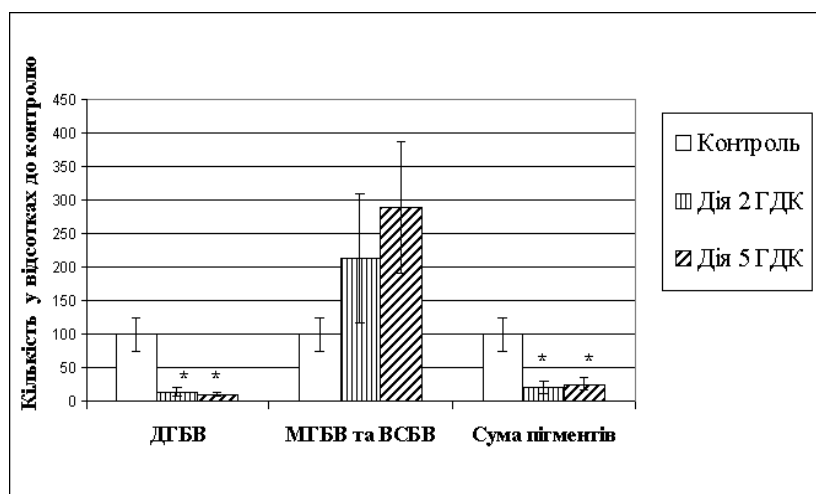


Рис. 3. Вміст основних фракцій жовчних пігментів в міхуровій жовчі коропа лускатого дворічного віку за дії 2 та 5 ГДК фосфатовмісних речовин у відсотках до контролю (контроль = 100 %), $n=15$.

Примітка. ДГБВ – диглюкуронід білівердину; МГБВ та ВСБВ – моноглюкуронід білівердину та вуглеводні сполуки моноглюкуроніду білівердину; * – $p < 0,05$

При проведенні порівняння контрольних та дослідних проб пігментних фракцій, які споріднені з бутанольною фазою екстракту жовчі – моноглюкуроніду білівердину та моноглюкуронідмоноглюкозиду білівердину, спостерігалась тенденція до їх зростання, яка прямо корелювала з концентрацією у воді фосфатовмісних речовин. За умов дії 2 ГДК фосфатів сума бутанол-розчинних пігментів зросла у складі жовчі у 2,14 рази, а за умов дії 5 ГДК – вона зросла майже утричі.

Сумарна кількість пігментів у жовчі, враховуючи неідентифіковані фракції, вірогідно зменшилась на 78,4 % ($p < 0,05$) порівняно з

контрольною групою тварин при дії 2 ГДК фосфатовмісних речовин, та на 74,2 % за умов дії 5 ГДК фосфатовмісних речовин.

Вищевказане може бути наслідком пригнічення активності біосинтетичних та транслокаційних процесів через каналікулярну мембрану гепатоцитів. Диглюкуронід білівердину та сульфокон'югати білівердину є фракціями жовчних пігментів, які утворюються виключно в печінці і є показником її дезінтоксикаційної функції. Значне зменшення їх у складі міхурової жовчі вказує на пригнічення дезінтоксикаційної функції печінки в умовах токсикозу.

Висновки

В умовах екзогенного токсикозу, який був викликаний різними концентраціями хімічних речовин різного хімічного складу, а саме гербіцидами та фосфатвмісними речовинами на риб різного віку, ми спостерігали вірогідне зменшення вмісту домінуючих фракцій та сумарної кількості жовчних пігментів у жовчі. Вищевказані зміни можуть бути обумовлені відповідними якісними та кількісними змінами в перебігу процесів їх біосинтезу, кон'югації в

гепатоцитах та транслокації через каналікулярні мембрани. Але, водночас мало місце зростання вмісту окремих пігментних фракцій в міхуровій жовчі, зокрема моноглюкуроніду білівердину та вуглеводних сполук цієї речовини, може вказувати на активацію в печінці та ретикуло-ендотеліальній системі альтернативних детоксуючих механізмів в умовах токсикозу. Встановлені зміни екскреторної функції печінки може бути використано як один із показників хімічного антропогенного забруднення водойм.

References

1. Dudnyk, S., and Yevtushenko, M. (2013). *Vodna toksykolojiya: osnovni teoretychni polozhennya ta yikhnye praktychne zastosuvannya: monohrafiya*. [Water toxicology: basic theoretical concepts and their practical application: monograph]. Kyiv, Ukraine : Vydavnytstvo Ukrayinskoho fitosotsiologichnoho tsentru.
Дудник С., Євтушенко М. Водна токсикологія: основні теоретичні положення та їхнє практичне застосування: монографія. Київ: Вид-во Українського фітосоціологічного центру, 2013.
2. Zhydenko, A. (2009). *Morfofiziologichni adaptatsiyi riznovikovykh hrup Cyprinus carpio L. za nespryyatlyvoyi diyi ekolohichnykh faktoriv* [Morphophysiological adaptations of *Cyprinus carpio* L. of different age groups under adverse environmental factors]. *Extended abstract of doktor's thesis*. Odesa, Ukraine : Odessa I. I. Mechnikov National University.
Жиденко А. Морфологічні адаптації різновікових груп *Cyprinus carpio* L. за несприятливої дії екологічних факторів: Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора біологічних наук, Одеса : Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, 2009.
3. Romanenko, V. (1978). *Pechen i regulyatsiya mezhutochnogo obmena (mlekoopitayushchiye i ryby)* [Liver and regulation of intermediate metabolism (mammals and fish)]. Kyiv, Ukraine : Naukova dumka.
Романенко В. Печень и регуляция межучного обмена (млекопитающие и рыбы). Київ : Наукова думка, 1978.
4. Ganitkevich, Ya. (1980). *Rol zhelchi i zhelchnykh kislot v fiziologii i patologii organizma* [The role of bile and bile acids in the physiology and pathology of the body]. Kyiv, Ukraine: Naukova dumka.
Ганиткевич Я. Роль желчи и желчных кислот в физиологии и патологии организма. Київ : Наук.думка, 1980.
5. Saratkov, A., and Skakun, N. (1991). *Zhelcheobrazovaniye i zhelchegonnyye sredstva* [Bile formation and choleric drugs]. Tomsk, Russia : Tomsk University.
Саратков А., Скакун Н. Желчеобразование и желчегонные средства. Томск : Томский университет, 1991.
6. Harnyk, T., Makarchuk, M., Krokhina, T., Samokhina, H., Horenko, Z., Poletai, V. et al. (2009). *Sposib vyznachennya spektra pokhidnykh bilirubinu ta biliverdynu v biolohichniy ridyni: Patent na korysnu model* [Method for determining spectrum of bilirubin and biliverdin derivatives in biological fluid: Utility model patent] №41602 / – Zayavleno 30.01 2009r, № zayavky u 2009 00708; opubl. 25.05.2009. biul. № 10.
Гарник Т., Макаручук М., Крохіна Т., Самохіна Г., Горенко З., Полетай В. та ін. Спосіб визначення спектра похідних білірубину та білівердину в біологічній рідині: Патент на корисну модель №41602 / – Заявлено 30.01 2009р, № заявки у 2009 00708; опубл. 25.05.2009. бюл. № 10.

Received: 09.01.2020. Accepted: 23.01.2020. Published: 07.01.2022.

Cite this article in APA Style as:

Poletai, V. (2022). Ekskretorna funktsiia pechinky ryb yak pokaznyk khimichnoho antropohenoho zabrudnennia vodoim [Excretory function of the liver of fish as an indicator of anthropogenic chemical pollution of water bodies]. *BHT: Biota. Human. Technology*, 1(1), 74–81. (in Ukrainian)

Information about the author:

Poletai V. [*in Ukrainian*: Полегай В.], Ph.D. in Biol. Sc., Assoc. Prof., email: v_poletaj@ukr.net

ORCID: 0000-0002-0231-2740

Department of Biology, T.H. Shevchenko National University “Chernihiv Colehium”,
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine



FOOD TECHNOLOGIES
ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ



UDC 664.642:579.67

Olga Syza, Olesya Savchenko, Iryna Zhurok, Nadiya Lapytska, Olena Gorodyska



INVESTIGATION OF THE COMPOSITION OF THE MICROFLORA OF LEAVENS'
SPONTANEOUS FERMENTATION FOR RYE-WHEAT BREAD
ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДУ МІКРОФЛОРИ ЗАКВАСОК СПОНТАННОГО БРОДІННЯ
ДЛЯ ЖИТНЬО-ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА

DOI: 10.5281/zenodo.7110952

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Syza O., Savchenko O., Zhurok I., Lapytska N., Gorodyska O., 2022

ABSTRACT

Purpose. To make leavens of spontaneous fermentation and to investigate the composition of their microflora, activity of lactic acid bacteria and quality indicators of rye-wheat bread on these leavens.

Methodology. During the work microbiological, physic, chemical and organoleptic research methods were used. The results were processed using MC Excel databases.

Scientific novelty. The qualitative and quantitative composition of the microflora of the manufactured rye leavens of spontaneous fermentation (rye, hop, on germinated rye grain, kefir, raisin) is studied on the content of bacteria and yeast, on the activity of lactic acid bacteria; the indicators of dough quality and rye-wheat bread on these leavens.

Conclusions. The article presents the results of a study of the composition of the microflora and the activity of lactic acid bacteria made rye leavens of spontaneous fermentation. It is shown that rye-wheat bread on these leavens has higher quality indicators in comparison with traditional rye-wheat products.

The prospects of using leavens of spontaneous fermentation are shown: rye, hop, from germinated rye grain, kefir, raisin, which are highly efficient and have indicators of quality. It is determined that the best indicators of qualitative and quantitative composition of the microflora have kefir and raisin leaven - the amount of wild yeast was 4.3×10^5 and 5.1×10^5 CFU / g, respectively. Activity of lactic acid bacteria in yeasts 12 hours after renewal was defined (minutes): rye - 41; grain - 38; hops - 59; kefir - 28; raisin - 24.

Very high activity in raisin leaven allows to reduce the fermentation process and the duration of the production process. Bread which is made with the use of leavens of spontaneous fermentation has higher quality indicators in comparison with traditional rye-wheat products.

Key words: spontaneous fermentation leaven, composition of microflora, rye-wheat bread.

АНОТАЦІЯ

Мета роботи. Виготовити закваски спонтанного бродіння і дослідити склад їх мікрофлори, активність молочнокислих бактерій та показники якості житньо-пшеничного хліба на цих заквасках.

Методологія. Під час проведення роботи використовували мікробіологічні, фізико-хімічні та органолептичні методи досліджень. Опрацювання результатів здійснювали за допомогою баз даних MC Excel.

Наукова новизна. Досліджено якісний та кількісний склад мікрофлори виготовлених житніх заквасок спонтанного бродіння (житня, хмельова, на пророщеному житньому зерні, кефірна, родзинкова) на вміст бактерій і дріжджів, на активність молочнокислих бактерій; досліджено показники якості тіста і житньо-пшеничного хліба на цих заквасках.

Висновки. У роботі наведено результати дослідження складу мікрофлори та активності молочнокислих бактерій, виготовлених житніх заквасок спонтанного бродіння. Показано, що

житньо-пшеничний хліб на цих заквасках має вищі показники якості в порівнянні з традиційними житньо-пшеничними виробами.

Показано перспективність використання заквасок спонтанного бродіння: житня, хмельова, на пророщеному житньому зерні, кефірна, родзинкова, які відрізняються високою ефективністю і показниками якості. Визначено, що найкращі показники якісного та кількісного складу мікрофлори мають кефірна та родзинкова закваски – кількість диких дріжджів становила $4,3 \times 10^5$ та $5,1 \times 10^5$ КУО/г відповідно. Визначено активність молочно-кислих бактерій у заквасках через 12 год після оновлення (хв): житня – 41; зернова – 38; хмельова – 59; кефірна – 28; родзинкова – 24. Дуже висока активність у родзинковій заквасці дозволяє скоротити процес бродіння і тривалість виробничого процесу. Хліб із застосуванням виготовлених заквасок спонтанного бродіння має вищі показники якості в порівнянні з традиційними житньо-пшеничними виробами.

Ключові слова: закваски спонтанного бродіння, склад мікрофлори, житньо-пшеничний хліб.

Постановка проблеми

Актуальність роботи. Проблеми сьогодення, які пов'язані з несприятливою екологічною ситуацією в Україні, вимагають забезпечення населення високоякісними продуктами харчування із збалансованим хімічним складом. Хлібобулочні вироби посідають вагомe місце у виробництві та реалізації харчових продуктів. Житньо-пшеничний хліб завжди цінився на території Київської Русі і на початку ХХ століття споживання житньої випічки складало 65 %. На сьогоднішній день споживання такого хліба поступається лише пшеничному і складає 30 % в південно-східних областях і до 50 % – у північно-західних. Житньо-пшеничний хліб, порівняно з пшеничним, містить більше незамінних амінокислот, харчових волокон, макро- і мікроелементів. Крім цього борошно з жита багате на необхідну для організму кислоту – лізин, яка є основою для побудови білкових клітин в людському тілі. Також в ньому міститься в півтора рази більше заліза, ніж в пшеничному борошні і на 50 % більше магнію і калію. Клітковина житнього борошна допомагає організму позбутися токсинів і шлаків [1-3].

В ХІХ столітті було доведено, що зміни в об'ємі, складі і консистенції тіста обумовлені метаболічною діяльністю мікроорганізмів. За тривалий час історії людства зібрано багато рецептур заквасок для хлібобулочних виробів, безліч способів приготування

та випікання хліба. Стартові культури мікроорганізмів, розвиваючись у житніх заквасках, сприяють формуванню фізико-хімічних (кислотність, пористість) і органолептичних (смак, запах) показників хліба, забезпечують його мікробіологічну чистоту, особливо при збільшенні термінів зберігання і переробленні борошна з підвищеною мікробною контамінацією. У зв'язку з цим виготовлення і удосконалення заквасок для житньо-пшеничного хліба з поліпшеними споживними властивостями, підвищеною харчовою цінністю, покращеними органолептичними показниками є актуальною проблемою сьогодення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В основі традиційних технологій хлібобулочних виробів, що одержують з використанням житнього борошна, лежать біотехнологічні процеси, засновані на використанні різних видів житніх заквасок, при приготуванні яких у виробничому циклі створюються оптимальні умови для розвитку стартових культур мікроорганізмів. Для формування необхідної мікрофлори в заквасках використовують процеси спонтанного бродіння чи застосовують чисті культури мікроорганізмів. Застосування заквасок спонтанного бродіння залишилось традиційним в багатьох технологіях національних хлібобулочних виробів [4, 5].

