

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Черкаський національний університет  
імені Богдана Хмельницького

ISSN 2076-5835

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2022-1

*Ulrichsweb*

**ВІСНИК  
ЧЕРКАСЬКОГО  
УНІВЕРСИТЕТУ**  
Серія  
**БІОЛОГІЧНІ НАУКИ**

**BULLETIN  
OF THE CHERKASY BOHDAN KHMELNYTSKY  
NATIONAL UNIVERSITY  
BIOLOGICAL SCIENCES**

Науковий журнал  
Виходить 2 рази на рік  
Заснований у березні 1997 року

**№1. 2022**

Черкаси – 2022

**Засновник, редакція, видавець і виготовлювач –  
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького.  
Свідоцтво про державну перереєстрацію КВ № 21393-11193Р від 25.06.2015.**

Науковий збірник містить статті, в яких розглядаються актуальні проблеми сучасної біологічної науки. Авторами робіт є доктори, кандидати наук, аспіранти та студенти вищих навчальних закладів та наукових установ різних регіонів України.

Для широкого кола науковців, викладачів, аспірантів та студентів.

Наказом Міністерства освіти і науки України від 17.03.2020 №409 включено до Переліку наукових фахових видань України категорії "Б"

**Випуск № 1 наукового журналу Вісник Черкаського університету, серія «Біологічні науки» рекомендовано до друку та до поширення через мережу Інтернет Вченою радою Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького (протокол № бвід 18.04.2022).**

Журнал індексується в наукометричних базах даних Index Copernicus ICV 2020 = 77.89, Google Scholar, Ulrichsweb.

Редакційна колегія серії:

Лизогуб В.С., д.б.н., проф. (відповідальний редактор); Черненко Н.П., к.б.н., доц. (відповідальний секретар); Абуладзе А.В., к.б.н. (Грузія); Анна Радохонська, д.б.н., проф. (Польща); Башенко М.І., академік НААН, д.с.-г.н., проф.; Гаврилюк М.Н., к.б.н., доц.; Давидова О. М. к.б.н, доц. (США), Зима І.Г., д.б.н., ст.н.сп., доц., Коваленко С.О., д.б.н., проф.; Коробейнікова Л.Г. д.б.н, проф., Лисенко О.М. д.б.н., проф., Макарчук М.Ю., д.б.н., проф.; Освальд Руксенас, д.б.н., проф. (Литва); Спрягайло О.В., к.б.н., доц.; Хоменко С.М., к.б.н., доц.; Юхименко Л.І. д.б.н., доц.

За дотримання права інтелектуальної власності, достовірність матеріалів та обґрунтування висновків відповідають автори.

**Адреса редакційної колегії:**

18031, Черкаси, бульвар Шевченка, 81, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, кафедра анатомії, фізіології та фізичної реабілітації.

Тел. (0472) 45-44-23

<http://bio-ejournal.cdu.edu.ua/index>

[nataliya-cherненко2005@ukr.net](mailto:nataliya-cherненко2005@ukr.net)

Founder, editorial, publisher and manufacturer –  
Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy  
State registration certificate: KV No. 21393-11193P-dated 25.06.2015

This journal is meant for teachers, researchers, postgraduates and students.

Journal is entered into the «List of scientific professional editions of Ukraine of category «B» in which results of dissertational researches in competition for scientific degrees of doctor of science and candidate of science (PhD) may be published by a Decree of MES of Ukraine dd 13.07.2015 No 747

Issue No 1 of the scientific journal «Bulletin of the Cherkasy Bohdan Khmelnytsky national university. Biological sciences» is recommended for publication and dissemination through the Internet by the Academic Council of Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy (protocol number 6 dated 18.04.2022).

The journal are indexed in an international scientific and metric databases Index, Ulrichsweb (Ulrich's Periodicals Directory) and Google Scholar.

#### **Editorial board:**

**Chief editor:** Doctor of Biological Sciences, Professor Volodymyr Serhiiovych Lyzohub

**Executive secretary:** PhD (Candidate of Biological Science), Assistant Professor Nataliia Pavlivna Chernenko

A.V. Abuladze, Candidate of Biological Sciences (PhD), Assistant Professor (Georgia); Anna Radokhonska, Doctor of Biological Sciences, Professor (Poland); M.I. Bashchenko, Academician of the National Academy of Agricultural Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, M.N. Havryliuk, Candidate of Biological Sciences (PhD), Assistant Professor; Davydova E. PhD, Assistant Professor (USA); Zyma I.G. Doctor of Biological Sciences, Senior Research Fellow; Kovalenko S.O. Doctor of Biological Sciences, Professor; Korobeynikova L.G. Doctor of Biological Sciences, Professor; Lysenko O.N. Doctor of Biological Sciences, Professor; M.Yu. Makarchuk, Doctor of Biological Sciences, Professor; Oswald Ruksenas, Doctor of Biological Sciences, Professor (Lithuania); Spryagaylo O.V. Candidate of Biological Sciences (PhD), Assistant Professor, Khomenko S.M. Candidate of Biological Sciences (PhD), Assistant Professor, Yukhimenko L.I. Doctor of Biological Sciences, Assistant Professor

The authors are responsible for the observance of the intellectual property right, for the reliability of the materials and for the substantiation of the conclusions

Editorial office address:

18031, Cherkasy, Shevchenko Blvd., 81

Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy

Phone. (0472) 45-44-23

<http://bio-ejournal.cdu.edu.ua/index>

[nataliya-chenenko2005@ukr.net](mailto:nataliya-chenenko2005@ukr.net)

©Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, 2022

©Copyright by the contributors

УДК: 598.279.24:591.54 (477)

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2022-1-4-11

**Гаврилюк Максим Никандрович**

кандидат біологічних наук, доцент,

Черкаський національний університет імені Хмельницького

[gavrilyuk.m@gmail.com](mailto:gavrilyuk.m@gmail.com)

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5729-8184>

**Борисенко Микола Миколайович**

доктор філософії зі спеціальності «Екологія»,

Канівський природний заповідник

ННЦ «Інститут біології та медицини»

Київського національного університету імені Тараса Шевченка,

[mborysenko2905@gmail.com](mailto:mborysenko2905@gmail.com)

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9352-8706>

**Глюха Олександр Володимирович**

кандидат біологічних наук, старший викладач

Черкаський національний університет імені Хмельницького,

[ilyuhaaleksandr@gmail.com](mailto:ilyuhaaleksandr@gmail.com)

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4400-1158>

## **ВЕСНЯНІ МІГРАЦІЙНІ СКУПЧЕННЯ ВОДОПЛАВНИХ І НАВКОЛОВОДНИХ ПТАХІВ У ЦЕНТРАЛЬНІЙ ЧАСТИНІ КРЕМЕНЧУЦЬКОГО ВОДОСХОВИЩА В 2014-2016 РР.**

*Результати, представлені в даній роботі, є продовженням досліджень весняної міграції водоплавних і навколоводних птахів у центральній частині Кременчуцького водосховища, розпочаті нами з 2007 року. Протягом 2014-2016 рр. проведено 17 обліків. Всього виявлено 36 видів. Найбільш численними є гуска білолоба, крижень, свиц, чернь чубата та мартин жовтоногий з максимальною чисельністю понад 1 тис. особин. Ще 7 видів можна віднести до звичайних (баклан великий, лебідь-шипун, гуменник, гоголь, лиска, мартин звичайний та мартин сивий) з максимальною чисельністю 100-1000 особин. Виявлено п'ять видів (лебідь малий, нерозень, гоголь, орлан-білохвіст та кулик-сорока), що занесені до Червоної книги України. У центральній частині Кременчуцького водосховища у весняний період зупинялось від 5 до понад 20 тис. водоплавних та навколоводних птахів, найбільше значення має акваторія Липівського орнітологічного заказника. Піки чисельності в різні роки залежать від кількості найбільш численних видів.*

**Ключові слова:** міграція, чисельність, хвилі міграції, фенологія.

### **Постановка проблеми, аналіз останніх публікацій**

Водоплавні і навколоводні птахи є невід'ємними компонентами водно-болотних екосистем. Серед них велика кількість видів належать до мисливських, чимало – включено до Червоної книги України та міжнародних конвенцій. Центральна частина Кременчуцького водосховища відіграє вагомий роль в підтриманні популяцій цих птахів у різні сезони. Через це верхів'я Кременчуцького водосховища включено до перспективних для внесення до переліку водно-болотних угідь, що мають міжнародне значення [1], тут створено Липівський орнітологічний заказник загальнодержавного значення. Тому саме у цьому місці нами здійснюється моніторинг орнітофауни.

У даному повідомленні представлено результати моніторингу міграційних скупчень водоплавних та навколоводних птахів у центральній частині Кременчуцького водосховища протягом весняних періодів 2014-2016 рр. Результати досліджень орнітофауни в період осінньої міграції опубліковано в багатьох роботах [5]. Результати

вивчення птахів у цьому районі у весняний період протягом 2007-2013 рр. опубліковано раніше [3, 7].

**Мета роботи:** оцінити видовий склад водно-болотних та навколоводних птахів, їх відносну чисельність та сезонну динаміку у весняний період у центральній частині Кременчуцького водосховища.

### Матеріал та методи досліджень

Обліки птахів проводили вздовж дамби через Кременчуцьке водосховище. Використовували маршрутно-точковий облік – птахів підраховували в районі ст. Панське (з відхиленням пішки по дамбі до 1 км в обидва боки), на повороті дамби та поблизу лівого берега біля с. Благодатне (Золотоніський район Черкаської області). В окремих випадках пішохідний маршрут охоплював всю ділянку дамби від ст. Панське до лівого берега. Птахів рахували по обидва боки від дамби – вище та нижче за течією Дніпра. Для обліків використовували біноклі та підзорні труби.

Кожного сезону проводили по 5-6 обліків. Початок досліджень припадав на зникнення суцільного льодового покриву, регулярні обліки завершувалися по мірі спадання інтенсивності міграції. Всього було проведено 17 обліків (табл. 1-3). Крім авторів статті, в окремих обліках також брали участь К. В. Лавріненко, І. М. Пуха та David Soares.

### Результати та їх обговорення

Строки міграції водоплавних та навколоводних птахів навесні 2014 року були близькими до середніх багаторічних. Пік міграції в регіоні досліджень припав на середину другої декади березня. Він був обумовлений максимальною для цього сезону чисельністю трьох видів – крижня (*Anas platyrhynchos*), чорні чубатої (*Aythya fuligula*) та мартина звичайного (*Larus ridibundus*) (табл. 1). Характерними рисами міграції цього сезону були: висока чисельність лебедя малого (*Cygnus bewickii*) та мартина сизого (*Larus canus*), а також відсутність міграційних скупчень лиски (*Fulica atra*).

Всього серед досліджуваної групи птахів було виявлено 24 види. Судячи з суми максимальних виявлених чисельностей представників кожного виду, досліджену акваторію використало під час міграції щонайменше близько 5 тисяч птахів.

**Таблиця 1**

Результати обліків водоплавних та навколоводних птахів у центральній частині Кременчуцького водосховища навесні 2014 р.

№ з/п	Види / Дата	02.03	10.03	16.03	23.03	30.03	Max
1.	<i>Podiceps cristatus</i>	-	-	-	-	2/3	5
2.	<i>Phalacrocorax carbo</i>	13/-	37/-	290/-	820/10	930/-	930
3.	<i>Egretta alba</i>	-	-	17/-	-	1/-	17
4.	<i>Cygnus olor</i>	-	118/-	140/3	22/-	-	143
5.	<i>C. cygnus</i>	-/2	3/-	14/2	-	-	16
6.	<i>C. bewickii</i>	-	-	64/-	-	-	64
	<i>Cygnus sp.</i>	-	-	10/-	-	-	10
7.	<i>Anser anser</i>	-	-	6/-	-	-	6
8.	<i>A. fabalis</i>	-	-	37/-	-	-	37
9.	<i>Anas platyrhynchos</i>	-	550/5	1400/-	5/-	-	1400
10.	<i>A. querquedula</i>	-	-	-	1/-	-	1
11.	<i>A. crecca</i>	-	1/-	-	-	-	1

Завершення табл. 1

12.	<i>A. penelope</i>	-	71/-	50/-	10/-	-	71
13.	<i>A. acuta</i>	-	1/-	-	-	-	1
14.	<i>Aythya fuligula</i>	-	75/-	120/670	390/310	460/33	790
15.	<i>Vucephala clangula</i>	86/-	76/48	9/18	4/2	-	124
16.	<i>Mergus merganser</i>	21/12	25/8	-	-/4	-	33
17.	<i>M. albellus</i>	-	4/-	-	2/-	3/-	4
18.	<i>Haliaeetus albicilla</i>	3/-	1/-	2/-	1/-	2/-	3
19.	<i>Haematopus ostralegus</i>	-	-	-	1/-	-	1
20.	<i>Vanellus vanellus</i>	-	2/-	-	-	-	2
21.	<i>Larus ridibundus</i>	14/-	170/2	460/40	110/20	28/42	500
22.	<i>L. cachinans</i>	11/11	240/100	52/5	63/19	13/1	340
23.	<i>L. fuscus</i>	-	-	-	-	1/-	1
24.	<i>L. canus</i>	12/-	450/42	15/3	-	-	492
	<b>Всього:</b>	<b>160/25</b>	<b>1820/205</b>	<b>2690/740</b>	<b>1260/360</b>	<b>1440/79</b>	<b>4992</b>
	Кількість видів	8	16	15	13	9	

Примітки. У чисельнику – кількість птахів у межах Липівського орнітологічного заказника, у знаменнику – нижче дамби через водосховище. Мах – максимальна виявлена чисельність кожного виду протягом сезону.

Навесні 2015 року строки міграції водоплавних та навколоводних птахів у центральній частині Кременчуцького водосховища були близькими до попереднього року. Пік чисельності досліджуваної групи видів припав на кінець третьої декади березня. Його утворили скупчення пролітних гусей білолобих (*Anser albifrons*), які мало характерні для цієї ділянки Кременчуцького водосховища (табл. 2). Зазвичай навесні гуси мігрують через досліджувану ділянку транзитно, тоді як у 2015 році вони протягом не менше 10 днів використовували цю акваторію для відпочинку, та розлітались з неї для годування на навколишні сільськогосподарські угіддя. Також характерними рисами міграції весняного сезону 2015 року була висока чисельність лебедя-шипуну (*Cygnus olor*), свища (*Anas penelope*) та мартина жовтоногого (*Larus cachinans*). Всього у 2015 році було виявлено 31 вид водоплавних та навколоводних птахів. За сумою максимальних виявлених чисельностей кожного виду, можна зробити оцінку, що досліджену акваторію використало під час міграції близько 20,6 тисяч птахів.

Таблиця 2

Результати обліків водоплавних та навколоводних птахів у центральній частині Кременчуцького водосховища навесні 2015 р.

№ з/п	Види / Дата	09.03	22.03	28.03	5.04	13.04	Мах
1.	<i>Podiceps cristatus</i>	-	-	-	2/-	3/-	3
2.	<i>Phalacrocorax carbo</i>	140/3	22/-	110/-	190/-	250/-	250
3.	<i>Egretta alba</i>	7/-	15/-	-	7/-	19/3	22
4.	<i>Ardea cinerea</i>	-	-/2	-	-	-	2
5.	<i>Cygnus olor</i>	302/-	87/-	127/-	30/1	4/-	302
6.	<i>C. cygnus</i>	-/18	-/2	26/-	-	-	26
7.	<i>C. bewickii</i>	-/17	7/-	4/-	-	-	17
	<i>Cygnus sp.</i>	158/16	104/-	457/-	-	-	457
8.	<i>Anser anser</i>	-	-	16/-	-	-	16

Завершення табл. 2

9.	<i>A. fabalis</i>	-	100/-	2/-	-	-	100
10.	<i>A. albifrons</i>	-	1050/1500	7600/-	20/-		7600
11.	<i>Anser sp.</i>	12/-	-	-/4	-	-	12
12.	<i>Tadorna tadorna</i>	-	-	1/-	-	-	1
13.	<i>Anas platyrhynchos</i>	5780/10	2190/73	410/-	80/2	6/-	5790
14.	<i>A. querquedula</i>	-	19/-	21/-	-	-/28	28
15.	<i>A. penelope</i>	70/9	1326/-	530/-	12/-	14/-	1326
16.	<i>A. clypeata</i>	-	-	6/-	-	-	6
17.	<i>A. strepera</i>	-	1/-	6/-	6/-	3/-	6
18.	<i>A. acuta</i>	-	1/-	-	-	-	1
19.	<i>Aythya ferina</i>	-	18/-	9/-	-	-	18
20.	<i>A. fuligula</i>	-/130	809/215	1520/150	45/1460	53/1720	1773
21.	<i>Bucephala clangula</i>	233/162	39/766	20/117	8/152	4/23	805
22.	<i>Mergus merganser</i>	-/8	-/3	2/-	-	-/2	8
23.	<i>M. albellus</i>	29/-	54/-	25/-	17/2	8/-	54
24.	<i>Fulica atra</i>	-	38/-	360/-	400/-	190/-	400
25.	<i>Haliaeetus albicilla</i>	8/1	10/-	2/-	-	-	10
26.	<i>Haematopus ostralegus</i>	-	-	-	4/-	4/-	4
27.	<i>Tringa ochropus</i>	-	-	-	-	2/-	2
28.	<i>Actitis hypoleucos</i>	-	-	-	-	4/-	4
29.	<i>Larus ridibundus</i>	115/89	81/170	350/100	380/14	54/-	450
30.	<i>L. cachinans</i>	1030/120	300/58	64/34	17/53	48/10	1150
31.	<i>L. canus</i>	8/1	-	-/1	-/1	-	9
	<b>Всього:</b>	<b>7660/580</b>	<b>6270/2789</b>	<b>11680/406</b>	<b>1220/1680</b>	<b>670/1790</b>	<b>20652</b>
	Кількість видів	16	22	24	16	18	

Примітки – як у табл. 1.

Навесні 2016 року пік міграції досліджуваної групи птахів спостерігали дещо раніше – в середині першої декади березня. У цей період найвищою для даної весни була чисельність у крижня та гоголя (*Bucephala clangula*). Характерними рисами міграції птахів цього сезону була низька чисельність лебедів, висока – гоголя та відсутність лиски. Всього у 2016 році було виявлено 26 видів водоплавних та навколводних птахів. Якщо сумувати максимальну кількість кожного виду протягом сезону, досліджену акваторію використало під час міграції близько 6,3 тисячі птахів (табл. 3). Протягом весняних періодів 2014-2016 рр. у центральній частині Кременчуцького водосховища виявлено 36 видів водоплавних та навколводних птахів, що належать до рядів Podicipediformes, Pelecaniformes, Ciconiiformes, Anseriformes, Falconiiformes, Gruiformes та Charadriiformes.

Найбільша кількість мігруючих птахів досліджуваної групи у центральній частині Кременчуцького водосховища була в 2015 році – 28.03 виявлено 12,1 тис. особин. У 2014 році максимально спостерігали 3,4 тис. особин 16.03; а в 2016 році – 3,3 тис. особин 12.03. Піки чисельності залежать від чисельності найбільш масових видів, що, у свою чергу, обумовлено низкою факторів. У місці проведення досліджень це – температурний режим та площа льодового покриву, рівень води у водосховищі. Також істотний вплив має використання птахами міграційних шляхів та місць для зупинки у конкретний сезон. Якщо враховувати максимальну кількість виявлених птахів кожного виду протягом періоду міграції, в регіоні досліджень у 2015 році спостерігали близько 20,6 тис. особин, у 2016 році – 6,3 тис., у 2014 році – 5 тис. Більша частина птахів (18,5-

96,6%, в середньому – 73%) трималась в акваторії Липівського орнітологічного заказника, що підтверджує його роль у збереженні популяцій водоплавних та навколоводних птахів. Найбільш численними мігруючими водоплавними та водноболотними птахами в регіоні досліджень у весняний період (з чисельністю понад 1 тис. ос.) були: гуска білолоба, крижень, свищ, чернь чубата та мартин жовтоногий. У межах 100-1000 ос. максимальна чисельність була у 7 видів: баклан великий (*Phalacrocorax carbo*), лебідь-шипун, гуменник (*Anser fabalis*), гоголь, лиска, мартин звичайний та мартин сивий. Міграція саме цих 12 видів найбільше впливає на загальну динаміку чисельності птахів, частка інших видів є незначною.

Таблиця 3

Результати обліків водоплавних та навколоводних птахів у центральній частині Кременчуцького водосховища навесні 2016 р.

№ з/п	Види / Дата	28.02	5.03	12.03	19.03	3.04	16.04	Max
1.	<i>Podiceps cristatus</i>	-	-/1	10/1	-	1/2	-/3	11
2.	<i>P. nigricollis</i>	-	-	1/-	-	-	-	1
3.	<i>Phalacrocorax carbo</i>	70/-	130/1	410/6	210/2	410/4	400/9	416
4.	<i>Egretta alba</i>	-	-	-	-	2/-	3/-	3
5.	<i>Ardea cinerea</i>	-	-	-	-	-	1/-	1
6.	<i>Cygnus olor</i>	106/-	-	1/-	-	6/-	-/2	106
7.	<i>Anser anser</i>	1/-	-	-	-	-	-	1
8.	<i>Anas platyrhynchos</i>	1900/-	2260/-	1455/1	280/12	1/8	1/9	2260
9.	<i>A. querquedula</i>	-	-	2/-	3/-	-	1/-	3
10.	<i>A. penelope</i>	2/-	-	24/-	-	-	-	24
11.	<i>A. strepera</i>	-	-	2/-	-	-	-	2
12.	<i>A. acuta</i>	-	-	1/-	-	-	-	1
13.	<i>Aythya ferina</i>	-	12/-	-	-	-	-	12
14.	<i>A. fuligula</i>	40/-	250/470	6/440	-/170	-/2100	-/31	2100
15.	<i>Bucephala clangula</i>	36/110	42/650	46/275	-/23	-/16	-	692
16.	<i>Mergus merganser</i>	-	-	-	-	4/-	-	4
17.	<i>M. albellus</i>	6/-	5/-	69/7	-	-/7	-	76
18.	<i>Circus aeruginosus</i>	-	-	-	-	1/-	1/-	1
19.	<i>Haliaeetus albicilla</i>	-	3/-	2/-	-	-	1/-	3
20.	<i>Haematopus ostralegus</i>	-	-	-	-	-/2	3/1	4
21.	<i>Tringa ochropus</i>	-	-	-	-	-/2	-	2
22.	<i>Actitis hypoleucos</i>	-	-	-	-	-/1	-/2	1
23.	<i>Larus ridibundus</i>	83/3	16/9	54/46	55/11	47/55	41/4	102
24.	<i>L. cachinans</i>	34/18	50/30	36/49	11/3	36/37	34/3	85
25.	<i>L. canus</i>	0/2	4/6	-	2/-	-	-	10
26.	<i>Sterna hirundo</i>	-	-	-	-	-	3/-	3
27.	Anseriformes sp.	-	-	-/360	-	-	-	360
	<b>Всього:</b>	<b>2278/133</b>	<b>2993/946</b>	<b>2119/1185</b>	<b>561/221</b>	<b>508/2234</b>	<b>489/64</b>	<b>6284</b>
	Кількість видів	11	11	16	8	15	15	

Примітки – як у табл. 1.



Баклан великий у центральній частині Кременчуцького водосховища є транзитно мігруючим та гніздовим видом. Під час міграції птахи, як правило, тут не зупиняються. Тому його чисельність поступово зростає з прильотом бакланів до гніздової колонії, розташованої в Липівському заказнику [4].

Лебідь-шипун у районі проведення досліджень гніздиться у невеликій кількості. Найвищою їхня чисельність є на початку сезону міграції, після чого вона спадає. Найбільш лебедів-шипунів було виявлено в 2015 році – понад 300 ос, ще було відмічено до 300 ос. лебедів, яких не вдалось визначити до виду через велику відстань. Найбільш ймовірно, що серед них більшість належали саме до лебедів-шипунів.

Гуска білолоба, як було зазначено вище, на акваторії Кременчуцького водосховища утворює міграційні скупчення не щороку. Хоча, щороку в межах району досліджень спостерігаються транзитні зграї цього виду. Максимально відмічено бл. 7600 ос.

Гуменник не є численним пролітним видом у регіоні наших досліджень. 22.03.2015 р. відмічено бл. 100 ос., таку кількість цих птахів у цьому місці виявлено вперше за весь період досліджень.

Крижень є одним з найбільш численних мігруючих видів, його частка від максимальної кількості водоплавних та навколоводних птахів протягом 2014-2016 рр. становила 28-36%. Піки міграції виду в зазначені роки спостерігались в середині березня (16.03.2014 р., 9.03.2015 р. та 12.03.2016 р.), що відповідає строкам міграції крижня на території центральної України [6]. Максимально відмічено бл. 5800 ос.

Свищ у районі проведення наших досліджень не гніздиться, на прольоті зазвичай трапляється у кількості декількох десятків особин. Однак 22.03.2015 р. було зареєстровано понад 1300 ос. Загалом це відповідає строкам міграції виду на території центральної України [6].

Чернь чубата в регіоні досліджень не гніздиться. Саме для центральної частини Кременчуцького водосховища характерними є міграційні скупчення, тут птахи зупиняються для годування. Це другий за чисельністю вид під час весняної міграції, його частка від максимальної кількості водоплавних та навколоводних птахів протягом 2014-2016 рр. становила 9-33%. Строки міграції черні чубатої у регіоні досліджень суттєво відрізнялись в різні роки – піки чисельності припадали на 16.03.2014 р., 13.04.2015 р. та 03.04.2016 р., причому у 2015 році їхня кількість була високою протягом 22.03-13.04. Максимально відмічено бл. 2100 ос.

Гоголь у центральній частині Кременчуцького водосховища є звичайним мігруючим видом, піки чисельності припадали на 10.03.2014 р., 22.03.2015 р., та 5.03.2016 р.

Лиска є звичайним мігруючим видом, проте для годування у значній кількості птахи зупиняються не щороку – у 2014 та 2016 рр. таких скупчень виявлено не було. У 2015 р. максимальна чисельність становила 5.04 – близько 400 ос.

Мартин звичайний у регіоні досліджень гніздиться у незначній кількості та є численним мігруючим видом. Піки міграції припадали на 16.03.2014 р., 28.03.2015 р. та 03.04.2016 р. Максимально відмічено бл. 500 ос.

Мартин жовтоногий є численним гніздовим видом регіону досліджень [2], тому міграція проходить малопомітно. Піки чисельності припадали на 10.03.2014 р., 09.03.2015 р. та 12.03.2016 р. Максимально відмічено бл. 1150 ос.

Мартин сивий є мігруючим видом, зазвичай відмічається в кількості декількох десятків особин. 10.03.2014 р. було виявлено бл. 490 ос.

Протягом 2014-2016 рр. для баклана великого, лебедя-шипуну, гуски білолобої, крижня, свища, черні чубатої, гоголя, лиски, мартинів жовтоногого і сизого чисельність була найвищою для даного регіону за період наших досліджень з 2007 р.

Серед зустрінутих видів п'ять занесено до Червоної книги України. Чисельність лебедя малого протягом двох років становила 17 та 64 ос., однак у 2016 птахів не спостерігали. Раніше, у 2008 році, максимально ми спостерігали 60 ос. цього виду [3]. Нерозня (*Anas strepera*) виявили протягом двох років у кількості від 2 до 6 ос. Максимальна чисельність гоголя в різні роки коливалась у межах 120-800 ос. Орлана-білохвоста (*Haliaeetus albicilla*) відмічали від 3 до 10 ос. Кулика-сороку (*Haematopus ostralegus*) щороку спостерігали по 4 ос., ймовірно, це були місцеві гніздові пари.

### Висновки

1. Протягом весняних періодів 2014-2016 рр. у центральній частині Кременчуцького водосховища виявлено 36 видів водоплавних та навколоводних птахів. Найбільш численними мігруючими видами є гуска білолоба, крижень, свищ, чернь чубата та мартин жовтоногий. Ще 7 видів можна віднести до звичайних (баклан великий, лебідь-шипун, гуменник, гоголь, лиска, мартин звичайний та мартин сивий).

2. Центральна частина Кременчуцького водосховища відіграє вагомую роль для мігруючих водоплавних та навколоводних птахів, на цій ділянці зупиняється протягом весняного періоду від 5 до понад 20 тис. птахів. Найбільше значення має акваторія Липівського орнітологічного заказника.

3. Серед виявлених під час наших досліджень птахів, п'ять видів належать до охоронюваних та занесених до Червоної книги України (лебідь малий, нерозень, гоголь, орлан-білохвіст та кулик-сорока).

### Список використаної літератури

1. Водно-болотні угіддя України: довідник / за ред. Г. Б. Марушевського, І. С. Жарук. К.: Чорноморська програма Ветландс Інтернешнл. 2006. 312 с.
2. Гаврилюк М. Н., Атамас Н. С., Грищенко В. Н., Ілюха А. В., Яблоновская-Грищенко Е. Д. Современное состояние популяции чайки-хохотуны (*Larus cachinnans*) на Среднем Днепре. *Беркут*. 2015. Т. 24, вип. 2. С. 128-138.
3. Борисенко М. М., Гаврилюк М. Н., Ілюха О. В. Весняні міграційні скупчення водно-болотних птахів у Липівському орнітологічному заказнику в 2007-2010 рр. *Заповідна справа в Україні*. 2010. Т. 16, вип. 2. С. 72-75.
4. Гаврилюк М. Н., Ілюха А. В., Борисенко Н. Н. Кременчугское водохранилище – средняя и нижняя части // В. А. Костюшин, П. И. Горлов и В. Д. Сиохин (ред.) Большой баклан (*Phalacrocorax carbo*) в Украине: численность, территориальное распределение и их изменения. *Вестник зоологии*. 2016. Отд. вып. №34. С. 199–207.
5. Гаврилюк М. Н., Ілюха О. В., Борисенко М. М. Міграційні скупчення водоплавних і навколоводних птахів у центральній частині Кременчуцького водосховища в осінні періоди 2015-2017 рр. *Вісник Черкаського університету. Серія Біологічні науки*. 2020. Вип. 2. С. 20-28.
6. Грищенко В. Н. Сроки весеннього прильота речних уток в Україні. *Беркут*. 2014. Т. 23, вип.1. С. 26-39.
7. Ілюха О. В., Борисенко М. М., Гаврилюк М. Н. Весняні міграційні скупчення водно-болотних птахів у Липівському орнітологічному заказнику в 2011-2013 рр. *Вісник Черкаського університету. Серія Біологічні науки*. 2013. Вип. 2 (255). С. 29–35.
8. Червона книга України. Тваринний світ / Ред. І. А. Акімов. К.: Глобалконсалтинг. 2009. 624 с.