Поєднання видів і штамів мікроорганізмів у стартових композиціях залежить від виду житніх

біологічних заквасок (густа, рідка із заваркою і без неї, молочнокисла закваска) [6]. В житніх заквасках, за рахунок тісних симбіотичних відношень між мікроорганізмами, розвивається досить специфічна і стійка за видовим складом мікрофлора, забезпечуючи оптимальне розпушення м'якшину і неповторний смак та аромат готових виробів. Для забезпечення стабільної закваски необхідно створити і строго контролювати оптимальні умови їх введення. Найбільш прогресивним і ефективним способом інтенсифікації метаболізму мікроорганізмів в житніх заквасках є внесення в живильні суміші добавок, структурні компоненти яких активізують біологічні процеси [7, 8]. В останній час активно розроблюються і впроваджуються у виробництво нові технології хлібобулочних виробів з добавками, в тому числі із плодово-ягідної сировини, яка сприяє підвищенню харчової цінності хліба, надання їм певних функціональних властивостей, збільшення термінів зберігання, тощо [9-12].

Переваги приготування хліба з використанням заквасок:

- забезпечення необхідної кислотності напівфабрикатів;
- отримання розвинутої пористості хліба;
- поліпшення смаку та аромату хліба;
- підвищення мікробіологічної чистоти продукту;
- отримання хліба з новими функціональними властивостями.

На сьогодні розроблені різноманітні методи цілеспрямованого виведення заквасок, які забезпечують формування оптимальних характеристик житнього хліба та тіста [13].

Мета роботи: виготовити закваски спонтанного бродіння і дослідити склад їх мікрофлори, активність молочнокислих бактерій та показники якості житньо-пшеничного хліба на цих заквасках.

Методологія. Під час проведення досліджень використовували борошно житнє обдирне (ДСТУ 8891-2018), борошно пшеничне першого сорту (ГСТУ 46004-99), цукор (ДСТУ 4623-2006), сіль

кухонну харчову (ДСТУ 3583-2015), питну воду (СанПіН 2.2.4-171-10 та ДСТУ 7525-2014).

Приготування досліджуваних житніх заквасок проводили відповідно до рекомендацій [14].

На першому етапі досліджень визначали фізіологічний стан мікрофлори рідких заквасок. Для чого до одного об'єму заквасок спонтанного бродіння додавали 3-5 об'ємів води, струшували і залишали у спокої протягом 1 хвилини. Після цього із отриманої суспензії готували препарат «розчавлена крапля». У випадку приготування забарвленого препарату, до нанесеної на предметне скло краплі додають краплю розчину Люголя. Дослідження проводили під мікроскопом за збільшення $\times 40$ з окуляром $\times 10$ або $\times 15$.

Підрахунок вмісту молочнокислих бактерій і дріжджів проводили стандартними методами за допомогою камери Горяєва [15]. Бактерії підраховували у п'яти полях зору, в кожному з них беруть п'ять малих квадратів по діагоналі або по кутах сітки і в центрі, разом – у 25 малих квадратах. Дріжджі підраховують у 80 малих квадратах. У процесі підрахунку враховують усі клітини, розташовані всередині квадрата і на приміжових лініях, якщо вони більше, ніж наполовину лежать усередині квадрата. Клітини, пересічені приміжовою лінією наполовину, підраховують лише на двох з чотирьох меж квадрата, а розташовані більше ніж наполовину за квадратом, не враховують.

Кількість клітин в 1 см^3 (X) обчислюють за формулою:

$$X = \frac{a \times 400 \times b}{c} \times 1000$$

де a – сума клітин підрахована у п'яти великих квадратах сітки; b – розведення вихідної проби; c – кількість малих квадратів, у яких робили підрахунок. За умов, описаних вище, для визначення кількості бактерій у 1 см^3 проби, цифру, отриману під час підрахунку бактерій у 25 квадратах слід помножити на постійний множник 16×10^6 , тобто $X = a \times 16 \times 10^6$. У разі підрахунку дріжджів у 80 малих квадратах $X = a \times 5 \times 10^6$.

Для визначення активності молочнокислих бактерій брали 20 г закваски і 40 см³ дистильованої води з температурою 39 ± 1 °С, розмішували до однорідної консистенції і відбирали у дві пробірки по 10 см³ отриманої суспензії. В одну з пробірок додавали 1 см³ 0,05 %-ного водного розчину метиленового синього, а інша пробірка слугувала контролем для порівняння кольору. Пробірки закривали гумовими корками, збовтували та поміщали у термостат з температурою 40 °С. Фіксували час, за який в них знебарвлюється метиленовий синій.

Визначення масової частки вологи заквасок спонтанного бродіння визначають одразу після приготування висушуванням у сушильній шафі за температури 105 °С до постійної маси.

Вологість напівфабрикатів (W), %, розраховують за формулою:

$$W = (m_1 - m_2) \times 100 / m_3;$$

де m_1 , m_2 – маса наважки з пакетом до та після висушування, г;

m_3 – маса наважки напівфабрикату, г.

Титровану кислотність заквасок визначали за загальноприйнятими методиками [15].

Підймальну силу заквасок визначали прискореним методом за спливанням кульки тіста для чого його замішували за рецептурою (табл. 1) із житнього обдирного і пшеничного борошна 1 сорту.

На основі розроблених заквасок випікали житньо-пшеничних хліб за співвідношення житнього обдирного і пшеничного борошна першого сорту 1:1 (50:50). Для цього змішували всі компоненти: борошно, сіль, цукор, воду питну, а в якості висококислотного компоненту для інактивації ферментативної активності житнього борошна використовували одну із розроблених заквасок. Тривалість бродіння тіста становила 240 хв за 30 °С. Вистоювання тістових заготовок проводили протягом 40–50 хв за 35 °С. При цьому маса тістової заготовки складала 800–830 г. Тривалість випікання – 60 хв за 200–220 °С. У випеченому хлібі визначали органолептичні (смак, запах, зовнішній вигляд) та фізико-хімічні показники якості (масова частка вологи, кислотність, пористість, питомий об'єм, кришкуватість та водопоглинальна здатність м'якушки) за стандартними методиками, наведеними у лабораторному практикумі 2006 р. [15].

Наукова новизна полягає в тому, що досліджено якісний та кількісний склад мікрофлори виготовлених житніх заквасок спонтанного бродіння (житня, хмельова, на пророщеному житньому зерні, кефірна, родзинкова) на вміст бактерій і дріжджів, на активність молочнокислих бактерій; досліджено показники якості тіста і житньо-пшеничного хліба на цих заквасках.

Таблиця 1

Рецептура кульок для визначення підйимальної сили

Напівфабрикати	Маса напівфабрикату, г	Маса борошна, г
Густа закваска	18	4
Густа опара	16	4
Рідка закваска	10	10
Рідка опара	12	16-18
Рідкі дріжджі	10	10-12
Тісто	20	–

Результати дослідження

При правильному веденні технологічного процесу житні закваски можна готувати упродовж 0,5-1,0 року без повного їхнього оновлення. Спосіб приготування житньої закваски спонтанного бродіння на воді та борошні складається з таких етапів:

- закисання суміші;
- розвиток молочнокислої мікробіоти (після декількох оновлень закваски).

Закваски одержували спонтанним зброджуванням житнього обдирного борошна, води та однієї із додаткової сировини, а саме: настою хмелю, пророщеного житнього зерна, кефіру або родзинок.

Відомо, що мікрофлору заквасок поділяють: на корисну та шкідливу. До корисної мікробіоти житніх заквасок спонтанного бродіння відносяться переважно молочнокислі бактерії *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis* та незначна кількість дріжджів *Saccharomyces ludwigii*. Шкідливою мікрофлорою вважають ті мікроорганізми, які негативно впливають на процеси бродіння, є антагоністами молочнокислих бактерій, порушують технологічний процес і знижують якість готових виробів [16].

Гомоферментативні молочнокислі бактерії (*L. plantarum*) утворюють молочну кислоту і леткі кислоти. Здатності до газоутворення ці бактерії не мають. У заквасці і в тісті вони відіграють роль тільки кислотоутворювачів. Гетероферментативні молочнокислі бактерії (*Lactobacillus fermenti*, *L. brevis*) утворюють молочну кислоту, леткі кислоти, вуглекислий газ і незначну кількість спирту. Ці бактерії в заквасках і тісті є не лише кислотоутворювачами, але й енергійними газоутворювачами житнього тіста.

Дріжджі *S. ludwigii* виконують роль розпушувачів тіста за рахунок утворення діоксиду вуглецю, який впливає на об'єм готового хліба і пористість м'якушки. У процесі бродіння утворюються побічні речовини: оцтовий альдегід,

спирти, органічні кислоти та ін., що надають хлібу особливого смаку і аромату.

Мікрофлора напівфабрикатів може значно змінюватися в залежності від середовища культивування, складу заквасок і умов ведення технологічного процесу.

З літературних джерел відомо, що з кожним підживленням покращується склад живильного середовища, інтенсифікується життєдіяльність молочнокислих бактерій, що зумовлює підвищення кислотності закваски, пригнічується розвиток сторонньої мікрофлори, покращуються органолептичні показники якості закваски [8, 9].

Проведено мікробіологічний аналіз з визначення вмісту дріжджів і молочнокислих бактерій в заквасках спонтанного бродіння. Для кожної з отриманих заквасок характерним є склад бактеріальної і дріжджової мікрофлори (табл. 2, рис. 1).

Молоді дріжджові клітини мали тонку оболонку, гомогенну однорідну цитоплазму, а вакуолі та запасні речовини були відсутні або лише намічалися. Вміст клітин, що брунькуються, становив 40-60 %, окрім закваски на основі відвару хмелю. Ознакою зрілості клітини є наявність у ній глікогену та метакроматину. Зрілі клітини, що здатні забезпечити гарне розпушування тіста й нормальне вистоювання, відрізняються великим розміром, серед них не більше 15-20 % клітин, які брунькуються. Старі клітини або такі, що знаходяться в несприятливих умовах, мають потовщену оболонку, цитоплазма їх набуває зернистої будови, відстає від оболонки, вакуолі великі, глікоген майже зникає. Видно одиничні мертві клітини.

Спостерігали наявність молочнокислих бактерій у заквасках – нерухомі тонкі палички довжиною $3 \times 10^3 - 7 \times 10^3$ нм і більше, діаметром $0,5 \times 10^3 - 1,0 \times 10^3$ нм, одиничні, з'єднані попарно (іноді по три і більше) по прямій лінії чи під кутом одна до одної.

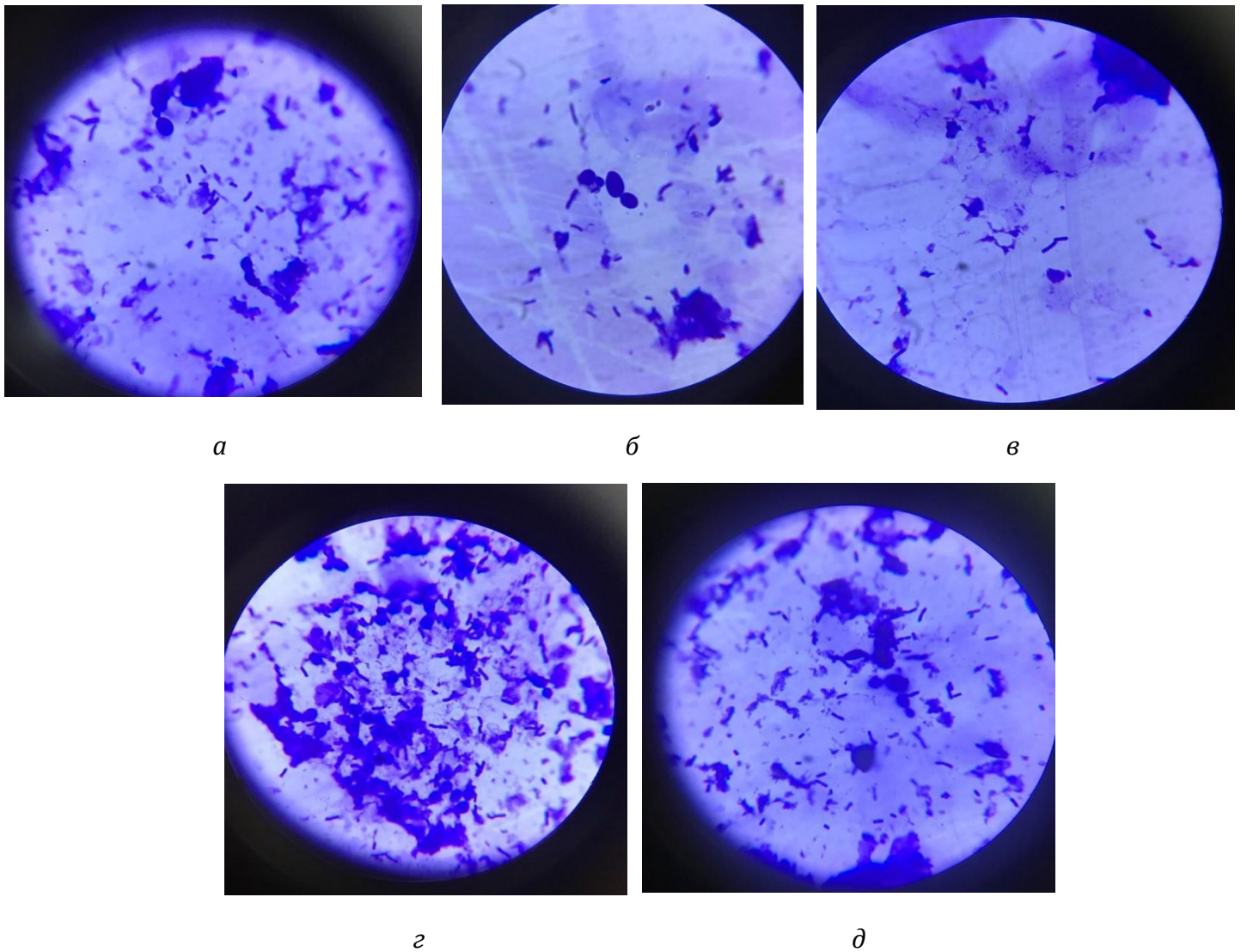


Рис. 1. Мікрофлора заквасок: житньої (а), зернової (б), хмельової (в), кефірної (г), родзинкової (д)

Таблиця 2

Мікробіологічні показники житніх заквасок спонтанного бродіння

Вид закваски	Мікробіологічні показники	
	Кількість молочнокислих мікроорганізмів, КУО/г	Кількість дріжджових клітин, КУО/г
Житня	$1,5 \times 10^5$	$4,3 \times 10^3$
Зернова	$1,6 \times 10^5$	$5,2 \times 10^3$
Хмельова	$1,3 \times 10^5$	менше 10
Кефірна	$1,7 \times 10^6$	$4,3 \times 10^5$
Родзинкова	$1,9 \times 10^6$	$5,1 \times 10^5$

Мікрофлора кефірної закваски представляє надійний симбіоз з гомо- та гетероферментативних молочнокислих бактерій, дріжджів, зброджуючих і незброджуючих лактозу, ацетобактерії та ін. (рис. 1, г). У мікробіоті житньої закваски на основі родзинок, крім молочнокислих бактерій, переважають *S. ludwigii*. (рис. 1, д) – великі лимоноподібні дріжджі, що добре зброджують глюкозу, сахарозу, рафінозу – на 1/3. У заквасці на основі хмельового настою (рис. 1, в) дикі дріжджі практично не виявлені, тоді як в кефірній та родзинковій заквасці кількість диких дріжджів становила $4,3 \times 10^5$ та $5,1 \times 10^5$ КУО/г відповідно (табл. 2).