### References

1. Gennadiy Marushevsky & Inna Zharuk (Ed.). (2006). Directory of Ukraine's Wetlands. Kyiv: Wetlands International Black Sea Programme. 312 (in Ukr.).
2. Gavrilyuk, M. N., Atamas, N. S., Grishchenko, V. N., Ilyukha, A. V. & Yablonovska-Grishchenko, E. D. (2015). Recent situation of the Caspian Gull (*Larus cachinnans*) population on the Middle Dnieper. *Berkut*. 24 (2). 128–138 (in Rus.).

3. Borysenko, M. M., Gavrilyuk, M. N. & Ilukha, O. V. (2010). Spring migratory gathering of waterbirds in the Lypivsky ornithological reserve in 2007-2010. *Nature Reserves in Ukraine*. 16 (2). 72-75 (in Ukr.).
4. Gavrilyuk, M. N., Ilyukha, A. V. & Borysenko, M. M. (2016). Kremenchuk reservoir – middle and lower parts. Great cormorant (*Phalacrocorax carbo*) in Ukraine: the number, territorial distribution and their changes / Ed. by V. A. Kostyushyn, P. I. Gorlov and V. D. Siokhin. *Vestnik Zoologii [Bulletin of Zoology]*. 34. 199–207 (in Rus.).
5. Gavryliuk, M. N., Iliukha, O. V. & Borysenko, M. M. (2020). The autumn aggregation of migratory waterfowl and waterbirds in the central part of Kremenchuk Reservoir in 2015-2017. *Bulletin of Cherkasy University. Series: Biological Sciences*. 2. 20-28 (in Ukr.).
6. Grishchenko, V. N. (2014). Timing of the spring arrival of dabbling ducks in Ukraine. *Berkut [Golden Eagle]*. 23 (1). 26-39 (in Rus.).
7. Ilukha, O. V., Borysenko, M. M., Gavrilyuk, M. N. (2013). The spring aggregation of migratory wetland and waterbirds in the Lypivskyy ornithological reserve in 2011 through 2013. *Bulletin of Cherkasy University. Series: Biological Sciences*. 2 (255). 29–35 (in Ukr.).
8. Akimov, I. A. (Ed.). (2009). *The Red Book of Ukraine. Animals*. Kyiv: Globalkonsalting. 624 (in Ukr.).

***M. N. Gavrilyuk, M. M. Borysenko, O. V. Ilukha. The spring aggregations of migratory wetland birds and waterbirds in the central part of Kremenchuk reservoir in 2014-2016.***

***Introduction.*** Kremenchuk reservoir plays an important role for waterbirds and wetland birds during seasonal migrations. Therefore, we provide the monitoring of the avifauna during seasonal migrations in the central part of the reservoir. The article details the results of the wetland birds and waterbirds censuses in the spring periods of 2014-2016.

***Purpose.*** To assess the species composition of wetland birds and waterbirds, their relative numbers, and seasonal dynamics in the spring period in the central part of the Kremenchuk reservoir. To compare the results with those obtained during 2007-2013.

***Methods.*** Bird censuses were conducted along the dam through the Kremenchuk Reservoir. Used the route-point method of censuses. In total 17 bird censuses were conducted (5-6 each year).

***Results.*** During the period of studies, 36 species of waterbirds and wetland birds were detected. The most numerous migratory species were *Anser albifrons*, *Anas platyrhynchos*, *A. penelope*, *Aythya fuligula*, and *Larus cachinans*. Another 7 species can be considered common (*Phalacrocorax carbo*, *Cygnus olor*, *Anser fabalis*, *Bucephala clangula*, *Fulica atra*, *Larus ridibundus*, and *L. canus*). Five identified species are listed in the Red Data Book of Ukraine (*Cygnus bewickii*, *Anas strepera*, *Bucephala clangula*, *Haliaeetus albicilla*, and *Haematopus ostralegus*). The highest number of birds was observed in the second and third decades of March.

***Originality.*** Our data supplement the information on the species composition of wetland and waterbirds, their number, and dynamics in the central part of the Kremenchuk reservoir in the spring. The greatest impact on the number of birds at the local level have temperature, the area of ice cover, the water level in the reservoir.

***Conclusions.*** The central part of the Kremenchuk reservoir plays an important role for migratory waterbirds and wetland birds. A significant number of these birds (from 5 to more than 20 thousand) use this area for rest and feeding during the period of the spring migration. The most important for these birds part of the studied area is the water area of the Ornithological Reserve "Lypivskiy".

***Key words:*** migration, number, migration waves, phenology.

Одержано редакцією: 03.12.2022

Прийнято до публікації: 18.04.2022

УДК 612.822.8.

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2022-1-12-21

**Калиниченко Ірина Олександрівна**

доктор медичних наук, професор  
Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка  
[irinakalinichenko2017@gmail.com](mailto:irinakalinichenko2017@gmail.com)

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1514-4210>

**Колесник Анна Сергіївна**

аспірантка  
Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка  
[kas100188@gmail.com](mailto:kas100188@gmail.com)

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8505-0813>

## **ОСОБЛИВОСТІ НЕЙРОДИНАМІЧНИХ ТА ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНИХ ФУНКЦІЙ ДІТЕЙ 5-7 РОКІВ З РІЗНИМ РІВНЕМ ЗОРОВОГО ТА СЛУХОВОГО СПРИЙНЯТТЯ**

*У статті проведено аналіз особливостей психофізіологічного розвитку дітей 5-7 років. Встановлено відмінності нейродинамічних функцій та розвиток сенсорних систем у осіб з різним рівнем зорового та слухового сприйняття з урахуванням гендерних особливостей. Встановлено, що незалежно від віку хлопчики характеризуються більш низьким психофізіологічним розвитком та нейродинамічними властивостями нервової системи.*

***Ключові слова:** діти; когнітивний розвиток; функціональна рухливість нервових процесів; сила нервових процесів; сенсомоторні системи.*

### **Постановка проблеми. Аналіз останніх публікацій**

В наш час значна увага приділяється проблемам, які виникають у дітей на початку навчання у школі, що пов'язані зі змінами в освітньому процесі. Період від 5-ти до 7-ми років привертає особливу увагу з боку науковців, оскільки є сенситивно-критичним етапом індивідуального розвитку дитячого організму. Більшість вітчизняних та зарубіжних науковців підкреслюють необхідність підбору змісту, форм та методів навчання у відповідності до вікових та гендерних особливостей. Проте особливістю дослідження, що розкривається у даній статті є те, що під час навчання слід також враховувати психофізіологічні та нейродинамічні показники розвитку учасників освітнього процесу та корегувати методи навчання для більш ефективного сприймання певної інформації дітьми. Формування зорового та слухового сприйняття для дітей 5-7 років, як показник готовності, є однією з основних когнітивних функцій, яка формується за рахунок міжаналізаторних комплексів нервових зв'язків та зрілістю кори головного мозку. Тому значу увагу слід приділяти інваріантному та варіативному складнику НУШ Типової освітньої програми закладів загальної середньої освіти для 1-2 класів, яка розроблена під керівництвом О. Я. Савченко та закладах дошкільної освіти [1], з метою покращення розвитку когнітивних здібностей та попередження дезадаптаційних змін організму під час навчання.

Формування когнітивних функцій у дітей дошкільного та молодшого шкільного віку залежить від сприйняття, осмислення та усвідомлення дітьми певного матеріалу. Ефективність розумової діяльності залежить від нейродинамічних функцій, серед яких виділяють властивості нервових процесів, розумову працездатність, активність нервової системи та інше [2, 3].

М. В. Макаренко зауважував, що до сучасних методик визначення основних властивостей ВНД належать рухові методики, які у більшості випадків визначають час реакції та пов'язані з зоровою та руховою сенсорними системами [4, 5, 6].

Індивідуальні відмінності людини виявляються в результат численних і складних взаємодій між стійкими генетично обумовленими властивостями організму і середовищем. Характер перебігу нервових процесів залежить від умов розвитку організму [7].

Також М. В. Макаренко, В. С. Лизогуб та співавтори встановили, що психофізіологічні якості людини, тісно пов'язані із індивідуально-типологічними властивостями нервової системи та є результатами складної інтегративної діяльності мозку. Тому від рівня працездатності нервової системи залежить повнота та якість сприймання дійсності, розподіл ресурсів системи переробки інформації і забезпечується ефективність будь-якої діяльності.

В основі психічної діяльності, що відбувається за рахунок психофізіологічних процесів, важливе місце займає перцепція (сприйняття, розуміння й оцінювання діями соціальних об'єктів) [8].

Сприйняття формуються за допомогою різних аналізаторів. А. Р. Лурия та ін. науковці виділяють зорове та слухове сприйняття, що впливають на успішність навчальної діяльності, яка безпосередньо формується за рахунок сенсомоторних навичок [9]. На час реакції впливають модальність сигналу і чутливість аналізатора. Істотне значення мають інтенсивність подразника і площа того рецепторного поля, яке його сприймає, при білатеральному сприйнятті сигналу час реакції скорочується [10, 11, 12].

Зміни психофізіологічних функцій в онтогенезі, а також типологічних властивостей вищої нервової діяльності, сенсомоторних і психічних функцій у дітей дошкільного та молодшого шкільного віку вивчені недостатньо. Оскільки період 5-7 років є найбільш цікавим з точки зору формування психофізіологічних особливостей, особлива роль під час дослідження приділялася саме таким показникам як латентний період зорово-моторної реакції (ЛПЗМР), латентний період реакції вибору 1 з 3 подразників (ЛПРВ1-3), латентний період реакції вибору 2 з 3 подразників (ЛПРВ2-3), функціональна рухливість нервових процесів (ФРНП), сила нервових процесів (СНП). Особливістю даного дослідження є вивчення нейродинамічних показників у дітей з різним рівнем зорового та слухового сприйняття, що не є достатньо вивченими серед інших науковців, проте є актуальним враховуючи інтенсифікацією навчального процесу та проблему адаптації до нових умов під час освітнього процесу.

**Мета.** З'ясувати особливості нейродинамічних та психофізіологічних функцій у дітей 5-7 років з різним рівнем зорового та слухового сприйняття.

### **Матеріали та методи дослідження**

Дослідження проводили за дітьми 5-7 років двох закладів освіти «Загальноосвітніх шкіл І ступенів – дошкільних навчальних закладів» № 41 та №42 міста Суми ( $n=246$ ).

Для інформативного вивчення пам'яті було обрано методіку оцінки слухової пам'яті «Запам'ятовування 10 слів» (варіант тесту З. М. Істоміної, 1978) [13]. Визначення об'єму зорового довільного запам'ятовування виконано за методикою Шипицької Л. М. [14].

Показники слухової довільної пам'яті та зорової довільної пам'яті розподілялися за рівнями (низький, середній, високий) для більш зручного аналізу. Кожне правильне відтворення оцінювалося в один бал. Максимальна кількість балів – 10, низький рівень – 1-3 бали, середній – 4-5 балів, високий – 6-10 балів для обраних методик.

Для визначення індивідуально-типологічних особливостей вищої нервової діяльності у дітей використовувалася методіка М. В. Макаренка на комп'ютерному комплексі «Діагност-1». Оцінювалися: функціональна рухливість нервових процесів

(ФРНП), сила нервових процесів (СНП) та властивість нервових процесів (ВНП). Для виявлення індивідуальних властивостей сенсомоторних реакцій різного ступеню складності визначали періоди простої (ПЗМР,) складні реакції вибору одного (РВ 1-2) і двох (РВ2-3) трьох сигналів та працездатність головного мозку (ПГМ). Працездатність головного мозку розраховували за формулою:

$$\text{кількість помилок/кількість сигналів} * 100\%.$$

Результат оцінювався за кращим значенням середнього часу латентного періоду [15].

Систематизація отриманих цифрових даних виконана за допомогою таблиць Microsoft Excel, для статистичної обробки використано пакет STATISTICA 10.0., відмінності між показниками вважалися вірогідними при  $p < 0,05-0,01$ .

### Результати та їх обговорення

У ході дослідження було встановлено, що  $32,58 \pm 2,98\%$  дітей 5-7 років малий високий рівень слухової пам'яті і  $28,16 \pm 2,86\%$  – зорової пам'яті, порівняно з низьким та середнім. При цьому серед дітей п'ятирічного віку високий рівень слухової та зорової пам'яті встановлено у  $18,18 \pm 2,46\%$  та  $23,26 \pm 2,69\%$  випадках відповідно.

У дітей 6 та 7 років реєструвалися вищі показники як слухової так і зорової пам'яті, а саме: у дітей шести років високий рівень слухової пам'яті зустрічається у  $34,86 \pm 3,04\%$  випадках, а зорової – у  $31,67 \pm 2,97\%$  обстежених. Серед осіб семирічного віку  $30,19 \pm 2,93\%$  мали високий рівень зорової пам'яті та підвищення рівня слухової пам'яті у  $39,62 \pm 3,11\%$ . Результати нашого дослідження співпадають з результатами досліджень Р. С. Моргунової-Трубникової (1977), яка зосереджувала увагу на тому, що процесу запам'ятовування сприяє більш вибіркоче функціонування різних відділів мозку, зростає взаємозв'язок нейронної інтеграції, що приймає участь у сприйнятті [16].

Результати досліджень дозволили розподілити дітей за рівнями об'єму зорової та слухової пам'яті залежно від віку та статі (рис. 1 та рис. 2).

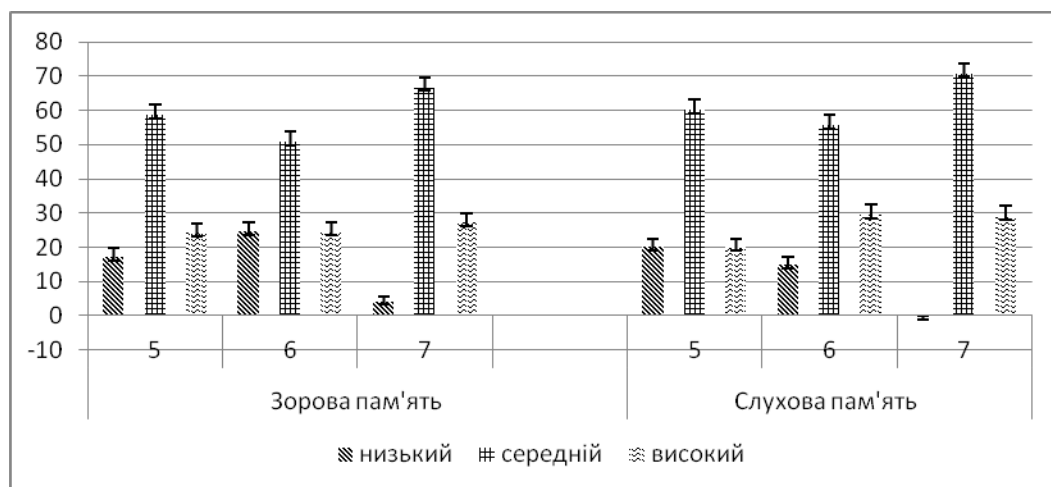
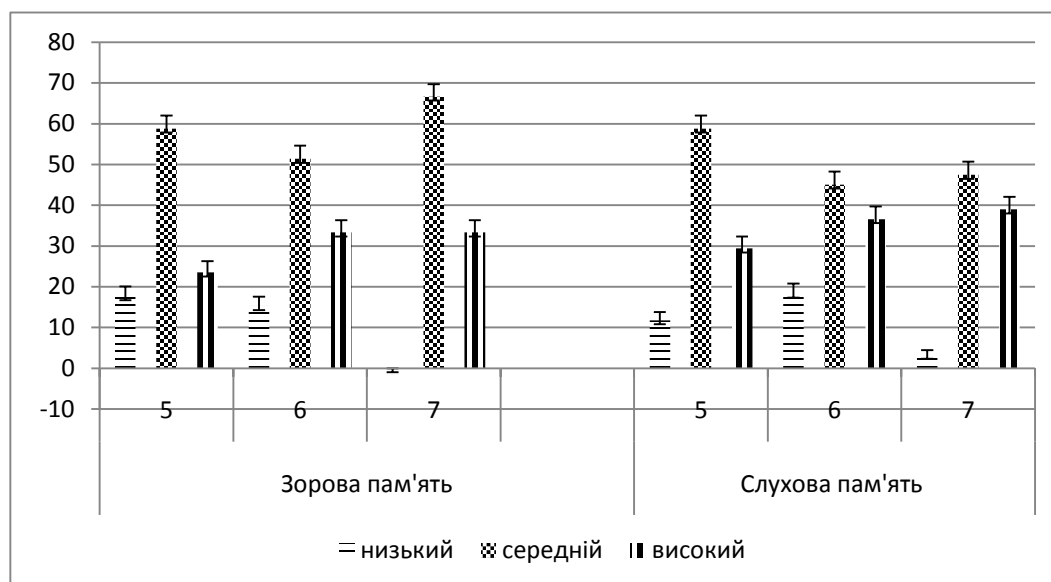


Рис. 1. Розподіл хлопчиків 5, 6 та 7 років за рівнями зорової та слухової пам'яті (%).



**Рис. 2.** Розподіл дівчаток 5, 6 та 7 років за рівнями зорової та слухової пам'яті (%).

Порівняльний аналіз розподілу дітей за рівнями слухової та зорової пам'яті дозволив встановити відсутність вірогідних відмінностей за статевими та віковими особливостями у дітей 5, 6 та 7 років, проте цікавим залишається динаміка розвитку зорової та слухової пам'яті у дітей різного віку та статі.

Серед хлопчиків п'ятирічного віку питома вага групи дітей високого рівня зорової пам'яті є більшою ( $24,14 \pm 2,73\%$ ), порівняно зі слуховою ( $20,00 \pm 2,55\%$ ). Натомість у групі дівчаток реєструвалася перевага високого рівня об'єму слухової пам'яті ( $29,41 \pm 2,90\%$ ) порівняно із зоровою ( $23,53 \pm 2,70\%$ ).

Необхідно відмітити, що з шестирічного віку як у хлопчиків, так і у дівчаток реєструвався високий рівень слухової пам'яті ( $29,51 \pm 2,90\%$ ;  $36,62 \pm 3,07\%$  відповідно) порівняно із зоровою ( $24,59 \pm 2,75\%$ ;  $33,33 \pm 3,00\%$  відповідно).

У дівчаток семирічного віку низький рівень зорової пам'яті становив ( $0,00 \pm 0\%$ ), а у хлопчиків низький рівень слухової пам'яті ( $0,00 \pm 0\%$ ).

Цей факт можна пояснити тим, що фізіологічні процеси розвитку у дівчаток відбуваються швидше, ніж у хлопчиків, тому зорова пам'ять переходить у слухову пам'ять, натомість у хлопчиків когнітивні процеси відбуваються ще за рахунок зорового сприйняття [17].

Відповідно до мети дослідження необхідно було з'ясувати чи існують особливості формування нейродинамічних властивостей дітей дошкільного та молодшого шкільного віку з різним рівнем зорового та слухового сприйняття.

Вивчення психофізіологічних показників у дітей за віком дозволило встановити статистичну значущість відмінностей нейродинамічних функцій за всіма показниками ( $p < 0,05-0,01$ ).

Так, діти п'ятирічного віку мали вірогідно нижчі показники, ніж діти 6 та 7 років. У дітей молодшого шкільного віку спостерігався розвиток «швидкісних» показників нейродинамічних функцій та розвиток сенсомоторної системи порівняно з дітьми дошкільного віку (табл.1).

Таблиця 1

Основні показники властивостей нейродинамічних функцій у дітей різного віку, (M±m)

Вік, роки	Показники		
	ПЗМР	РВ 1-3	РВ 2-3
5	529,00±28,51*# t=2,99	678,42±21,01*# t=6,06	813,74±31,94*# t=4,33
6	475,81±10,01# t=2,16	617,04±9,24#& t=2,86	730,28±11,85#& t=2,88
7	445,05±13,46*	539,70±11,6*#& t=5,22	676,70±15,04*#& t=2,82

Примітка:

\* – статистично значущі різниці за всіма показниками нейродинамічних функцій у дітей 5-ти та 7-ми років ( $p < 0.05-0,01$ );

# – вірогідна різниця за всіма показниками нейродинамічних функцій у дітей 6-ти та 7-ми років ( $p < 0.05$ );

& – вірогідна різниця за показниками РВ 1-3 та РВ 2-3 у дітей 6-ти та 7-ми років ( $p < 0.05-0,01$ ).

В результаті дослідження сенсомоторних реакцій було встановлено вірогідні відмінності за показником ПЗМР між хлопчиками та дівчатками 5-7 років (496,16±15,31 мс; 452,37±7,26 мс) ( $t=2,74$ ;  $p < 0,01$ ) (табл. 2). Це можна пояснити тим, що дівчатка випереджають хлопчиків у психофізіологічному розвитку [18]. Також були проаналізовані інші нейродинамічні показники у хлопчиків та дівчаток, проте значних відмінностей між показниками індивідуально-типологічних властивостей виявлено не було. Оскільки дівчатка та хлопчики п'ятирічного віку не відрізняються вірогідно за нейродинамічними показниками від дітей 6 та 7 років, можемо говорити лише про тенденції. Так у дівчаток 5-7 років латентні періоди ПЗМР, РВ1-3. РВ 2-3 є коротшими та СНП, ФРНП є вищими на відміну від хлопчиків цього ж віку.

Таблиця 2

Показники властивостей нейродинамічних функцій між хлопчиками та дівчатками 5, 6 та 7 років, (M±m)

Вік, роки	Стать	Показники					
		ПЗМР, мс	РВ 1-3, мс	РВ 2-3, мс	СНП, %	ФРНП, сигн./хв	ПГМ, %
5-7 років	Хл	496,16 ±15,31#	611,23 ±11,86	738,94 ±14,42	35,60 ±1,25	35,83 ±1,11	35,36 ±1,19
	Д	452,37 ±7,26	587,62 ±10,27	706,46 ±12,77	33,80 ±1,15	37,79 ±0,99	33,69 ±1,11

Примітка: # - вірогідна різниця за показником сенсомоторного реагування у підрежимі ПЗМР між хлопчиками та дівчатками 5-7 років ( $p < 0,01$ ).

За показником РРО була встановлена достовірна відмінність процесів збудження у дітей п'ятирічного віку (152,02±26,48 мс) порівняно з дітьми семирічного віку (86,83±5,39 мс), при ( $t=3,62$ ;  $p < 0,05$ ), оскільки середній час реакцій випередження у них



більше, ніж запізнення, що характерно для їх віку [18]. Статеві відмінності фіксувалися у не достовірно більшому ( $p>0,05$ ) середньому часі відхилення у хлопчиків порівняно з дівчатками, що свідчить про тенденцію до нестабільності нервової системи у дівчаток за усіма досліджуваними віковими групами.

Дослідження нейродинамічних функцій за віковими та статевими відмінностями дають підстави розглядати та аналізувати результати отриманих даних з різним рівнем зорової та слухової пам'яті у дітей 5-7 років.

Діти з низьким рівнем зорової пам'яті характеризувалися нижчими значеннями ФРНП ( $33,81\pm 2,25$  с.), тобто час виконання тестового завдання з диференціюванням позитивних та гальмівних сигналів, представлених у режимі нав'язливого ритму був найменшим. У обстежуваних з середнім рівнем він становив –  $37,82\pm 0,99$  с., а у групі з високим рівнем –  $36,72\pm 1,47$  с. Аналіз показників ФРНП показав, що існують статистично вірогідні різниці між показниками груп з низьким та середнім рівнем зорової пам'яті ( $t=2,23$ ,  $p<0,05$ ).

При дослідженні СНП та ПГМ було встановлено, що діти з низьким рівнем зорової пам'яті характеризуються нижчими показниками сили нервових процесів та ПГМ, ніж діти високого рівня ( $38,56\pm 2,17\%$ ;  $38,29\pm 2,17\%$  та  $34,74\pm 1,46\%$ ;  $34,53\pm 1,38\%$  відповідно).

Між середнім значенням СНП ( $33,50\pm 1,15\%$ ) середнього рівня та низьким рівнем ( $38,56\pm 3,10\%$ ) зорової пам'яті ці відмінності були статистично достовірними ( $t=2,46$ ,  $p<0,05$ ). Для обстежуваних з низьким та високим, середнім та високим рівнями зорової пам'яті достовірної різниці не виявлено ( $p>0,05$ ).

Подібна закономірність зустрічається за показником ПГМ, а саме: встановлено вірогідну достовірність між низьким та середнім рівнями зорової пам'яті ( $38,28\pm 2,17\%$  та  $33,37\pm 1,11\%$  відповідно) ( $t=2,71$ ,  $p<0,05$ ) Натомість між низьким та високим, середнім та високим рівнями зорової пам'яті достовірної різниці не було встановлено ( $p>0,05$ ).

Аналіз результатів сенсомоторного реагування на розумові навантаження різного ступеня складності у дітей дошкільного та молодшого шкільного віку з різним рівнем зорової пам'яті, показав, що обстежувані з високим рівнем мали нижчі значення латентних періодів ПЗМР, РВ1-2, РВ2-3, ніж діти з середнім та низьким рівнем. Так, для дітей з низьким рівнем зорової пам'яті латентні періоди сенсомоторного реагування були такими: для ПЗМР –  $487,35\pm 21,37$  мс, РВ1-3 –  $600,00\pm 15,19$  мс, РВ2-3 –  $745,17\pm 21,43$  мс. У обстежуваних з середнім рівнем зорової пам'яті вони становили: для ПЗМР –  $482,24\pm 11,52$  мс, РВ1-3 –  $608,39\pm 11,59$  мс, РВ2-3 –  $722,69\pm 13,61$  мс, а у дітей з високим рівнем зорової пам'яті – ПЗМР –  $445,09\pm 12,59$  мс, РВ1-3 –  $579,58\pm 12,99$  мс, РВ2-3 –  $707,29\pm 17,27$  мс. При порівнянні значень сенсомоторних реакцій між групами обстежених з різним рівнем зорової пам'яті виявлена відсутність статистично значимих різниць у показниках досліджуваних реакцій, окрім ПЗМР між середнім та високим рівнем зорової пам'яті ( $t=42,06$ ,  $p<0,05$ ).

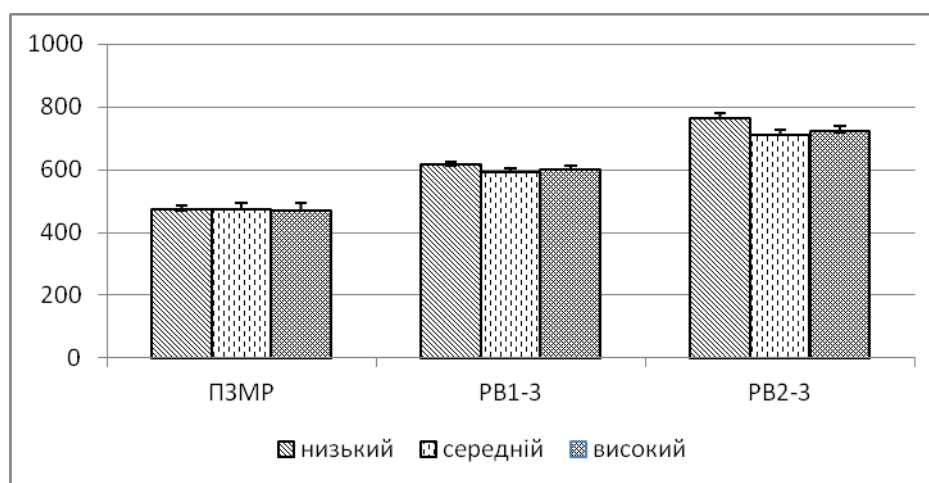
На наступному етапі дослідження було проаналізовано нейродинамічні показники у дітей 5-7 років з різним рівнем слухової пам'яті. Діти з високим рівнем слухової пам'яті характеризувалися вищими значеннями ФРНП ( $37,12\pm 1,36$  сигн./хв.). У обстежених з середнім рівнем він становив  $36,84\pm 0,96$  сигн./хв., а у групі з низьким рівнем –  $36,47\pm 2,26$  сигн./хв. Оскільки аналіз показників ФРНП встановив, що не існує статистично вірогідної різниці між показниками груп ( $p>0,05$ ), то можемо говорити лише про тенденцію, яка вказує на найменший час виконання тестового завдання з диференціюванням позитивних а гальмівних сигналів, представлених у режимі нав'язливого ритму у дітей з низьким рівнем слухової пам'яті на відміну від середнього та високого рівнів.

Продовжуючи аналіз результатів нашого дослідження за наступними показниками будемо говорити лише про тенденцію, оскільки вірогідної відмінності не було встановлено ( $p > 0,05$ ).

Результати дослідження СНП у дітей 5-7 років з різним рівнем слухової пам'яті демонструють найкращі показники у дітей з високим рівнем слухової пам'яті та становить  $32,78 \pm 1,64\%$ , порівняно з низьким та середнім ( $36,68 \pm 3,07\%$ ;  $34,90 \pm 3,04\%$  відповідно).

Аналіз результатів ПГМ у групі з високим рівнем слухової пам'яті також є вищим ( $32,76 \pm 1,59\%$ ) порівняно з низьким та середнім ( $37,73 \pm 2,12\%$ ;  $34,81 \pm 1,00\%$  відповідно).

За даними результатів сенсомоторного реагування на розумові навантаження різного ступеня складності дітей 5-7 років з різним рівнем слухової пам'яті було зафіксовано, що обстежувані з високим рівнем слухової пам'яті мали коротші латентні періоди ПЗМР, РВ1-3, РВ2-3, ніж діти з середнім та низьким рівнем (рис. 3).



**Рис. 3.** Сенсомоторна реактивність на розумові навантаження різного ступеня складності у дітей 5-7 років з низьким, середнім та високим рівнем слухової пам'яті (мс).

### Висновки

1. У дітей 6-ти та 7-ми років було зафіксовано найвищий показник слухової пам'яті на відміну від дітей 5-ти років, у яких розвиток пізнавальних процесів здійснювався ще за рахунок зорового сприйняття. Також у дівчаток 5-7 років процес формування від зорового до зорово-слухового та слухового процесу сприйняття відбувався швидше на відміну від хлопчиків.
2. Діти 5-ти річного віку відрізнялися довшими показниками латентних періодів, що були отримані під час сенсомоторного реагування різного ступеня складності та нижчими результатами СНП, ФРНП, ПГМ під час розумового навантаження на відміну від дітей 6-ти та 7-ми років. Подібна тенденція спостерігалась також серед хлопчиків 5-7 років порівняно з дівчатками даної вікової категорії.
3. Зафіксовано показники, що характеризували нестабільність нервової системи у дітей п'ятирічного віку порівняно з семирічним віком, що є характерним для їх віку. Також у дівчаток невраїноваженість нервових процесів проявлено у більшій мірі, порівняно з хлопчиками.

4. За результатами нейродинамічних показників було встановлено, що кращі показники СНП, ФРНП, ПГМ та коротші латентні періоди ПЗМР, РВ1-3, РВ2-3 були отримані у осіб з високим рівнем зорового та слухового сприйняття.

Отже, результати дослідження ще раз підтверджують важливість диференційованого підходу до дітей з різним видом сприйняття під час освітнього процесу, оскільки високий рівень слухового сприйняття характеризується кращим розвитком сенсомоторних систем та нейродинамічних функцій.

Тому можемо припустити, що урахування психофізіологічних показників під час освітнього процесу є головним критерієм з метою запобігання дезадаптаційних змін та їх впливу на організм в цілому.

### Список використаної літератури

1. Савченко. О. Я. Типові освітні програми для закл. заг. серед. освіти, розроблені під керівництвом О. Я. Савченко, 1-2 класи, 3-4 класи / Уклад. А. В. Лотоцька. Харків: Вид-во «Ранок», 2020. 240 с.
2. Куценко Т.В. Стан властивостей психофізіологічних функцій у дітей молодшого шкільного віку: Автореф. дис...канд. біол. наук Київ, 2000. 18 с.
3. Куценко Т. В., Чайченко Г.М. Стан властивостей психофізіологічних функцій у дітей старшого дошкільного та молодшого шкільного віку і вплив на них соціальної ізоляції // *Фізіологічний журнал*. 1999. Т.45, №5. С. 100-106.
4. Макаренко Н. В. Психофизиологические функции человека и операторский труд. Киев: Наукова думка, 1991. 216 с.
5. Макаренко М. В. Методика проведення обстежень та оцінки індивідуальних нейродинамічних властивостей вищої нервової діяльності людини. // *Фізіол. журн.* 1999. Т.45, №4. С. 123-131.
6. Макаренко Н. В. Теоретические основы и методики профессионального психофизиологического отбора военных специалистов. Киев: НИИ проблем военной медицины Украинской военно-медицинской академии, 1996. 336 с.
7. Lyzohub, V. S., Chernenko N. P., Kozhemiako T. V., Palabiyik A. A., Bezcopylna S. V. Age peculiarities of interaction of motor and cognitive brain systems while processing information of different modality and complexity. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2019, 10(3), 288–294. DOI:10.15421/021944
8. Немов Р. С. Общая психология в 3 т. Том II в 4 кн. Книга I. Ощущения и восприятие : учебник и практикум для вузов / Р. С. Немов. 6-е изд., перераб. и доп. Москва: Издательство Юрайт, 2020. 302 с.
9. Лурия А. Р. Язык и сознание. Под редакцией Е. Д. Хомской. Изд-во МГУ, 1979. 320 с.
10. Hillyard S.A., Mangun G.R., Woldorff M. et al. Neural mechanisms mediating selective attention. *The Cognitive Neuroscienc. Ed. Gazzaniga M.S. Cambridge MA.: MIT Press*. 1995. P. 56-72.
11. Broggin E., Savazzi S., Marzi C. A. Similar effects of visual perception and imagery on simple reaction time Q.J. *Exp. Psychol. (Hove)*. 2012, V, 65. Issue 1. 151. DOI: 10.1080/17470218.2011.594896
12. Levy-Tzedek S., Hanassy S., Abboud S. et al. Fast, accurate reaching movements with a visual-to-auditory sensory substitution device. *Restorative neurology and neuroscience*. 2012, V, 30(4), 313. DOI:10.3233/RNN-2012-110219
13. Павелків Р. В. Вікова психологія : підруч. [для студ. вищ. навч. закладів] / Р. В. Павелків. К. : Кондор, 2011. 468 с.
14. Артемьева В. Диагностика и коррекция развития младшего школьника. Казань: Отечество, 2013. 157с.
15. Макаренко М. В., Лизогуб В.С. Онтогенез психофізіологічних функцій людини. Черкаси, Вертикаль, 2011. 256 с.
16. Трубникова-Моргунова Р. С. Сопоставление продуктивности запоминания со свойством силы нервной системы // *Проблемы дифференциальной психологии*. М., 1977. С. 56-71.
17. Фарбер Д. А., Семенова Л. К., Алферова В. В. и др. Структурно-функциональная организация развивающегося мозга. Л.: Наука, 1990. 198 с.
18. Дубровинская Н. В., Фарбер Д. А., Безруких М. М. Психофизиология ребенка: психофизиологические основы детской валеологии: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: ВЛАДОС. 2000. 1444 с.

### References

1. Savchenko O. Ya. (2020). Typical educational programs for schools. head among. education, developed under the guidance of O. Ya. Savchenko, 1-2 classes, 3-4 classes. Kharkiv: Vyd-vo «Ranok. 240 (in Ukr.).
2. Kutsenko T.V. (2000). The state of properties of psychophysiological functions in children of primary school age: dissertation abstract.. biol. Sciences. Kyiv. 18. (in Ukr.)

3. Kutsenko T. V. & Chaichenko H. M. (1999). The state of properties of psychophysiological functions in children of senior preschool and primary school age and the impact of social isolation on the. *Fiziolohichnyi zhurnal [Physiological Journal]*. 45(5). 100-106 (in Ukr.).
4. Makarenko N. V. (1991). *Psykhofyziolohicheskye funktsyy cheloveka y operatorskyi trud [Psychophysiological functions of a person and operator work]*. Kyev: Naukova dumka (in Ukr.).
5. Makarenko M. V. (1999). The methodology for conducting the obstezhenie and assessment of individual neurodynamic powers of the entire nervous activity of a person. *Fiziol. zhurn. [Fiziolohichnyi zhurnal]*. 45, (4). 123-131 (in Ukr.).
6. Makarenko N. V. (1996). Theoretical foundations and methods of professional psycho-physiological selection of military specialists. Kyev: NYU problem voennoi medytsyny Ukraynskoï voenno-medytsynskoi akademyy. 336 (in Ukr.).
7. Lyzohub, V. S., Chernenko, N. P., Kozhemiako, T. V., Palabiyik, A. A., & Bezcopylna, S. (2019). Age peculiarities of interaction of motor and cognitive brain systems while processing information of different modality and complexity. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 10(3), 288–294. DOI:10.15421/021944
8. Nemov R. S. (2020). General psychology in 3 volumes. Volume II in 4 books. Book 1. Sensations and perception: textbook and workshop for universities. Moskva: Yzdatelstvo Yurait. 302 (in Rus).
9. Luryia A. R. (1979). Language and consciousness. Pod redaktsyei E.D. Khomskoi. Yzd-vo MHU. 320 (in Rus).
10. Hillyard S.A., Mangun G.R. & Woldorff M. (1995). Neural mechanisms mediating selective attention. *The Cognitive Neuroscience*. Ed. Gazzaniga M.S. Cambridge MA.: MIT Press. 56-72.
11. Broggin E., Savazzi S., & Marzi C. A. (2012). Similar effects of visual perception and imagery on simple reaction time Q.J. *Exp. Psychol. (Hove)*. 65 (1). 151.
12. Levy-Tzedek S., Hanassy S., & Abboud S. (2012). Fast, accurate reaching movements with a visual-to-auditory sensory substitution device. *Restorative neurology and neuroscience*. 30(4), 313.
13. Pavelkiv R. V. (2011). Age psychology: textbook. [for students. higher textbook institutions]. Kyiv. : Kondor. 468 (in Ukr.).
14. Artemeva V. (2013). Diagnostics and correction of the development of a younger student. Kazan: Otechestvo. 157 (in Rus).
15. Makarenko M. V. & Lyzohub V.S. (2011). Ontogenesis of psychophysiological functions of man. Cherkasy, Vertykal. 256 (in Ukr.).
16. Trubnykova R. S. (1971). On the question of the relationship between memorization of different volumes and content of material with the strength of the nervous system]. 4-y Vsesoiuzn. s'ezd ob-va psykhol. 634 Tbylysy (in Rus).
17. Farber D. A., Semenova L. K. & Alferova V. V. (1990). Structural and functional organization of the developing brain. Leningrad: Nauka (in Rus).
18. Dubrovynskaia N. V., Farber D. A. & Bezrukykh M. M. (2000). Psychophysiology of the child: psychophysiological foundations of children's valueology: textbook. allowance for students. higher textbook establishments. Moskva: VLADOS. 1444 (in Rus).

***I. O. Kalynychnko, A. S. Kolesnyk Features of Neurodynamic and Psychophysiological Functions of Children with Different Levels of Visual and Auditory Perception 5-7 Years Old***

***Introduction.*** The period from 5 to 7 years attracts special attention from scientists, as it is a sensitive and critical stage of individual development of the child's body.

*Most domestic and foreign scholars emphasize the need of selecting the content, forms and methods of teaching in accordance with age and gender. However, the peculiarity of the study is that during training should also take into account the psycho-physiological and neurodynamic characteristics of the development of participants in the educational process and adjust teaching methods based on them for more effective perception of certain information by children.*

*The formation of visual and auditory perception for children 5-7 years, as an indicator of readiness, is one of the main cognitive functions, which is formed due to interanalytic complexes of nerve connections and maturity of the cerebral cortex.*

*Therefore, significant attention should be paid to the invariant and variable component of the "New Ukrainian School" of the Standard curriculum of general secondary education for grades 1-2 and preschools, developed under the leadership of O. Savchenko [1], for improving cognitive development and prevention of maladaptation changes in the body during training.*

***Purpose.*** The aim is to study the features of neurodynamic and mental functions of children of preschool and primary school age with different levels of visual and auditory perception.

**Methods.** The observation was carried out on children aged 5-7 of two educational institutions "Secondary schools of I degrees - preschool educational institutions" № 41 and №42 of Sumy (n = 246).

The method of assessment of auditory memory "Learning 10 words" (A.R. Luria, 1973) for informative study of memory was chosen. Determination of the volume of visual random memory was performed according to the method of Shipitsyna LM.

M.V. Makarenko's method on the computer complex "Diagnost-1" was used to determine individual-typological features of higher nervous activity of children.

**Results.** The highest rate of auditory memory was recorded for children aged 6 and 7 years, in contrast to children aged 5 years, in whom the development of cognitive processes was carried out through visual perception. Children 5 years of age had longer latent periods obtained during sensorimotor response of varying complexity and lower results of SNP, FRNP, PGM during mental stress in contrast to children 6 and 7 years.

A similar trend was also observed among boys aged 5-7 compared to girls in this age group.

According to the results of neurodynamic studies, it was found that the best values of SNP, FRNP, PGM and shorter latent periods of SVMR, RC1-2, RC1-3, RC2-3 were obtained for individuals with high levels of visual and auditory perception.

**Originality.** The idea of neurodynamic and psychophysiological functions of children 5-7 years with different levels of visual and auditory perception is expanded.

**Conclusions.** The importance of psychophysiological and neurodynamic functions of children 5-7 years with different levels of visual and auditory perception to prevent maladaptation in the educational process was substantiated.

**Key words:** children; cognitive development; functional mobility of nervous processes; strength of nervous processes; sensorimotor systems.

Одержано редакцією 15.12.2021

Прийнято до публікації 18.04.2022

УДК 633.31/37:631.95: 631.811.98: 581.132  
DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2022-1-22-33

**Коробко Олександр Олександрович**

кандидат сільськогосподарських наук, викладач  
Черкаський національний університет імені Б. Хмельницького  
[a.korobko1990@gmail.com](mailto:a.korobko1990@gmail.com)

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4111-9003>

**Білоножко Володимир Якович**

доктор сільськогосподарських наук, професор  
Черкаський національний університет імені Б. Хмельницького  
[bilonogko1952@gmail.com](mailto:bilonogko1952@gmail.com)

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7833-5693>

**Кухнюк Оксана Володимирівна**

доктор філософії, викладач кафедри природничих дисциплін  
Черкаська медична академія  
[oksana.kuh@ukr.net](mailto:oksana.kuh@ukr.net)

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2140-1084>

**Манзій Олена Павлівна**

кандидат економічних наук, доцент  
Уманський державний педагогічний університет імені П. Тичини  
[o.manzii@ukr.net](mailto:o.manzii@ukr.net)

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1867-7362>

**Титаренко Лариса Миколаївна**

кандидат педагогічних наук, доцент  
Черкаський національний університет імені Б. Хмельницького  
[lorik.eco@gmail.com](mailto:lorik.eco@gmail.com)

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5557-160X>

## ОЦІНКА ДІЇ ГЕРБІЦИДУ І БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ НА ПЛОЩУ ЛИСТКОВОЇ ПОВЕРХНІ ТА УРОЖАЙНІСТЬ НУТУ

*У статті наведено результати з дослідження впливу різних норм гербіциду Панда, регулятора росту рослин Стимпо і мікробного препарату Ризобофіт на формування площі листкової поверхні та урожайності посіву нуту сорту Пам'ять та його врожайності. В результаті проведених досліджень встановлено найбільш ефективне поєднання препаратів, що забезпечує істотне збільшення фотосинтетичної поверхні листків і як наслідок зернової продуктивності посіву нуту.*

**Ключові слова:** нут; площа листкової поверхні; гербіцид; регулятор росту рослин; мікробний препарат.

### Постановка проблеми. Аналіз останніх публікацій

У процесі дослідження продуктивності посівів бобових культур науковці звертають увагу на низку особливостей росту рослин, якими визначається урожайність [1]. Одним із важливих морфометричних показників є площа листкового апарату. Як правило, зростання площі листків забезпечує формування високопродуктивних посівів, проте інтенсивність наростання листкового апарату може визначатись використанням гербіцидів і біологічних речовин [2].

Разом з дією на бур'яни у посівах нуту, гербіциди можуть мати і негативний вплив на культурні рослини. Проте, вченими доведено, що використання регуляторів росту рослин у бакових сумішах з гербіцидами [2, 3] та на фоні застосування мікробних препаратів [4, 5, 6] забезпечує підвищення стійкості культурних рослин до стресових чинників і сприяє активізації ростових процесів, у тому числі й наростанню листкового

апарату. В низці публікацій відмічається синергічний ефект від застосування біологічних препаратів на фоні внесення гербіцидів [7 – 9]. Проте в посівах нуту комплексна дія гербіцидів, регуляторів росту рослин та мікробних препаратів не вивчалася.

**Мета.** З'ясувати вплив різних норм гербіциду Панда, внесених окремо та по фоні обробки насіння біологічними препаратами – регулятором росту рослин Стимпо і мікробним препаратом Ризобофіт, на формування площі листової поверхні та врожайності посіву нуту сорту Пам'ять.

### Матеріали та методи дослідження

Експериментальну частину роботи виконано упродовж 2015 – 2017 рр. у польових умовах навчально-виробничого відділу та науково-дослідної лабораторії кафедри мікробіології, біохімії і фізіології рослин Уманського національного університету садівництва. Схема досліду включала варіанти з використанням гербіциду Панда в нормах 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 л/га (діюча речовина – пендиметалін [10] ) окремо і по фоні обробки насіння – регулятором росту рослин (PPP) Стимпо у нормі 0,025 л/т (комплекс біологічно-активних сполук [11] ), мікробним препаратом (МБП) Ризобофіт у нормі 1,0 л/т (бактерії родини *Rhizobiaceae* штаму ST 282 [12] ) та сумішшю регулятором росту рослин Стимпо і мікробним препаратом Ризобофіт у тих же нормах у посівах нуту сорту Пам'ять [13, 14]. Площа облікової ділянки складала 42 м<sup>2</sup>, повторення досліду – триразове з систематичним розміщенням варіантів. Фактор А – вплив гербіциду Панда в різних нормах (3,0; 4,0; 5,0; 6,0 л/га), Фактор В – вплив біологічно активних речовин (регулятор росту рослин Стимпо (0,025 л/т) та мікробний препарат Ризобофіт (1,0 л/т).

Облік і дослідження дослідження площі листків та врожайності зерна – згідно методик, описаних З. М. Грицаєнко із співавторами [16]. Статистичну обробку результатів досліджень проводили за методами дисперсійного аналізу, викладеними Б. А. Доспеховим [17].

### Результати та їх обговорення

За результатами проведених досліджень встановлено, що площа листків рослин нуту варіювала як за роками, так і залежно від використання в досліді препаратів (табл. 1). Так, за самостійної дії гербіциду Панда в нормах 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 л/га у фазі п'яти листків у 2015 році площа листків рослин нуту зростала відносно контролю І на 11; 46; 3 і 3% відповідно [18, 20].

За внесення гербіциду в таких же нормах на фоні використання регулятора росту рослин Стимпо (0,025 л/т) площа листків рослин нуту зростала відносно до контролю І на 16; 51; 24 і 8%, а на фоні використання мікробного препарату Ризобофіт (1,0 л/т) – на 18; 43; 22 і 6% відповідно.

За комплексного використання для обробки насіння регулятором росту рослин Стимпо (0,025 л/т) і мікробного препарату Ризобофіт (1,0 л/т) та внесення по даному фоні гербіциду Панда в нормах 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 л/га площа листків у посівах нуту у фазі п'яти листків зростала відносно варіанту без застосування препаратів (контроль І) на 48; 70; 38 і 10% відповідно.

Аналогічна залежність формування листового апарату рослин нуту простежувалася і в 2016 та 2017 роках. Так, у 2016 році, за комплексного використання у посівах нуту мікробного препарату Ризобофіт (1,0 л/т) та регулятором росту рослин Стимпо (0,025 л/т) площа листового апарату рослин нуту зроста відносно контролю І на 33%.

За використання по даному фону гербіциду Панда в нормах 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 л/га рівень показника у 2016 році у фазі п'яти листків зріс на 42; 57; 18 і 7% відповідно.

У 2017 році за комплексного використання у посівах нуту мікробного препарату Ризобофіт (1,0 л/т) та регулятором росту рослин Стимпо (0,025 л/т) площа листового апарату рослин нуту зростає відносно контролю I на 44%. За використання по даному фону гербіциду Панда в нормах 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 л/га рівень показника у фазі п'яти листків перевищував контроль I на 63; 76; 30 і 21% відповідно.

Таблиця 1

Площа листового апарату нуту (тис.м<sup>2</sup>/га) залежно від дії гербіциду Панда, РРР Стимпо та МПБ Ризобофіт (фаза п'яти листків)

Гербіцид	Біологічний препарат	2015 р.	2016 р.	2017 р.
Без гербіциду	без біологічних препаратів (контроль I)	6,3	7,6	5,6
	без біологічних препаратів + ручні прополювання (контроль II)	7,2	8,7	5,8
	МПБ Ризобофіт 1,0 л/т	7,1	8,8	5,7
	РРР Стимпо 0,025 л/т	8,2	9,7	7,6
	МПБ Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т	9,9	10,1	8,1
Панда 3,0 л/га	без біологічних препаратів	7,0	7,9	5,7
	МПБ Ризобофіт 1,0 л/т	7,4	8,6	5,3
	РРР Стимпо 0,025 л/т	7,3	8,0	5,9
	МПБ Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т	9,3	10,8	9,1
Панда 4,0 л/га	без біологічних препаратів	9,2	9,6	7,9
	МПБ Ризобофіт 1,0 л/т	9,0	10,2	8,4
	РРР Стимпо 0,025 л/т	9,5	10,7	8,8
	МПБ Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т	10,7	11,9	9,8
Панда 5,0 л/га	без біологічних препаратів	6,5	7,7	5,7
	МПБ Ризобофіт 1,0 л/т	7,7	8,4	6,8
	РРР Стимпо 0,025 л/т	7,8	8,3	6,5
	МПБ Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т	8,7	9,0	7,3
Панда 6,0 л/га	без біологічних препаратів	6,5	7,5	5,9
	МПБ Ризобофіт 1,0 л/т	6,7	7,8	6,2
	РРР Стимпо 0,025 л/т	6,8	7,7	6,2
	МПБ Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т	6,9	8,1	6,8
	<i>НІР<sub>05</sub></i>	0,4	0,4	0,3

У фазі цвітіння нуту у 2015 році площа листового апарату за дії мікробного препарату Ризобофіт зростає відносно контролю I на 15%, за дії регулятора росту рослин Стимпо (0,025 л/т) – на 17%, а у варіанті сумісного застосування мікробного препарату Ризобофіт (1,0 л/т) і регулятором росту рослин Стимпо (0,025 л/т) – на 22% [18, 20]. За самостійної дії гербіциду Панда в нормах 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 л/га площа листків посіву нуту зростає відносно контролю I на 14; 38; 23 і 17% відповідно (табл. 1).



За внесення гербіциду в таких же нормах на фоні використання регулятора росту рослин Стимпо (0,025 л/т) площа листків рослин нуту зростала відносно контролю I на 31; 86; 51 і 33% фоні використання мікробного препарату Ризобофіт (1,0 л/т) – на 26; 58; 42 і 25% відповідно.

За комплексного використання для обробки насіння регулятора росту рослин Стимпо (0,025 л/т) і мікробного препарату Ризобофіт (1,0 л/т) та внесення по даному фону гербіциду Панда в нормах 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 л/га площа листків у посівах нуту зростала відносно варіанту без застосування препаратів (контроль I) на 44; 89; 76 і 37% відповідно. Аналогічна залежність формування листкового апарату нуту у фазі цвітіння простежувалася і в 2016 та 2017 роках. Так, у 2016 році, за комплексного використання у посівах нуту мікробного препарату Ризобофіт (1,0 л/т) сумісно з мікробним препаратом Стимпо (0,025 л/т) площа листкового апарату рослин нуту зростає відносно контролю I на 11%. За використання по даному фону гербіциду Панда в нормах 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 л/га рівень показника відповідно до контролю I у 2016 році зріс на 29; 67; 53 і 19%.

Таблиця 2

Площа листкового апарату нуту (тис. м<sup>2</sup>/га) залежно від дії гербіциду Панда, РРР Стимпо та МПБ Ризобофіт (фаза цвітіння)

Гербіцид	Біологічний препарат	2015 р.	2016 р.	2017 р.
Без гербіциду	без біологічних препаратів (контроль I)	31,8	37,2	29,6
	без біологічних препаратів + ручні прополювання (контроль II)	33,9	39,5	31,9
	МПБ Ризобофіт 1,0 л/т	36,4	38,2	35,8
	РРР Стимпо 0,025 л/т	37,1	39,4	38,3
	МПБ Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т	38,7	41,2	38,4
Панда 3,0 л/га	без біологічних препаратів	36,2	37,2	35,2
	МПБ Ризобофіт 1,0 л/т	40,2	41,4	39,2
	РРР Стимпо 0,025 л/т	41,6	44,5	40,2
	МПБ Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т	45,8	47,9	43,6
Панда 4,0 л/га	без біологічних препаратів	43,9	44,9	42,1
	МПБ Ризобофіт 1,0 л/т	50,2	51,1	49,1
	РРР Стимпо 0,025 л/т	59,2	60,5	56,9
	МПБ Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т	60,1	62,3	58,8
Панда 5,0 л/га	без біологічних препаратів	39,2	40,4	38,2
	МПБ Ризобофіт 1,0 л/т	45,3	47,7	39,3
	РРР Стимпо 0,025 л/т	48,0	49,1	47,0
	МПБ Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т	55,9	56,9	54,5
Панда 6,0 л/га	без біологічних препаратів	37,1	39,2	35,9
	МПБ Ризобофіт 1,0 л/т	39,8	40,6	38,9
	РРР Стимпо 0,025 л/т	42,2	42,5	40,9
	МПБ Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т	43,7	44,4	42,6
	<i>НІР<sub>05</sub></i>	1,4	1,6	1,2

У 2017 році за комплексного використання у посівах нуту мікробного препарату Ризобофіт (1,0 л/т) та регулятора росту рослин Стимпо (0,025 л/т) площа листового апарату в рослин нуту зростає відносно контролю I на 30%. За використання по даному фону гербіциду Панда в нормах 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 л/га площа листків у відношенні до контролю I збільшилась на 47; 99; 84 і 44% відповідно.

Площа листків рослин нуту у фазі формування бобів у 2015 році (табл. 3.) за дії мікробного препарату Ризобофіт зростає відносно контролю I на 17%, за дії регулятора росту рослин Стимпо (0,025 л/т) – на 15%, а у варіанті сумісного застосування мікробного препарату Ризобофіт (1,0 л/т) і регулятора росту рослин Стимпо (0,025 л/т) – 28%.

Таблиця 3

Площа листового апарату нуту (тис.м<sup>2</sup>/га) залежно від дії гербіциду Панда, РРР Стимпо та МПБ Ризобофіт (фаза формування бобів)

Гербіцид	Біологічний препарат	2015 р.	2016 р.	2017 р.
Без гербіциду	без біологічних препаратів (контроль I)	20,8	26,3	24,6
	без біологічних препаратів + ручні прополювання (контроль II)	21,9	26,9	26,4
	МБП Ризобофіт 1,0 л/т	24,4	34,9	26,6
	РРР Стимпо 0,025 л/т	23,9	30,4	26,5
	МБП Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т	26,6	28,4	27,4
Панда 3,0 л/га	без біологічних препаратів	23,7	29,7	26,3
	МБП Ризобофіт 1,0 л/т	29,8	32,2	27,8
	РРР Стимпо 0,025 л/т	29,2	31,5	26,3
	МБП Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т	35,9	37,3	32,7
Панда 4,0 л/га	без біологічних препаратів	31,2	32,5	29,1
	МБП Ризобофіт 1,0 л/т	35,6	38,7	40,2
	РРР Стимпо 0,025 л/т	36,8	37,5	29,3
	МБП Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т	39,4	41,4	38,8
Панда 5,0 л/га	без біологічних препаратів	29,2	31,6	37,4
	МБП Ризобофіт 1,0 л/т	30,6	35,7	29,3
	РРР Стимпо 0,025 л/т	29,7	30,6	28,5
	МБП Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т	36,4	38,9	33,7
Панда 6,0 л/га	без біологічних препаратів	26,9	27,4	23,9
	МБП Ризобофіт 1,0 л/т	27,5	28,2	26,6
	РРР Стимпо 0,025 л/т	25,8	27,9	26,8
	МБП Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т	35,7	36,8	31,6
	НІР <sub>05</sub>	0,5	0,9	0,6

За самостійної дії гербіциду Панда в нормах 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 л/га площа листків посівів нуту зростає відносно контролю I на 14; 50; 40 і 29% відповідно.

За внесення гербіциду у тих же нормах на фоні використання регулятора росту рослин Стимпо (0,025 л/т) площа листків рослин нуту зростає до контролю I на 40; 77;

43 і 24%, а на фоні використання мікробного препарату Ризобофіт (1,0 л/т) – на 43; 71; 47 і 32% відповідно.

За комплексного використання для обробки насіння регулятора росту рослин Стимпо (0,025 л/т) і мікробного препарату Ризобофіт (1,0 л/т) та внесення по даному фону гербіциду Панда в нормах 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 л/га площа листків у посівах нуту зростала відносно контроль І на 73; 89; 75 і 72% відповідно.

Аналогічна залежність формування листового апарату нуту у фазі формування бобів простежувалася і в 2016 та 2017 роках. Так, у 2016 році за комплексного використання у посівах нуту мікробного препарату Ризобофіт (1,0 л/т) та регулятора росту рослин Стимпо (0,025 л/т) площа листового апарату зростала відносно контролю І на 8%. За використання по даному фону гербіциду Панда в нормах 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 л/га рівень показника у 2016 році зріс на 42; 57; 48 і 40% відповідно [18, 20].

У 2017 році за комплексного використання у посівах нуту мікробного препарату Ризобофіт (1,0 л/т) сумісно з регулятором росту рослин Стимпо (0,025 л/т) площа листового апарату нуту зроста відносно контролю І на 11%, а за використання по даному фону гербіциду Панда в нормах 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 л/га – на 33; 58; 37 і 28% відповідно.

У середньому за три роки досліджень (рис. 1) за самостійної дії мікробного препарату Ризобофіт (1,0 л/т) у фазі п'яти листків площа листового апарату рослин нуту зроста відносно контролю І на 5% та на 3% – відносно контролю ІІ.

За самостійної дії РРР Стимпо (0,025 л/т) відносно контролю І площа збільшилася на 6% і на 5% – відносно контролю ІІ.

У варіантах сумісного застосування МПБ Ризобофіт (1,0 л/т) та РРР Стимпо (0,025 л/т) збільшення площі листків відносно контролів І і ІІ склало 10 і 9% відповідно.

У варіантах, де вносили лише гербіцид Панда в нормах 3,0; 4,0; 5,0 л/га, площа листків у фазі п'яти листків культури зроста відносно контролю І на 6; 37; 2%. За внесення гербіциду в таких же нормах на фоні використання регулятора росту рослин Стимпо (0,025 л/т) площа листків відносно контролю І збільшилась на 9; 49; 15 і 6%, а на фоні використання мікробного препарату Ризобофіт (1,0 л/т) – на 9; 42; 17 і 6%.

За внесення гербіциду Панда в нормах 3,0–4,0 л/га по фону сумісного використання МПБ Ризобофіт (1,0 л/т) і РРР Стимпо (0,025 л/т) площа листків нуту зроста відносно до контролю І на 49–66% та на 35–50% – до контролю ІІ, а за норм внесення 5,0 і 6,0 л/га на 28–11% – до контролю І та на 15% – до контролю ІІ за норми 5,0 л/га, за норми 6,0 г/га – була на рівні контролю ІІ.