У процесі росту дріжджі збагачують середовище продуктами свого метаболізму, які використовуються молочнокислими бактеріями для розвитку. У свою чергу, зростанню дріжджових клітин сприяє висока кислотність середовища, створена молочнокислими бактеріями, і збагачує її нітрогенвмісними речовинами за рахунок дії протеолітичних ферментів лактобактерій. Кефірні грибки мають унікальну здатність до саморегулювання складу

мікрофлори під впливом різних зовнішніх чинників (склад живильного середовища, температура, режим аерації, рН середовища).

Встановлено, що в заквасках плісняві гриби відсутні. Одним із важливих показників мікробіологічної чистоти закваски є відсутність бактерій роду лейконосток. Не менш важливим показником мікробіологічної чистоти є відсутність споруутворювальних бактерій, оскільки при випіканні хліба виживають лише спори, які спричиняють "картопляну хворобу" хліба. При мікроскопуванні найбільш розвинена мікрофлора визначена в заквасці на основі родзинок.

Активність молочнокислих бактерій розраховували за інтенсивністю відновлення блакитного забарвлення метиленового синього – за часом, необхідним для знебарвлення проби. Низька активність – 90...100 хв, висока – 35...50 хв, дуже висока – 7...25 хв.

Активність молочнокислих бактерій у заквасках через 12 годин після оновлення (хвилини): для житньої закваски – 41; зернової – 38; хмельової – 59; кефірної – 28; родзинкової – 24 (рис. 2).

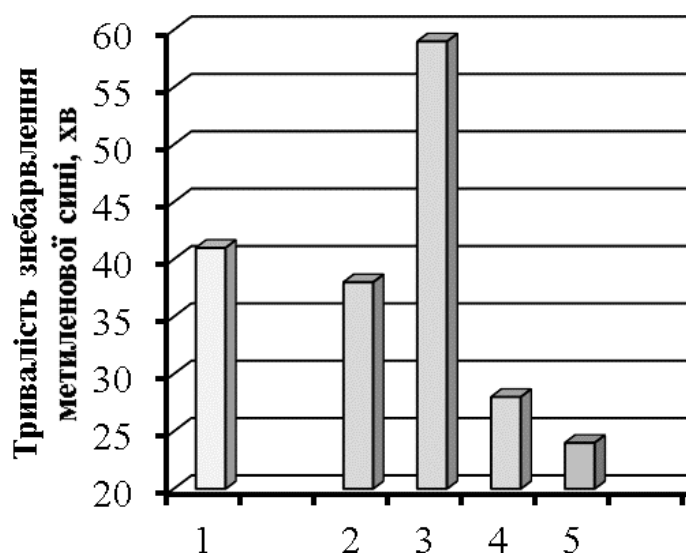


Рис. 2. Активність молочнокислих бактерій в дослідних житніх заквасках спонтанного бродіння (хв.): 1 – житня; 2 – зернова; 3 – хмельова; 4 – кефірна; 5 – родзинкова

Як показують результати досліджень, у житніх заквасках спонтанного бродіння на основі родзинок та кефіру мікробіота має вищу відновлювальну активність молочнокислих бактерій порівняно з житньою закваскою (без внесення додаткової сировини) – на 70,8 %, і 46,4% відповідно. Це пов'язано із внесенням додаткових поживних речовин: родзинки містять значну кількість редукувальних цукрів, мінеральних речовин, вітамінів, а кефір – лактобактерії. Крім того, впливають особливості бродіння сушеного винограду та кефірних грибків в результаті значної активації мікрофлори.

Використання закваски на основі житнього солоду (зернової) активує молочнокислі бактерії на 7,9%, порівняно із житньою закваскою, завдяки багатому хімічному складу житнього солоду. Внесення хмелю, навпаки, на 30,5% знижує активність

молочнокислих бактерій, незважаючи на наявність додаткових мінеральних речовин, вітамінів і цукрів. Це пов'язано із присутністю в цій рослині гірких смол, які пригнічують дію бактерій, але не впливають на розвиток дріжджів. Такий ефект в подальшому потрібно враховувати при веденні технологічного процесу виготовлення житньо-пшеничного хліба на даній заквасці без додавання хлібопекарських дріжджів.

Дослідження показали, що ведення технологічного процесу приготування заквасок спонтанного бродіння на основі зернової сировини, кефіру і родзинок сприяє підвищенню активності бродильної мікрофлори. Час, який характеризує підймальну силу, цих заквасок зменшується в 1,36, 1,73 та у 2,0 рази відповідно (рис. 3), що корелює з даними визначення активності молочнокислих бактерій.

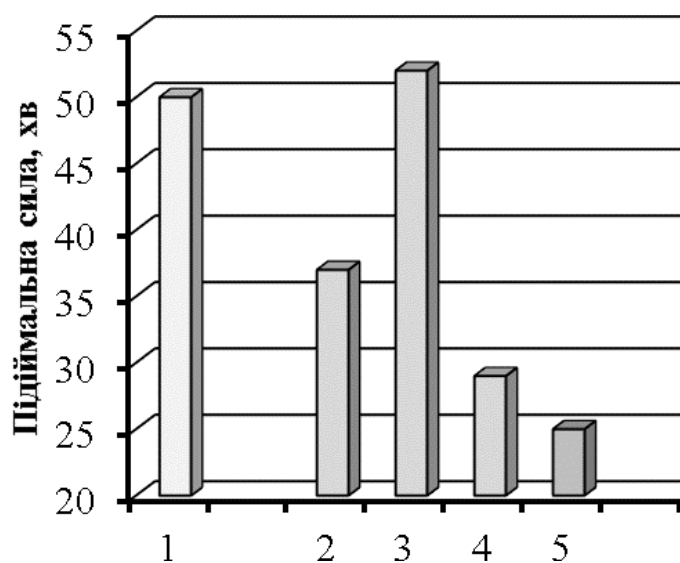


Рис. 3. Підймальна сила житніх заквасок спонтанного бродіння (хв):
1 – житня; 2 – зернова; 3 – хмельова; 4 – кефірна; 5 – родзинкова

Показник масової частки вологи в продукті – один з найважливіших в оцінці якості продукції. Кількість вологи в продукті характеризує його біологічну цінність та стійкість при зберіганні та транспортуванні, придатність до подальшої переробки (біохімічні процеси), техніко-економічні показники (вологість нижче норми призводить до перевитрати сировини). В заквасках підвищеної

вологості процес розмноження мікроорганізмів сповільнюється в результаті дефіциту поживних речовин. У густіших заквасках молочнокислі бактерії розвиваються інтенсивніше, ніж дріжджі. Тобто, за допомогою вибору умов приготування закваски, можна регулювати формування смаку та аромату хліба. Тому, визначення вологості житніх заквасок – один із головних параметрів

приготування житньо-пшеничного хліба. Вологість отриманих нами житніх заквасок спонтанного бродіння знаходиться в межах 68,3...69,9 %, що відповідає нормативній документації. У процесі бродіння заквасок

визначали органолептичні показники якості (табл. 3). При підвищенні температури бродіння заквасок смак і запах змінювалися від слабо до різко вираженого кисломолочного і спостерігалось розрідження консистенції.

Таблиця 3

Органолептичні показники якості заквасок спонтанного бродіння

Показник якості	Вид закваски				
	житня	зернова	хмельова	кефірна	родзинкова
Смак	кисломолочний, без сторонніх присмаків	кисломолочний, без сторонніх присмаків	кисломолочний, без сторонніх присмаків	кисломолочний, без сторонніх присмаків	кисломолочний, зі присмаком родзинок
Запах	кислий зі слабо вираженим ароматом борошна	кислий зі слабо вираженим ароматом пророщеного зерна	кислий зі слабо вираженим ароматом борошна	кислий зі слабо вираженим ароматом кисломолочних продуктів	кислий з вираженим фруктовим ароматом

Таблиця 4

Порівняльна характеристики кислотонакопичення заквасок спонтанного бродіння

Час, хв	Титрована кислотність заквасок, град				
	житня	зернова	хмельова	кефірна	родзинкова
60	6,3	6,6	6,5	6,8	6,2
120	6,7	7,0	6,9	7,2	6,9
180	7,5	7,3	7,3	7,9	7,7
240	8,0	7,9	7,8	8,8	8,4
300	8,8	8,4	8,3	10,0	9,2
360	9,4	9,1	8,9	11,5	10,0
420	10,2	9,9	9,2	12,8	10,4
480	11,0	10,7	9,7	13,1	11,0
540	11,6	11,2	10,3	13,6	11,6
600	12,1	11,9	10,8	14,1	12,0
660	12,5	12,4	11,2	14,4	12,4
720	13,0	12,9	11,4	14,9	12,6

Велике значення для якісного проходження технологічного процесу виробництва хліба, до складу якого входить житнє борошно, має кислотність закваски. Це пов'язано з тим, що в житньому борошні окрім β -амілази в активному стані знаходиться також й α -амілаза. Крохмаль гідролізується під впливом α -амілази до низькомолекулярних декстринів, які погіршують механічні властивості м'якушки хліба надаючи йому липкості. Відомо, що в кислому середовищі α -амілаза інактивується. У зв'язку з цим, технологія житніх і житньо-пшеничних сортів хліба передбачає приготування тіста на заквасках,

які підвищують кислотність тіста, що покращує якість готового виробу. Тому визначення титрованої кислотності важливий технологічний параметр якості житньої закваски в процесі приготуванні житньо-пшеничного хліба. Титровану кислотність визначали в заквасках через добу після оновлення та впродовж 12 годин після оновлення з інтервалом 60 хв. (табл. 4).

Результати визначення титрованої кислотності заквасок через добу після оновлення (град.): житньої – 17,5; зернової – 19,2; хмельової – 17,9; кефірної – 23,2; родзинкової – 15,9.

Таблиця 5

Зведені дані проведення дослідження якості тіста на заквасках спонтанного бродіння (початкова і кінцева температура 30°C)

Показники	Вид закваски				
	житня	зернова	хмельова	кефірна	родзинкова
Вологість тіста, %	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00
Кислотність початкова, град	6,10	5,80	5,30	6,50	6,10
Кислотність кінцева, град	9,30	9,90	8,30	10,10	10,10
Питомий об'єм тіста, м ³ /кг	2,14	2,04	1,96	2,30	2,32

Початкова кислотність тіста залежить від кислотності самої закваски. Так, тісто на кефірній заквасці має найвищу кислотність 6,5 град і відповідно кислотність закваски – 14,9 град, а тісто на хмельовій заквасці має найнижчий показник кислотності – 5,3 град. Кінцева кислотність тіста із борошна житнього обдирного

повинна становити 8-12 град, тобто тісто, виготовлене на заквасках спонтанного бродіння, відповідає нормам і вимогам. Найбільш позитивною є динаміка збільшення об'єму в тісті на кефірній заквасці та з родзинок, що пов'язано із позитивним впливом такої основи на бродильну мікрофлору.

Таблиця 6

Фізико-хімічні показники якості житньо-пшеничного хліба на заквасках спонтанного бродіння (температура випікання 220 °C, час – 45 хвилин)

Показники якості	Вид закваски				
	житня	зернова	хмельова	кефірна	родзинкова
Вологість, %	46,20	47,10	46,30	46,10	46,00
Кислотність, град	9,10	8,70	7,30	10,00	9,50
Пористість, %	66,40	62,30	62,00	70,00	71,80
Кришкуватість хліба, %	17,80	17,90	18,80	16,80	16,60
Водопоглинальна здатність, %	230,60	233,56	215,58	240,58	236,50

Органолептичні показники:

- зовнішній вигляд – відповідно хлібній формі, в якій проводилося випікання, з дещо опуклою верхньою поверхнею;
- колір і стан поверхні – темно-коричневий, без підгорілості; відповідає виду виробу, без тріщин та підривів;
- колір і стан м'якушки – коричнева, пропечена, еластична, після легкого натискання м'якуш приймає початкову форму, без грудочок і слідів непромісу, без пустот і ущільнень;
- смак – виражений, характерний, хлібний;
- запах – властивий даному виду виробу, без стороннього.

Згідно з отриманими даними, хмельова, кефірна і родзинкова закваски не впливають на масову частку вологи в готових виробах, тоді як ведення технології на зерновій заквасці дещо підвищує даний показник. Це може бути пов'язано із більшою водопоглинальною і водоутримувальною здатністю житнього солоду, що виступає зерною основою в цій заквасці, порівняно із житнім борошном.

Найбільшу кислотність мають вироби на кефірній і родзинковій заквасці. Підвищення кислотності дозволяє подовжити термін зберігання хліба і призупинити розвиток різної хвороботворної мікрофлори, наприклад, картопляної палички.

Аналізуючи якість готових виробів, особливу увагу приділено пористості виробів, яка впливає на органолептичні, структурно-механічні та технологічні показники якості хліба. Показник загальної пористості ми розглядали як кількісну характеристику пишності виробів, оскільки збільшення цього показника свідчить про те, що зростає об'єм виробів і знижується їх твердість. При додаванні кефірної і родзинкової закваски пористість становить 70-71,8 %, що на 3,6-9,8 % більша, ніж при використанні інших досліджуваних заквасок. Це можна пояснити тим, що мінеральні речовини, вітаміни і кислоти, що містяться в родзинках і кефірі, стимулюють роботу

дріжджових клітин розщеплювати цукор на спирт і вуглекислий газ, який розпушує тісто, роблячи його пористим. Чим вище пористість виробів, тим довше вони зберігають свіжість і краще засвоюються організмом. Зернова і хмельова закваски мають найменші показники пористості. В першому випадку це може бути пов'язано із внесенням некрохмальних полісахаридів із зерною основою закваски, що, як відомо, знижує якість клейковини пшеничного борошна, яке входить до рецептури розроблених виробів. Також це може бути викликано високою ферментативною активністю солоду і, як результат, гідролізу крохмалю житнього борошна, що формує якість хліба. За використання хмельової закваски – зниження пористості пов'язано з негативним впливом хмелю на бродильну мікрофлору самих заквасок. Пористість житньо-пшеничного хліба за використання кефірної та родзинкової заквасок зростає на 5,4 % та 8,1 % відповідно. Такий результат є передбачуваним і пов'язаний із позитивним впливом нетрадиційної сировини на активність мікрофлори житніх заквасок.

Кришкуватість м'якушки, що характеризує свіжість хліба або ступінь його черствіння, найменша при використанні родзинкової та кефірної заквасок.