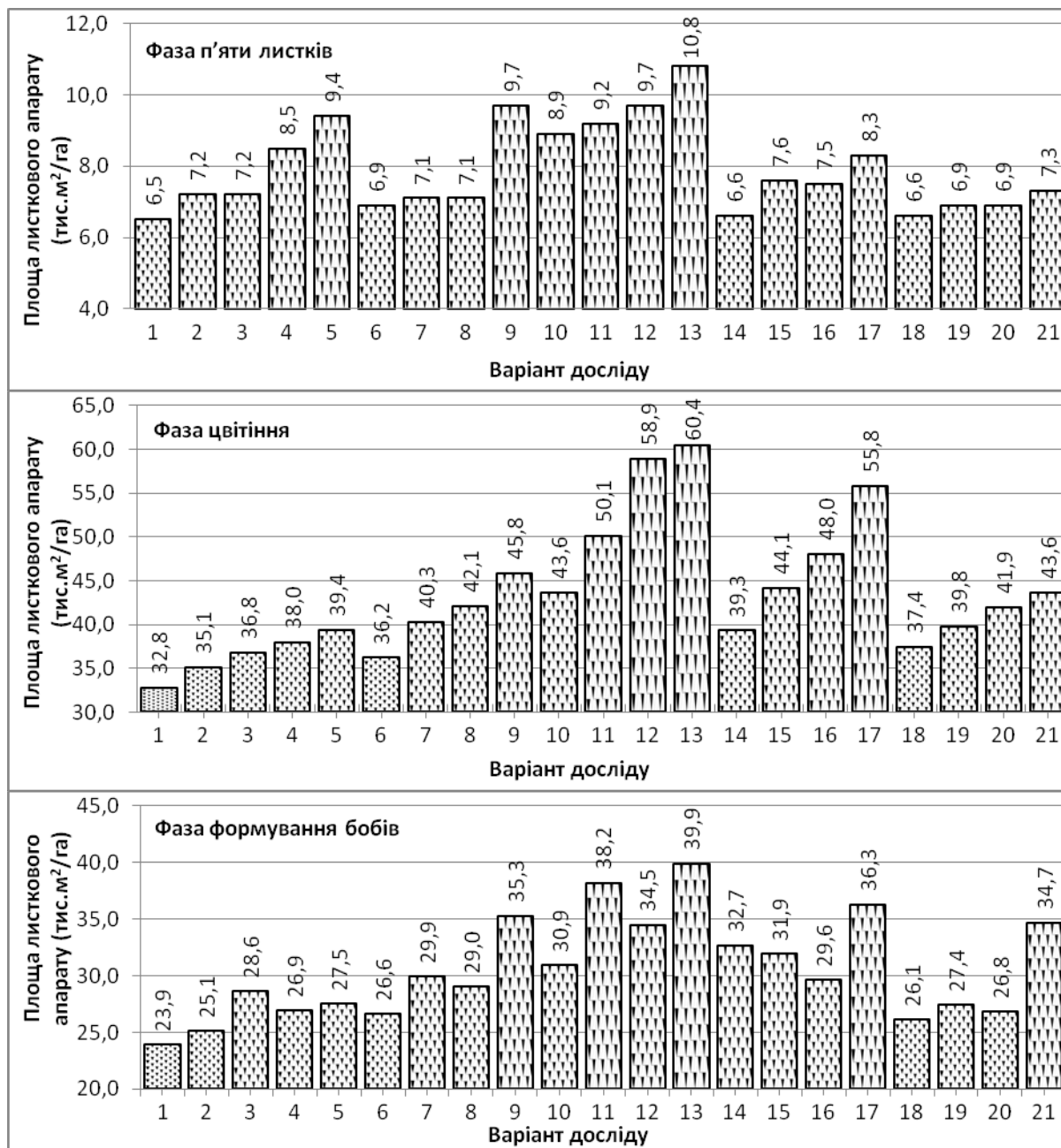
У фазі цвітіння, в середньому за три роки досліджень, площа листків нуту за дії мікробного препарату Ризобофіт зроста відносно контролю І на 12%, за дії регулятора росту рослин Стимпо (0,025 л/т) – на 16%, у варіанті сумісного застосування мікробного препарату Ризобофіт (1,0 л/т) і регулятора росту рослин Стимпо (0,025 л/т) – на 19%.

За самостійної дії гербіциду Панда в нормах 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 л/га площа листків посіву нуту зроста відносно контролю І на 10; 33; 20 і 14% відповідно.

За внесення гербіциду в таких же нормах на фоні використання регулятора росту рослин Стимпо (0,025 л/т) площа листків нуту зроста відносно до контролю І на 28; 80; 46 і 28%, а на фоні використання мікробного препарату Ризобофіт (1,0 л/т) – на 23; 53; 34 і 21% відповідно.

За комплексного використання для обробки насіння регулятора росту рослин Стимпо (0,025 л/т) і мікробного препарату Ризобофіт (1,0 л/т) та внесення по даному фону гербіциду Панда в нормах 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 л/га площа листків у посівах нуту

зростала відносно варіанту без застосування препаратів (контроль I) на 40; 84; 70 і 31% відповідно.



**Рис. 1.** Площа листового апарату нуту залежно від дії гербіциду Панда, РРР Стимпо та МПБ Ризобофіт (середнє за 2015–2017 рр.):

Примітка: 1. Без використання біологічних препаратів і гербіциду (контроль I); 2. Без використання біологічних препаратів і гербіциду + ручні прополювання упродовж вегетації (контроль II); 3. МБП Ризобофіт 1,0 л/т; 4. РРР Стимпо 0,025 л/т; 5. МБП Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т; 6. Панда 3,0 л/га; 7. Панда 3,0 л/га, МБП Ризобофіт 1,0 л/т; 8. Панда 3,0 л/га, РРР Стимпо 0,025 л/т; 9. Панда 3,0 л/га, МБП Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т; 10. Панда 4,0 л/га; 11. Панда 4,0 л/га, МБП Ризобофіт 1,0 л/т; 12. Панда 4,0 л/га, РРР Стимпо 0,025 л/т; 13. Панда 4,0 л/га, МБП Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т; 14. Панда 5,0 л/га; 15. Панда 5,0 л/га, МБП Ризобофіт 1,0 л/т; 16. Панда 5,0 л/га, РРР Стимпо 0,025 л/т; 17. Панда 5,0 л/га, МБП Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т; 18. Панда 6,0 л/га; 19. Панда 6,0 л/га, МБП Ризобофіт 1,0 л/т; 20. Панда 6,0 л/га, РРР Стимпо 0,025 л/т; 21. Панда 6,0 л/га, МБП Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т.

У фазі формування нуту бобів площа листкового апарату рослин в середньому за три роки досліджень за дії мікробного препарату Ризобофіт зростала відносно контролю I на 20%, за дії регулятора росту рослин Стимпо (0,025 л/т) – на 13%, а у варіанті сумісного застосування мікробного препарату Ризобофіт (1,0 л/т) і регулятора росту рослин Стимпо (0,025 л/т) – на 15%.

За самостійної дії гербіциду Панда в нормах 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 л/га площа листків нуту зростала відносно контролю I на 11; 29; 37 і 9% відповідно.

За внесення гербіциду в таких же нормах на фоні використання регулятора росту рослин Стимпо (0,025 л/т) площа листків рослин нуту зростала до контролю I на 21; 44; 24 і 12%, а на фоні використання мікробного препарату Ризобофіт (1,0 л/т) – на 25; 60; 33 і 15% відповідно.

За комплексного використання для обробки насіння регулятора росту рослин Стимпо (0,025 л/т) і мікробного препарату Ризобофіт (1,0 л/т) та внесення по даному фону гербіциду Панда в нормах 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 л/га площа листків у посівах нуту зростала відносно контроль I на 48; 67; 52 і 45% відповідно.

З вищенаведеного експериментального матеріалу можна узагальнити, що площа листкового апарату рослин нуту варіювала як за роками, так і залежно від використання в посівах різних норм гербіциду Панда, внесених як окремо так і на фоні обробки перед сівбою насіння біологічними препаратами, водночас можна констатувати певні закономірності у формуванні площі листкового апарату: у фазі п'яти листків культури більшу площу формували рослини у варіантах досліду за дії регулятора росту рослин Стимпо, що можна пояснити стимулюючим впливом препарату на проростання насіння та швидшою адаптацією рослин до умов середовища; починаючи з фази цвітіння, площа листкового апарату за дії мікробного препарату Ризобофіт і регулятора росту рослин Стимпо мали майже рівні показники, а у фазі формування бобів відмічалось збільшення площі за дії мікробного препарату Ризобофіт, що, очевидно, пов'язано з покращенням азотного живлення рослин [20].

У результаті дисперсійного аналізу встановлено, що у фазах п'яти листків та цвітіння культури на формування листків переважаючий вплив виявляв гербіцид Панда (54–56%), а регулятор росту рослин Стимпо і мікробного препарату Ризобофіт – 18–19%. У фазі утворення бобів дія досліджуваних факторів урівноважувалась і була в межах 33–34% кожного. Відчутною була взаємодія досліджуваних факторів –28–25%.

Аналогічна залежність спостерігалась і в рівнях показників урожайності нуту. Найвища врожайність у варіантах досліду була відмічена у 2016 р. Так, у варіанті без застосування препаратів (контроль I) урожайність нуту у 2016 р. склала 1,0 т/га, у той же час у 2015 і 2017 рр. урожайність нуту була нижчою і становила 0,91 і 0,88 т/га відповідно. Ці дані урожайності зерна за роками узгоджуються з показниками погодних умов, які найоптимальнішими для посівів нуту були в 2015 і 2016 рр [18, 20].

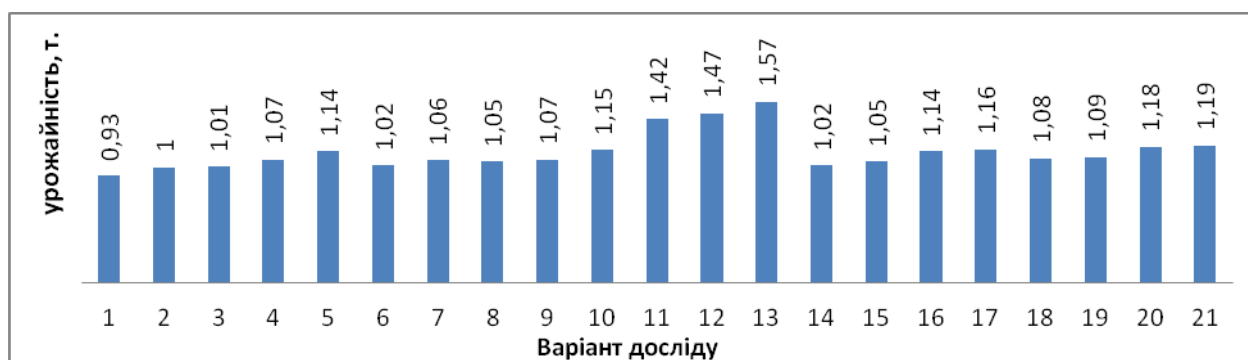
У середньому за три роки досліджень у варіантах без використання препаратів (контроль I) врожайність нуту становила 0,93 т/га. у варіанті з ручними прополюваннями (контроль II) – 1,0 т/га.

За самостійної дії мікробного препарату Ризобофіт відносно контролю I спостерігалось зростання врожайності культури на 9% та на 1% – відносно контролю II. За дії регулятора росту рослин Стимпо (0,025 л/т) зростання врожайності зерна нуту відносно контролів I і II складало 15% і 7%.

У варіантах з сумісним застосуванням мікробного препарату Ризобофіт (1,0 л/т) і регулятора росту рослин Стимпо (0,025 л/т) врожайність зерна нуту відносно контролів I і II зростала на 23% і 13% відповідно.

За дії гербіциду Панда 3,0 і 4,0 л/га врожайність нуту в середньому за роки досліджень зростала відносно контролю I на 10 і 24%.

За внесення 5,0 і 6,0 л/га врожайність зерна нуту зростала відносно контролю I на 10 і 16%. Деяке зниження урожайності, очевидно, пов'язане з пригнічуючим впливом на рослини нуту підвищених концентрацій ксенобіотика, про що в своїх дослідженнях констатують й інші вчені [12, 207]. За поєднання використання гербіциду Панда в нормах 3,0; 4,0; 5,0 і 6,0 л/га на фоні застосування мікробного препарату Ризобофіт урожайність нуту зростала до контролю I на 14; 53; 13 і 17%; на фоні регулятора росту рослин Стимпо – 13; 58; 23 і 27%; на фоні дії регулятора росту рослин Стимпо та мікробного препарату Ризобофіт – 15; 69; 25 і 28%.



**Рис. 2.** Урожайність зерна нуту сорту Пам'ять залежно від дії гербіциду Панда, РРР Стимпо і МБП Ризобофіт, т/га. (НІР<sub>05</sub> 2015=0,08; 2016=0,07; 2017=0,10).

Примітка: 1. Без використання препаратів (контроль I); 2. Без використання препаратів + ручні прополювання (контроль II); 3. МБП Ризобофіт 1,0 л/т; 4. РРР Стимпо 0,025 л/т; 5. МБП Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т; 6. Панда 3,0 л/га; 7. Панда 3,0 л/га, МБП Ризобофіт 1,0 л/т; 8. Панда 3,0 л/га, РРР Стимпо 0,025 л/т; 9. Панда 3,0 л/га, МБП Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т; 10. Панда 4,0 л/га; 11. Панда 4,0 л/га, МБП Ризобофіт 1,0 л/т; 12. Панда 4,0 л/га, РРР Стимпо 0,025 л/т; 13. Панда 4,0 л/га, МБП Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т; 14. Панда 5,0 л/га; 15. Панда 5,0 л/га, МБП Ризобофіт 1,0 л/т; 16. Панда 5,0 л/га, РРР Стимпо 0,025 л/т; 17. Панда 5,0 л/га, МБП Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т; 18. Панда 6,0 л/га; 19. Панда 6,0 л/га, МБП Ризобофіт 1,0 л/т; 20. Панда 6,0 л/га, РРР Стимпо 0,025 л/т; 21. Панда 6,0 л/га, МБП Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т.

З одержаних даних видно, найвищу урожайність зерна нуту одержано за комплексного використання біологічних препаратів та внесення по даному фону гербіциду Панда в нормі 4,0 л/га. Ці дані узгоджуються з показниками найвищої фізіолого-біохімічної активності рослин нуту за вищенаведеного поєднання препаратів [17-20]. Розраховуючи коефіцієнт кореляції відмічено тісний зв'язок (коефіцієнт кореляції 0,48) між показниками площі листового апарату і врожайністю посівів нуту.

### Висновки

1. Формування площі листового апарату нуту знаходиться в тісній залежності від погодних умов та норм внесення гербіциду окремо і на фоні використання біологічних препаратів. Найбільша площа листків нуту в досліді формується у варіантах комплексного використання препаратів, зокрема гербіциду Панда в нормі 4,0 л/га з регулятором росту рослин Стимпо (0,025 л/т) і мікробіологічним препаратом Ризобофіт (1,0 л/т), де в середньому за фазами розвитку рослин, площа листків перевищувала контроль I на 66–84%; Деяке зменшення площі листового апарату простежується за дії гербіциду у нормах 5,0 і 6,0 л/га, що може бути обумовлено пригніченням проходження в рослинах основних фізіолого-біохімічних процесів за високих норм ксенобіотика.
2. Найвищі показники врожайності і якості зерна нуту формуються у варіанті застосування гербіциду Панда в нормі 4,0 л/га на фоні обробки насіння перед сівбою регулятором росту рослин Стимпо (0,025 л/т) і мікробного препарату Ризобофіт (1,0

л/т), де за даного поєднання препаратів врожайність культури зростає на 0,64 т/га.

### Список використаної літератури

1. Січкач В. І. Сучасний стан і перспективи вирощування зернобобових культур на нашій планеті. "2016: Зернобобові культури та соя для сталого розвитку аграрного виробництва України". Матеріали Міжнародної наукової конференції. Вінниця: Діло, 2016. С.14–15.
2. Карпенко В. П., Грицаєнко З. М., Прутуляк Р. М. Біологічні основи інтегрованої дії гербіцидів і регуляторів росту рослин. Умань, 2012. 357 с.
3. Леонтьук І. Б. Ефективність гербіцидів та їх сумісного застосування з біостимуляторами росту на посівах озимої пшениці Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.01.01. Землеробство. К.: 2001. 16 с.
4. Каленська С. М., Єрмакова Л. М., Паламарчук В. Д. та ін. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві. Вінниця: Рогальська І. О., 2015. 448 с.
5. Рябчинская Т. А., Бобрешова И. Ю., Харченко Г. Л., Саранцева Н. А. Снижение гербицидного стресса на сахарной свекле при использовании биостимулятора Стимунол ЕФ. *Сахарная свекла*. 2015. №4. С. 24–27.
6. Нецветаев В. П., Правдин И. В., Петренко А. В. Урожайность сортов нута при использовании микробиологических препаратов. *Достижения науки и техники АПК*. 2016, Т.30. №1. С. 37–39. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/urozhaynost-sortov-nuta-pri-ispolzovanii-mikrobiologichneskih-preparatov>.
7. Новожилов К. В. Некоторые направления экологизации защиты растений. *Защита и карантин растений*. 2003. №8. С. 14–17.
8. Карпенко В. П., Івасюк Ю. І., Оратівська С. А. Біологізована технологія вирощування бобових культур (соя, горох) / за ред. В. П. Карпенка. – Умань : Видавничо-поліграфічний центр «Візаві», 2016. 24 с.
9. Ярчук И. И. Булгакова М. П. Физиологически активные вещества гумусовой природы как экологический фактор детоксикации остаточных количеств гербицидов. *Биологические науки*. 1991. № 10. С.75–80.
10. Гербіцид Панда, Каталог компанії UKRAVIT KE. URL: <https://ukravit.ua/uk/panda/>. (дата звернення: 30.11.2021)
11. Стимулятор росту Стимпо. *Препарати ДП МНТЦ "Агробіотек"* : Каталог. URL: <http://www.agrobiotech.com.ua/ua/stimpo> (дата звернення: 30.11.2021)
12. Добриво Ризобіфіт (порошкоподібна форма) *Інститут агроекології і природокористування НААН* : Каталог. URL: <http://www.snpc.com.ua/ua/fertilizers/rizobofit/> (дата звернення: 30.11.2021)
13. Державний реєстр сортів рослин України. Державна ветеринарна та фітосанітарна служба України. 2015. URL: <http://vet.gov.ua/sites/default/files/ReestrEU-2015-01-14a.pdf>. (дата звернення: 30.11.2021)
14. Видання Селекційно-генетичного інституту - Національного центру насіннезнавства та сортовивчення (СГІ – НЦНС), ЗАТ "Селена". Одеса, 2011. 128 с.
15. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ : ЗАТ «НІЧЛАВА», 2003. 320 с.
16. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: Москва : Колос, 1973. 335 с.
17. Карпенко В. П., Коробко О. О. Вплив біологічно активних речовин на ростові процеси рослин нуту в умовах Правобережного Лісостепу України. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2018. №29. С. 17–24.
18. Карпенко В. П., Коробко О. О. Продуктивність нуту за впливу гербіциду і біологічних препаратів. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. Умань. 2018. №2. С. 64–67. DOI: <http://lib.udau.edu.ua/handle/123456789/7472>
19. Карпенко В. П., Коробко О. О. Вплив гербіциду і біологічних препаратів на фотосинтетичну продуктивність і врожайність нуту. *Вісник Миколаївського національного університету*. Миколаїв. 2018. №4(100). С. 48–54. DOI: 10.31521/2313-092X/2018-4(100)-7
20. Коробко О.О. Біологічне обґрунтування застосування гербіциду, регулятора росту рослин і мікробного препарату у посівах нуту в умовах Правобережного Лісостепу України : дис. канд. с.-г. наук : 03.00.12. Умань, 2019. 219с.

### References

1. Sichkar V.I. (2016). The current state and prospects of growing legumes on our planet. "2016: Legumes and soybeans for sustainable development of agricultural production in Ukraine." [2016: Zernobobovi kul'tury ta soya dlya staloho rozvytku ahrarnoho vyrobnytstva Ukrayiny] Proceedings of the International Scientific Conference. Vinnytsia: Dilo, P.14–15. (in Ukr.)
2. Karpenko V.P., Grytsayenko Z.M., Prytulyak R.M. (2012.) *Biological bases of integrated action of herbicides and plant growth regulators*. Uman, 357 p. (in Ukr.)

3. Leontyuk I.B. (2001.) *The effectiveness of herbicides and their combined use with biostimulators of growth in winter wheat crops of the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine*: author's ref. dis. for science. degree of Cand. s.-g. Science: special. 01/06/01 Agriculture. K. : 16 s. (in Ukr.)
4. Kalenskaya S.M., Ermakova L.M., Palamarchuk V.D. and others. (2015.) *Systems of modern intensive technologies in crop production*. Vinnytsia: Rogalska I.O., 448 p. (in Ukr.)
5. Ryabchinskaya T.A., Bobreshova I. Yu., Kharchenko G.L., Sarantseva N.A. (2015.) *Reduction of herbicidal stress on sugar beet when using the biostimulator Stimmunol EF. Sugar beet*. [ *Sakharnaya svekla*.] №4. С. 24–27. (in Rus).
6. Netsvetaev V.P., Pravdin I.V., Petrenko A.V. (2016.) *Yield of chickpea varieties when using microbiological preparations. Achievements of science and technology of agro-industrial complex*. [Dostyzhennyya nauky y tekhniky APK] Vol. 30. №1. Pp. 37–39. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/urozhaynost-sortov-nuta-pri-ispolzovanii-mikrobiologichneskih-preparatov>. (in Rus).
7. Novozhilov K.V. (2003.) *Some directions of greening of plant protection. Plant protection and quarantine*. [ *Zashchyta y karantyn rastenyy*.] №8. Pp. 14–17. (in Rus).
8. Karpenko V.P., Ivasyuk Yu.I., Orativskaya S.A. (2016.) *Biologized technology for growing legumes (soybeans, peas)* / ed. V.P. Karpenko. - Uman: Publishing and Printing Center "Vizavi", 24 p. (in Ukr.)
9. Yarchuk I.I., Bulgakova M.P. *Physiologically active substances of humic nature as an ecological factor of detoxification of residual amounts of herbicides. Biological sciences*. [ *Byolohycheskye nauky*] 1991. № 10. P.75–80. (in Ukr.)
10. Herbicide Panda UKRAVIT KE: Catalog. URL: <https://ukravit.ua/uk/panda/>. (Accessed November 30, 2021). (in Ukr.)
11. Growth stimulator Stimpo: Catalog. URL: <http://www.agrobiotech.com.ua/ua/stimpo> (Accessed November 30, 2021).
12. Rizobofit: Catalog. URL: <http://rhizobofit.com/index.php?product=rhizobofit> (Accessed November 30, 2021). (in Ukr.)
13. State Register of Plant Varieties of Ukraine. State Veterinary and Phytosanitary Service of Ukraine. 2015 URL: <http://vet.gov.ua/sites/default/files/ResestrEU-2015-01-14a.pdf>. (in Ukrainian. Accessed November 30, 2021). (in Ukr.)
14. *Publishing of the Selection-Genetic Institute* (2011.) National Center for Seed and Graduate Studies (SGI - NTSNS), CJSC "Selena". Odessa, 128 p. (in Ukr.)
15. Grytsaenko Z.M., Grytsaenko A. O., Karpenko V. P. (2003.) *Methods of biological and agrochemical studies of plants and soils*. K. : ZAO NICHLAVA, 320 p. (in Ukr.)
16. Dosphehov B.A. *Field experiment technique*. M. : Kolos, 1973. 335 p. (in Rus).
17. Karpenko V.P., Korobko O.O. (2018.) *Influence of biologically active substances on growth processes of chickpea plants in the conditions of the Right-bank Forest-steppe of Ukraine. Podolsk Bulletin: agriculture, technology, economics*. [ *Podil's'ky visnyk: sil's'ke hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*.] №29. Pp. 17–24. (in Ukr.)
18. Karpenko V.P., Korobko O.O. (2018.) *Productivity of chickpeas under the influence of herbicide and biological preparations. Bulletin of Uman National University of Horticulture*. [ *Visnyk Umans'koho natsional'noho universytetu sadivnytstva. Uman'*] Uman. №2. Pp. 64–67. DOI: <http://lib.udau.edu.ua/handle/123456789/7472> (in Ukr.)
19. Karpenko V.P., Korobko O.O. (2018.) *Influence of herbicide and biological preparations on photosynthetic productivity and productivity of chickpeas. Bulletin of the Nikolaev national university* [ *Visnyk Mykolayivs'koho natsional'noho universytetu*.] Mykolayiv. №4 (100). Pp. 48–54. DOI:10.31521/2313-092X/2018-4 (100)-7 (in Ukr.)
20. Korobko O.O. (2019.) *Biological substantiation of application of herbicide, plant growth regulator and microbial preparation in chickpea crops in the conditions of the Right-bank Forest-steppe of Ukraine*: dis. Cand. s.-g. Science: 03.00.12. Uman, 219 p. (in Ukr.)

**O. O. Korobko, V. Ya. Bilonozhko, O. V. Kukhnyuk, O. P. Manzii Evaluation of Herbicide and Biologic Preparations Effect on Leaf Surface Area and Chickpea Yields**

**Introduction.** The results of research on the effect of different rates of Panda herbicide, Stimpo growth regulator and Rizobofit microbial preparation on leaf surface area formation and chickpea cultivar Pamyat' yields are presented. As a result of the conducted research, the most effective combination of preparations, which provides a significant increase of photosynthetic surface of leaves and as a result grain productivity of chickpea crops, was established.

**Purpose.** To study the effect of different rates of Panda herbicide applied separately or in the background of plant treatment with biologic preparations - plant growth regulator Stimpo and



microbial preparation Rizobofit - on the formation of leaf area and grain productivity of chickpea cultivar Pamyat.

**Methods.** The study plan included variations with the use of Panda herbicide at the rates of 3.0; 4.0; 5.0; 6.0 l / ha (active substance - pendimethaline) separately and on the background of the plant growth regulator (PPP) Stimpo at a rate of 0.025 l / t (biologically active substances complex), microbial preparation (MBP) Rizobofit at the rate of 1.0 l/t (bacteria of Rhizobiacea genus ST 282 ) and the combination of growth regulator Stimpo and microbial preparation Rizobofit at the same rates for chickpea cultivar Pamyat'.

Measurement and examination of the density of leaves and grain yield were carried out according to the methods described by Z. M. Gritsiyenko and his co-workers. Statistical processing of the research results was carried out according to the methods of dispersion analysis, presented by B.A. Dospekhovy.

**Results.** Chickpea leaf area formation is highly dependent on weather conditions and norms of herbicide application separately and on the background of biological preparations. The largest area of chickpea leaves in the study is formed in variants of complex use of preparations, particularly herbicide Panda at a rate of 4.0 l / ha with a growth regulator Stimpo (0, 025 l / t) and microbiological preparation Rizobofit (1.0 l / t), in this case during the phases of growth the leaf area exceeded control I on average by 66-84%. Some decrease in the density of leaf apparatus is due to the applying of herbicide at rates of 5.0 and 6.0 l / ha, that can be attributed to the main physiological and biochemical processes inhibition in plants due to high xenobiotic standards. The highest yield indicators and chickpea grain quality are formed when Panda herbicide at the rate of 4, 0 l / ha on the background of the treatment of crops before planting RRR Stimpo (0.025 l / t) and IBP Rizobofit (1.0 l / t) are applied, in which case for this combination of preparations Crop Yield increases by 0.64 t / ha.

**Originality.** The main goal is to demonstrate physiological, biochemical, microbiological and production changes in chickpea plants and planting soil at different rates of herbicide and biologic preparations.

**Conclusions.** With the purpose of biological processes activation and chickpea crops productivity increase under the conditions of the Right-bank Forest-steppe of Ukraine, it is advisable to treat chickpea seeds before sowing a mixture of microbial preparations based on symbiotic bacteria *Mesorhizobium siceri* with a titer of living cells not less than  $4 \cdot 10^9$  CU/ml (Rizobofit, p. ; Rizoaktiv Beans Brand R analogue) at the rate of 1.0 l/t, growth regulator Stimpo, WP at the rate of 0.025 l/t and apply Panda herbicide at the rate of 4.0 l/ha against storms on the above mentioned background.

**Key words:** chickpea; leaf surface area; herbicide; growth regulator; microbial preparation.

Одержано редакцією 19.02. 2022

Прийнято до публікації 18.04.2022

УДК 612.8

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2022-1-34-43

**Лизогуб Володимир Сергійович**

доктор біологічних наук, професор  
Черкаський національний університет імені Б. Хмельницького  
[v\\_lizogub@ukr.net](mailto:v_lizogub@ukr.net)

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3001-138X>

**Шпанюк Віталій Васильович**

аспірант кафедри анатомії, фізіології та фізичної реабілітації  
Черкаський національний університет імені Б. Хмельницького  
[shpany@ukr.net](mailto:shpany@ukr.net)

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1147-8603>

**Пустовалов Віталій Олександрович**

кандидат наук з фізичного виховання і спорту, доцент  
Черкаський національний університет імені Б. Хмельницького  
[v\\_pustovalov@ukr.net](mailto:v_pustovalov@ukr.net)

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8625-6175>

**Кожемяко Тетяна Володимирівна**

кандидат біологічних наук, доцент  
Черкаський національний університет імені Б. Хмельницького  
[kozhemako@ukr.net](mailto:kozhemako@ukr.net)

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4752-4197>

**Безкопильний Олександр Олександрович**

доктор педагогічних наук, доцент  
Черкаський національний університет імені Б. Хмельницького  
[aleksbez1981@ukr.net](mailto:aleksbez1981@ukr.net)

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7207-7590>

## **РЕЗЕРВНІ МОЖЛИВОСТІ КАРДІОРЕСПІРАТОРНОЇ СИСТЕМИ У ФУТБОЛІСТІВ З РІЗНИМИ ІНДИВІДУАЛЬНО-ТИПОЛОГІЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ**

*Виявлені резервні можливості індивідуально-типологічних властивостей ЦНС, та кардіореспіраторних функцій футболістів-професіоналів. Встановлено кореляційну залежність між ФРНП з показниками серцево-судинної та дихальної систем спортсменів.*

**Ключові слова:** футболісти; індивідуально-типологічні властивості; кардіореспіраторні функції.

### **Постановка проблеми. Аналіз останніх публікацій**

Аналіз виступів найсильніших збірних та клубних команд світу та Європи вказує на те, що для сучасного футболу характерним є подальше підвищення інтенсивності ведення гри в умовах високої щільності техніко-тактичних дій протягом гри та можливого їх зростання на останніх хвилинах матчу, коли ігрова активність футболістів набуває особливо важливого значення і має суттєвий вплив на кінцевий результат гри [1, 2].

Помітний вплив на досягнення необхідних спортивних результатів гри у футболі здійснюють технічна, тактична, морально-вольові характеристики та фізична працездатність спортсменів [3, 4, 5]. На нашу думку, на результат гри та ігрову активність футболістів можуть впливати індивідуально-типологічні властивості та функціональний стан кардіореспіраторної системи гравців [6, 7, 8]. Доведено, що індивідуально-типологічні особливості є високо генетично детермінованими властивостями центральної нервової системи. Тому ймовірно, що вони можуть

визначати резервні можливості серцево-судинної, дихальної систем та енергетичний метаболізм футболістів [9, 10, 11].

На думку цілого ряду авторів знання особливостей ігрової діяльності футболістів з урахуванням індивідуально-типологічних властивостей нервової системи, кардіореспіраторних та біоенергетичних функцій, а також показників техніко-тактичної підготовки дає можливість тренерам моделювати, прогнозувати і корегувати тренувальний процес з метою підвищення ефективності ігрової діяльності гравців [4, 12, 13, 14].

Фахівців вказують що спадково обумовлені властивості, а саме типологічні властивості ЦНС – функціональна рухливість (ФРНП), сила (СНП) і врівноваженість (ВНП) нервових процесів є тими критеріями, що характеризуються стійкою біологічною природою і вони є генетично детермінованими ознаками. Саме тому, вони можуть бути інформативними для управління і прогнозування індивідуальною спортивною підготовкою [7, 10, 15]. З огляду на те, що ефективність ігрової діяльності футболістів у великій мірі залежить від фізичної, технічної, психологічної, тактичної підготовки та належного стану основних функціональних систем, біоенергетичних характеристик м'язів, а також здатності спортсмена до сприйняття, аналізу і переробки інформації, є важливим вивчення особливостей резервних можливостей кардіореспіраторної системи у футболістів [8, 16, 17]. Так, у роботах різних дослідників розглянуті питання стосовно динаміки розвитку біоенергетичних та рухових якостей футболістів на різних етапах вдосконалення спортивного майстерності [2, 11, 13, 18]. Дослідження показали, що провідним компонентом, що відображає рівень фізичної підготовленості футболістів є – аеробний компонент. Другим, за значимістю є фактор анаеробного гліколітичного компоненту, і третій – стійкість техніки до збиваючих факторів, що мають місце у грі [18]. За даними Шамардіна В.М. у футболістів спортивна майстерність у більшій мірі залежить від фізичної працездатності, швидкісно-силових та швидкісних здібностей [2]. Чимало авторів вказують на залежність ігрової діяльності від рівня фізичної, технічної та тактичної підготовленості гравців [1, 3, 12, 17].

У спортивній фізіології та медицині представлені данні, що функціональні характеристики серця мають достатньо стійкі індивідуальні особливості [7, 16, 13]. Це дає підстави припустити, що функціональні властивості кардіореспіраторної системи у футболістів можуть бути зв'язана з індивідуально-типологічними властивостями ЦНС.

Серед чисельних характеристик індивідуально-типологічних властивостей ЦНС особливу зацікавленість має уява про функціональну рухливість нервових процесів. Дана властивість була запропонована, й знання про неї розвинуті М.В. Макаренком. На думку автора та його учнів, ФРНП може визначати індивідуальні особливості швидкості розгортання та відновлення гомеостатичних реакцій людини та резервні можливості функціональних систем [8, 15].

З огляду на все, що викладене вище, в основу дослідження закладено – з'ясувати резервні можливості кардіореспіраторної системи професійних футболістів з різними індивідуально-типологічними властивостями нервової системи.

**Мета.** З'ясувати резервні можливості кардіореспіраторної системи футболістів з різними індивідуально-типологічними властивостями нервової системи.

### **Матеріали та методи дослідження**

Згідно завдань досліджень у 30 професійних футболістів досліджували індивідуально-типологічні властивості ЦНС та функціональні характеристики кардіореспіраторної системи за умови виконання тесту зі ступеневим зростанням навантаження.

Індивідуально типологічні властивості основних нервових процесів визначали за методикою М.В. Макаренко [8] із застосуванням комп'ютерної системи «Діагност-1М». Оцінку стану властивостей основних нервових процесів проводили за показниками ФРНП, СНП та ВНП нервових процесів.

Рівень ФРНП визначали за результатами переробки складної зорової інформації в режимі „ зворотного зв'язку”, котра полягала в диференціюванні позитивних та гальмівних подразників (геометричних фігур). Мірою ФРНП був час виконання тестового завдання. Чим швидше обстежуваний виконував завдання, пов'язане з диференціацією 120 подразників, тим вище в нього була ФРНП. Силу нервових процесів оцінювали за показником загальної кількості переробленої інформації протягом 5 хв роботи. Більша кількість переробленої інформації відповідала вищому рівню СНП. Визначення ВНП передбачало реєстрацію точності реакцій на рухомий об'єкт. Про ВНП судили по сумарній величині реакцій, що випереджали чи запізнювались. Чим менше сума відхилень рухових реакцій (в мс), тим вище – ВНП.

Дослідження кардіореспіраторних можливостей спортсменів проводили з використанням тесту зі ступеневим зростанням навантаження. В ході тестування спортсменам пропонували виконати човникову ходьбу та біг між двома фішками. Відстань між фішками становила – 20 м. Швидкість переміщення під час ходьби та бігу лімітувалася звуковим сигналом із поступовим зростанням ритму. Завершенням виконання тесту вважався тоді, коли спортсмен двічі поспіль не встигав добігти до фішки. Час виконання тесту становив – 15-20 хв. Послідовність виконання тесту на визначення фізичної працездатності футболістів полягала у наступному: 1 хв. дослідження у стані спокою сидячи, потім 2 хв – у стані стоячи; 3-4 хв - човникова ходьба зі швидкістю  $5 \text{ км} \cdot \text{год}^{-1}$ , далі 5-20 хв – неперервний човниковий біг з поступово зростаючою швидкістю (кожну хв. швидкість зростала на  $0,5 \text{ км} \cdot \text{год}$ , початкова –  $10 \text{ км} \cdot \text{ход}^{-1}$  і до «знеможіння». Відновлення зі швидкістю –  $5 \text{ км} \cdot \text{год}^{-1}$  до ЧСС –  $120 \text{ уд} \cdot \text{хв}^{-1}$  [18].

Кардіореспіраторні можливості спортсменів визначали з допомогою портативного газоаналізатора Oхусон Mobile фірми Jaeger (Німеччина), який забезпечував телеметричну реєстрацію даних. Визначали резервні можливості кардіореспіраторних функцій футболістів: дихальний коефіцієнт (ДК), частота серцевих скорочень (HR,  $\text{уд} \cdot \text{хв}^{-1}$ ), систолічний об'єм (CO, мл), хвилинний об'єм крові (Q,  $\text{л} \cdot \text{хв}^{-1}$ ), показники хвилинного об'єму дихання ( $V_E$ ,  $\text{л} \cdot \text{хв}^{-1}$ ), споживання кисню ( $\dot{V}O_2$ ,  $\text{мл} \cdot \text{мин}^{-1}$ ,  $\text{мл} \cdot \text{мин}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$ ), виділення вуглекислого газу ( $\dot{V}CO_2$ ,  $\text{мл} \cdot \text{хв}^{-1}$ ,  $\text{мл} \cdot \text{мин}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$ ) і лактат крові (HLa) [15].

Експериментальний матеріал обробляли методом варіаційної статистики за програмами Statgraphics, Microsoft Excel. Перевірку на нормальність розподілу даних, які попадали під закон нормального розподілу здійснювали з використанням критерію Шапіро-Уїлкі. Достовірність різниць між вибірками, що потрапляли під закон нормального розподілу визначали з використанням критерію Стьюдента, а вибірки, розподіл у яких був відмінний від нормального – з використанням критеріїв Mann-Whitney. Розрахунок коефіцієнтів кореляції (r) проводили за методом Спірмена. Значимість вірогідних значень приймалась на рівні  $p < 0,05$ .

### Результати та їх обговорення

У професійних футболістів досліджували індивідуально-типологічні властивості ЦНС та кардіореспіраторні функції під час тестування. Резервні можливості досліджуваних типологічних властивостей футболістів визначали за величиною відмінностей середньокомандних показників від модельних, у відсотковому відношенні.

Вивчаючи індивідуально-типологічні властивості вищих відділів центральної нервової системи у футболістів високого рівня кваліфікації, визначали показники функціональної рухливості (ФРНП), сили (СНП) та врівноваженості (ВНП) нервових процесів, результати представлені в таблиці 1.

**Таблиця 1**  
Середні ( $X \pm m$ ) та модельні (Max) показники індивідуально-типологічних властивостей команди футболістів ( $n=30$ )

№ п.п	Досліджувані Показники	Середні для команди	Модельні	Різниця у %
1.	ФРНП, с	60,5±0,6	54	12,3
2.	СНП, сигн.	684,2±9,4	804	14,9
3.	ВНП, мс	18,0±0,9	11	63,6

З даних наведених у таблиці видно, що середньокомандні показники футболістів-професіоналів були наступними: так значення ФРНП становили – 60,5±0,6 с, показник СНП – 684,2±9,4 сигналів і ВНП у них відповідав – 18,0±0,9 мс.

В ході аналізу результатів встановили, що різниці середньокомандних результатів з найкращими показниками (моделями) становили, для ФРНП – 12,3%, СНП – 14,9% та ВНП – 63,6%. Як видно, найбільші відмінності між середніми та модельними показниками індивідуально-типологічних властивостей були встановлені за результатами ВНП. Відповідні різниці між середньо командними і модельними показниками футболістів за типологічними властивостями – ФРНП і СНП виявилися меншими.

Показники резервних можливостей кардіореспіраторної системи футболістів під час фізичного навантаження представлені в таблиці 2.

**Таблиця 2**  
Середні ( $X \pm m$ ) та модельні (Max) показники резервних можливостей кардіореспіраторної системи для команди футболістів ( $n=30$ ) на навантаження максимальної інтенсивності

№ п.п	Досліджувані Показники	Середні для команди	Модельні	Різниця у %
1.	HR, уд'хв <sup>-1</sup>	188,4±1,69	209,3	9,9
2.	CO, мл	152,1±0,52	171	11,0
3.	Q, л'хв <sup>-1</sup>	28,0±3,3	32	12,5
4.	V <sub>E</sub> л.хв <sup>-1</sup>	153,9±3,3	184,6	16,6
5.	VO <sub>2</sub> , мл·хв <sup>-1</sup> ·кг <sup>-1</sup>	59,0±1,1	69	14,5
6.	VCO <sub>2</sub> , мл·хв <sup>-1</sup> ·кг <sup>-1</sup>	60,0±1,1	68	11,7
7.	HLa, ммоль·л <sup>-1</sup>	10,7±0,6	14,5	26,2

В ході аналізу показників реакції кардіореспіраторної системи футболістів високого рівня кваліфікації під час навантажень встановили, що середньокомандні показники HR становили – 188,4±1,69 уд хв, CO – 152,1±0,52 мл, Q – 28,0±3,3 л.хв<sup>-1</sup>, V<sub>E</sub>

–  $153,9 \pm 3,3$  л·хв<sup>-1</sup>,  $VO_2$  –  $59,0 \pm 1,1$  мл·хв<sup>-1</sup>·кг<sup>-1</sup>,  $VCO_2$  –  $60,0 \pm 1,1$  мл·хв<sup>-1</sup>·кг<sup>-1</sup> і  $HLa$  –  $10,7 \pm 0,6$  ммоль·л<sup>-1</sup>.

Найбільші відмінності між середніми й модельними характеристиками у елітних гравців виявилися за показниками: лактату крові ( $HLa$ ) – 26,2 %, та за значеннями хвилинного об'єму дихання – 16,6 % і  $VO_2$  – 14,5 %. Що вказує на резервні можливості зазначених властивостей. Зокрема мова йде про алактатні та аеробно-анаеробні можливості функціональних систем у забезпеченні спеціальної працездатності футболістів.

З метою встановлення зв'язку резервних можливостей кардіореспіраторної системи і фізичної працездатності футболістів з характеристиками індивідуально-типологічних властивостей ми провели розрахунки і зіставлення індивідуальних кількісних і якісних результатів виконання тесту спортсменів з різною градацією ФРНП. Методом сигмальних відхилень обстежуваних розподілили на три групи: з нижче за середній ( $<M-0,5\sigma$ ), середній ( $M-0,5\sigma$  –  $M+0,5\sigma$ ) та вище за середній ( $>M+0,5\sigma$ ) рівень ФРНП.

У таблиці 3 представлені результати, що характеризують функціональні можливості футболістів з різним рівнем функціональної рухливості нервових процесів на рівні досягнення максимального споживання кисню.

Таблиця 3

Результати кардіореспіраторних можливостей на рівні досягнення максимального споживання кисню у спортсменів ( $n=30$ ) з різним рівнем функціональної рухливості нервових процесів

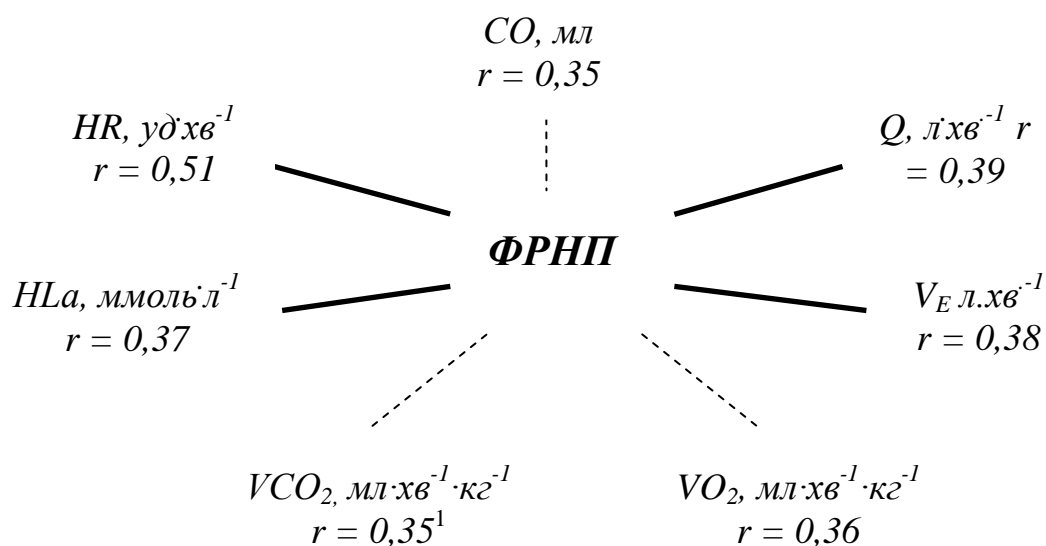
Досліджувані показники	Рівні функціональної рухливості нервових процесів		
	Високий	Середній	Низький
HR, уд.хв <sup>-1</sup>	$187,0 \pm 1,3$	$186,2 \pm 1,4$	$197,5 \pm 1,5^{*}\&$
CO, мл	$163,5 \pm 3,5^{*}\#$	$151,6 \pm 3,3\&$	$151,2 \pm 3,5$
Q, л·хв <sup>-1</sup>	$29,5 \pm 0,3$	$28,3 \pm 0,5$	$29,3 \pm 0,5$
$V_E$ л·хв <sup>-1</sup>	$153,5 \pm 3,4$	$154,1 \pm 3,6$	$161,5 \pm 3,6^{*}$
$VO_2$ , мл·хв <sup>-1</sup> ·кг <sup>-1</sup>	$58,1 \pm 1,3$	$57,3 \pm 1,4$	$64,4 \pm 0,9^{*}\&$
$VCO_2$ , мл·хв <sup>-1</sup> ·кг <sup>-1</sup>	$62,1 \pm 1,4^{*}$	$59,1 \pm 1,4$	$54,3 \pm 1,4$
$HLa$ , ммоль·л <sup>-1</sup>	$12,3 \pm 0,5^{*}\#$	$10,5 \pm 0,6$	$9,4 \pm 0,3$

Примітка: статистична значущість різниць на рівні  $P < 0,05$  між групами В і Н - \*, між В і С - # та між С і Н - &.

Порівняння результатів дослідження кардіореспіраторних характеристик під час виконання тесту зі ступеневим зростанням швидкості бігу у групах футболістів з різною градацією функціональної рухливості нервових процесів на рівні досягнення максимального споживання кисню показало, що більш високому рівню ФРНП відповідають статистично значущі вищі значення CO та  $HLa$  функціональної підготовленості, ніж у обстежуваних з низькою градацією досліджуваної типологічної властивості ( $p = 0,033-0,045$ ). І, навпаки, спортсмени з низьким рівнем ФРНП характеризувалися статистично значущими високими показниками HR та  $VO_2$ , ніж обстежувані спортсмени з високим рівнем функціональної рухливості нервових процесів ( $p = 0,027-0,043$ ). Показник Q та  $V_E$  статистично вірогідних різниць у групах обстежуваних з різною градацією ФРНП не виявили ( $p = 0,078-0,064$ ).

Отже, з результатів таблиці 3 виходить, що кардіореспіраторні можливості за умови виконання човникового бігу на рівні досягнення максимального споживання кисню знаходиться у залежності від рівня ФРНП. Футболісти з високим та середнім рівнем ФРНП характеризувались більш високими значеннями функціональних показників, що характеризують аеробно-анаеробні та алактатні можливості функціональних систем організму ( $CO$ ,  $VCO_2$  та  $HLa$ ), тоді як футболісти з низькою градацією досліджуваної типологічної властивості функціональні показники кардіореспіраторної системи мали переваги у аеробному метаболізмі ( $HR$  та  $VO_2$ ). Виходить, що спортсмени з високим рівнем ФРНП досягали високого рівня кардіореспіраторних можливостей у тесті з поступовим підвищенням швидкості бігу у спосіб більш вираженого залучення функціональних можливостей анаеробного метаболізму. Тоді, як спортсмени з низькою градацією досліджуваної індивідуально типологічної властивості характеризувались перевагами аеробних механізмів забезпечення фізичної працездатності.

Одним із завдань наших досліджень було вивчити, чи існує залежність індивідуально-типологічних властивостей ЦНС з кардіореспіраторними функціями та біоенергетичними показниками футболістів (рис. 1).



**Рис. 1.** Кореляції індивідуально-типологічних властивостей футболістів високої кваліфікації з кардіореспіраторними функціями статистично значущі зв'язки, зв'язки не досягли рівня статистичної значущості.

З результатів представлених на рисунку видно, що у елітних футболістів існує залежність кардіореспіраторних функцій з індивідуально-типологічною властивістю – ФРНП. Статистично значущі коефіцієнти кореляцій були встановлені між такими показниками кардіореспіраторних функцій, як частота серцевих скорочень ( $HR$ ), хвилинний об'єм крові ( $Q$ ), показники хвилинного об'єму дихання ( $V_E$ ) та показником лактату крові ( $HLa$ ). Коефіцієнт кореляції між досліджуваними ознаками та ФРНП коливалася в межах від  $r = 0,37$  до  $r = 0,51$ . Між іншими показниками кардіореспіраторних функцій з індивідуально-типологічною властивістю ФРНП значущих кореляцій не виявлено.

Таким чином, в ході аналізу результатів індивідуально-типологічних властивостей встановили, що найбільші різниці між максимальними модельними

характеристиками середнім результатом по команді були виявлені для властивості – врівноваженість нервових процесів. Дослідження функціональних резервів кардіореспіраторних характеристик виявили найбільші резервні можливості для показників – вмісту лактату у крові, хвилинного об'єму дихання та споживанням кисню.

Результати кореляційного аналізу довели що резервні можливості кардіореспіраторної системи футболістів високої кваліфікації знаходиться у залежності від індивідуально-типологічних властивостей нервової системи. Так, функціональна рухливість нервових процесів, обумовлює діяльність кардіореспіраторної системи, яка у свою чергу лімітує чи сприяє підвищенню функціонального стану і фізичної працездатності футболістів.

Основним узагальненням результатів роботи є те, що отримані нами результати індивідуально-типологічних властивостей нервової системи та показників резервних можливостей кардіореспіраторних функцій футболістів знаходяться у відповідній залежності від біологічних детермінант, що відображається у особливості спортивної діяльності гравців [7, 16].

В ході вивчення індивідуально-типологічних властивостей ЦНС, показників кардіореспіраторних функцій ми виявили, які із досліджуваних ознак мають найбільші резервні можливості, з метою застосування цілеспрямованих впливів на них у процесі тренувальних занять. Наявність зв'язків між індивідуально-типологічними властивостями нервової системи з показниками резервних можливостей кардіореспіраторних функцій лягли в основу сформульованої нами уяви про динамічну багатоконтурну нейродинамічну систему з багаторівневою ієрархічною організацією механізмів регуляції у діяльності серцево-судинної та дихальної систем, крові спортсменів [1, 12, 17].

З результатів нашого дослідження можна зробити узагальнення, що типологічні властивості основних нервових процесів (ФРНП) проявляють генетичний вплив на резервні можливості кардіореспіраторні функції футболістів, що створює необхідні умови для забезпечення ефективної ігрової діяльності [6, 8, 10].

### **Висновки**

1. Вивчені особливості стану індивідуально-типологічних властивостей нервової системи та кардіореспіраторних функцій елітних футболістів.
2. Встановили, що найбільші резервні можливості серед індивідуально-типологічних властивостей ЦНС були виявлені для такої властивості – врівноваженість нервових процесів. За показниками кардіореспіраторних функцій такими виявилися, показники лактату у крові, хвилинний об'єм дихання та споживанням кисню.
3. Встановлено функціональні зв'язки між індивідуально-типологічними властивостями ЦНС – ФРНП з показниками резервних можливостей кардіореспіраторних функцій –  $\text{HLa}$ ,  $V_E$  та  $VO_2$  ( $r = 0,37-0,51$ ).

Перспективи подальших досліджень полягає у детальному вивченні особливостей індивідуально-типологічних властивостей ЦНС, характеристиками кардіореспіраторних функцій елітних футболістів з урахуванням ігрових амплуа.

### **Список використаної літератури**

1. Lyzohub V., Kozhemiako T., Khomenko S., Pustovalov V., Shpaniuk V. Physical activity of elite football players using different regimes of energy metabolism. Health Problems of Civilization. 2021. 15(3): 202-210. <https://doi.org/10.5114/hpc.2021.107781>
2. Шамардин В.Н. Виноградов В.Е., Дяченко А.Ю. Физическая подготовка футболистов высокой квалификации. К.: ТОВ «НВФ», 2017. 170 с.
3. Лисенчук Г.А. Управление подготовкой футболистов. К.: Олимп. лит., 2003. 217 с.



4. Шамардін В.М. Технологія управління системою багаторічної підготовки футбольних команд вищої кваліфікації спорту: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора наук з фіз. виховання і спорту: спец. 24.00.01 «Олімпійський та професійний спорт». Львів, 2013. 35 с.
5. Пшибыльский В., Мищенко В. Функциональная подготовленность высококвалифицированных футболистов. К.: Науковий світ, 2005. 162 с.
6. Лизогуб В.С., Пустовалов В.О., Супрунович В.О., Гречуха С.В. Сучасні підходи до реалізації відбору футболістів високої кваліфікації за показниками нейродинамічних властивостей вищих відділів центральної нервової системи. Слобожанський науково-спортивний вісник. 2017. № 2(58). С. 47-52. doi:10.15391/snsv.2017-2.008
7. Мищенко В.С., Лисенко Е.Н., Виноградов В.Е. Реактивные свойства кардиореспираторной системы как отражение адаптации к напряженной физической тренировке в спорте. К.: Науковий світ, 2007. 351 с.
8. Макаренко М.В., Лизогуб В.С. Онтогенез психологічних функцій людини. Черкаси: Вертикаль, 2011. 256 с.
9. Коробейніков Георгій, Приступа Євген, Коробейнікова Леся, Бріскін Юрій. Оцінювання психофізіологічних станів у спорті. Львів: ЛДУФК, 2013. 312 с.
10. Мищенко В.С., Коробейнікова Л.Г., Коробейніков Г.В. Психофізіологічний стан висококваліфікованих спортсменів з різним рівнем нейродинамічних функцій. Вісник Черкаського університету. Серія Біологічні науки. 2017. №2. С. 45-53.
11. Платонов В.Н. Двигательные качества и физическая подготовка спортсменов. Київ: Олімпійська література, 2017. 656 с.
12. Лизогуб В.С., Шпанюк В.В., Пустовалов В.О., Кожемяко Т.В. Зв'язок фізичної працездатності та біоенергетичних механізмів забезпечення ігрової діяльності футболістів. Вісник Черкаського університету. Серія Біологічні науки. 2020. Вип. 2. С. 66-76. doi: 10.31651/2076-5835-2018-1-2020-2-66-75
13. Nikhil S., Kegan J.M., Christle J.W., Hadley D., Plews D., Froelicher V. Heart rate variability: an old metric with new meaning in the era of using mHealth technologies for health and exercise training guidance. *Arrhythm Electrophysiol Rev.* 2018; 7(4): 247-255. doi: 10.15420/aer.2018.30.2
14. Козина Ж.Л. Система индивидуализации подготовки спортсменов в игровых видах спорта. Lambert Academic Publishing Russia. 2011. 532 с.
15. Baggish A.L., Wood M.J. Athlete's heart and cardiovascular care of the athlete: scientific and clinical update. *Circulation.* 2011. Vol. 123. P. 2723-2735. doi: [10.1161/CIRCULATIONAHA.110.981571](https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.110.981571)
16. Уилмор Дж., Костилл Д. Физиология спорта и двигательной активности. Учебное пособие: пер. с англ. К.: Олимпийская литература, 2001. 503 с.
17. Лизогуб В.С., Супрунович В.О., Гречуха С.В. Інноваційний підхід визначення та оцінки спеціальної підготовленості футболістів високої кваліфікації. Наука і освіта. 2017. №8. С. 15-22. doi: <https://doi.org/10.24195/2414-4665-2017-8-2>
18. Svensson M., Drust B. Testing soccer players. *J Sports Sci.* 2005. Jun. 23. (6). P. 601-618. doi: 10.1080/02640410400021294

### References

1. Lyzohub, V., Kozhemiako, T., Khomenko, S., Pustovalov, V., & Shpaniuk, V. (2021). Physical activity of elite football players using different regimes of energy metabolism. *Health Problems of Civilization*, 15(3), 202-210. <https://doi.org/10.5114/hpc.2021.107781>
2. Shamardin, V.N. (2017). Physical training of highly qualified football players. Kiev, 170. (in Rus)
3. Lisenchuk, G.A. (2003). Management of football players training. K: Olympic literature, 217. (in Rus)
4. Shamardin, V.M. (2013). Management technology of long-term training system of highly qualified football teams. Sc cand. dis. Lviv. (in Ukr.)
5. Pshybyl'sky, V. & Mishchenko, V. (2005). Functional readiness of highly qualified football players. K.: Naukovy Svit, 162. (in Rus)
6. Lyzohub, V.S., Pustovalov V.O., Suprunovich V.O., & Grechukha S.V. (2017). Modern approaches to the implementation of the selection of high-skilled football players according to the indicators of neurodynamic properties of the higher parts of the central nervous system. *Slobozhanskyi Naukovo-Sportyvnyi Visnyk*. [Slobozhansky Scientific and Sport Herald]. No. 2(58). 47-52. (In Ukr). doi:10.15391/snsv.2017-2.008
7. Mishchenko, V.S., Lysenko, E.N. & Vinogradov, V.E. (2007). Reactive properties of the cardiorespiratory system as a reflection of adaptation to intense physical training in sports. K: Naukovy Svit, 351. (in Rus)
8. Makarenko, M.V. & Lyzohub, V.S. Ontogenesis of psychological functions of man. Cherkasy, Vertical, 256. (in Ukr.)
9. Korobeynikov, G., Prystupa, E., Korobeynikova, L. & Briskin Y. (2013). Assessment of psychophysiological states in sports. Lviv: LDUFK, 312. (in Ukr.)

10. Mishchenko, V.S., Korobeynikova, L. G. & Korobeynikov, G. V. (2017). Psychophysiological state of highly qualified sportsmen with different levels of neurodynamic functions. *Visnyk Cherkaskoho universytetu*. [Cherkasy university bulletin: biological sciences series]. № 2, 45-53. (in Ukr)
11. Platonov, V.N. (2017). Motor qualities and physical training of sportsmen. Kyiv: Olympic literature, 656. (in Rus)
12. Lyzohub, V.S., Shpaniuk, V.V., Pustovalov, V.O. & Kozhemiako, T.V. (2020). The connection between physical performance and bioenergetic mechanisms to ensure the football player's game activities. *Visnyk Cherkaskoho universytetu*. [Cherkasy university bulletin: biological sciences series]. № 2, 66-76. (in Ukr). doi: 10.31651/2076-5835-2018-1-2020-2-66-75
13. Nikhil, S., Kegan, J. M., Christle, J. W., Hadley, D., Plews, D. & Froelicher V. (2018). Heart rate variability: an old metric with new meaning in the era of using mHealth technologies for health and exercise training guidance. *Arrhythm Electrophysiol Rev.* 7(4):247-255. doi: 10.15420/aer.2018.30.2
14. Kozina, Zh.L. (2011). The system of individualization of sportsmen's training in team sports. Lambert Academic Publishing Russia, 532. (in Rus)
15. Baggish, A.L. & Wood M.J. (2011). Athlete's heart and cardiovascular care of the athlete: scientific and clinical update. *Circulation*. Vol. 123: 2723-2735. doi: [10.1161/CIRCULATIONAHA.110.981571](https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.110.981571)
16. Wilmore, J. & Costill, D. (2001). Physiology of sport and motor activity. Textbook: Translation from English. K.: Olympic Literature, 503. (in Rus)
17. Lyzohub, V.S., Suprunovich V.O. & Grechukha S.V. (2017) An innovative approach of determining and assessing the special preparation of football players of high qualification. *Nauka i Osvita* [Science and Education]. No. 8, 15-22. (in Ukr) doi: <https://doi.org/10.24195/2414-4665-2017-8-2>
18. Svensson, M., & Drust B. (2005). Testing soccer players. *J Sports Sci.* Jun. 23. (6): 601-618. doi: 10.1080/02640410400021294

**V. S. Lyzohub, V. V. Shpaniuk, V. O. Pustovalov, T. V. Kozhemiako, O. O. Bezcopylny**  
**Reserve Capabilities of the Cardiorespiratory System in Football Players with Different Individual-Typological Properties of the Nervous System**

**Introduction.** The factors that are decisive in achieving high sports results in football and have a significant impact on the game activities of players, are technical, tactical, moral and volitional characteristics and physical performance of players. In our opinion, the individual typological properties of the central nervous system and the functional state of the cardiorespiratory system can have a significant impact on the outcome of the game and the game activity of football players. We suggest that there may be a functional relationship between individual typological traits that are highly genetically determined features of the central nervous system and the reserve capacity of the cardiorespiratory system.