Висновки

Отримані результати обумовлюють перспективність використання заквасок спонтанного бродіння: житня, хмельова, на пророщеному житньому зерні, кефірна, родзинкова, які відрізняються високою ефективністю дії і показниками якості. Дослідження мікробіоти одержаних заквасок показало, що найкращі показники мають кефірна та родзинкова закваски – кількість диких дріжджів $4,3 \times 10^5$ та $5,1 \times 10^5$ КУО/г відповідно. Активність молочнокислих бактерій у заквасках через 12 годин після оновлення становила (хв): житня – 41; зернова – 38; хмельова – 59; кефірна – 28; родзинкова – 24. Висока активність при використанні родзинкової закваски дозволяє

скоротити процес бродіння тіста і тривалість виробничого процесу.

Хліб із застосуванням виготовлених заквасок спонтанного бродіння відрізняється високими органолептичними характеристиками. Найкращі фізико-хімічні показники має житньо-пшеничний хліб, виготовлений із житніми заквасками на основі кефіру та родзинок, які

перевищують всі показники якості тіста і готових виробів, виготовлених на заквасці тільки з житнього борошна.

Використання досліджених заквасок спонтанного бродіння може бути рекомендовано для виробництва житньо-пшеничних сортів хліба в умовах міні-підприємств і закладів ресторанного господарства.

References

1. Samokhvalova, O. V., Kucheruk, Z. I., Oliinyk, S. H. et al. (2019). *Kharchovi tekhnolohii. Tekhnolohiia khliba, kondyterskykh makaronnykh vyrobiv ta kharchokontsentrativ* [Food technology. Technology of bread, confectionery, pasta and food concentrates]. Kharkiv, Ukraine.
Самохвалова О. В., Кучерук З. І., Олійник С. Г. та ін. Харчові технології. Технологія хліба, кондитерських макаронних виробів та харчоконцентратів: навч. посібник. Харків, 2019. 284 с.
2. Kapreliants, L. V., and Petrosiants, A. P. (2011). *Likuvalno-profilaktychni vlastyvoli kharchovykh produktiv ta osnovy diietolohii* [Therapeutic and prophylactic properties of food and basics of nutrition]. Odesa, Ukraine: Druk.
Капрельянц Л. В., Петросьянц А. П. Лікувально-профілактичні властивості харчових продуктів та основи дієтології. Одеса: Друк, 2011. 269 с.
3. Dudenko, N. V., Pavlotska, L. F., Horban, V. H., and Tsyban, L. S. (2017). *Osnovy fiziolohii kharchuvannia* [Fundamentals of nutrition physiology]. Kharkiv, Ukraine: KhDUKhT.
Дуденко Н. В., Павлоцька Л. Ф., Горбань В. Г., Цибань Л. С. Основи фізіології харчування: навч. посібник. Харків: ХДУХТ, 2017. 216 с.
4. Drobot, V. I. (2002). *Tekhnolohiia khlibopekarskoho vyrobnytstva* [Technology of bakery production]. Kyiv, Ukraine.
Дробот В. І. Технологія хлібопекарського виробництва: підручник. Київ, 2002. 365 с.
5. *Istoriia vypechki khleba, v monastyriakh* [The history of baking bread, in monasteries]. (2011). *Khlibopekarska kondyterska, promyslovist Ukrainy – Bakery confectionery, industry of Ukraine*, 1, 12–15.
История выпечки хлеба, в монастырях. *Хлібопекарська кондитерська, промисловість України*. 2011. № 1. С. 12–15.
6. Kusova, Y. U., and Letkov, K. S. (2009). *Zakvasky pry proyzvodstve rzhanoho khleba* [Starter cultures in the production of rye bread]. *Konditerskoje y khlibopekarnoje proyzvodstvo – Confectionery and bakery*, 9, 24–26.
Кусова И. У., Летков К. С. Закваски при производстве ржаного хлеба [Starter cultures in the production of rye bread]. *Кондитерское и хлебопекарное производство*. 2009. №9. С. 24–26.
7. Derkanosova, N. M., Gens, V. K., and Maliutina, T. N. (2004). *Sposob proyzvodstva zhidkoj zakvaski dlia prigotovleniya khleba iz rzhanoj i smesi rzhanoj i pshenichnoj muki* [Method for the production of liquid sourdough for making bread from rye and a mixture of rye and wheat flour]. Invention patent 2232188 Russian Federation:

MPK A21D 8/02, S12N 1/20. Patent holder: Voronezhskaja gosudarstvennaja tekhnologicheskaja akademija – Voronezh State Technological Academy. № 2232188. Declared 11.02.2003. Published 10.07.2004. Bulletin № 34.

Способ производства жидкой закваски для приготовления хлеба из ржаной и смеси ржаной и пшеничной муки: пат. на изобретение 2232188 Российская Федерация: МПК А21D 8/02, С12N 1/20 / Дерканосова Н. М., Генс В. К., Малютина Т. Н.; патентообладатель Воронежская государственная технологическая академия. № 2232188; заявл. 11.02.2003; опубл. 10.07.2004, Бюл. № 34.

8. Chaban, A. B., and Pshenyshniuk, H. F. (2013). Zbahachennia khimichnoho skladu zhytno-pshenychnykh vyrobiv na osnovi konservovanykh zakvasok spontannoho brodinnia [Enrichment of chemical composition of rye-wheat products on the basis of canned sourdoughs]. *Nutrytsiologia, dietologia, problemy kharchuvannia*, 1(22), 12–15.

Чабан А. Б., Пшенишнюк Г. Ф. Збагачення хімічного складу житньо-пшеничних виробів на основі консервованих заквасок спонтанного бродіння. *Нутриціологія, дієтологія, проблеми харчування – Nutriology, dietology, problems of food*. 2013. № 1(22). С. 12–15.

9. Kolesnychenko, M. N. (2017). Razrabotka tekhnologii rzhano-pshenichnogo khleba s plodami zhimolosti [Development of technology for rye-wheat bread with honeysuckle fruits]. *Abstract of the Candidate's Thesis*. Barnaul, Russian Federation.

Колесниченко М. Н. Разработка технологии ржано-пшеничного хлеба с плодами жимолости: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01. Барнаул, 2017. 19 с.

10. Oliinyk, S., Samokhvalova, O., Lapitskaya, N., and Kucheruk, Z. (2020). Study of the influence of meals of wheat and oat germs and wild rose fruits on the fermenting microflora activity of rye-wheat dough. *Eureka: Life Sciences*, 1, 40–47.

11. Rak, V. P. (2012). Udoskonalennia tekhnologii khliba z vykorystanniam khmeliu [Improving the technology of bread using hops]. *Abstract of the Candidate's Thesis*. Kyiv, Ukraine.

Рак В. П. Удосконалення технології хліба з використанням хмелю: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01. Київ, 2012. 22 с.

12. Bogatyreva, T. H., Beliavskaia I. G., Yudina, T. A., and Adygeshova, M. M. (2016). Issledovaniye vliyanija zernovykh zakvasok na osnove proroshchennykh zeren i semian netraditsionnogo rastitelnogo syrja na kachestvo rzhano-pshenichnogo khleba [Investigation of the influence of grain starter cultures based on sprouted grains and seeds of unconventional plant raw materials on the quality of rye-wheat bread]. *Khlebopekarnoje proizvodstvo v Rossii: vyzovy i strategii rynka – Bakery production in Russia: challenges and market strategies*. Moscow. Pp. 26–29.

Богатырева Т. Г., Белявская И. Г., Юдина Т. А., Адыгешова М. М. Исследование влияния зерновых заквасок на основе пророщенных зерен и семян нетрадиционного растительного сырья на качество ржано-пшеничного хлеба. *Хлебопекарное производство в России: вызовы и стратегии рынка: сб. материалов докл. XII Междунар. конф. / Междунар. пром. Академия. Москва, 2016. С. 26–29.*

13. Pyroh, T. P., Antoniuk, M. M., Skrotska, O. I., and Kitel, N. F. (2016). Kharchova biotekhnolohiia [Food biotechnology]. Kyiv, Ukraine: Lira.

Пирог Т. П., Антонюк М. М., Скроцька О. І., Кітель Н. Ф. Харчова біотехнологія: підручник. Київ: Ліра, 2016. 408 с.

14. Retsepty khlebnykh zakvasok na liuboj vkus [Bread starter recipes for every taste]. (n.d.). Retrieved from <https://novuyden.com/recepty-hlebnyh-zakvasok-na-ljuboj-vku/#respond>.

Рецепты хлебных заквасок на любой вкус. URL: <https://novuyden.com/recepty-hlebnyh-zakvasok-na-ljuboj-vku/#respond>.

15. Drobot, V. I., Arsenieva, L. Yu., Bilyk, O. A. et al. (2006). *Laboratornyi praktykum z tekhnolohii khlibopekarskoho ta makaronnoho vyrobnytstv* [Laboratory workshop on the technology of baking and pasta production]. Kyiv, Ukraine: Tsentr navchalnoi literatury.

Дробот В. І., Арсенєва Л. Ю., Білик О. А. та ін. *Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництв*. Київ: Центр навч. літ., 2006. 341 с.

16. Pyroh, T. P., Reshetniak, L. R., Povodzynskyi, V. M., and Hrehirchak, N. M. (2007). *Mikrobiolohiia kharchovykh vyrobnytstv* [Microbiology of food production]. Vinnytsia, Ukraine: Nova Knyha.

Пирог Т. П., Решетняк Л. Р., Поводзинський В. М., Грегірчак Н. М. *Мікробіологія харчових виробництв: навч. посібник*. Вінниця: Нова Книга, 2007. 464 с.

Received: 16.06.2021. Accepted: 01.12.2021. Published: 07.01.2022.

Cite this article in APA Style as:

Syza, O., Savchenko, O., Zhurok, I., Lapytska, N., and Gorodyska, O. (2022). Doslidzhennia skladu mikroflory zakvasok spontannoho brodinnia dlia zhytno-pshenychnoho khliba [Investigation of the composition of the microflora of leavens' spontaneous fermentation for rye-wheat bread]. *BHT: Biota. Human. Technology*, 1(1), 83–96. (in Ukrainian)

Information about the authors:

Syza O. [*in Ukrainian: Сиза О.*] ¹, Sc.D in Tech. Sc., Prof., email: syza7@ukr.net

ORCID: 0000-0003-4624-9656 Scopus-Author ID: 6602398626 ResearcherID: H-1156-2016

Department of Chemistry, Technology and Pharmacy, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium», 53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Savchenko O. [*in Ukrainian: Савченко О.*] ², Ph.D. in Tech. Sc., Assoc. Prof., email: savchenkolm68@ukr.net

ORCID: 0000-0002-0385-7232 Scopus-Author ID: 7006763332 ResearcherID: H-1217-2016

Department of Chemistry, Technology and Pharmacy, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium», 53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Zhurok I. [*in Ukrainian: Журок І.*] ³, Private entrepreneur. email: zurok@ukr.net

Lapytska N. [*in Ukrainian: Лапицька Н.*] ⁴, Ph.D. in Tech. Sc., Assoc. Prof., email: nadegda.lapitskaja@gmail.com

ORCID: 0000-0003-2431-4373

Department of Chemistry, Technology and Pharmacy, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium», 53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Gorodyska O. [*in Ukrainian: Городиська О.*] ⁵, Ph.D. in Tech. Sc., Assoc. Prof., email: gorelena84@gmail.com

ORCID: 0000-0002-9563-8386 Scopus-Author ID: 57205562073 ResearcherID: H-1426-2016

Department of Chemistry, Technology and Pharmacy, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium», 53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

¹ Study design, statistical analysis, manuscript preparation

² Data collection, statistical analysis

³ Data collection, statistical analysis

⁴ Statistical analysis, manuscript preparation

⁵ Statistical analysis



CHEMICAL TECHNOLOGIES
ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ



UDC 547.79

Olena Bondar, Kateryna Vasilenko, Oleksandr Makei, Iryna Kurmakova

QUANTUM-CHEMICAL CHARACTERIZATION OF THE NEW
[1,2,4]TRIAZOLO[1,5-A]PYRIMIDINE DERIVATIVES
WITH BIOLOGICAL ACTIVITYКВАНТОВО-ХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА НОВИХ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ПОХІДНИХ
[1,2,4]ТРИАЗОЛО[1,5-А]ПІРИМІДИНУ

DOI: 10.5281/zenodo.7110962

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Bondar O., Vasilenko K., Makei O., Kurmakova I., 2022

ABSTRACT

Purpose. To determine the quantum chemical characteristics of new derivatives of [1,2,4]triazolo[1,5-a]-pyrimidine, which differ by substituents in the 3 position of the triazole cycle, and to establish the existing correlations “pharmacological activity – energy index” or “pharmacological activity – quantum chemical characteristics”.

Methodology. The work used several computer programs, in particular, to calculate the energy performance of molecules - Hyperchem 7.0 (Hypercube, Inc.), to predict pharmacological activity – PASS-online, to assess the similarity of substances to registered pharmacological drugs – OSIRIS Property Explorer, for regression analysis – Microsoft Excel.

Scientific novelty. The derivatives of [1,2,4]triazolo[1,5-a]pyrimidine studied in the work have not been previously studied, and the analysis to establish the correlation “pharmacological activity – energy index” was not performed. This is important for the further search for effective pharmacological drugs and the accumulation of theoretical data for the development of chemoinformatics.

Conclusions. In silico studies of new derivatives of [1,2,4]triazolo[1,5-a]pyrimidine, as potentially pharmacologically active substances, was performed, which allowed establishing a high correlation between the probability of such pharmacological activity as Phosphodiesterase 10A inhibitor and some quantum chemical and energy characteristics of molecules.

For [1,2,4]triazolo[1,5-a]pyrimidine derivatives, a high correlation ($R^2 > 0.90$) of the probability of phosphodiesterase 10 inhibition (Phosphodiesterase 10A inhibitor) from such characteristics of the molecule as the total energy of the molecule was established. , the energy of atomization, the energy of isolated atoms, electronic energy of a chemical particle, energy of electrostatic interaction of atomic bodies, the energy of higher occupied and energy of lower unoccupied molecular orbitals.

Key words: [1,2,4]triazolo[1,5-a]pyrimidine derivatives, quantum-chemical descriptors, pharmacological activities, correlation.

АНОТАЦІЯ

Мета роботи. Визначити квантово-хімічні характеристики нових похідних [1,2,4]триазоло[1,5-а]піримідину, які розрізняються замісниками у 3 положенні триазольного циклу, та встановити наявні кореляції «фармакологічна активність – енергетичний показник» або «фармакологічна активність – квантово-хімічна характеристика».

Методологія. При виконанні роботи використано низьку комп'ютерних програм, зокрема для обчислення енергетичних характеристик молекул – Chem3D 9.0 (Cambridge Soft), для здійснення прогнозування фармакологічної активності – PASS-online, для оцінки подібності речовин до зареєстрованих фармакологічних препаратів – OSIRIS Property Explorer.

Наукова новизна. Похідні [1,2,4]триазоло[1,5-а]піримідину вивчені в роботі, раніше не досліджувалися, і аналіз на встановлення кореляції «фармакологічна активність – енергетичний показник» не проводився. При цьому це важливо для подальшого пошуку ефективних фармакологічних препаратів та накопичення теоретичних даних для розвитку хемоінформатики.