**Purpose.** To find out the reserve capabilities of the cardiorespiratory system of football players with different individual-typological properties of the nervous system.

**Methods.** The individual-typological properties of the CNS and the functional characteristics of the cardiorespiratory system were studied in the elite football players.

**Results.** In the course of our research, the indicators of the properties of the main nervous processes, namely, functional mobility (FMNP), strength (SNP) and balance (BNP) of nervous processes, were determined. The reserve capabilities of cardiorespiratory functions of sportsmen were established according to the following indicators: respiratory coefficient (RC), heart rate (HR, beats · min<sup>-1</sup>), systolic (CO, ml) and minute blood volume ( $Q$ , l · min<sup>-1</sup>), indicators of minute tidal volume ( $V_E$ , l · min<sup>-1</sup>), oxygen consumption ( $VO_2$ , ml · min<sup>-1</sup>, ml · min<sup>-1</sup> · kg<sup>-1</sup>), carbon dioxide emissions ( $VCO_2$ , ml · min<sup>-1</sup>, ml · min<sup>-1</sup> · kg<sup>-1</sup>) and blood lactate (HLA). Correlation links have been established between individual-typological properties on the example of FMNP and functions of the cardiorespiratory system ( $r = 0.37-0.51$ ).

**Originality.** It was found that the balance of nervous processes (BNP) was characterized by the greatest reserve capabilities among individual-typological properties. Among cardiorespiratory functions, the greatest reserve capabilities were found for indicators - HLA,  $V_E$  and  $VO_2$ . The results of correlation analysis indicate that the cardiorespiratory functions of highly qualified football players depend on the individual-typological properties of the nervous system.

**Conclusion.** We have determined reserve capabilities among individual-typological and cardiorespiratory properties. The greatest reserve capabilities are the balance of nervous processes and indicators of lactate in the blood, the minute volume of respiration and oxygen consumption.

*During physical activity in groups of elite football players with a high level of development of typological properties of the nervous system, the characteristics of cardiorespiratory functions are much more pronounced. There are relationships between individual-typological property - FMNP and indicators of cardiorespiratory functions -  $HLa$ ,  $V_E$  and  $VO_2$  ( $r = 0.37-0.51$ ).*

*Thus, the functional mobility of nervous processes determines the reserve capabilities of the cardiorespiratory system, which in turn limits the physical performance of football players.*

**Key words:** *individual-typological properties of the CNS; cardiorespiratory functions; reserve capabilities of functional systems.*

Одержано редакцією 30.01.2022

Прийнято до публікації 18.04.2022

УДК 633.11+ 544.77-022.532

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2022-1-44-55

**Литвин Валентина Анатоліївна**

кандидат хімічних наук, доцент

Черкаський національний університет імені Б. Хмельницького

[litvin\\_valentina@ukr.net](mailto:litvin_valentina@ukr.net)

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1236-6344>

**Запорожець Альона Володимирівна**

молодший науковий співробітник

Черкаський національний університет імені Б. Хмельницького

[zaporozhets\\_chem@ukr.net](mailto:zaporozhets_chem@ukr.net)

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2060-5464>

**Озівська Інна Олександрівна**

молодший науковий співробітник

Черкаський національний університет імені Б. Хмельницького

[ozivska@ukr.net](mailto:ozivska@ukr.net)

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3825-6354>

## НАНОКОМПОЗИТИ СРІБЛА НА ОСНОВІ СИНТЕТИЧНИХ ГУМІНОВИХ РЕЧОВИН ЯК ВИСОКОЕФЕКТИВНІ СТИМУЛЯТОРИ РОСТУ РОСЛИН

*Нанобіокомпозиції, що містять срібло та синтетичні гумінові речовини, були синтезовані у реакції відновлення йонів срібла синтетичними гуміновими речовинами, отриманими в лабораторних умовах з кверцетину. Одержані наноконпозиції охарактеризовані методом спектроскопії у видимій області, методом рентгенівської дифракції, ІЧ-спектроскопії та просвічуючої електронної мікроскопії. У роботі вивчена ростостимулююча активність синтетичних гумінових речовин з кверцетину та наноконпозицій срібла на їх основі. Встановлено діапазон діючих концентрацій ( $1 \cdot 10^{-10}$  -  $1 \cdot 10^{-4}$  %) стимуляторів у процесі проростання насіння пшениці. Значний стимулюючий ефект наноконпозицій срібла на основі синтетичних гумінових речовин здійснюють на ріст основного кореня у проростків. Встановлена активність наноконпозицій є передумовою розробки нових високоефективних ростостимулюючих препаратів.*

**Ключові слова:** синтетичні гумінові речовини; наноконпозиції срібла; ростостимулююча активність; пшениця.

### Постановка проблеми. Аналіз останніх публікацій

В останні десятиліття науковий інтерес становлять дослідження спрямовані на використання досягнень нанотехнологій у сільському господарстві, зокрема у рослинництві [1, 2]. Суттєвий вплив на урожайність та якість сільськогосподарських культур мають біогенні метали в колоїдному стані (наночастинки). Найбільш поширеними комерційними наноматеріалами є наночастинки срібла [3–5]. На відміну від іонного срібла наночастинки менш токсичні, характеризуються пролонгованою дією і не потребують застосування великих доз для досягнення необхідного біологічного ефекту [6].

Проростання насіння, починаючи з їх набухання і закінчуючи проростанням паростків, є першим етапом росту рослини і має вирішальне значення не тільки для формування сходів, але й для врожайності [7]. Процес проростання є найбільш чутливим етапом онтогенезу вищих рослин. Різноманітні зовнішні та внутрішні фактори можуть впливати на процеси проростання, тому вивчення впливу наночастинок срібла на цій стадії є інформативним для дослідників та агрономів, особливо якщо розглядати рослини, які використовуються людиною для споживання.

Аналіз літературних даних показує, що наночастинки срібла відіграють важливу роль у підвищенні схожості насіння [8, 9] та росту рослин [10-12], підвищують квантову ефективність фотосинтезу та вміст хлорофілу [10, 13], а також сприяють ефективному використанню води та добрив [14]. Передбачається, що наночастинки срібла модифікують структурні компоненти клітинних мембран, макромолекул, впливають на клітинні системи поділу та захисту, а також впливають на фізіологічні та біохімічні процеси рослин шляхом зміни експресії генів [7].

В ряді публікацій показано, що багато біологічно-активних речовин виявляють фізіологічну дію з однаковими ефектами в широкому інтервалі концентрацій, у тому числі й у малих кількостях ( $10^{-12}$  М і нижче) [15, 16].

Автори роботи [17] встановили, що розчини наночастинок срібла концентрацією 0.05–2.5 мг/мл значно прискорюють швидкість проростання насіння та посилюють ріст розсади кукурудзи, кавуна та цукіні порівняно з необробленими рослинами. Подібний стимулюючий ефект на проростання насіння *Lolium multiflorum* [18] та *Eruca sativa* [19] здійснюють наноконізити, що містять наночастинки срібла та гуміарабік або полівінілпіролідон при концентраціях 1–40 мг/л. В роботі [20] продемонстрована ефективність використання наночастинок срібла концентрацією 50-100 мг/л при вирощуванні редьки, томатів та капусти.

Діючі концентрації наночастинок срібла зафіксовані до рівня 25-400 ppm [21], при цьому в роботах [17–21] встановлено, що більш високі концентрації наночастинок срібла чинять негативну дію на рослини та мають тенденцію до акумуляції [22].

Незважаючи на відому ростостимулюючу активність препаратів гумінових речовин [23, 24] та наночастинок срібла [17-21], на сьогодні відсутня інформація про вплив на ростові процеси конізитів, що містять у своєму складі наночастинки срібла, інкапсульовані в макромолекули з синтетичних гумінових речовин. Очікується, що такі комбіновані нанопрепарати будуть володіти посиленими та взаємодоповнюючими властивостями металічного ядра та оболонки з синтетичних гумінових речовин.

**Мета.** Вивчення ростостимулюючої активності наноконізитів срібла на основі синтетичних гумінових речовин, отриманих з кверцетину, та визначення діапазону діючих концентрацій у процесі пророщування насіння пшениці.

### Матеріали та методи дослідження

Синтетичні гумінові речовини одержували окисненням кверцетину молекулярним киснем у лужному середовищі за методикою описаною в [25].

Для одержання наночастинок срібла в реакційну посудину вносили 3 мл синтетичних гумінових речовин з кверцетину з концентрацією 9,2 г/л, 2,5 мл 1М розчину натрій гідроксиду, 48 мл дистильованої води та 17 мл 0,01 М аргентум нітрату.

ІЧ-спектри реєстрували на Фур'є-спектрометрі Perkin Elmer Spectrum One у таблетках КВг в діапазоні частот 500-4000  $\text{cm}^{-1}$ .

Електронний спектр поглинання водного розчину наноконізиту знімали відносно води в ультрафіолетовій та видимій областях на спектрофотометрі Perkin Elmer Lambda 35 в кварцовій кюветі з товщиною шару 1 см.

Дифрактограми одержаного зразку, що містив наночастинки срібла, знімали на рентгенівському дифрактометрі ДРОН-2 з використанням залізного аноду ( $\lambda_{\text{Fe}} = 0,19360$  нм) в діапазоні кутів  $2\theta = 20-120^\circ$ . Середній розмір наночастинок срібла визначали за формулою Шеррера, а міжплощинну відстань за формулою Вульфа-Брегга [26]. Ідентифікацію кристалічних фаз здійснювали шляхом зіставлення експериментально отриманих значень міжплощинних відстаней і відносних інтенсивностей із еталонними.

Морфологічні характеристики одержаних наночастинок срібла досліджували на електронному мікроскопі JEM-200A фірми "JEOL" при прискорювальній напрузі 200 кВ. Розмір частинок визначали статистичною обробкою мікрофотографій.

Для дослідження ростостимулюючої активності синтетичних гумінових речовин та нанокompatитів срібла на їх основі готували серію розчинів шляхом розведення з логарифмічним зниженням концентрації від  $1 \cdot 10^{-1}$  до  $4 \cdot 10^{-16}$ %. Ростостимулююча активність синтетичних гумінових речовин та нанокompatитів срібла на їх основі вивчалася на прикладі пророщування насіння пшениці згідно стандартної процедури [27].

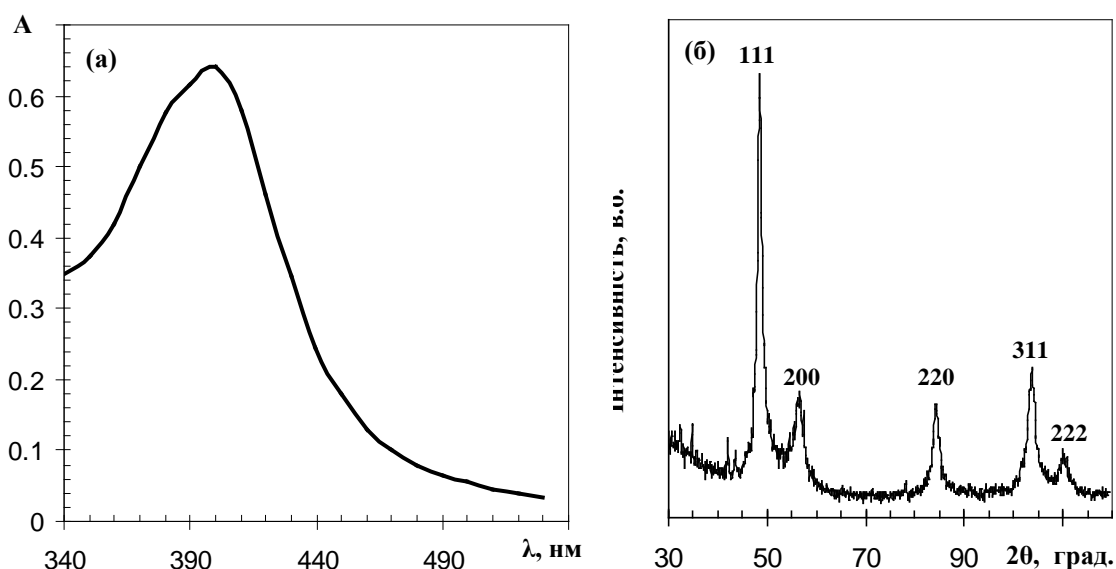
Об'єктом дослідження було насіння пшениці з вологістю 50% сорту «Золотокоса». Відсортоване насіння промивали дистильованою водою і стерилізували 0,01 % розчином  $\text{KMnO}_4$ . У кожену чашку Петрі з 5 шарами підкладки з фільтрувального паперу поміщали по 20 штук зерен пшениці та занурювали на 10 годин у водний розчин досліджуваного препарату заданої концентрації, а в контролі – в дистильовану воду, та залишали при кімнатній температурі на шість діб. Щодня визначали число пророслого насіння, а на шостий день – довжину головного коріння. Схожість насіння пшениці (%), обробленого розчинами різних концентрацій синтетичних гумінових речовин та нанокompatитів срібла на їх основі, враховували протягом шести діб. Довжину головного коріння (%) насіння пшениці, що проросло в розчинах різних концентрацій синтетичних гумінових речовин та нанокompatитів срібла на їх основі, вимірювали на шосту добу. Середні показники розраховували виходячи з даних трьох незалежних експериментів, виконаних у трьох паралельних повторностях. Дані контрольного експерименту позначили умовно за 100%.

### Результати та їх обговорення

Синтетичні полімерні продукти з властивостями, які моделюють природні гумінові речовини мають ряд переваг над природними матеріалами. По-перше, строгий контроль умов одержання синтетичних гумінових речовин дозволяє одержувати продукт із відтворюваними і контрольованими властивостями, що дозволяє вирішити проблему стандартизації природних гумінових речовин. Крім того, можливість вибору фенольного попередника, з якого отримують синтетичні гумінові речовини, дозволяє впливати на властивості кінцевого продукту. В роботі було використано синтетичні гумінові речовини, отримані окисненням кверцетину молекулярним киснем у лужному середовищі [25].

Склад та фізико-хімічні властивості синтетичних гумінових речовин з кверцетину детально описані у роботі [25]. Нанокompatит срібла на основі синтетичних гумінових речовин одержували відновленням  $\text{AgNO}_3$  синтетичними гуміновими речовинами у сильно лужному середовищі [28]. Отримані з високим виходом нанокompatити мають тривалу агрегативну стійкість у розчині і можуть бути виділені в сухому порошкоподібному вигляді, зберігаючи при цьому здатність до повторного розчинення, що дуже важливо для їх подальшого практичного використання.

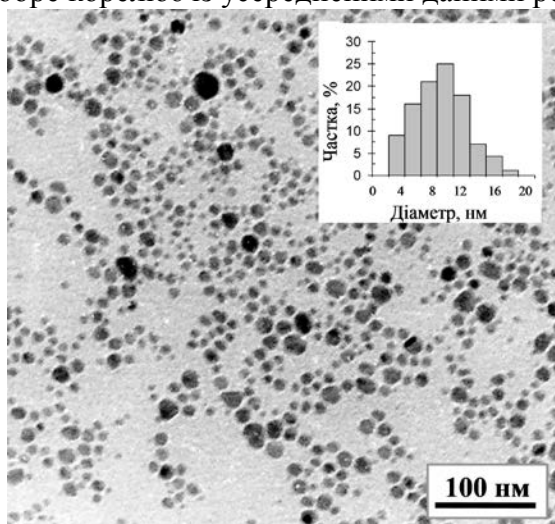
Формування наночастинок срібла ідентифікували за появою інтенсивної смуги поглинання у видимій області спектру (рис. 1, а), обумовленою колективним збудженням електронів провідності срібла. Оскільки спектр поглинання містить лише один максимум, то можна зробити висновок, що одержані наночастинок мають сферичну форму.



**Рис. 1.** Спектр поглинання (а) та рентгенівська дифрактограма (б) нанокompatитів срібла у матриці з синтетичних гумінових речовин.

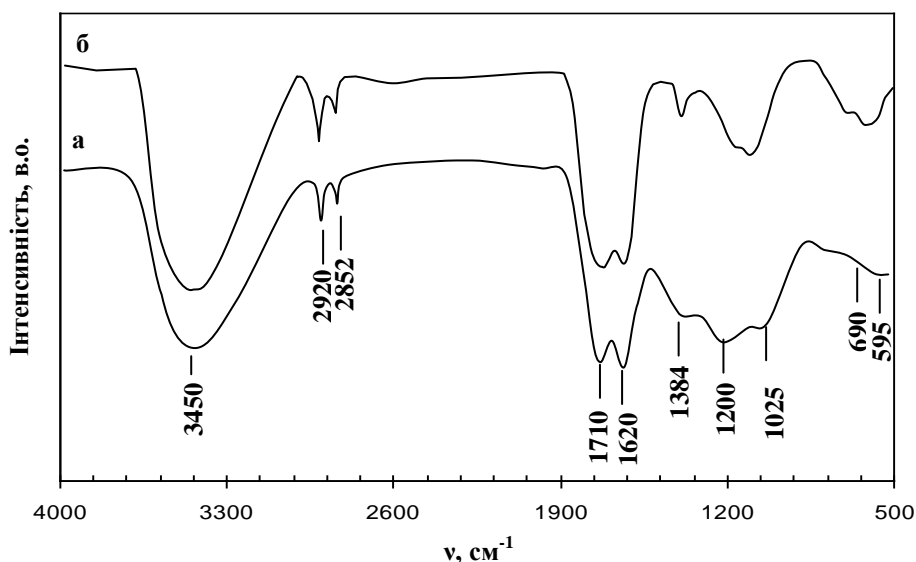
Утворення кристалічних фаз срібла було підтверджено методом рентгенівської дифракції (рис. 1, б). Характерні піки при кутах розсіяння ( $2\theta$ ) близько  $48,6^\circ$ ,  $56,8^\circ$ ,  $84,5^\circ$ ,  $104,1^\circ$  і  $110,9^\circ$  відповідають (111), (200), (220) і (311) гранецентрованої кубічній структурі металічного срібла. Розраховані значення міжплощинних відстаней кристалічної фази ( $a = 0.4086$  нм) добре узгоджуються зі стандартними значеннями нуля валентного срібла. Середній розмір області когерентного розсіювання нанокристалітів срібла в досліджуваному зразку дорівнює 9.6 нм.

Морфологія та розподіл за розмірами срібних наночастинок в нанокompatиті досліджували за допомогою просвічуючої електронної мікроскопії. Встановлено, що в умовах відновного процесу  $\text{Ag}^+$  іонів синтетичними гуміновими речовинами утворюються ізольовані частинки сферичної форми рівномірно розподілені у матриці з синтетичних гумінових речовин (рис. 2). Розміри наночастинок варіювалися в інтервалі від 2 до 20 нм, що добре корелює із усередненими даними рентгеноструктурного аналізу.



**Рис. 2.** ПЕМ-зображення нанокompatитів срібла у матриці з синтетичних гумінових речовин.

ІЧ-спектри нанокompatитів срібла (рис. 3), одержаних з використанням синтетичних гумінових речовин, мають смуги поглинання з максимумами близько  $3450\text{ cm}^{-1}$ ,  $2920\text{ cm}^{-1}$  і  $2852\text{ cm}^{-1}$ ,  $1620\text{ cm}^{-1}$ ,  $1390\text{ cm}^{-1}$ ,  $\sim 1000\text{--}1060\text{ cm}^{-1}$ , які є характерними для синтетичних гумінових речовин. Це підтверджує наявність на поверхні синтезованих наночастинок срібла макромолекул синтетичних гумінових речовин, які забезпечують їх стабілізацію. Деяке зміщення смуг поглинання при  $1200$  і  $1025\text{ cm}^{-1}$  до  $1157$  і  $1110\text{ cm}^{-1}$  свідчить про участь фенольних та карбоксильних груп синтетичних гумінових речовин в процесах відновлення  $\text{Ag}^+$  іонів та стабілізації утворених наночастинок. Таким чином, ІЧ-спектроскопічні дослідження підтвердили, що синтетичні гумінові речовини виконують подвійну функцію: відновника іонів металу та стабілізатора утворюваних наночастинок.



**Рис. 3.** ІЧ-спектри синтетичних гумінових речовин (а) та наночастинок срібла, одержаних з їх використанням (б).

Стимуляція ростових процесів пшениці, а в підсумку і врожайність цієї культури залежить від особливостей передпосівної обробки насіння. Набухання насіння є важливим етапом, необхідним для активації ферментів, так як сухе насіння містить тільки зв'язану воду. Враховуючи цю особливу значущість процесу набухання, для обробки насіння використовували рівні об'єми та початкові концентрації досліджуваних розчинів. Розчини біостимуляторів, які досліджувалися, готували розведенням з логарифмічним зниженням концентрації від  $1 \cdot 10^{-1}$  до  $1 \cdot 10^{-16}\%$ . Ростостимулююча активність синтетичних гумінових речовин та нанокompatитів срібла на їх основі вивчалася на прикладі проростання насіння пшениці сорту «Золотокоса» за стандартною процедурою. Встановлено, що досліджувані препарати статистично точно стимулюють схожість насіння та розвиток коренів (Табл. 1, рис. 4, а). Таблиця 1 демонструє абсолютні значення середньої кількості пророслого насіння, обробленого досліджуваними розчинами (9 повторностей), що значно перевищує кількість насіння (104 штук, або 58%), що проросло у контрольному експерименті. Так, схожість насіння, обробленого водними розчинами синтетичних гумінових речовин та нанокompatитів срібла на їх основі, на шосту добу вище, ніж у контролі на 2-40 % залежно від концентрації використаного досліджуваного розчину.

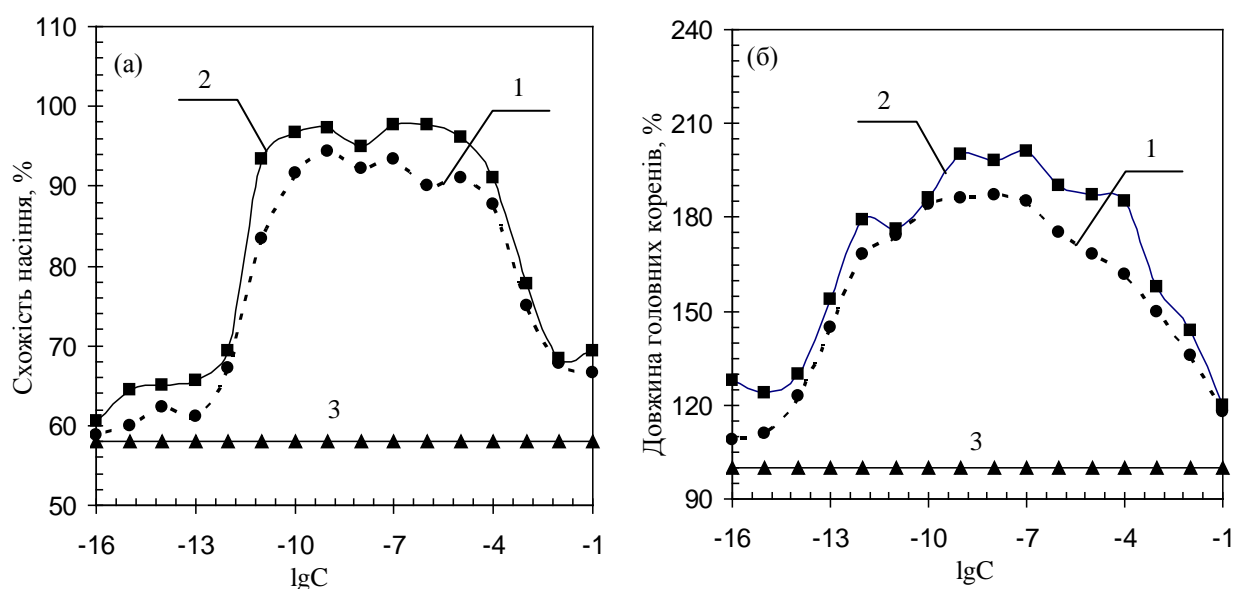
Водні розчини синтетичних гумінових речовин та нанокompatитів срібла на їх основі з концентрацією  $10^{-16}$ – $10^{-1}\%$  також стимулюють ріст головного коріння у проростаючого насіння пшениці (рис. 4, б).



Таблиця 1

Вплив концентрації водних розчинів синтетичних гумінових речовин з кверцетину та нанокompatитів срібла на їх основі на схожість 180 насінин пшениці на шосту добу

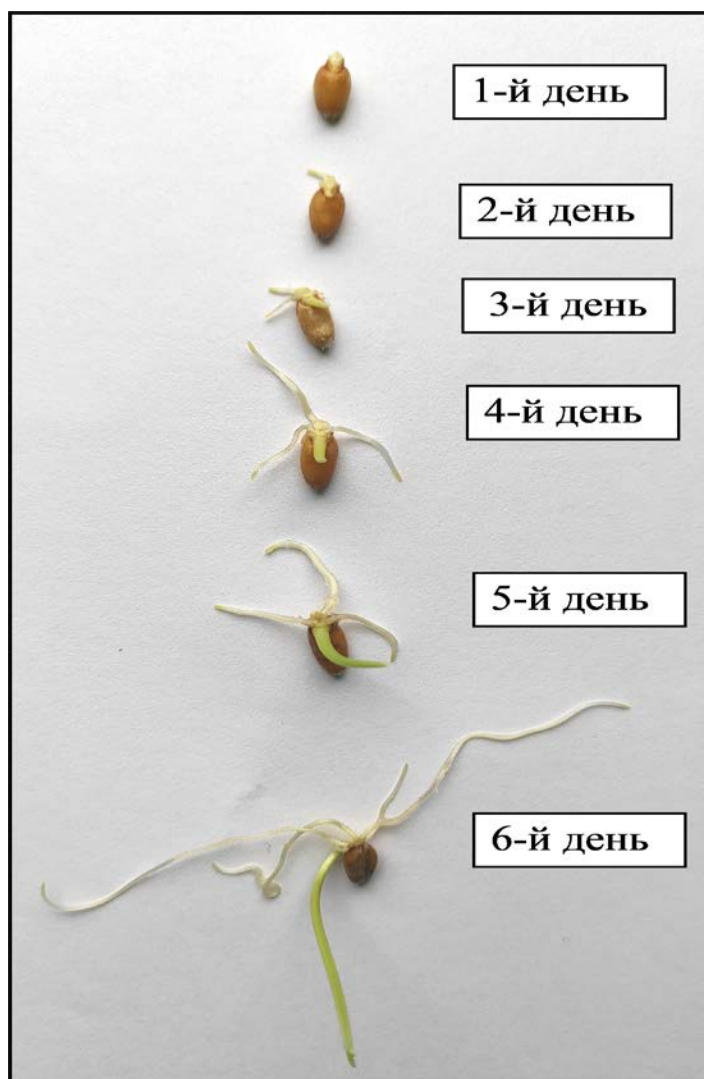
Речовина	Синтетичні гумінові речовини з кверцетину		Нанокompatити срібла на основі синтетичних фульвокислот		Контроль (вода)
	Концентрація, %	Схожість, шт	Схожість, %	Схожість, шт	Схожість, %
$1 \cdot 10^{-1}$	120	67	125	69	104 (58%)
$1 \cdot 10^{-2}$	122	68	123	68	
$1 \cdot 10^{-3}$	135	75	140	78	
$1 \cdot 10^{-4}$	158	88	164	91	
$1 \cdot 10^{-5}$	164	91	173	96	
$1 \cdot 10^{-6}$	162	90	176	98	
$1 \cdot 10^{-7}$	168	93	176	98	
$1 \cdot 10^{-8}$	166	92	171	95	
$1 \cdot 10^{-9}$	170	94	175	97	
$1 \cdot 10^{-10}$	165	91	174	97	
$1 \cdot 10^{-11}$	150	83	168	93	
$1 \cdot 10^{-12}$	121	67	125	69	
$1 \cdot 10^{-13}$	110	61	118	66	
$1 \cdot 10^{-14}$	112	62	117	65	
$1 \cdot 10^{-15}$	108	60	116	64	
$1 \cdot 10^{-16}$	106	59	109	60	



**Рис. 4.** Схожість насіння пшениці (а) та довжина головного коріння (б) на шосту добу залежно від концентрації ( $\lg C$ ) розчинів синтетичних гумінових речовин (1), нанокompatиту срібла на їх основі (2) та контролю (3) (вода).

Ефект стимулювання росту головного коріння (майже вдвічі на шосту добу проростання насіння) є превалюючим серед показників проростання насіння пшениці і має значну величину: для синтетичних гумінових речовин на 86 %, для нанокompatиту срібла на основі синтетичних гумінових речовин на 100% вище, ніж у контролі.Кращими за впливом на схожість насіння пшениці слід вважати концентрації

ростостимуляторів від  $1 \cdot 10^{-4}$  до  $1 \cdot 10^{-10}$  %. Найбільша довжина коренів спостерігається в результаті обробки насіння розчинами  $1 \cdot 10^{-4}$  і  $4 \cdot 10^{-12}$  з максимальними значеннями для нанокompозиту срібла на основі синтетичних гумінових речовин (рис. 5).



**Рис. 5.** Вплив нанокompозиту срібла на основі синтетичних гумінових речовин на проростання насіння пшениці та ріст коріння.

Таким чином, водні розчини синтетичних гумінових речовин та нанокompозитів срібла на їх основі в широкому інтервалі концентрацій комплексно впливають на ріст та розвиток насіння пшениці. При цьому активізуються досліджувані ростові процеси: підвищується не тільки схожість насіння (на 2–40 %), але й збільшується довжина головного коріння (на 9–100%) паростків пшениці. Варто відзначити, що синтетичні гумінові речовини та нанокompозити срібла на їх основі більшою мірою активізують ріст коріння, що є важливим для землеробства в посушливих районах. Діапазони діючих концентрацій розчинів досліджуваних препаратів демонструють максимальну сумарну стимулюючу активність (за кількістю пророслого насіння і за довжиною головного коріння порівняно з контролем) при проростанні насіння пшениці для синтетичних гумінових речовин становлять та для нанокompозиту срібла -  $10^{-10}$ - $10^{-4}$ %. Стимуляція росту коріння нанокompозитами срібла на основі синтетичних гумінових речовин у більшості концентрацій перевищує вплив вихідних гумінових речовин. Для

пояснення ростостимулюючої активності досліджуваних препаратів можна припустити, що вони здійснюють на насіння пшениці комплексний фізіологічний вплив, подібний до такого для добре вивченого препарату гетероауксину. В останньому випадку ростостимулююча активність полягає в тому, що препарат навіть у надмалих концентраціях ( $10^{-10}$ %) посилює пересування поживних речовин у бік апікальних меристематичних тканин (у точки зростання стебла та кореня) і цим посилює проростання насіння [29].

При впливі нанокompозиту срібла на основі синтетичних гумінових речовин на проростання насіння виникають досить складні багатofакторні регуляторні взаємозв'язки. Вплив наночастинок на механізми проростання насіння, ймовірно, обумовлений тим, що наночастишки збільшують рівні продукування нітратредуктазних ферментів, а також збільшують активності деяких ферментів (таких, як супероксиддисмутаза, аскорбатпероксидаза, гваяколпероксидаза і каталаза) [30].

Стимулятори росту сприяють збільшенню розчинності стартових резервних речовин та активізації енергетичного обміну. Посилення енергії проростання насіння під впливом наночастинок, можливо, обумовлено і тим, що вони збільшують здатність насіння до поглинання та запасання води [31], стимулюють антиоксидантні системи насіння [14], знижують антиоксидантний стрес шляхом відновлення пероксиду водню, супероксидних радикалів та зменшення вмісту малонового альдегіду. Більш ефективну ростостимулюючу дію нанокompозиту срібла порівняно з вихідними синтетичними гуміновими речовинами можна пояснити відомим фактом стимуляції ростових процесів наночастишками срібла на ранніх етапах онтогенезу, коли виявляється значний вплив цих наночастинок на окисне фосфорилування та фотосинтез [32].

У зв'язку з тим, що наночастишки срібла також мобілізують систему антиоксидантного захисту рослин, обробка насіння нанокompозитом срібла на основі синтетичних гумінових речовин ще інтенсивніше підвищує енергію ростових процесів. До загальновідомого та підтвердженого нами ростостимулюючого ефекту препаратів синтетичних гумінових речовин додається позитивний вплив наночастинок срібла на проростання насіння пшениці, тому нанокompозит срібла на основі синтетичних гумінових речовин можна розглядати як найбільш перспективну форму застосування наночастинок срібла у біологічних стимуляторах росту рослин. Отримані нами дані повністю відповідають результатам фундаментальних досліджень про дію наднизьких концентрацій хімічних сполук на біологічні об'єкти, що обговорюються при вивченні механізмів дії надмалих доз [15, 29].

### **Висновки**

Таким чином, встановлено, що синтезовані нанокompозити срібла на основі синтетичних гумінових речовин виявляють високоефективну ростостимулюючу активність. Діапазони діючих концентрацій досліджуваних препаратів демонструють оптимальну стимулюючу активність для синтетичних гумінових речовин та нанокompозиту срібла на їх основі за кількістю пророслого насіння  $1 \cdot 10^{-10}$ – $1 \cdot 10^{-4}$  %, за довжиною головного коріння порівняно з контролем -  $1 \cdot 10^{-12}$ – $1 \cdot 10^{-4}$ %. Встановлена активність синтетичних гумінових речовин та нанокompозитів срібла на їх основі є передумовою для подальшої розробки високоефективних ростостимулюючих препаратів нового покоління.

### **Подяки**

Робота виконана за фінансової підтримки Міністерства освіти та науки України в рамках наукової роботи молодих вчених «Нанокompозити перехідних металів на основі синтетичних гумінових речовин з функціональними оптичними, магнітними та посиленними терапевтичними властивостями» (№ ДР 0120U100477)

## Список використаної літератури

1. Mittal D., Kaur G., Singh P., Yadav K., Ali S.A. Nanoparticle-Based Sustainable Agriculture and Food Science: Recent Advances and Future Outlook. *Front. Nanotechnol.* 2020. Vol. 2. P. 579954.
2. Usman M., Farooq M., Wakeel A., Nawaz A., Cheema S. A., Rehman H., et al. Nanotechnology in agriculture: current status, challenges and future opportunities. *Sci. Total. Environ.* 2020. Vol. 721. P. 137778.
3. Hojjat S. S., Kamyab M. The effect of silver nanoparticle on Fenugreek seed germination under salinity levels. *Russian. Agricult. Sci.* 2017. Vol. 43. P. 61–65.
4. Iqbal M., Raja N. I., Hussain M., Ejaz M., Yasmeen F. Effect of silver nanoparticles on growth of wheat under heat stress. *J. Sci. Technol. Transac. A Sci.* 2019. Vol. 43. P. 387–395.
5. Nath J., Dror I., Landa P., Vanek T., Kaplan-Ashiri I., Berkowitz B. Synthesis and characterization of isotopically-labeled silver, copper and zinc oxide nanoparticles for tracing studies in plants. *Environ. Pollut.* 2018. Vol. 242. P. 1827–1837.
6. Jiang H., Li M., Chang F.Y., Li W., Yin L.V. Physiological analysis of silver nanoparticles and AgNO<sub>3</sub> toxicity to *Spirodela polyrhiza*. *Environ Toxicol Chem.* 2012. Vol. 31 (8). P. 1880–1886.
7. Bewley J.D., Black M. Seeds. Springer (2nd ed.), Boston, 1994. P. 1-33.
8. Barrena R., Casals E., Colon J., Font X., Sanchez A., Puentes V. Evaluation of the ecotoxicity of model nanoparticles. *Chemosphere.* 2009. Vol. 75. P. 850–857.
9. Shelar G.B., Chavan A.M. Myco-synthesis of silver nanoparticles from *Trichoderma harzianum* and its impact on germination status of oil seed. *Biolife.* 2015. Vol. 3. P. 109–113.
10. Sharma P., Bhatt D., Zaidi M.G., Saradhi P.P., Khanna P.K., Arora S. Silver nanoparticle-mediated enhancement in growth and antioxidant status of *Brassica juncea*. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 2012. Vol. 167. P. 2225–2233.
11. Kaveh R., Li Y.S., Ranjbar S., Tehrani R., Brueck C.L., Van Aken B. Changes in *Arabidopsis thaliana* gene expression in response to silver nanoparticles and silver ions. *Environ. Sci. Technol.* 2013. Vol. 47. P. 10637–10644.
12. Vannini C., Domingo G., Onelli E., Prinsi B., Marsoni M., Espen L., Bracale M. Morphological and proteomic responses of *Eruca sativa* exposed to silver nanoparticles or silver nitrate. *PLoS One.* 2013. Vol. 8. P. 6875.
13. Hatami M., Ghorbanpour M. Effect of nanosilver on physiological performance of pelargonium plants exposed to dark storage. *J. Hort. Res.* 2013. Vol. 21. P. 15–20.
14. Lu C., Zhang C., Wen J., Wu G., Tao M. Research of the effect of nanometer materials on germination and growth enhancement of *Glycine max* and its mechanism. *Soybean Sci.* 2002. Vol. 21. P. 168–171.
15. Anisimov M.M., Skriptsova A.V., Chaikina E.L., Klykov A.G. Effect of water extracts of seaweeds on the growth of seedling roots of buckwheat. *Int. J. Res. Rev. Appl. Sci.* 2013. Vol. 16. №2. P. 282–287.
16. Zhigacheva I.V., Burlakova E.B., Generozova I.P., Shugaev A.G., Fattahov S.G. Ultra-low doses of melafen affect the energy of mitochondria. *J. Biophys. Structural Biology.* 2010. Vol. 2. № 1. P. 001–008.
17. Almutairi Z.M., Alharbi A. Effect of Silver Nanoparticles on seed germination of crop plants. *Int. J. Biol., Biomol., Agricult., Food Biotechnol. Engineering.* 2015. Vol. 9. № 6. P. 551–555.
18. Yin L., Colman B.P., McGill B.M., Wright J.P., Bernhardt E.S. Effects of silver nanoparticle exposure on germination and early growth of eleven wetland plants. *PLoS One.* 2012. Vol. 7. № 10. P. e47674.
19. Vannini C., Domingo G., Onelli E., Prinsi B., Marsoni M., Espen L. Morphological and proteomic responses of *Eruca sativa* exposed to silver silver nanoparticles or silver nitrate. *PLoS One.* 2013. Vol. 8. № 7. P. e6875.
20. Tymoszuk A. Silver Nanoparticles Effects on In Vitro Germination, Growth, and Biochemical Activity of Tomato, Radish, and Kale Seedlings. *Materials.* 2021. Vol. 14. P. 5340.
21. Geisler-Lee J., Wang Q., Yao Y., Zhang W., Geisler M., Li K. Phytotoxicity, accumulation and transport of silver nanoparticles by *Arabidopsis thaliana*. *Nanotoxicology.* 2013. V. 7. № 3. P. 323–337.
22. Rajput V., Minkina T., Mazarji M., Shende S., Sushkova S., Mandzhieva S., Burachevskaya M., Chaplygin V., Singh A., Jatav H. Accumulation of nanoparticles in the soil-plant systems and their effects on human health. *Annals of agricultural science.* 2020. Vol. 65. №2. P. 137-143.
23. Litvin V.A., Derij S.I., Plakhotniuk L.M., Njoh R.A. Effects of humic substances on seed germination of wheat under the influence of heavy metal. *Cherkasy University Bulletin: Biological Sciences series.* 2020. Vol. 1. P. 42-52.
24. Canellas L. P., Olivares F. L. Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. *Chem. biol. technol. agric.* 2014. Vol. 1. No 3. P. 11.
25. Litvin V.A., Njoh R.A. Quercetin as a precursor in the synthesis of analogues of fulvicacids and their antibacterial properties. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii.* 2021. No. 2. P. 56-64.
26. Theivasanthi, T., Alagar, M. X-Ray Diffraction Studies of Copper Nanopowder. *Arch. Phys. Res.* 2010. Vol. 1 (2). P. 112-117.
27. Dolmaa G., Bayraa B., Uranrserseg E., Aleksandrova G.P., Lesnichaya M.B., Ganzaya G., Sukhov B.G., Regdel D., Trofimov B.A. Influence of ultra-low doses of some biologically active substances on the germination of wheat seeds. *Pros. Mong. Acad. Scien.* 2015. Vol. 1. P. 77–89.

28. Litvin V.A., Minaev B.F. Spectroscopy study of silver nanoparticles fabrication using synthetic humic substances and their antimicrobial activity. *Spectrochim. Acta, Part A*. 2013. Vol. 108. P. 115–122.
29. Anisimov M.M., Chaikina E.L., Afiyatullof S.S., Zhuravleva O.I., Klykov A.G., Kraskovskaja N.A., Aminin D.L. Decumbenones A–C from marine fungus *Aspergillus sulphureus* as stimulators of the initial stages of development of agricultural plants. *Agricultural Sci.* 2012. Vol. 3. № 8. P. 1019–1022.
30. Lei Z., Mingyu S., Xiao W., Chao L., Chunxiang Q., Liang C. Antioxidant stress is promoted by nano-anatase in spinach chloroplasts under UV-B radiation. *Biol. Trace Elem. Res.* 2008. Vol. 121. P. 69–79.
31. Zheng L., Hong F., Lu S., Liu C. Effect of nano-TiO<sub>2</sub> on strength of naturally aged seeds and growth of spinach. *Biol. Trace. Element. Res.* 2005. Vol. 104. № 1. P. 82–93.
32. Farghaly F.A., Nafady N.A. Green synthesis of silver nanoparticles using leaf extract of *Rosmarinus officinalis* and its effect on tomato and wheat plants. *J. Agricultural Sci.* 2015. Vol. 7. № 11. P. 1916–1923.

### References

1. Mittal, D., Kaur, G., Singh, P., Yadav, K., & Ali, S.A. (2020). Nanoparticle-Based Sustainable Agriculture and Food Science: Recent Advances and Future Outlook. *Frontiers in Nanotechnology*, 2, 1-38.
2. Usman, M., Farooq, M., Wakeel, A., Nawaz, A., Cheema, S. A., Rehman, H., Ashraf, I., & Sanauallah, M. (2020). Nanotechnology in agriculture: current status, challenges and future opportunities. *Science of the Total Environment*, 721, 137778.
3. Hojjat, S.S., & Kamyab, M. (2017). The effect of silver nanoparticle on Fenugreek seed germination under salinity levels. *Russian Agricultural Sciences*, 43, 61–65.
4. Iqbal, M., Raja, N. I., Hussain, M., Ejaz, M., & Yasmeen, F. (2019). Effect of silver nanoparticles on growth of wheat under heat stress. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science*, 43, 387–395.
5. Nath, J., Dror, I., Landa, P., Vanek, T., Kaplan-Ashiri, I., & Berkowitz, B. (2018). Synthesis and characterization of isotopically-labeled silver, copper and zinc oxide nanoparticles for tracing studies in plants. *Environmental Pollution*, 242, 1827–1837.
6. Jiang, H., Li, M., Chang, F.Y., Li, W., & Yin, L.V. (2012). Physiological analysis of silver nanoparticles and AgNO<sub>3</sub> toxicity to *Spirodela polyrhiza*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 31(8), 1880–1886.
7. Bewley, J.D., & Black, M. (1994). *Seeds* (2nd ed.). Boston: Springer.
8. Barrena, R., Casals, E., Colon, J., Font, X., Sanchez, A., & Puentes, V. (2009) Evaluation of the ecotoxicity of model nanoparticles. *Chemosphere*, 75, 850–857.
9. Shelar, G.B., & Chavan, A.M. (2015). Myco-synthesis of silver nanoparticles from *Trichoderma harzianum* and its impact on germination status of oil seed. *Bioline*, 3, 109–113.
10. Sharma, P., Bhatt, D., Zaidi, M.G., Saradhi, P.P., Khanna, P.K., & Arora, S. (2012). Silver nanoparticle-mediated enhancement in growth and antioxidant status of *Brassica juncea*. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 167, 2225–2233.
11. Kaveh, R., Li, Y.S., Ranjbar, S., Tehrani, R., Brueck, C.L., & Aken, V.B. (2013). Changes in *Arabidopsis thaliana* gene expression in response to silver nanoparticles and silver ions. *Environmental Science & Technology*, 47, 10637–10644.
12. Vannini, C., Domingo, G., Onelli, E., Prinsi, B., Marsoni, M., Espen, L., & Bracale, M. (2013). Morphological and proteomic responses of *Eruca sativa* exposed to silver nanoparticles or silver nitrate. *PLoS One*, 8, 6875.
13. Hatami, M., & Ghorbanpour, M. (2013). Effect of nanosilver on physiological performance of pelargonium plants exposed to dark storage. *Journal of Horticultural Research*, 21, 15–20.
14. Lu, C., Zhang, C., Wen, J., Wu, G., & Tao, M. (2002). Research of the effect of nanometer materials on germination and growth enhancement of *Glycine max* and its mechanism. *Soybean Science*, 21, 168–171.
15. Anisimov, M.M., Skriptsova, A.V., Chaikina, E.L., & Klykov, A.G. (2013). Effect of water extracts of seaweeds on the growth of seedling roots of buckwheat. *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences*, 16(2), 282–287.
16. Zhigacheva, I.V., Burlakova, E.B., Generozova, I.P., Shugaev, A.G., & Fattahov, S.G. (2010). Ultra-low doses of melafen affect the energy of mitochondria. *Journal of Biophysics and Structural Biology*, 2(1), 001–008.
17. Almutairi, Z.M., & Alharbi, A. (2015). Effect of Silver Nanoparticles on seed germination of crop plants. *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*, 9(6), 551–555.
18. Yin, L., Colman, B.P., McGill, B.M., Wright, J.P., & Bernhardt, E.S. (2012). Effects of silver nanoparticle exposure on germination and early growth of eleven wetland plants. *PLoS One*, 7(10), e47674.
19. Vannini, C., Domingo, G., Onelli, E., Prinsi, B., Marsoni, M., & Espen, L. (2013). Morphological and proteomic responses of *Eruca sativa* exposed to silver silver nanoparticles or silver nitrate. *PLoS One* 8(7), e6875.
20. Tymoszuk, A. (2021). Silver Nanoparticles Effects on In Vitro Germination, Growth, and Biochemical Activity of Tomato, Radish, and Kale Seedlings. *Materials*, 14, 5340.
21. Geisler-Lee, J., Wang, Q., Yao, Y., Zhang, W., Geisler, M., & Li, K. (2013). Phytotoxicity, accumulation and transport of silver nanoparticles by *Arabidopsis thaliana*. *Nanotoxicology*. 7(3), 323–337.

22. Rajput, V., Minkina, T., Mazarji, M., Shende, S., Sushkova, S., Mandzhiyeva, S., Burachevskaya, M., Chaplygin, V., Singh, A., & Jatav, H. (2020). Accumulation of nanoparticles in the soil-plant systems and their effects on human health. *Annals of agricultural science*, 65(2), 137-143.
23. Litvin, V.A., Derij, S.I., Plakhotniuk, L.M., & Njoh, R.A. (2020). Effects of humic substances on seed germination of wheat under the influence of heavy metal. *Cherkasy University Bulletin: Biological Sciences series*, 1, 42-52.
24. Canellas, L. P., & Olivares, F. L. (2014). Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 1(3), 11.
25. Litvin, V.A., & Njoh, R.A. (2021). Quercetin as a precursor in the synthesis of analogues of fulvicacids and their antibacterial properties. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 2, 56-64.
26. Theivasanthi, T., & Alagar, M. (2010). X-Ray Diffraction Studies of Copper Nanopowder. *Archives of Physics Research*, 1(2), 112-117.
27. Dolmaa, G., Bayraa, B., Uranrserseg, E., Aleksandrova, G.P., Lesnichaya, M.B., Ganzaya, G., Sukhov, B.G., Regdel, D., & Trofimov, B.A. (2015). Influence of ultra-low doses of some biologically active substances on the germination of wheat seeds. *Pros. Mong. Acad. Sci.*, 1, 77-89.
28. Litvin, V.A., & Minaev, B.F. (2013). Spectroscopy study of silver nanoparticles fabrication using synthetic humic substances and their antimicrobial activity. *Spectrochimica Acta, Part A.*, 108, 115-122.
29. Anisimov, M.M., Chaikina, E.L., Afiyatullo, S.S., Zhuravleva, O.I., Klykov, A.G., Kraskovskaja, N.A., & Aminin, D.L. (2012). Decumbenones A-C from marine fungus *Aspergillus sulphureus* as stimulators of the initial stages of development of agricultural plants. *Agricultural Science*, 3(8), 1019-1022.
30. Lei, Z., Mingyu, S., Xiao, W., Chao, L., Chunxiang, Q., & Liang, C. (2008). Antioxidant stress is promoted by nano-anatase in spinach chloroplasts under UV-B radiation. *Biological Trace Element Research*, 121, 69-79.
31. Zheng, L., Hong, F., Lu, S., & Liu, C. (2005). Effect of nano-TiO<sub>2</sub> on strength of naturally aged seeds and growth of spinach. *Biological Trace Element Research*, 104 (1), 82-93.
32. Farghaly, F.A., & Nafady, N.A. (2015). Green synthesis of silver nanoparticles using leaf extract of *Rosmarinus officinalis* and its effect on tomato and wheat plants. *Journal of Agricultural Science*, 7(11), 1916-1923.

### **V. A. Litvin, A. V. Zaporozhets, I. O. Ozivska Silver Nanocomposite Based on Synthetic Humic Substances as Highly Efficient Plant Growth Stimulants**

**Introduction.** Nanotechnology have positive impact in improving many sectors of economy including agriculture. Silver nanoparticles (AgNPs) have been implicated nowadays to enhance seed germination, plant growth, improvement of photosynthetic quantum efficiency and as antimicrobial agents to manage plant diseases. Despite the known growth-stimulating activity of preparations of humic substances and silver nanoparticles, there is currently no information on the effect on growth processes of composites containing silver nanoparticles encapsulated in macromolecules from synthetic humic substances. It is expected that such combined nanopreparations have enhanced and complementary properties of a metal core and a shell of humic synthetic substances.

**Purpose.** The aim of this study was to investigate the growth-stimulating activity of silver nanocomposites based on synthetic humic substances derived from quercetin, and to determine the range of active concentrations in the process of germination of wheat seeds.

**Methods.** The received silver nanoparticles are characterized by UV-visible spectroscopy, X-ray diffraction (XRD), FT-IR spectroscopy and transmission electron microscopy (TEM). To study the growth-stimulating activity of synthetic humic substances and silver nanocomposites, a series of solutions was prepared on their basis by dilution with a logarithmic decrease in concentration from  $1 \cdot 10^{-1}$  to  $4 \cdot 10^{-16}\%$ .

**Result.** Nanobiocomposites containing silver nanoparticles and synthetic humic substances were synthesized in the reaction of reduction of silver ions with synthetic humic substances obtained in laboratory conditions from quercetin. Preference of synthetic humic substances over natural humic substances is determined by a standardization problem resolution due to the strict control of conditions of the HS formation that expands the areas of application of the silver nanoparticles made on their basis. The high crystallinity of nanobiocomposites with fcc phase is evident from XRD patterns. The TEM results show that the silver nanoparticles are spherical in shape with average size about 9.6 nm. The FTIR spectroscopic study confirmed that the synthetic humic substances have ability to perform dual functions of reduction and stabilization of silver nanoparticles. The growth-promoting activity of synthetic humic substances and silver nanocomposites based on them was studied on the example of germination of wheat seeds of the variety "Zolotokosa" according to standard procedures. It is established that aqueous solutions of synthetic humic substances and silver

*nanocomposites based on them in a wide range of concentrations have a complex effect on the growth and development of wheat seeds. It is shown that seed germination increases (by 2–40%) and the length of the main root (by 9–100%) of wheat germ increases. It should be noted that synthetic humic substances and silver nanocomposites based on them to a greater extent stimulate root growth, which is important for agriculture in arid areas. The ranges of effective concentrations of solutions of the studied drugs show the maximum total stimulating activity (by the number of germinated seeds and the length of the main root compared to the control) during germination of wheat seeds for synthetic humic substances and for silver nanocomposite -  $10^{-10}$ - $10^{-4}$ %. Stimulation of root growth by silver nanocomposites based on synthetic humic substances in most concentrations exceeds the effect of the original humic substances.*

**Originality.** *The established activity of synthetic humic substances and silver nanocomposites based on them is a prerequisite for the further development of highly effective growth-stimulating preparations of a new generation.*

**Conclusion.** *It has been established that silver nanocomposites based on synthetic humic substances exhibit highly effective growth-stimulating activity. The ranges of active concentrations of the studied preparations demonstrate the optimal stimulating activity for synthetic humic substances and silver nanocomposite based on them by the number of germinated seeds  $1 \cdot 10^{-10}$ - $1 \cdot 10^{-4}$  %, by the length of the main roots compared to the control -  $1 \cdot 10^{-12}$ - $1 \cdot 10^{-4}$ %. The established activity of synthetic humic substances and silver nanocomposites based on them is a prerequisite for the further development of highly effective growth-stimulating preparations of a new generation.*

**Key words:** *synthetic humic substances; silver nanocomposites; growth-promoting activity; wheat.*

Одержано редакцією 06.03.2022

Прийнято до публікації 18.04.2022

УДК: 612.172.2

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2022-1-56-62

**Паламарчук Андрій Леонідович**

кандидат медичних наук, доцент

Київський медичний університет

[a.palamarchuk@kmu.edu.ua](mailto:a.palamarchuk@kmu.edu.ua)

Orcid <https://orcid.org/0000-0001-5307-6322>

**Шестеріна Дарина Володимирівна**

аспірантка кафедри анатомії, фізіології та фізичної реабілітації

Черкаський національний університет імені Б. Хмельницького

[daryavladimirovna87@gmail.com](mailto:daryavladimirovna87@gmail.com)

Orcid <https://orcid.org/0000-0001-9357-5652>

## ЗМІНИ ГЕМОДИНАМІКИ ПРИ ДІЇ ОБ'ЄМНОГО ПНЕВМОПРЕСИНГУ НА ЛІМФАТИЧНУ СИСТЕМУ

*У статті представлений аналіз впливу об'ємного ритмічного пневмопресингу на артеріальний тиск, центральну і периферичну гемодинаміку в умовах спокою, безпосередньо під час процедури та в період відновлення у здорових осіб різного віку і статі. З'ясовано особливості реактивності артеріального тиску при дії об'ємного ритмічного пневмопресингу на нижні кінцівки інтенсивністю 40 мм.рт.ст. Також встановлено, як метод об'ємного пневмопресингу впливає на збільшення об'єму венозного повернення, серцевого викиду, помірне зниження периферичного судинного опору що відбувається без суттєвих змін частоти серцевих скорочень. Можливо припустити, що існує пряма залежність між рівнем артеріального тиску, необхідного для впливу на поглинання міжклітинної рідини, і рівнем тканинного опору.*

**Ключові слова:** кардіодинаміка; копресійна терапія; реактивність артеріального тиску.

### Постановка проблеми. Аналіз останніх публікацій

Висока поширеність серцево-судинних захворювань в світі, [1] спонукає до постійного удосконалення неінвазійних методів лікування та профілактики, одна з яких є методика копресійної терапії, [2]. Вплив об'ємного пневмопресингу обумовлений активізацією мікроциркуляторного крово- і лімфоток, що формує нові функціональні зв'язки між нервовою системою та гуморальними чинниками, [3].

У фізичній реабілітації об'ємний пневмопресинг використовується як доказовий метод з дуже низькою частотою ускладнень, що було доведено на дослідженнях фізіологічних реакцій судин і скелетних м'язів. Про клінічну ефективність пристрою повідомляють у ряді досліджень у галузі судинної хірургії, дерматології та спортивної медицини, [4].

Згідно рандомізованих досліджень які вивчали вплив об'ємного ритмічного пневмопресингу на центральну та периферичну гемодинаміку відмічено, що середнє фізіологічне значення тиску в поверхневих лімфатичних судинах нижніх кінцівок підтримується в межах 10-12 мм рт. ст., при зовнішньому тиск об'ємного пневмопресингу 30-40 мм. рт., [6]. Також, поєднання періодів локального підвищення та зниження барометричного тиску вибірково впливає на проникність капілярів, прискорює транскapілярний обмін та конвекційний потік міжклітинної рідини між кров'ю та інтерстицієм, що сприяє реабсорбції води у венозному капілярі та активує лімфовідтік, [5].

Вивчення змін у капілярній ланці серцево-судинної системи тісно корелюють із змінами у центральній гемодинаміці, що в свою чергу дає змогу використовувати зміни



мікроциркуляторних параметрів як прогностичні й діагностичні критерії для оцінки ефективності лікування. Оцінка функції капілярів шкіри проводиться методом візуальної капіляроскопії. Так ще у 1999 році Н.А. Безпалый відмітив, що при впливі об'ємного пневмопресингу збільшується кількість функціонуючих поверхневих капілярів (при висхідному спазмі), нормалізується колір фону, форма, та просвіт артеріальних та венозних гілок капілярів.

Існують дані про можливість використання об'ємного пневмопресингу на систему згортання крові. Результатом якого є збільшення синтезу простагліцину – який перешкоджає агрегації тромбоцитів, та активатора тканинного плазміногена, що є компонентом природної фібринолітичної системи людини (тканинний активатор плазміногену) на ріст синтезу інгібітора шляху тканинного фактору, основна функція якого - блокування гіперактивацію системи гемостазу при підвищених концентраціях тканинного фактору (TF), [10,15].

На думку П.Г. Швальбе та співавторів (2011), швидкі темпи інфляції і дефляції тиску камер приладу (менш 0.5 с) мають найбільше значення, оскільки вони створюють виражену ендокринну активність ендотелію, що в свою чергу призводить до підвищення рівня оксиду азоту в крові, нормалізує симпатичну регуляцію тону судин і стимулює неоангіогенез, [9]. Рівень оксиду азоту залишається стабільно високим протягом всього сеансу пневмопресингу та знижується протягом 6 годин після нього, [11].

**Мета.** З'ясувати зміни центральної гемодинаміки за умови впливу ритмічного об'ємного пневмопресингу на нижні кінцівки інтенсивністю 40 мм рт.ст. у період процедури та під час відновлення.

### Матеріали та методи дослідження

Дослідження проводили серед осіб різного віку і статі з дотриманням основних біоетичних положень Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину (від 04.04.1997р.), Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення наукових медичних досліджень за участю людини (1994-2008 рр.). У вимірюваннях брали участь 25 осіб віком 18-46 років, в робочі дні з 8 до 11 години. Всі особи за даними медичного обстеження були практично здорові, не мали хронічних та гострих захворювань. Приміщення, в якому здійснювали вимірювання, за параметрами мікроклімату та освітлення відповідало нормативним вимогам та було віддалене від учбових аудиторій.

Впродовж 20 хвилин здійснювали об'ємний пневморесинг інтенсивністю 40 мм рт.ст. приладом Recovery Pump RPX 2020 Compression. (Compression Mego Aftek AC Ltd, Israel) з ритмічними фазами компресії та декомпресії по 10 секунд.

Систолічний ( $AT_c$ ) та діастолічний ( $AT_d$ ) артеріальний тиск визначали у спокої в положенні лежачи аускультативним методом Короткова тонометром Riester (Germany, № 040843338). Додатково проводили вимірювання АТ перед процедурою, на 5-10, 15-20 хвилинах процедури та на 5-10, 15-20 хвилинах в період відновлення. Розраховували середньодинамічний артеріальний тиск - ( $AT_{сер}$ ) за формулою Хікема..