Висновки. В роботі проведено комп'ютерне дослідження нових похідних [1,2,4]триазоло[1,5-а]піримідину, які є потенційно фармакологічно активними речовинами, що дозволило встановити високу кореляцію між інгібітором фосфодіестерази 10А та рядом квантово-хімічних та енергетичних характеристик молекул.

Для похідних [1,2,4]триазоло[1,5-а]піримідину встановлена висока кореляція ($R^2 > 0,90$) ймовірності інгібування фосфодіестерази 10 А від таких характеристик молекули як повна енергія молекули, енергія атомізації, енергія ізольованих атомів, електронна енергія хімічної частинки, енергія електростатичної взаємодії атомних остовів, енергія вищої зайнятої та енергія нижньої вакантної молекулярних орбіталей. Це дозволить здійснювати обґрунтований пошук та цілестреямований синтез ефективних інгібіторів фосфодіестерази 10А серед зазначених похідних.

Ключові слова: похідні [1,2,4]триазоло[1,5-а]піримідину, квантово-хімічні дескриптори, фармакологічна активність, кореляція.

Постановка проблеми

Актуальність роботи. Похідні триазолопіримідину є перспективним класом сполук для виявлення нових біологічно активних речовин, оскільки серед речовин з конденсованим триазолопіримідиновим циклом відомі сполуки з антибактеріальною [2], противірусною [9], протипухлинною [11, 12] активністю. Авторами синтезовані нові похідні [1,2,4]триазоло[1,5-а]-піримідину, які розрізняються замісниками у 3 положенні триазольного циклу. Для здійснення подальшого обґрунтованого пошуку та цілестреямованого синтезу ефективних препаратів даного ряду, необхідно виявити кореляційні залежності «активність – енергетичний показник» або «активність квантово-хімічна характеристика», що зумовило актуальність даної роботи.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідження взаємозв'язку між структурою речовини та її біологічною, зокрема фармакологічною, активністю є одним з сучасних методологічних підходів створення лікарських препаратів, що використовується вченими всього світу [5]. Кількісне співвідношення між значеннями молекулярних параметрів структури лікарських засобів та показниками їх фармакологічної

активності дає можливість визначити статистична обробка результатів з використанням комп'ютерних розрахунків. Отримані співвідношення, зокрема математичне рівняння регресії та коефіцієнт кореляції, застосовуються для скринінгу нових речовин з потенційною фармакологічною активністю. У роботі [13] охарактеризовано загальні підходи до дослідження кількісної залежності між просторовою будовою молекули лікарської речовини та її фармакологічною активністю. Авторами [7] вивчалась кореляція між електронними параметрами та фармакологічною активністю сульфаніламідних препаратів. Для нових біологічно активних сполук ряду 5-циклопропіл-1,3-оксазолу знайдена кореляція між ймовірністю антагоніста нікотинного альфа-6-бета-3-бета-4-альфа-5-рецептора та електронною енергією хімічних частинок речовини та енергією електростатичної взаємодії атомних остовів [1]. Для похідних 5-гідроксиметил-2-іміно-8-метил-2Н-пірано[2,3-с]піридин-3-(N-арил)карбоксамідів методом дискримінантних функцій одержано нерівність, виконання якої дозволяє з високою точністю прогнозувати активність нових похідних 2Н-пірано[2,3-с]піридинів [14].

Метою нашої роботи було визначити квантово-хімічні характеристики нових похідних [1,2,4]триазоло[1,5-а]піримідину, які розрізняються замісниками у 3 положенні триазольного циклу, та встановити наявні кореляції «фармакологічна активність – енергетичний показник» або «фармакологічна активність – квантово-хімічна характеристика».

Методологія. Дослідження проводилося з використанням ряду комп'ютерних програм, зокрема для побудови просторових моделей молекул - Chem3D 9.0 (Cambrige Soft), обчислення енергетичних характеристик молекул – HyperChem 7.0 (Hypercube, Inc.), для здійснення прогнозування фармакологічної активності – PASS-online, для оцінки подібності речовин до зареєстрованих фармакологічних препаратів – OSIRIS Property Explorer. Відповідність сполук правилу Ліпінського проаналізовано з використанням програми DruLiTo.

Розрахунки енергетичних характеристик з використанням комп'ютерної програми HyperChem 7.0 (Hypercube, Inc.) здійснено за методом РМЗ. Цей метод використовується для органічних молекул, до складу яких входять елементи головних підгруп 1 і 2 груп періодичної системи. Для молекул, що містять Нітроген та Оксиген, він дозволяє отримувати більш коректні результати у порівнянні з іншими методами. Параметри для методу РМЗ отримані зі значного числа експериментів і результатів розрахунків. При розрахунках в якості алгоритму оптимізації молекулярної структури використовували метод сполучених градієнтів Флетчера-Рівса першого порядку (Fletcher-Reeves), який відноситься до двох крокових градієнтних методів [4, 10].

Розраховували наступні квантово-хімічні характеристики молекул:

E_m – повна енергія (складається з кінетичної енергії електронів, потенційної енергії взаємодії

електронів та ядер, потенційної енергії взаємодії електронів та потенційної енергії взаємодії атомних ядер) в наближенні Борна-Оппенгеймера, яка є однією з характеристик стабільності частинки;

E_m – сумарна енергія двохатомних взаємодій – енергія атомізації;

E_A – сума енергій ізольованих атомів;

E_{el} – електронна енергія хімічних частинок речовини;

E_{ZZ} – енергія електростатичної взаємодії атомних остовів хімічної частинки;

ΔH_f – ентальпія утворення;

D – дипольний момент;

E_{LUMO} – енергія нижчої вакантної молекулярної орбіталі;

E_{HOMO} – енергія вищої зайнятої молекулярної орбіталі.

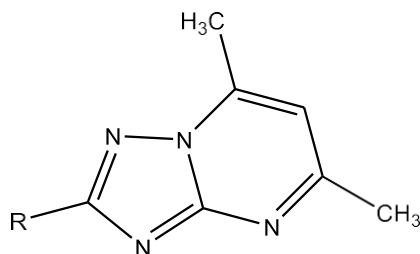
Оцінку нуклеофільних та електрофільних властивостей молекул похідних [1,2,4]триазоло[1,5-а]піримідину здійснювали за енергетичними характеристиками: енергія нижньої вакантної молекулярної орбіталі (E_{LUMO}) та енергія вищої зайнятої молекулярної орбіталі (E_{HOMO}) [3].

В основі алгоритму програми OSIRIS Property Explorer [8] для оцінки подібності речовин до зареєстрованих фармакологічних препаратів покладено фрагментарний підхід в якому визначається частота фрагментів молекулярного зустрічаємості.

Наукова новизна полягає в тому, що похідні [1,2,4]триазоло[1,5-а]піримідину вивчені в роботі, раніше не досліджувалися, і аналіз на встановлення кореляції «фармакологічна активність – енергетичний показник» не проводився. При цьому це важливо для подальшого пошуку ефективних фармакологічних препаратів та накопичення теоретичних даних для розвитку хемоінформатики.

Результати дослідження

Досліджені похідні [1,2,4]триазоло[1,5-*a*]піримідину [11] відповідають загальній формулі (фрагмент R наведено у табл. 1):



Таблиця 1

Умовне позначення похідних [1,2,4]триазоло[1,5-*a*]піримідину з відповідним фрагментом R

Умовне позначення	1	2	3	4	5
R	-CH ₃	-C ₂ H ₅	-C ₃ H ₇	-C ₆ H ₅	-CH ₂ C ₆ H ₅
M, г/моль	162	176	190	224	238

Сполуки 1–4 є біодоступними і відповідають правилам Ліпінського [6] та Вебера, а їх просторові моделі представлені на рис. 1.

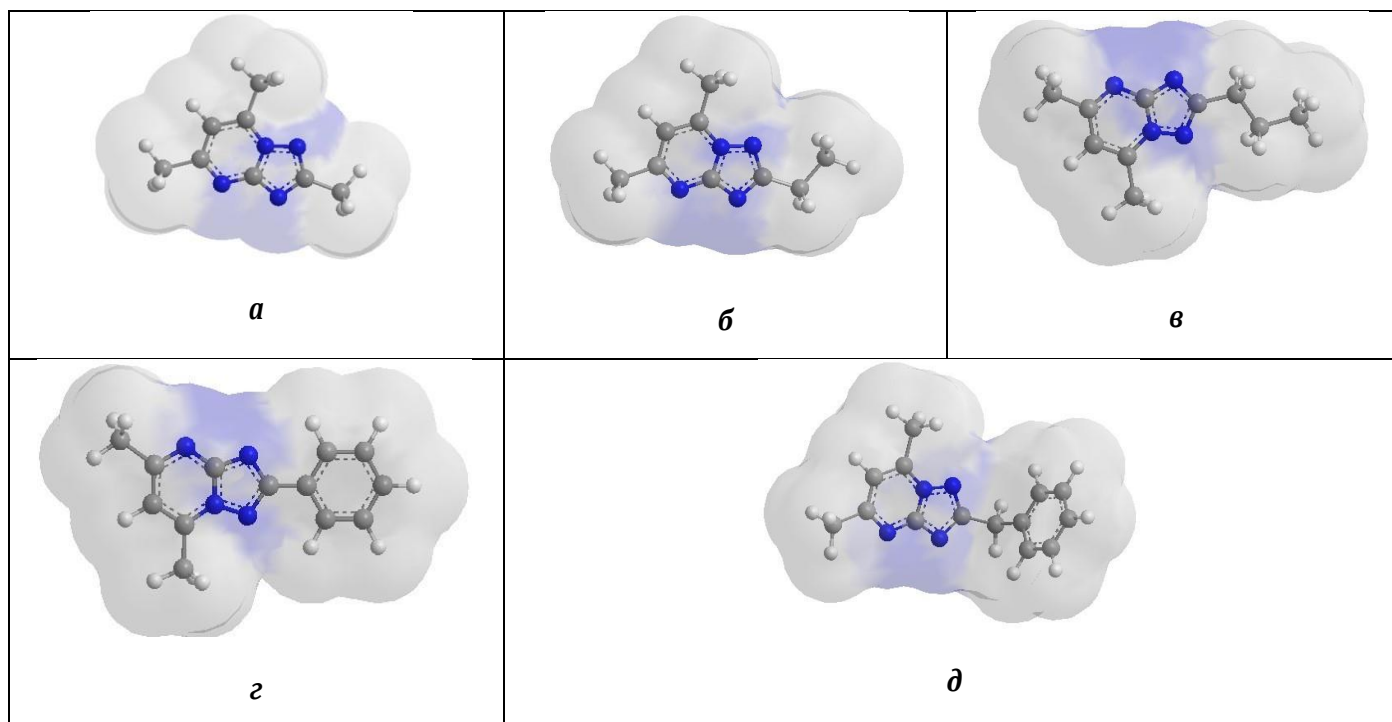


Рис. 1. Просторові моделі похідні [1,2,4]триазоло[1,5-*a*]піримідину: а) сполука 1; б) сполука 2; в) сполука 3; г) сполука 4; д) сполука 5

Розраховані нами дескриптори похідних [1,2,4]триазоло[1,5-а]піримідину, які використані для регресійного аналізу, наведені у табл. 2. Значення ймовірностей фармакологічних активностей визначені за програмою PASS-online, що дозволяє передбачати за структурною формулою сполуки більш ніж 700 ефектів і механізмів дії з вірогідністю біля 85 % і базується на аналізі залежності «структура – активність», представлені в [11]. Кореляційний аналіз в координатах «ймовірність фармакологічної активності – енергетичний показник або квантово-хімічна характеристика» для активностей Са-активованого активатора калієвих каналів малої провідності, лікування нейродегенеративних захворювань, інгібітора фосфодіестерази циклічного АМФ, лікування хронічної обструктивної хвороби легень, інгібітора фосфодіестерази 10А, інгібітора дигідрооротази показав, що кореляція спостерігається для ймовірності інгібування фосфодіестерази 10 (рис. 2).

Зокрема визначені високі коефіцієнти кореляції (0,93-0,94) інгібітора фосфодіестерази 10А від таких характеристик молекули як повна енергія молекули, енергія атомізації, енергія ізолюваних атомів, електронна енергія

хімічної частинки та енергія електростатичної взаємодії атомних остовів. Звертає на увагу, що активність похідних [1,2,4]триазоло[1,5-а]піримідину зростає зі зниженням (за абсолютним значенням) повної енергії (рис. 2-а), енергії атомізації (рис. 2, б), суми енергій ізолюваних атомів (рис. 2, в) та електронної енергії хімічних частинок речовини (рис. 2, г), які мають негативне значення та зі зменшенням енергії електростатичної взаємодії атомних остовів хімічної частинки, яка має позитивне значення (рис. 2, д). Також для цієї фармакологічної активності спостерігається висока ($R^2 = 0,89$) кореляція зі значеннями енергій вищої зайнятої та нижньої вакантної молекулярних орбіталей. Кореляційні рівняння мають вигляд:

$$P_a = -33,725E_{\text{НОМО}} - 262,59$$

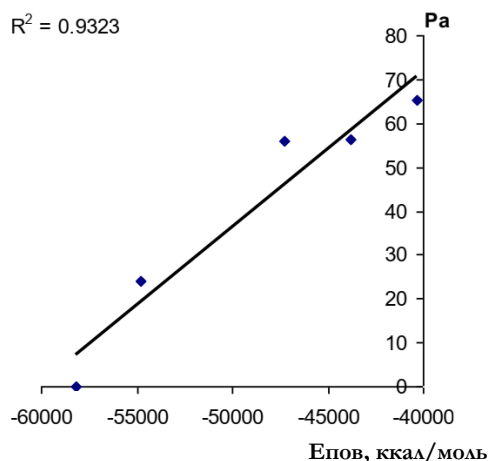
$$P_a = -82,617E_{\text{ЛУМО}} - 23,68$$

За результатами прогнозування з використанням ресурсу [8], обчислено показник лікарської подібності (табл. 3). Його значення вказує, що молекули досліджених похідних містять послідовності атомів, які часто зустрічаються в молекулах фармацевтичних препаратів, і є потенційними ліками.

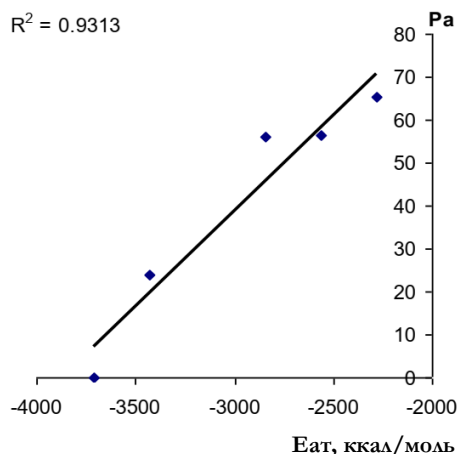
Таблиця 2

Значення квантово-хімічних параметрів молекул похідних [1,2,4]триазоло[1,5-а]піримідину

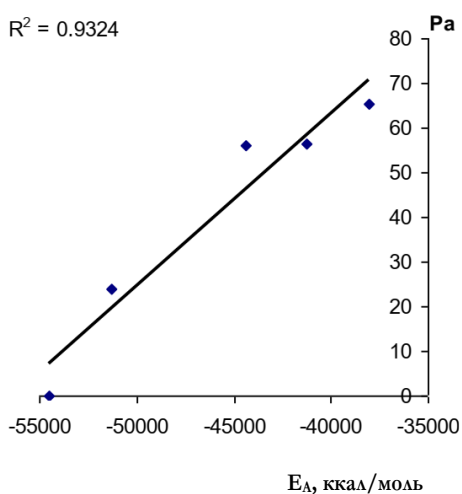
Дескриптор	1	2	3	4	5
$E_{\text{нов}}$, ккал/моль	-40354,55	-43801,68	-47250,52	-54764,12	-58216,70
$E_{\text{ат}}$, ккал/моль	-2280,24	-2559,34	-2840,15	-3426,71	-3711,26
E_A , ккал/моль	-38074,31	-41242,34	-44410,37	-51337,41	-54505,43
$E_{\text{ел}}$, ккал/моль	-230826,99	-263495,82	-295324,15	-375337,74	-411853,99
E_{ZZ} , ккал/моль	190472,44	219694,15	248073,63	320573,62	353637,30
ΔH_f , ккал/моль	59,90	55,89	50,18	86,28	76,82
D	4,33	4,32	4,37	2,23	2,22
$E_{\text{НОМО}}$, еВ	-9,55	-9,53	-9,55	-8,15	-8,13
$E_{\text{ЛУМО}}$, еВ	-1,00	-1,02	-1,00	-0,44	-0,42



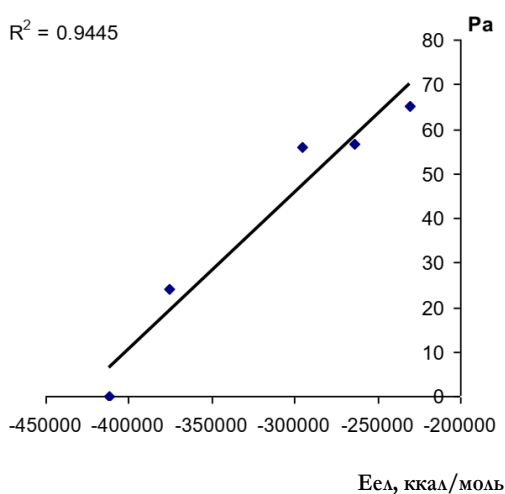
a



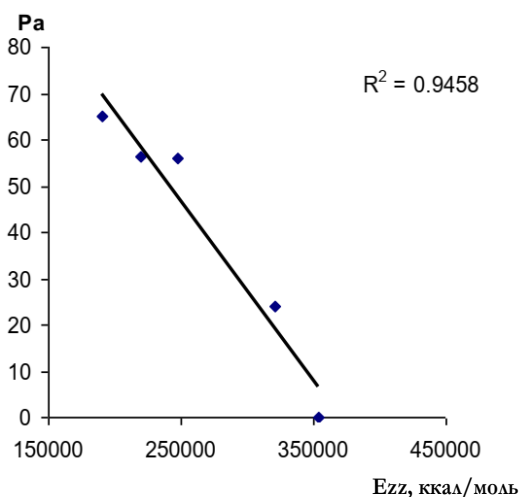
б



в



г



д

Рис. 2. Графіки залежності ймовірності прояву похідними [1,2,4]триазоло[1,5-*a*]піримідину фармакологічної активності інгібітора фосфодіестерази 10А (P_a) від квантово-хімічних дескрипторів: а) повна енергія; б) енергії атомізації; в) сума енергій ізолюваних атомів; г) електронна енергія хімічних частинок речовини; д) енергія електростатичної взаємодії атомних остовів хімічної частинки

Таблиця 3

Значення показника подібності похідних [1,2,4]триазоло[1,5-а]піримідину до існуючих фармакологічних препаратів

Показник	1	2	3	4	5
Лікарська подібність	3,56	3,87	1,56	4,04	4,07

Висновки

Комп'ютерне моделювання, квантово-хімічні розрахунки та кореляційний аналіз проведені для нових похідних [1,2,4]триазоло[1,5-а]піримідину дозволили встановити високу кореляцію між ймовірністю такої фармакологічної активності як

інгібітора фосфодіестерази 10А та рядом квантово-хімічних та енергетичних характеристик молекул, що дозволить здійснювати цілеспрямований пошук нових фармацевтичних препаратів у зазначеному ряді.

References

1. Bondar, O. S., Makei, O. P., and Yasna, N. S. (2021). Kvantovo-khimichna kharakterystyka novykh biolohichno aktyvnykh spoluk riadu 5-tsyklopropil-1,3-oksazolu [Quantum-chemical Characteristics of new biologically active in a series of 5-cyclopropyl-1,3-oxazole]. *World science: problems, prospects and innovations. Abstracts of the 5th International scientific and practical conference (27–29 January 2021, Toronto, Canada)*. Toronto, Canada: Perfect Publishing. Pp. 304–309.

Бондар О.С., Макей О.П., Ясна Н.С. Квантово-хімічна характеристика нових біологічно активних сполук ряду 5-циклопропіл-1,3-оксазолу *World science: problems, prospects and innovations. Abstracts of the 5th International scientific and practical conference (27-29 January 2021)*. Toronto: Perfect Publishing, 2021. С. 304–309.

2. Chitra, S., Devanathan, D, and Pandiarajan, K. (2010). Synthesis and in vitro microbiological evaluation of novel 4-aryl-5-isopropoxycarbonyl-6-methyl-3,4-dihydropyrimidinones. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 45(1), 367–371. DOI: 10.1016/j.ejmech.2009.09.018.

3. Gece, G. (2007) The use of semiempirical calculations in corrosion inhibitor studies. *Korozyon*, 15(1–2), 12–21.

4. Kobzev, G. I. (2004) *Primenenie nejempiricheskikh i polujempiricheskikh metodov v kvantovo-himicheskikh raschetah* [Application of ab initio and semiempirical methods in quantum chemical calculations]. Orenburg, Russian Federation: GOU OGU.

Кобзев Г. И. *Применение неэмпирических и полужемпирических методов в квантово-химических расчетах*. Учебное пособие. Оренбург : ГОУ ОГУ, 2004. 150 с.

5. Kryshchyshyn, A. P., Kaminskyi, D. V., and Lesyk, R. B. (2015). Stvorennia innovatsiinykh likarskykh zasobiv (pidkhody ta metodolohiia Drugdesign) – odne z kliuchovykh pytan suchasnoi farmatsevychnoi osvity [Development of innovative drugs (approaches and methodology of Drugdesign) is one of the key issues of modern pharmaceutical education] *Zhurnal orbanichnoi ta farmatsevychnoi khimii – Journal of Organic and Pharmaceutical Chemistry*, 13, 1 (49), 49–58.

Крищишин А. П., Камінський Д. В., Лесик Р. Б. Створення інноваційних лікарських засобів (підходи та методологія Drugdesign) – одне з ключових питань сучасної фармацевтичної освіти. *Журнал органічної та фармацевтичної хімії*. 2015. Т. 13. Вип. 1 (49). С. 49–58.

6. Lipinski, C. A., Lombardo, F., Dominy, B. W., фтв Feeney, P. J. (1997). Experimental and computational approaches to estimate solubility and permeability in drug discovery and development settings. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 23 (1–3), 3–26.

7. Magomedova, Je. F., Pinjaskin, V. V., and Shabanov, O. M. (2004) Korreliatsija mezhdu elektronnymi parametrami i farmakologicheskoy aktivnostju sulfanilamidnyh preparatov [Correlation between electronic parameters and pharmacological activity of sulfa drugs]. *Vestnik DGU. Estestvennye nauki – Bulletin of the DGU. Natural Sciences*, 1, 27–31.

Магомедова Э.Ф., Пиняскин В.В., Шабанов О.М. Корреляция между електронными параметрами и фармакологической активностью сульфаниламидных препаратов. *Вестник ДГУ Естественные науки*. 2004. Вып. 1. С. 27–31.

8. Organic Chemistry Portal (n.d.). Retrieved from <http://www.organic-chemistry.org/prog/peo/> (2021, June 1).

9. Qizhong, X., Xuanfu, L., Junhu, L., Liang, B., and Xiaoping, B. (2012). Synthesis and bioactivities of novel 1,2,4-triazolo[1,5-a]pyrimidine derivatives containing 1,2,4-triazole-5-thione Schiff base unit. *Chinese Journal of Organic Chemistry*, 32, 1255–1260.

10. Turovska, O. M., and Turovskyi, M. A. (2007). *Praktykum z kvantovoi khimii [Workshop on quantum chemistry]*. Donetsk, Ukraine: DonNU.

Туровська О. М. Туровський М. А. Практикум з квантової хімії. Навчально-методичний посібник Донецьк : ДонНУ, 2007. 131 с.

11. Vasylenko, K. Yu, Makei, O. P., Fedorchenko, O. S., and Yanchenko, V. O. (2020). Poxidni [1,2,4]try`azolo [1,5-A] piryimidynu ta yix jmovirna biologichna aktyvnist [Derivatives of [1,2,4] triazolo [1,5-A] pyrimidine and their probable biological activity]. *Fundamentalni ta prykladni doslidzhennya v suchasnij khimiyi ta farmaciyi: zbirnyk statej VII Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferenciyi molodyx vchenyx (21 kvitnya 2020, m Nizhyn) – Fundamental And Applied Research In Modern Chemistry And Pharmacy: collection of articles of the 7th International Correspondence Cientific-Practical Conference of Young Scientists (April 21, 2020, Nizhyn)*, 20–22.

Василенко К. Ю, Макей О. П., Федорченко О. С., Янченко В. О. Похідні [1,2,4]триазоло [1,5-А] піримідину та їх ймовірна біологічна активність. Фундаментальні та прикладні дослідження в сучасній хімії та фармації: Збірник статей VII Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених (Ніжин 21 квітня 2020). С. 20–22.

12. Zhang, N., Ayril-Kaloustian, S., Nguyen, T., Afragola, J., Hernandez, R., Lucas, J., Gibbons, J., and Beyer, C. (2007) Synthesis and SAR of [1,2,4]triazolo[1,5-a]pyrimidines, a class of anticancer agents with a unique mechanism of tubulin inhibition. *Journal of Medicinal Chemistry*, 50, 319–327.

13. Zahorodnyi, M. I. (2020). Doslidzhennia kilkisnoi zalezhnosti mizh prostorovoiu strukturoiu molekuly likarskoho zasobu ta farmakolohichnoiu aktyvnisti [Pre-treatment of large deposits with a spacious structure of the molecule of the drug and pharmacological activity]. *Farmatsvtychnyi zhurnal – Pharmaceutical Journal*, 6, 92–96.

Загородний М. І. Дослідження кількісної залежності між просторовою структурою молекули лікарського засобу та фармакологічною активністю. *Фармацевтичний журнал*. 2020. №6. С 92–96.

14. Zhuravel, I. O., Maloshtan, L. M., Markova, V. M., Kovalenko, S. M., and Ivanov, V. V. (2004). Tsytotoksychna diia 5-hidroksymetyl-2-imino-8-metyl-2n-pirano[23-s]pirydydyn-3(n-aryl)karboksamidiv [Cytotoxic action of 5-hydroxymethyl-2-imino-8-methyl-2n-pyrano [23-c] pyridin-3 (n-aryl) carboxamide] *Medychna khimiiia – Medical chemistry*, 6 (4), 59–61.

Журавель І. О., Малоштан Л. М., Маркова В. М., Коваленко С. М., Іванов В. В. Цитотоксична дія 5-гідроксиметил-2-іміно-8-метил-2н-пірано[23-с]піридин-3(п-арил)карбоксамідів. *Медицина хімія*. 2004. 6(4). С. 59–61.

Received: 12.06.2021. Accepted: 01.12.2021. Published: 07.01.2022.

Cite this article in APA Style as:

Bondar, O., Vasilenko, K., Makei, O., and Kurmakova, I. (2022). Kvantovo-khimichna kharakterystyka novykh biolohichno aktyvnykh pokhidnykh [1,2,4]tryazolo[1,5-a]piramidynu [Quantum-chemical characterization of the new [1,2,4]triazolo[1,5-a]pyrimidine derivatives with biological activity]. *BHT: Biota. Human. Technology*, 1(1), 98–106. (in Ukrainian)

Information about the authors:

Bondar O. [*in Ukrainian*: **Бондар О.**] ¹, Ph.D. in Tech. Sc., Assoc. Prof., email: bondar4elena@gmail.com
ORCID: 0000-0002-9612-0546 *Scopus-Author ID*: 54583088800 *ResearcherID*: AAH-6361-2019
Department of Physics and Astronomy, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»,
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Vasilenko K. [*in Ukrainian*: **Василенко К.**] ², Master's Degree Candidate, email: homka090898@gmail.com
Department of Chemistry, Technology and Pharmacy, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»,
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Makei O. [*in Ukrainian*: **Макей О.**] ³, teacher, email: alexmckey2017@gmail.com
Department of Chemistry, Technology and Pharmacy, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»,
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Kurmakova I. [*in Ukrainian*: **Курмакова І.**] ⁴, Sc.D in Tech. Sc., Prof., email: i.kurmakova@gmail.com
ORCID: 0000-0002-8916-6546 *Scopus-Author ID*: 6603630402 *ResearcherID*: H-2041-2019
Department of Chemistry, Technology and Pharmacy, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»,
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

¹ Study design, statistical analysis, manuscript preparation

² Data collection, statistical analysis

³ Data collection

⁴ Statistical analysis, manuscript preparation

Olena Kupchyk, Anastasiya Savonova



ASSESSMENT OF THE CONTENT OF DISSOLUBLE FORMS OF Fe, Zn, Cu, Cd AND Pb IN SOIL

ОЦІНКА ВМІСТУ РОХОМИХ ФОРМ Fe, Zn, Cu, Cd ТА Pb В ҐРУНТІ

DOI: 10.5281/zenodo.7110967

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Kupchyk O., Savonova A., 2022

ABSTRACT

Purpose. To control the content of heavy metals to prevent toxic effects on the environment.

Methodology. Soil sampling and its study were conducted in May 2019. Aqueous extract was used for the study, which was analyzed immediately after its receipt. The method of inversion voltammetry and photocolometry was used to determine the concentration of heavy metals in soil extracts. The content of zinc (II), copper (II), cadmium (II) and lead (II) ions was determined by the method of additives, the content of total iron by the method of calibration graph.

Scientific novelty. A study of the content of heavy metal ions in the soil of some parts of Chernihiv region, to determine the anthropogenic load (TPP, vehicles) on the soil cover.

Conclusions. In terms of the scale of impact on the environment, thermal energy and motor transport occupy the first places. Emissions from thermal power plant (TPP) and cars are mostly deposited on the ground. Soil compounds bind heavy metal ions for a long time, preventing their migration. The buffer capacity of the soil relative to metals depends on many factors: soil composition, acidity, complexation processes, oxidation-reduction, sorption-desorption, etc. The study of the content of heavy metals in soils is necessary to control the state of the environment, protect it from pollution.

Due to the man-caused load, the soil in the surveyed areas has polyelement contamination. Studies have shown that the content of heavy metals in soil samples does not exceed the level of MPC of mobile forms. As a result of the calculation of the concentration coefficient, it was found that zinc and cadmium are leached from the soil, and copper, lead and iron (in most cases), on the contrary, accumulate. According to the total pollution index, the studied soils belong to the category of hazardous and extremely dangerous, which is explained by the proximity to the sources of pollution - Chernihiv TPP and highway.

Key words: soil, heavy metals, inversion voltammetry, photocolometry, pollution.

АНОТАЦІЯ

Мета роботи. Контроль вмісту важких металів для запобігання токсичного впливу на навколишнє середовище.

Методологія. Відбір проб ґрунту та його дослідження проводились у травні 2019 р. Для дослідження використовувалася водна витяжка, яку аналізували безпосередньо після її отримання. Для визначення концентрації важких металів в витяжках ґрунту використовували метод інверсійної вольтамперометрії та фотоколориметрію. Вміст іонів цинку (II), купруму (II), кадмію (II) та свинцю (II) встановлено методом добавок, вміст загального заліза – методом калібрувального графіку.

Наукова новизна. Проведено дослідження вмісту іонів важких металів в ґрунті окремих ділянок Чернігівської області, щодо визначення антропогенного навантаження (ТЕЦ, автотранспорт) на ґрунтовий покрив.

Висновки. За масштабами впливу на навколишнє середовище тепла енергетика та автотранспорт посідають перші місця. Викиди ТЕЦ та автомобілів в основному осідають на ґрунт.

Сполуки ґрунту на тривалий термін зв'язують іони важких металів, перешкоджають їх міграції. Буферна ємність ґрунту щодо металів залежить від багатьох факторів: складу ґрунту, кислотності, процесів комплексоутворення, окиснення-відновлення, сорбції-десорбції та ін. Вивчення вмісту важких металів у ґрунтах необхідне для контролю за станом навколишнього середовища, охорони його від забруднення.

Внаслідок техногенного навантаження ґрунт на обстежених ділянках має поліелементне забруднення. Проведені дослідження виявили, що вміст важких металів в зразках ґрунту не перевищує рівня ГДК рухомих форм. Внаслідок розрахунку коефіцієнта концентрації виявлено, що цинк та кадмій вилугуються з ґрунту, а купрум, свинець та залізо (в більшості випадків) навпаки, накопичуються. За сумарним показником забруднення досліджувані ґрунти відносяться до категорії небезпечних та надзвичайно небезпечних, що пояснюється наближенням до джерел забруднення – Чернігівська ТЕЦ та автомагістраль.

Ключові слова: ґрунт, важкі метали, інверсійна вольтамперометрія, фотоколориметрія, забруднення.

Постановка проблеми

Актуальність роботи. Ґрунт є особливою формою біосфери: його шар не тільки накопичує всі забруднюючі речовини, але і виступає як природний переносник хімічних елементів в атмосферу, гідросферу, рослини, продукти харчування й далі в тварин і людину.

Ґрунт – відкрита підсистема в геохімічному ландшафті, потоки речовини в якій пов'язані з приземною атмосферою, рослинністю, з поверхневими та ґрунтовими водами. Ґрунти регулюють процеси міграції речовин в ландшафтах, проявляючи буферність щодо забруднюючих речовин; кислі ґрунти можуть нейтралізувати лужні сполуки, карбонатні – кислі [1]. Значна частина елементів, що надходять на поверхню ґрунтів з техногенними потоками, затримується у верхньому горизонті ґрунту. Склад і кількість утримуваних елементів залежить від вмісту та складу гумусу, кислотності основних і окисно-відновних умов, сорбційної здатності, інтенсивності біологічного поглинання. Інші елементи проникають всередину ґрунтової товщі за рахунок діяльності ґрунтової фауни.

Одним з найсильніших за дією і найбільш поширеним хімічним забрудненням навколишнього середовища є забруднення важкими металами. До найбільш токсичних важких металів відносять ті, вміст яких в живих організмах дуже малий і досить невеликого збільшення

їх концентрації, щоб зробити її небезпечною для процесів метаболізму. З цієї точки зору особливо токсичними є Hg, Cd, Pb, As, Co, Mo [2]. Головним природним джерелом важких металів є породи (магматичні й осадові) і породоутворюючі мінерали. Основними джерелами надходження та їх подальшого розсіювання й міграції важких металів є: ТЕЦ, котельні, автотранспорт, промислові підприємства, сільськогосподарські добрива та ін. [3]. Метали порівняно легко накопичуються в ґрунтах, але важко і повільно з нього видаляються. Міцність фіксації різних металів в органічних сполуках, що містяться в ґрунтах неоднакова: найбільш міцно закріплюється ртуть, міцно зв'язується свинець, менш міцно – мідь, ще менш – цинк, кадмій та залізо. Забруднення ґрунтів металами призводить до зміни видового складу ґрунтових мікроорганізмів.

Мета. Тому сьогодні важливо контролювати вміст металів, для запобігання токсичного впливу на навколишнє середовище.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Внаслідок посилення антропогенного впливу на біосферу відбувається інтенсивна деградація як природних, так і штучно створених урбо- та агроєкосистем, які, будучи природно-антропогенними екологічними системами, зазнають значного тиску внаслідок того, що знаходяться в умовах несприятливого середовища, характерного для урбанізованих

територій. Вагомим чинником у цьому процесі виступає надмірне надходження в біосферу хімічних елементів техногенного походження, які не утилізуються і не включаються в біогеохімічні цикли, а накопичуються в екосистемах, спричиняючи їх забруднення. До таких елементів, насамперед, відносять важкі метали, які є найбільш небезпечними забруднювачами довкілля, а також високотоксичними речовинами канцерогенної та мутагенної дії. Один і той же елемент утворює різні за розчинністю та рухливості сполуки від яких залежать доступність їх рослинам, здатність до міграції, реакція середовища та ін. Хімічні елементи в ґрунтах знаходяться у формі різних сполук, що відрізняються за будовою, складом, ступенем стійкості до вивітрювання, розчинністю та ін. Виділяють наступні форми хімічних елементів в ґрунтах: первинні і вторинні мінерали, органічні речовини, органо-мінеральні сполуки, обмінні (поглинені) форми, ґрунтові розчини, газоподібні форми в складі ґрунтового повітря.

Цинк – один з головних біофільних мікроелементів, він входить до складу декількох ферментів і тому бере участь в білковому, вуглеводному, липідному, фосфорному обміні речовин. Цинк підвищує жаро- і морозостійкість рослин, бере участь в утворенні попередників хлорофілу. У разі його відсутності або нестачі порушується біосинтез вітамінів та ростових речовин [4].

Іони Плюмбуму, що надходять в ґрунт, швидко втрачають рухливість внаслідок хімічних реакцій, що супроводжуються утворенням важкорозчинних хроматів, молібдатів, карбонатів, сульфатів, фосфатів, гідроксидів, а також за рахунок поглинання мінеральними та органічними колоїдами. Вони міцніше утримуються гумусом ґрунту, ніж інші катіони. Істотно пригнічує ріст рослин і викликає хлороз дуже високий вміст свинцю в ґрунтах. За відомостями деяких авторів [5], вміст Плюмбуму понад 10 мг/кг сухої речовини є токсичним для більшості культурних рослин. Цей елемент є високо токсичним: інгібує ферментативні реакції, вступаючи в хімічну

взаємодію з білками і осаджуючи їх. Підвищені концентрації становлять загрозу для здоров'я людини. Дія свинцю проявляється в захворюваннях нервової системи, печінки, нирок та інших органів. [6]

Однією з важливих для генезису ґрунтів особливостей Феруму є його здатність змінювати валентність. Присутність Феруму в ґрунтах у вигляді Fe^{3+} і Fe^{2+} обумовлюється ґрунтовими режимами. За аеробних умов воно тривалентне, а за анаеробних – двовалентне. Fe_2O_3 – оксид, практично нерозчинний в ґрунтових водах, а FeO – найбільш розчинний і рухомий. При доступі кисню в результаті окислення FeO переходить в $Fe(HCO_3)_2$ і осідає як в ґрунтах, так в морських і озерних мілководдях.

Крім того, Ферум може переноситися в істинних колоїдних розчинах, а також в псевдорозчинах в ґрунтові води, а потім у річки і моря. Однак цей виніс з ґрунтів, цілком ймовірно, компенсується біологічним накопиченням і атмосферно-водним привносом. В сучасну фазу ґрунтоутворення міграція Феруму порівняно обмежена і пов'язана головним чином з різними типами надмірного зволоження ґрунтів, що визначають постійний або сезонний анаеробіозис [7]. У хімії ґрунтів визначаються не тільки валове, а й розчинне у солянокислих та сульфатнокислих витяжках різних концентрацій Феруму, а також водорозчинні форми його сполук. При потраплянні в ґрунт утворює комплекси з хімічними елементами, які наявні в ґрунті [8].

Одним із джерел забруднення ґрунтів кадмієм є добриво. Основним механізмом потрапляння до ґрунту є процес адсорбції на оксидах заліза та марганцю. Здебільшого зустрічається у вигляді Cd^{2+} , а також халатів та комплексів $[CdCl]^+$, $[CdOH]^+$, $[CdHCO_3]^+$, $[CdCl_3]^-$, $[Cd(OH)_3]^-$. Осаджується у вигляді карбонатів гідроксидів та фосфатів [9].

Мідь відіграє специфічну роль в житті рослин. Мідь тісно пов'язана з процесами фотосинтезу, вона стабілізує хлорофіл, оберігаючи його від руйнування. Крім того позитивно впливає на синтез білків у рослинах, які забезпечують

здатність тканин рослини утримувати воду. Цей елемент здебільшого знаходиться в верхніх шарах ґрунту. Кількість яка необхідна рослинам становить 5-20 мг/кг. Надходить в ґрунт як із атмосфери (пилу, ґрунтово-піздемних вод) також від впливу людини [10].

Вміст в різних типах ґрунту може суттєво відрізнятися. Також є закономірність: чим більше вміст іонів міді тим вище рН. Більша концентрація міді в чорноземах, менше в дерев'яно-підзолистих ґрунтах. Також важливим показником є не тільки вміст, а ще форма в якій знаходиться елемент. Здебільшого вона входить в склад органічної частини ґрунту також утворює водорозчинні сполуки та входить до складу мінералів [11]. Відносно малорухома, здебільшого утворює важкорозчинні сульфідні карбонати, гідроксиди. Приймає участь в процесах сорбції. Деякі сполуки проявляють основні властивості (Cu^{1+}) а інші схожі на амфотерні (Cu^{2+}). Водорозчинні сполуки становлять невелику кількість від всього загального вмісту (до 1 %). Дуже легко вимивається з ґрунту особливо із легких [12].

Методологія. Відбір проб ґрунту проводили у травні 2019 р. відповідно до ДСТУ ISO 10381- 2:2004 «Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина Настанови з методів відбирання проб» [13]. Точкові проби відбирали методом конверта, по діагоналі, щоб кожна проба була типовою для генетичного горизонту. Об'єднану пробу готували з точкових проб. Так відбирали проби ґрунту (№1) у с. Жавинка (дачний масив) – поблизу знаходиться Чернігівська ТЕЦ та № 2 м. Седнів (фон) – має мінімальний антропогенний вплив, невелика частка автотранспорту, відсутність поблизу промисловості. Інші проби відбирали у місті Чернігів, біля Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка (НУЧК): №3 – внутрішній двір, №4 – біля автодороги (0-10 м) та № 5 – біля автодороги (10- 20 м). Для дослідження використовувалася водна витяжка, приготована згідно ДСТУ 7534:2014 «ґрунти тепличні. Метод приготування водної витяжки» [14] з наважки ґрунту масою близько 0,5 г. Водні витяжки готують з ґрунтів при відношенні ґрунту до води 1:5

та збовтуванні протягом 3 хв або ж при настоюванні суспензії протягом 5 хв. Водну витяжку аналізували безпосередньо після її отримання.

Наукова новизна. Проведено дослідження вмісту іонів важких металів в ґрунті окремих ділянок Чернігівської області, щодо визначення рівня забруднення ґрунтового покриву.

Результати дослідження

Вміст важких металів визначали на аналізаторі вольтамперометричному ТА-Lab (НПП "Томьаналит", РФ) в трьохелектродній електрохімічній комірці. В якості індикаторного електроду використовували амальгамовий електрод. В якості електроду порівняння і допоміжного електроду використовували хлорсрібний електрод, заповнений розчином 1М хлориду калію.

Аналіз проводили за стандартною методикою для води на фоновому електроліті, що містить 200 мкл концентрованої мурашиної кислоти (х.ч.), за наступних умов: електрохімічне очищення індикаторного електроду при потенціалі +0,050 В впродовж 15 с, накопичення металів на поверхні індикаторного електроду при потенціалі - 1,500 В впродовж 30 с, заспокоєння розчину при потенціалі - 1,300 В впродовж 5 с, анодне окислення металу при лінійній розгортці потенціалу із швидкістю 80 мВ/с. Відносна похибка такого аналізу не перевищує 7 %.

Визначення металів проводили методом добавок з використанням стандартних розчинів, що містять по 1 мг/л або 10 мг/л кожного з визначуваних металів, які були приготовані на основі державних стандартних зразків і бідистиляту. Розрахунок концентрації металів виконували за допомогою спеціалізованої комп'ютерної програми ТА - Lab (версія 3.6.10).

Результати обробляли методом математичної статистики за відомою методикою; розраховували середнє значення і інтервальне значення з довірчою вірогідністю 95 %.

Розрахований вміст іонів металів в пробах ґрунту представлений в таблиці 1.

Таблиця 1

Концентрація іонів важких металів у ґрунті

№ проби	Вміст важких металів, мг/кг							
	Zn ²⁺	K _c	Cd ²⁺	K _c	Pb ²⁺	K _c	Cu ²⁺	K _c
1	0,25±0,06	0,56	0,016±0,005	0,016	0,31±0,04	163,16	1,28±0,07	13,47
2	0,45±0,05	1	не виявлено	-	0,0019±0,0006	1	0,095±0,029	1
3	0,21±0,05	0,47	не виявлено	-	0,19±0,05	100	0,89±0,13	9,37
4	0,38±0,10	0,84	0,0096±0,0029	0,0096	0,34±0,09	178,95	0,35±0,09	3,68
5	0,30±0,05	0,67	не виявлено	-	0,15±0,04	78,95	1,3±0,3	13,68
ГДК (рух. форм) [15]	23		0,7		6		3	

Тобто проаналізовані проби ґрунту містять не всі досліджувані метали: іони кадмію не було визначено в пробах ґрунту, відібраних у внутрішньому дворі НУЧК та далі від автодороги, або їх кількість була нижче за межу визначення методу дослідження. Отримані результати свідчать,

що ґрунти досліджуваної території перевищень за вмістом важких металів не мають.

Вміст загального заліза визначали фотоколіриметрично [16] методом калібрального графіку. Результати представлено в таблиці 2.

Таблиця 2

Вміст заліза та показники сумарного забруднення ґрунтів іонами важких металів

№ проби	Концентрація заліза (заг.)		Показники забруднення		
	Вміст Fe ³⁺ , мг/л	K _c	∑ K _i	Z _c	Z _{cm}
1	2,03	4,14	181,35	177,35	8,42
2	0,49	1,00	4,00	1,00	0,00
3	0,71	1,45	111,29	108,29	27,22
4	0,51	1,04	184,52	180,52	5,23
5	0,43	0,88	94,18	91,18	32,43

Гранично допустима концентрація вмісту Феруму не регламентується.

Сумарному забрудненню ґрунтів важкими металами та металоїдами присвячено багато праць. Запропоновано формули для розрахунку сумарного забруднення в випадку потрапляння в ґрунт декількох елементів.

Зазвичай розглядають аеральне забруднення ґрунтів важкими металами, які закріплюються в верхніх шарах ґрунту. В основі майже всіх формул, що розкладаються, коефіцієнти концентрації K_{ci} кожного елемента відносно фона:

$$K_{ci} = C_i / C_{fi}$$

де C_i – фактичний вміст забруднюючої речовини в ґрунті, мг/кг;

C_{fi} – фоновий вміст забруднюючої речовини в ґрунті, мг/кг.

Потім отримані коефіцієнти сумують. Величина K_c свідчить про активність процесів вилуговування ($K_c < 1$) і накопичення ($K_c > 1$) хімічних елементів у ґрунті [17]. В даних розрахунках не враховується клас небезпеки.

Показник Саєта, класифікований за ступенем небезпеки. В ньому враховано кількість елементів-полютантів. Сумарний показник забруднення визначався за формулою:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_{ci} - (n-1)$$

де n – число забруднюючих речовин;

K_{ci} – коефіцієнт концентрації i -го компонента забруднення.

Критичні значення, які дозволяють охарактеризувати сумарне забруднення Z_c за ступенем небезпеки наступне: за $16 < Z_c < 32$ – помірно небезпечним; за $32 < Z_c < 128$ – небезпечним; за $Z_c > 128$ – надзвичайно небезпечним [17].

Таким чином, внаслідок техногенного навантаження ґрунт на обстежених ділянках має поліелементне забруднення.

Комплексний показник Z_{cm} , який диференційовано оцінює забруднення ґрунту, враховуючи ступінь токсичності елементів і виключаючи вплив аномально високих коефіцієнтів концентрації, шляхом врахування їх середніх геометричних величин.

$$Z_{cm} = n \left(K_{c_1} \times K_{T_1} \times K_{c_2} \times K_{T_2} \times K_{c_n} \times K_{T_n} \right)^{1/n} - (n-1)$$

де n – число забруднюючих речовин;

K_{ci} – коефіцієнт концентрації i -го компонента забруднення;

K_{Ti} – коефіцієнт токсичності i -го компонента забруднення. Такі хімічні елементи, як Pb, Zn і Cd відносяться до першого класу небезпеки, якому відповідає $K_T=1,5$, Cu – до другого класу небезпеки, $K_T=1$ [17].

Розраховані показники забруднення іонами металів в пробах ґрунту представлено в таблиці 2.

Внаслідок розрахунку K_c виявлено, що цей показник для Zn і Cd не перевищує одиницю, тобто ці елементи вилуговуються із ґрунту. Лише для Cu і Pb та Fe (в основному) $K_c > 1$, а отже відбувається процес його накопичення. За показником Саєта досліджувані ґрунти відносяться до категорії небезпечних (внутрішній двір НУЧК та далі від дороги) та надзвичайно небезпечних (район ТЕЦ та поблизу автодороги). За комплексним індексом забруднення, навпаки. Однак накопичення ВМ у ґрунті безпечно лише до тих пір, поки рослини здатні протистояти їх транслокації в організм.

Висновки

Серед важких металів багато мікроелементів, що є необхідними і незамінними компонентами біокатализаторів і біорегуляторів найважливіших фізіологічних процесів. Проте надмірний вміст важких металів у різних об'єктах біосфери чинить пригнічуючу і навіть токсичну дію на живі організми. Особливо це стосується урбанізованих територій, де техногенне навантаження на ґрунти

давно вже перевищило всі допустимі межі, що створює загрозу для здоров'я та життя населення.

Проведені дослідження виявили, що вміст важких металів в зразках ґрунту не перевищує норми.

Ґрунти є основним середовищем, у яке потрапляють важкі метали, у тому числі із атмосфери, з поверхневим стоком, з підґрунтових порід і підземних вод. Вони служать джерелом вторинного забруднення приземного повітря і водного середовища. Із ґрунтів важкі метали засвоюються рослинами, які потім потрапляють у їжу більш високоорганізованим тваринам і людині. На поверхню ґрунтів ВМ поступають у різних формах. Це і оксиди, і різні солі, як розчинні, так і практично нерозчинні у воді.

Ґрунти виконують найважливіші функції у всіх наземних екосистемах, тому еколого-геохімічний стан ґрунтового покриву визначає стійкість

біосфери Землі – необхідної умови виживання людства. Оскільки техногенне навантаження на ґрунти призводить до їх деградації та зниження бонітету (показників якості і продуктивності: гранулометричний склад, наявність гумусу, елементів живлення рослин, водний і тепловий режими; ступінь еродованості, засоленості, кислотності, солонцюватості, забрудненості та ін.), тому для збереження біосфери надзвичайно важливим є зберегти ґрунтовий покрив у задовільному стані.

Отже, з утворенням надлишкового вмісту важких металів у природному середовищі, проблема забруднення ними ґрунтів набула актуальності, адже сполуки цих елементів характеризуються великою токсичністю за низьких концентрацій, акумулюються в окремих ланках трофічного ланцюга і створюють реальну небезпеку існуванню живих організмів.

References

1. Glazovskaja, M. A. (1981). *Obshcheje pochvovedenije i geografija pochv* [General soil science and soil geography]. Moscow, USSR :Vysshaja shkola.
Глазовская М. А. *Общее почвоведение и география почв*. Москва :Высшая школа, 1981. 311 с.
2. Dobrovolskij, V. V. (1983). *Geografija mykroelementov, globalnoje rassejaanije* [Geography of trace elements, global dispersion]. Moscow, USSR : Mysl.
Добровольский В. В. *География микроэлементов, глобальное рассеяние*. Москва : Мысль, 1983. 272 с.
3. Fokin, A. D. (1989). *Problema antropogennykh zagrjaznenij pochv* [The problem of anthropogenic soil pollution]. *Pochvovedenije – Soil science*, 10, 85–93.
Фокин А. Д. *Проблема антропогенных загрязнений почв*. *Почвоведение*. 1989. №10. С. 85–93.
4. Cherniavskaja, N. A, Farenik, G. G., and Goncharenko, D. F. (1975). *O roli tsinka v pitanii rastenij* [On the role of zinc in plant nutrition]. *Agrokhimija – Agrochemistry*, 9, 81–90.
Чернявская Н. А, Фареник Г. Г., Гончаренко Д. Ф. *О роли цинка в питании растений*. *Агрохимия*. 1975. №9. С. 81–90.
5. Alekseev, Yu. V. (1987). *Tiazhelyje metally v pochvakh i rastenijakh* [Heavy metals in soils and plants]. Leningrad, USSR : Agropromizdat.
Алексеев Ю. В. *Тяжелые металлы в почвах и растениях*. Ленинград : Агропромиздат, 1987. 142 с.

6. Sepov, M. (2004). Osobennosti nakoplenija tiazhelykh metallov v organizme cheloveka [Features of the accumulation of heavy metals in the human body]. *Okbrana truda i tekhnika bezopasnosti v selskom kbozjaistve – Occupational health and safety in agriculture*, 3, 43–48.

Сепов М. Особенности накопления тяжелых металлов в организме человека. Охрана труда и техника безопасности в сельском хозяйстве. 2004. № 3. С. 43–48.

7. Zhyznevskaia, G. Ya. (1974). Postuplenije i peredvizhenije zheleza v rastenijakh [Input and movement of iron in plants]. *Agrokhimija – Agrochemistry*, 5, 149–155.

Жизневская Г. Я. Поступление и передвижение железа в растениях. *Агрохимия*. 1974. №5. С. 149–155.

8. Chesnokova, S. M., Trifonova, T. A., and Vasileva, N. V. (1999). Sravnitel'naja otsenka razlichnykh sposobov detoksikatsii pochv, zagriaznionnykh tiazhiolymi metallami [Comparative evaluation of various methods of detoxification of soils contaminated with heavy metals]. *Ekologija rechnykh bassejnov: tezisy dokladov – Ecology of river basins: abstracts*. Vladimir, Russian Federation. P. 109.

Чеснокова С. М., Трифонова Т. А., Васильева Н. В. Сравнительная оценка различных способов детоксикации почв, загрязнённых тяжёлыми металлами. *Экология речных бассейнов: тезисы докладов Междунар. науч.– практ. конф.* Владимир. 1999. С. 109.

9. Zhovynskiy, E. Ya., and Kuraieva, I. V. (2002). Heokhimiia vazhkykh metaliv u hruntakh Ukrainy [Geochemistry of heavy metals in the soils of Ukraine]. Kyiv, Ukraine : Naukova dumka.

Жовинський Е. Я., Кураєва І. В. Геохімія важких металів у ґрунтах України. Київ : Наукова думка, 2002. 213 с.

10. Polovyi, A. M., Hutsal, A. I., and Dronova, O. O. (2013). Gruntoznavstvo [Soil Science]. Odesa, Ukraine: Ekolohiia.

Польовий А. М., Гуцал А. І., Дронова О. О. Ґрунтознавство: навч. посібник для студентів вищ. навч. закладів. Одеса: Екологія., 2013. 668 с.

11. Dzhuvelikian, Kh. A., Shcheglov, D. I., and Gorubnova, N. S. (2009). Zagriaznenija pochv tiazhiolymi metallami. Sposoby kontroliia i normirivaniia zagriaznenija pochv [Soil contamination with heavy metals. Methods of control and regulation of contaminated soils]. Voronezh, Russian Federation : Izdatelsko-poligraficheskij tsentr VGU.

Джувеликян Х. А., Щеглов Д. И., Горубнова Н. С. Загрязнение почв тяжелыми металлами. Способы контроля и нормирования загрязненных почв.. Воронеж: Издательско-полиграфический центр ВГУ, 2009. 21 с.

12. Samchuk, A. I., Ogar, T. V., and Dmitrenko, K. E. (2007). Formy nakhozhdennija tiazhelykh metallov v pochvah Ukrainского Polesja. Poshukova ta ekolohichna heokhimiia, 2, 46–49.

Самчук А. И., Огарь Т. В., Дмитренко К. Э. Формы нахождения тяжелых металлов в почвах Украинского Полесья [Forms of occurrence of heavy metals in the soils of Ukrainian Polissia]. *Пошукова та екологічна геохімія*. 2007. № 2. С. 46–49.

13. DSTU 4287:2004. Yakist gruntu. Vidbyrannia prob. [Soil quality. Sampling]. (2005). Kyiv, Ukraine.

ДСТУ 4287:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. [Чинний від 2005-07-01]. Київ. 2005. 9 с.

14. Pro zatverdzhennia: Instruksii z vidbyrannia, pidhotovky prob vody i gruntu dlia khimichnoho ta hidrobiolohichnoho analizu vid 19.01.2016 r. №30 [About approval: Instructions on sampling, preparation of water and soil samples for chemical and hydrobiological analysis from 01/19/2016 №30]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0030388-16>.

Про затвердження: Інструкції з відбирання, підготовки проб води і ґрунту для хімічного та гідробіологічного аналізу від 19.01.2016 р №30. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0030388-16>.

15. Ryzhuk, S. M., Lisovyi, M. V., and Bentsarovskiy, D. M. (Eds.). (2003). *Metodyka ahrokhimichnoi pasportyzatsii zemel silskohospodarskoho pryznachennia* [Methods of agrochemical certification of agricultural lands]. Kyiv, Ukraine.

Методика агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення / За ред. С. М. Рижук, М. В. Лісового, Д. М. Бенцаровського. Київ, 2003. 64 с.

16. Nabyvanets, B. I., Sukhan, V. V., and Kalabina, L. V. (1996). *Analychna khimiia pryrodnoho seredovyscha* [Analytical chemistry of the natural environment]. Kyiv, Ukraine : Lybid.

Набиванець Б. Й., Сухан В. В., Калабіна Л. В. Аналітична хімія природного середовища. Київ : Либідь, 1996. 304 с.

17. Vodianitskij, Yu. N. (2008). *Tiazhelyje metaly i metalloidy v pochvah* [Heavy metals and metalloids in soils]. Moscow, Russian Federation : GNU Pochvennyj institut im. V. V. Dokuchaeva RASKHN.

Водяницкий Ю. Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах. Москва : ГНУ Почвенный институт им. В. В. Докучаева РАСХН, 2008.

Received: 18.06.2021. Accepted: 01.12.2021. Published: 07.01.2022.

Cite this article in APA Style as:

Kupchyk, O., and Savonova, A. (2022). Otsinka vmistu rukhomykh form Fe, Zn, Cu, Cd ta Pb v grunti [Assessment of the content of dissoluble forms of Fe, Zn, Cu, Cd and Pb in soil]. *BHT: Biota. Human. Technology*, 1(1), 107–115. (in Ukrainian)

Information about the authors:

Kupchyk O. [*in Ukrainian: Купчик О.*]¹, Ph.D. in Chem. Sc., Assoc. Prof., email: kupchik.olena@gmail.com

ORCID: 0000-0002-2837-2223 Scopus-Author ID: 57195507234

Department of Chemistry, Technology and Pharmacy, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium», 53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Savonova A. [*in Ukrainian: Савонова А.*]², student, email: nastena203@gmail.com

Technology and Pharmacy, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium», 53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

¹ Study design, statistical analysis, statistical analysis, manuscript preparation

² Data collection, statistical analysis

SCIENTIFIC EDITION

BHT 

Biota. Human. Technology

———— International Scientific Journal ————

**ВНТ : Biota. Human. Technology / Національний університет
«Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка; гол. ред.
О. В. Лукаш. 2022. №1. 117 с.**

Designers – E. Miden, N. Tkachuk

Editing – O. Klimova, O. Lukash, I. Kurmakova, O. Syza, E. Miden

Administrators of site – E. Miden, N. Tkachuk

Designers cover – E. Miden, N. Tkachuk

Passed for printing 28.09.2022

Format A4

Editorial and Publishing Department of T.H. Shevchenko National University “Chernihiv Colehium”,
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Phone: +38(046)265-1799

nuchk.tipograf@gmail.com