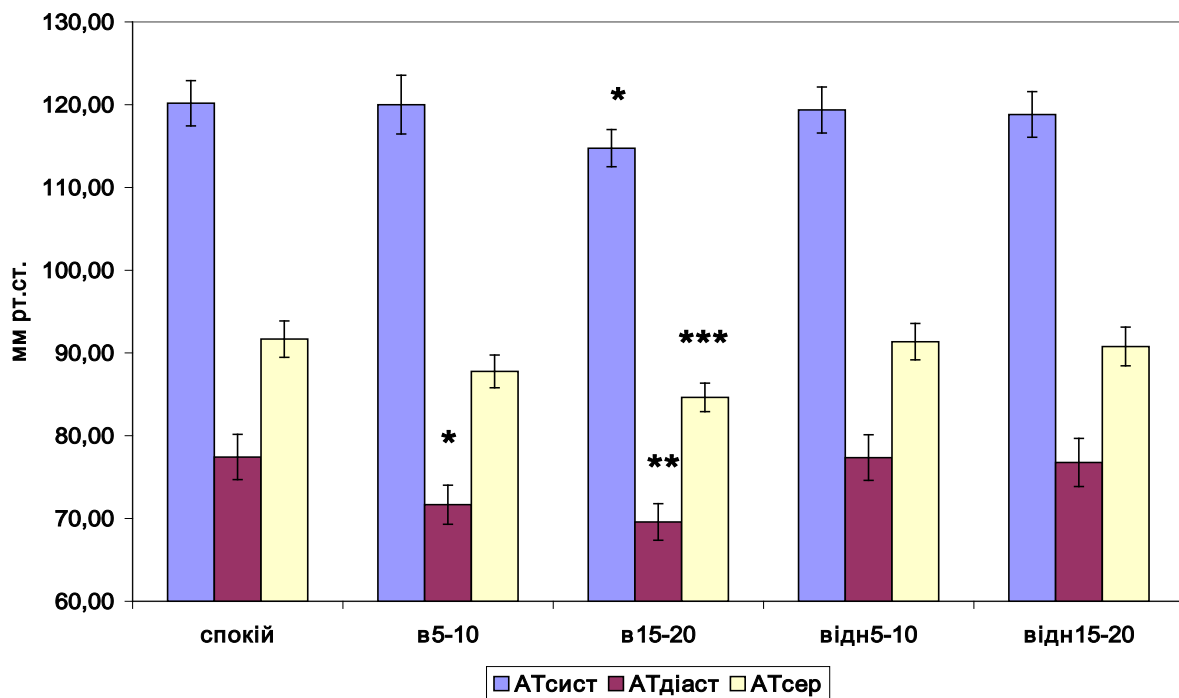
Визначення показників кардіодинаміки здійснювали методом трансторакальної тетраполярної імпедансної реоплетизмографії та електрокардіографії на реографі ХАІ-medica standard (ХАІ-medica, Харків, Україна).

Оцінювали частоту серцевих скорочень (ЧСС), серцевий індекс (СІ), загальний периферичний опір (ЗПО), час вигнання лівого шлуночка (ЧВЛШ), період напруження (ПН), індекс напруження міокарду (ІНМ), об'ємну швидкість викиду (ОШВ) та базовий імпеданс грудної клітки (БІ).

У зв'язку з нормальним розподілом даних визначали середнє арифметичне (M), стандартну помилку вибіркового середнього (m). Вірогідність відмінностей між групами оцінювали за F-критерієм Fisher у програмі Statistica 12.

### Результати та їх обговорення

Оцінка показників артеріального тиску при об'ємному пневмопресингу нижніх кінцівок інтенсивністю 40 мм рт. ст. у період функціональної проби та під час відновлення виявила суттєві відмінності в порівнянні з станом спокою. Так, на рис. 1 показані достовірні ( $p < 0,05$ ) зниження дістолічного тиску на 5-10 хвилині процедури, а на 15-20 хвилині ( $p < 0,01$ ) простежувалася тенденція до зниження систолічного та дістолічного тиску в порівнянні із станом спокою. Припускаємо, що це вказує на зниження градієнту гідростатичного тиску за рахунок зменшення фільтрації рідини та транспорту газів через стінку ендотелію. Однак дослідження M.Mrigha, S Odman, [12,13,14] свідчать про те, що транспорт тканинної рідини не пов'язаний з транспортом макромолекул білка з інтерстиціальної тканини, що сприяє стійкому об'єму застійних явищ в кінцівках.



**Рис. 1.** Динаміка показників артеріального тиску (в мм рт.ст.) при об'ємному пневмопресингу нижніх кінцівок інтенсивністю 40 мм рт. ст. та у період відновлення. \* -  $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$  у порівнянні з рівнем спокою.

Це може свідчити про опосередкований вплив на швидкість формування судин із вже існуючих, згідно теорії shear stress, [8] що в свою чергу призводить до дилатації периферичного судинного русла.

Швидкі темпи інфляції і дефляції тиску камер приладу (менш 0.5 с) стимулюють ендотеліальні клітини вивільняти оксид азоту, який, у свою чергу, пригнічує агрегацію та адгезію тромбоцитів, моноцитів, що викликає адаптацію кровоносних судин, призводить до клінічних ефектів, які можна визначити, включаючи покращення артеріальної перфузії.

Від параметрів тиску в манжетах апарату для ОП та тривалості процедури залежить швидкість та сталість терапевтичного ефекту на центральну гемодинаміку, особливо на артеріальний тиск. І навпаки - для досягнення меншого впливу на

центральну гемодинаміку - компресію в манжетах слід зменшити до значень менше 40 мм рт.ст. і, відповідно, збільшити час процедури.

За рахунок послідовної активації камер об'ємного пневмопресингу, вплив є максимальний та фізіологічний, оскільки такий алгоритм роботи приладу імітує скорочення м'язів та клапанів венозних судин.

В результаті, кровонаповнення скелетних м'язів збільшується за рахунок розширення їх судин під впливом локальних дій. Слід відмітити, що в основі розвитку реакції на гіпотензію лежить гальмування тонічної імпульсації з барорецепторних ділянок серця та судин, що супроводжується підвищенням активності бульбарного серцево-судинного центру з підсиленням симпатичних впливів на серце, артеріальних та венозних відділів системи кровообігу, [16]. Отже, відбувається скорочення резистивних та венозних відділів судинної системи що супроводжується збільшенням швидкості венозного потоку.

Аналіз кардіодинамічних показників у період відновлення та після процедури не виявив достовірних відмінностей порівняно ці станом спокою (табл.1). Цілком можливо, що це спричинено як широкими межами їх норми в стані спокою так і значною варіативністю змін на дію об'ємного пневмопресингу. Отримані дані зумовлюють на необхідність подальших досліджень індивідуальних особливостей реакцій гемодинаміки при дії об'ємного пневмопресингу на нижні кінцівки.

Таблиця 1

Показники кардіодинаміки у спокої лежачи та у період відновлення після ритмічного об'ємного пневмопресингу інтенсивністю 40 мм рт.ст.

Показники	Спокій	Відновлення 10 хв	Відновлення 20 хв
ЧСС, уд·хв <sup>-1</sup>	72,76±5,52	74,75±5,76	73,41±6,64
СІ, л·хв м <sup>2</sup>	2,96±0,24	2,66±0,0,23	3,35±0,36
ЗПО, дін·с·см <sup>-0,5</sup>	1897±374	2745±865	1324±108
ПН, сек	0,118±0,00	0,117±0,01	0,116±0,00
ЧВЛШ, сек	0,271±0,01	0,261±0,01	0,261±0,01
ІНМ, %	30,43±1,08	31,26±1,49	31,28±1,44
ОШВ, мл·с <sup>-1</sup>	255,9±19,5	239,9±21,3	289,9±34,5
БІ, Ом	39,37±2,12	43,97±4,03	40,29±1,63

### Висновки

Застосування приладів об'ємного пневмопресингу для профілактики артеріальної гіпертензії поступово стає стандартною терапією другого порядку, особливо для пацієнтів з високим ризиком кровотечі.

Однак залишається ряд питань щодо визначення більш точного часу інфляції та дифляції в камерах приладу ОП, а також параметрів тиску для його оптимального використання. Згідно наших досліджень на 5-10 хвилині дії об'ємного пневмопресингу простежувалась тенденція до зниження систолічного та дістолічного тиску в порівнянні із станом спокою, що вказує на зменшення фільтрації рідини та транспорту газів через стінку ендотелію.

Показники реактивності артеріального тиску при дії об'ємного пневмопресингу на нижні кінцівки інтенсивністю 40 мм.рт.ст свідчать про опосередкований вплив на формування судин із вже існуючих, згідно теорії shear stress, [8] та до дилатації периферичного судинного русла без вираженого впливу на частоту серцевих скорочень.

Аналіз кардіодинамічних показників у період відновлення та після процедури не виявив достовірних відмінностей порівняно зі станом спокою, що обумовлює необхідність подальших досліджень індивідуальних особливостей реакцій гемодинаміки при дії об'ємного пневмопресингу на нижні кінцівки.

### Список використаної літератури

1. Alzubaidi N.H., Jackson J.K. Cardiovascular disease as a leading cause of death. *Journal of Integrated Pharmacy*. 2019.P.1–11.
2. Berszakiewicz A. Compression therapy in venous diseases. *Journal of Advances in Dermatology and Allergology*. 2020. P.836-840.
3. Tarshinova L., Yelchys T. Volumetric pneumopressing in treating of limb lymphedema. Collection of scientific works of staff members of NMAPE. Institute for Health care Technologies “New in Medicine”. 2015. P.23-38.
4. Kyoungrae K. Neither Peristaltic Pulse Dynamic Compressions nor Heat Therapy Accelerate Glycogen Resynthesis after Intermittent Running. *Journal of medical science sports exercises*. 2021. P.2425-2435.
5. Zaytsev D.V. About the mechanism of volumetric pneumopressing action. Collection of scientific works of staff members of NMAPE. Institute for Health care Technologies “New in Medicine”. 2015.P.47-78.
6. Taradaj J. Comparison of efficacy of the intermittent pneumatic compression with a high- and low-pressure application in reducing the lower limbs phlebolymphedema the clinical risk management. *J Physiol*. 2015. P.1545–1554.
7. Bergmann A. Conservative treatment of lymphedema: the state of the art. *Journal Vascular Brasileiro*. 2022. P.1677-5449.
8. Wall J. A pilot study of venous flow augmentation using a novel mechanical graded. *Journal Clinical research study compression therapy for chronic venous disease volume7, issue2*.2019. P.217-221.
9. Hyun Beom K. Investigation of Blood Flow During Intermittent Pneumatic Compression. *Journal Clin Appl Thromb Hemost*.2018. P.1324-1354.
10. Rhys J. Haematological Effects of Intermittent Pneumatic Compression for Deep Vein Thrombosis Prophylaxis. *J Physiol*.2020. P.912-923.
11. Dai G. An in vitro cell culture system to study the influence of external pneumatic compression on endothelial function. *Journal of Vascular Surgery, № 32*. 2002. P. 977- 987.
12. Mridha M. Fluid translocation measurement. Journal a method to study pneumatic compression treatment of postmastectomy lymphedema.1989. P.63-69.
13. Schwahn-Schreiber C. S1-Leitlinie Intermittierende Pneumatische Kompression (IPK, AIK) Der Hautarzt volume 69. *Journal Biomed* .2018. P.662–673.
14. Darne C. Direct evidence of lymphatic function improvement after advanced pneumatic compression device treatment of lymphedema. *Journal Biomed*.2010. P.114-125.
15. Kohro S. Intermittent pneumatic foot compression can activate blood fibrinolysis without changes in blood coagulability and platelet activation. *Journal Acta Anaesthesiologica Scandinavica*.2005. P.660-664.
16. Fopiano A. Role of Caveolae in the Development of Microvascular Dysfunction and Hyperglycemia in Type 2 Diabetes. *Journal Fronties Physiology*.2022. P.13-18.

### References

1. Alzubaidi, N. (2019). Cardiovascular disease as a leading cause of death. *Journal of Integrated Pharmacy Research Practice*, 8: P.1–11.
2. Berszakiewicz, A. (2020). Compression therapy in venous diseases. *Journal of Advances in Dermatology and Allergology*.37(6). P.836-84.
3. Tarshinova, L. (2015). Volumetric pneumopressing in treating of limb lymphedema. Collection of scientific works of staff members of NMAPE. Institute for Health care Technologies “New in Medicine”. 2015. P.23-38.
4. Kyoungrae, K. (2021). Neither Peristaltic Pulse Dynamic Compressions nor Heat Therapy Accelerate Glycogen Resynthesis after Intermittent Running. *Journal of medical science sports exercises*. 1;53(11). P.2425-2435.
5. Zaytsev, D. (2015). About the mechanism of volumetric pneumopressing action. *Collection of scientific works of staff members of NMAPE*. Institute for Health care Technologies “New in Medicine”. P.47-78.
6. Taradaj, J. (2015). Comparison of efficacy of the intermittent pneumatic compression with a high- and low-pressure application in reducing the lower limbs phlebolymphedema the clinical risk management. *J Physiol*.11: P.1545–1554.
7. Bergmann, A. (2022). Conservative treatment of lymphedema: the state of the art. *Journal Vascular Brasileiro*. 11;20. P.1677-5449.
8. Wall, J. (2019). A pilot study of venous flow augmentation using a novel mechanical graded. *Journal Clinical research study compression therapy for chronic venous disease volume7, issue2*. P.217-221.

9. Hyun Beom, K. (2018). Investigation of Blood Flow During Intermittent Pneumatic Compression. *Journal Clin Appl Thromb Hemost*. P.1324-1354.
10. Rhys, J. (2020). Haematological Effects of Intermittent Pneumatic Compression for Deep Vein Thrombosis Prophylaxis. *J Physiol*. P.912-923.
11. Dai, G. (2002). An in vitro cell culture system to study the influence of external pneumatic compression on endothelial function. *Journal of Vascular Surgery*. P. 977- 987.
12. Mridha, M. (1989). Fluid translocation measurement. *Journal a method to study pneumatic compression treatment of postmastectomy lymphedema*. P.63-69.
13. Schwahn-Schreiber, C.(2018). S1-Leitlinie Intermittierende Pneumatische Kompression (IPK, AIK) Der Hautarzt volume 69. *Journal Biomed*. P.662–673.
14. Darne, C. (2010). Direct evidence of lymphatic function improvement after advanced pneumatic compression device treatment of lymphedema. *Journal Biomed*. P.114-125.
15. Kohro, S. (2005). Intermittent pneumatic foot compression can activate blood fibrinolysis without changes in blood coagulability and platelet activation. *Journal Acta Anaesthesiologica Scandinavica*. P.660-664.
16. Fopiano, A. (2022). Role of Caveolae in the Development of Microvascular Dysfunction and Hyperglycemia in Type 2 Diabetes. *Journal Frontiers Physiology*. P.13-18.

### ***A. L. Palamarchuk, D. V. Shesterina Modifications in Central Hemodynamics Due to Intermittent Pneumatic Compression Effects on the Lymphatic System***

**Introduction.** High prevalence of cardiovascular diseases, [1] implies continuous improvement of noninvasive physical techniques particularly perfecting of compression therapy techniques, [3]. Intermittent pneumatic compression (IPC) widely used thought multipurpose physical rehabilitation in vascular surgery, dermatologic surgery, and sport medicine. Compression therapy (CT) is an established treatment method with very low rate of complications in research various facets of vascular and skeletal muscle physiology, [4].

**Purpose.** The study was aimed to evaluate of intermittent pneumatic compression hemodynamic effects on the lower extremities and identify the effectiveness external pressure parameter of value 40 mm Hg.

**Methods.** The study was included healthy 25 volunteers, 17+ years of age. The research shows that the mean physiological pressure in the superficial lymphatic vessel in the lower limb is 10–12 mmHg, then the external pressure (on skin) is 30–40 mmHg. Therefore, only greater external pressure can stimulate lymph drainage. In our research, used average pressures of 40 mmHg, and the procedure time limit at 20 minutes were applied. Outcome was considered succeed if blood pressure was dropped during and after procedure by increasing the expelled blood volume flow during a given period. To investigate the hemodynamic parameters after IPC, impedance cardio-vasography (ICVG) was implied.

**Results.** A summary of the 20-minute testing with IPC of 40 mm hg pressure indicators in the chambers led to the following outcomes. Indications diastolic pressure significant were decrease for about 5-10 min of the procedure ( $p < 0,05$ ) and by 15-20 minutes in recovery period, ( $p < 0,01$ ). This phenomen may be attributed in changing the physiological milieu of the lymphatic system through compression application, a mechanism necessary to promote fluid uptake and alleviate limb swelling. However, there is evidence to suggest tissue fluid transport is not associated with transport of macromolecules (i.e., protein) from the interstitial tissue, [12,13,14]. Data suggest that the reactivity of blood pressure under the action IPC on the lower extremities with an intensity of 40 mm Hg maximizes endothelial shear stress.

Rapid inflation stimulates the endothelium to release nitric oxide, which in turn inhibits platelet aggregation and platelet and monocyte adhesion. This indicates that the shear stress produced by IPC induces changes in endothelial cell function producing adaptation of blood vessels, resulting in clinical effects that can be measured, including improved arterial perfusion. Would be assumed that, depending on the compression parameters, the procedure time also depends if it was supposed to achieve an effect on the central hemodynamics.

In case study, the recommended is that with an increase in cuff pressure, the recommended time should within 20 minutes or less. And vice versa - to achieve a lesser effect on central hemodynamics - the compression in the cuffs should be reduced to values less than 40 mm Hg and, accordingly, the procedure time should be increased.

**Originality.** *To identify the effectiveness external pressure parameter of value 40 mm Hg.*

**Conclusion.** *Applying IPC devices for hypertension prevention is gradually becoming a standard second-order therapy, particularly for patients with a high risk bleeding. However, a number of questions remain with regard for determining a more accurate time of inflation and deflation in the chambers of IPC devices are required and pressure parameters to its optimal use. The literature overview suggests that IPC improved hematologic and hemodynamic effects, maximizes endothelial shear stress and emptying of venous blood from the lower extremities are likely major contributors.*

**Key words:** *timing; hemodynamics; lower extremity; intermittent pneumatic compression; cardio-vasography impedance; parameters.*

Одержано редакцією 08.12.2021

Прийнято до публікації 18.04.2022

УДК 612.82/83

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2022-1-63-73

**Подковка Ольга Ігорівна**

аспірант кафедри фізіології людини і тварин  
Київський національний університет імені Т. Шевченка  
ННЦ «Інститут біології та медицини»  
[ol.podkovka@gmail.com](mailto:ol.podkovka@gmail.com)

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3606-5098>

**Макарчук Микола Юхимович**

доктор біологічних наук, професор  
Київський національний університет імені Т. Шевченка  
ННЦ «Інститут біології та медицини»  
[makarchuk\\_mykola@knu.ua](mailto:makarchuk_mykola@knu.ua)

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0982-3463>

**Філімонова Наталія Борисівна**

кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник  
Київський національний університет імені Т. Шевченка  
Військовий інститут  
[filimonova@knu.ua](mailto:filimonova@knu.ua)

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5133-3003>

**Пампуха Ігор Володимирович**

кандидат технічних наук, доцент  
Київський національний університет імені Т. Шевченка  
Військовий інститут  
[pamp@ukr.net](mailto:pamp@ukr.net)

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4807-3984>

**Нікіфоров Микола Миколайович**

Кандидат військових наук, старший дослідник  
Київський національний університет імені Т. Шевченка  
Військовий інститут  
[nik.nikif@ukr.net](mailto:nik.nikif@ukr.net)

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2849-5688>

## **НЕЙРОФІЗІОЛОГІЧНІ МЕХАНІЗМИ ЗДІЙСНЕННЯ ПРОСТОЇ СЕНСОМОТОРНОЇ РЕАКЦІЇ У ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ РІЗНОГО ВІКУ**

*Апаратно не було виявлено статистичних відмінностей у швидкості простої сенсомоторної реакції у військовослужбовців різного віку, однак паралельно із здійсненням простої сенсомоторної реакції когерентний ЕЕГ-аналіз показав, що з віком у здійсненні такої реакції зростає роль вторинної зорової кори лівої півкулі, тоді як лівостороння фронтальна активація при цьому знижується. Отримані результати можуть свідчити про загальну зміну нейрофізіологічних механізмів обробки інформації та реагування на неї, коли з віком зменшується роль стратегічної системи формування відповіді на користь системи виділення інформативних ознак при підвищеному рівні уваги.*

**Ключові слова:** проста сенсомоторна реакція; електроенцефалографія; когерентний аналіз; вікові зміни; профвідбір.

### **Постановка проблеми. Аналіз останніх публікацій**

Низька швидкість обробки інформації є суттєвим фактором ризику виникнення психологічного стресу та різноманітних психологічних розладів. Крім того загальні розумові здібності людини давно пов'язують з хронометричними показниками

ефективності її діяльності. Час реакції є суттєвим обмеженням при прийнятті рішення і є визначальним елементом компромісу між швидкістю та точністю, які характеризують якість більшості рішень. Простою сенсомоторною реакцією (ПСМР) називають час елементарного руху у відповідь на відомий подразник, який раптово з'являється, але є очікуваним. Прикладом ПСМР може бути натискання кнопки або клавіши у відповідь на візуальний чи аудіальний сигнал. Швидкість ПСМР має дві складові - латентний період (ЛП) та моторний період [1]. ЛП реакції визначається як проміжок часу від моменту появи стимулу до початку моторної відповіді, тобто він включає в себе час збудження рецепторів, передачі сигналів від периферії до центру аферентних шляхів, переробки інформації в ЦНС, прийняття рішення про формування моторної відповіді, надсилання команди до виконавчих органів (ефекторів) та розвитку збудження в ефекторах, тобто це є показник швидкості нервово-психічних процесів. Моторний період складається з часу виконання руху та є показником швидкості скорочення м'язів (роботи ефекторів та м'язових волокон). Для різних видів професійної діяльності визначальними є швидкість процесів обробки інформації, що обумовлює інтерес до дослідження ЛП ПСМР. ЛП є важливим показником, що корелює із процесами збудження у центральній нервовій системі (ЦНС) [1], тому він може бути використаний для аналізу базових когнітивних функцій людини [2]. Швидкість та ефективність процесів сприйняття інформації та її інтеграція є важливими параметрами, які показують, наскільки добре базові когнітивні механізми можуть бути залучені до здійснення цільових завдань. ПСМР у нормальних умовах є відносно сталим показником, тому його зміни можуть бути використані для контролю, прогнозування та корекції ментального стану людини [2]. Крім цього, тривалість ЛП є важливим параметром, який свідчить про рівень психофізичної готовності до виконання моторних завдань взагалі [3].

Загальновідомо, що старіння супроводжується змінами в швидкості та/або режимі обробки інформації в мозку [4]. Хоча раніше вважалося, що старіння більше впливає на вищі когнітивні процеси, ніж на нижчі (сенсорні та моторні), наразі існують докази того, що взаємозалежність між вищими когнітивними та нижчими сенсорними/сенсомоторними процесами стає сильнішою з віком [5]. Що стосується внеску нижчих сенсомоторних процесів в уповільнення поведінки у літніх людей, попередні дослідження задокументували зниження дофамінергічної системи нейромедіаторів у старішому мозку людини і, більш конкретно, втрату дофамінових рецепторів у смугастому тілі та позастріальних областях [6], що було пов'язано з основними порушеннями рухових функцій. Було продемонстровано, що інтракортикальне гальмування та фасилітація первинних рухових областей зменшуються у людей похилого віку [5]. Такі висновки свідчать про те, що насамперед сенсомоторні функції змінюються в літньому віці, і ці зміни можуть впливати на продуктивність навіть в умовах простого завдання.

Існують дані, що старіння супроводжується функціональною дизрегуляцією збудливості моторної кори під час сенсомоторної обробки, причому цей дефект стає все більш очевидним із більшою складністю завдання [5]. Так, наприклад, автори даного дослідження продемонстрували значне уповільнення, пов'язане зі старінням (середній вік групи 58,3), але лише при здійсненні завдання на реакцію вибору [5].

Оскільки швидкість ПСМР визначає якість виконання завдань для певних професій, важливо визначити вік, для якого буде необхідно вводити процедури контролю за швидкістю цих реакцій та відповідності професійним вимогам. Тому актуальною задачею є дослідження будь-яких змін ПСМР з віком.

**Мета.** Дослідити швидкість ПСМР в різних вікових групах військових та визначити специфічні нейромережі, які були задіяні при виконанні цього завдання.



### Матеріали та методи дослідження

В обстеженні взяло участь 43 праворуких чоловіки добровольці, віком 18-54 роки, без скарг на здоров'я – представники різних військових професій (механіки, стрільці, водії, оператори радіолокаційної станції, службовці зенітно-ракетних військ, зв'язківці, планшетисти, льотчики та призовники військкомату), з яких в подальшому для здійснення когерентного аналізу було обрано 34 та сформовано три групи (1 група – 18-23 роки,  $n=11$ ; 2 група – 24-34 роки,  $n=15$ ; 3 група – 35-54 роки,  $n=8$ ). Дев'ять учасників було виключено з дослідження у зв'язку з великою кількістю артефактів у записах ЕЕГ та неможливістю подальшої обробки даних.

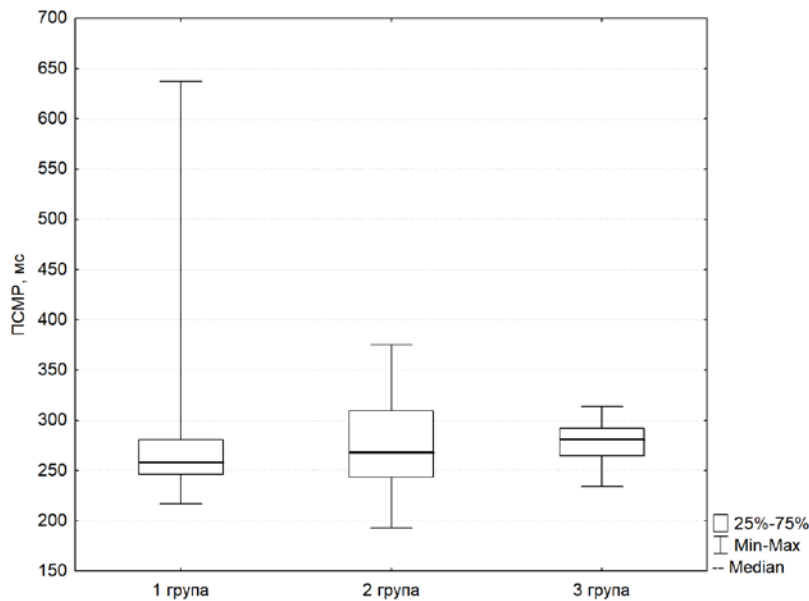
ПСМР була визначена за допомогою спеціалізованої комп'ютерної програми [7]. Для реєстрації ПСМР на екрані комп'ютера була інструкція, згідно з якою обстежуваний мав реагувати на появу зображення (квадрата) якомога швидше, натисканням будь-якої клавіші. Після цього з'явилося слово «Пуск», 2 с були дані для фокусування, після чого перші 15 зображень (квадратів) були надані для адаптації та виключені з подальшого аналізу. Потім послідовно були пред'явлені ще 100 зображень основної групи. Пауза між ними була обрана випадково з інтервалу 500-600 мс, так що наступний сигнал очікувався, але звикання до ритму появи зображень не відбувалося. Зображення зникало після натискання будь-якої клавіші, у іншому випадку його пред'явлення тривало 1500 мс. Точність реєстрації ЛП ПСМР становила 10 мс. Швидкість ПСМР (Simple Response Time, SRT, мс) розраховували як середнє значення 100 реакцій обстежуваної групи. Під час виконання тесту реєстрували ЕЕГ. Статистичний аналіз був здійснений за допомогою пакету програм Statistica 8.0 («StatSoft», USA). Критичним рівнем значущості при тестуванні статистичних гіпотез вважали 0,05. Оскільки розподіл ПСМР за критерієм Шапіро-Вілка відрізнявся від нормального ( $p < 0,05$ ), то для оцінки центральної тенденції використовували медіану ( $Me$ ), а розкиду – міжквартильний розмах [25%; 75%]. Подальший аналіз відмінностей у швидкості здійснення ПСМР був визначений за допомогою критерія Крускала-Волліса.

Для реєстрації та аналізу ЕЕГ був використаний комплекс Нейрон-Спектр-4/VP («NeuroSoft»). Запис проводився у звукоізолюваній кімнаті, монополярно, з частотою квантування 500 Гц, референтні електроди були розташовані на мочках вух. У дослідженні були використані мостикові посріблені електроди, які накладали відповідно до міжнародної системи 10-20, формуючи 19 відведень: Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, Fz, C3, C4, Cz, T3, T4, T5, T6, P3, P4, Pz, O1, O2. За допомогою програми Нейрон-Спектр у кожному відведенні для діапазонів частот ЕЕГ:  $\delta$  (0,5-3,9 Гц),  $\theta$  (4,0-7,9 Гц),  $\alpha$  (8,0-13,9 Гц),  $\beta_1$  (14,0-19,9 Гц) і  $\beta_2$  (20,0-35,0 Гц), були розраховані когерентності для кожної пари електродів.

Дистантну синхронізацію зон мозку при виконанні тестових завдань визначали за допомогою когерентного аналізу. Середнє значення функції когерентності залежить від наявності шуму в сигналах. Так, якщо він становить більше як 30-40%, стає проблематичним виділення сигналу на фоні шуму і, як наслідок, твердження про високу синхронізацію в різних відведеннях. Крім того, для кожної гармоніки на межі двох сусідніх епох, що аналізуються, внаслідок ефекту витікання спектру виникають додаткові бічні піки, які можуть становити більше 40% амплітуди центрального піку. Ефект впливає на значення фазової когерентності, а отже, і на значення когерентності. Тим самим коефіцієнт когерентності дає завищену оцінку щодо ступеня синхронізації процесів, тому достовірною когерентність можна вважати тільки якщо вона  $\geq 0,7$  [8]. Саме тому в ПСМР визначалася достовірна синхронізація тільки для тих пар відведень, для яких медіана  $\geq 0,7$ .

### Результати та їх обговорення

Порівняльний аналіз швидкості ПСМР в трьох групах за критерієм Крускала-Волліса не виявив значущих відмінностей (Kruskal-Wallis test:  $H(2, N=54) = 0,889$ ;  $p=0,64$ ) (Рис.1.).

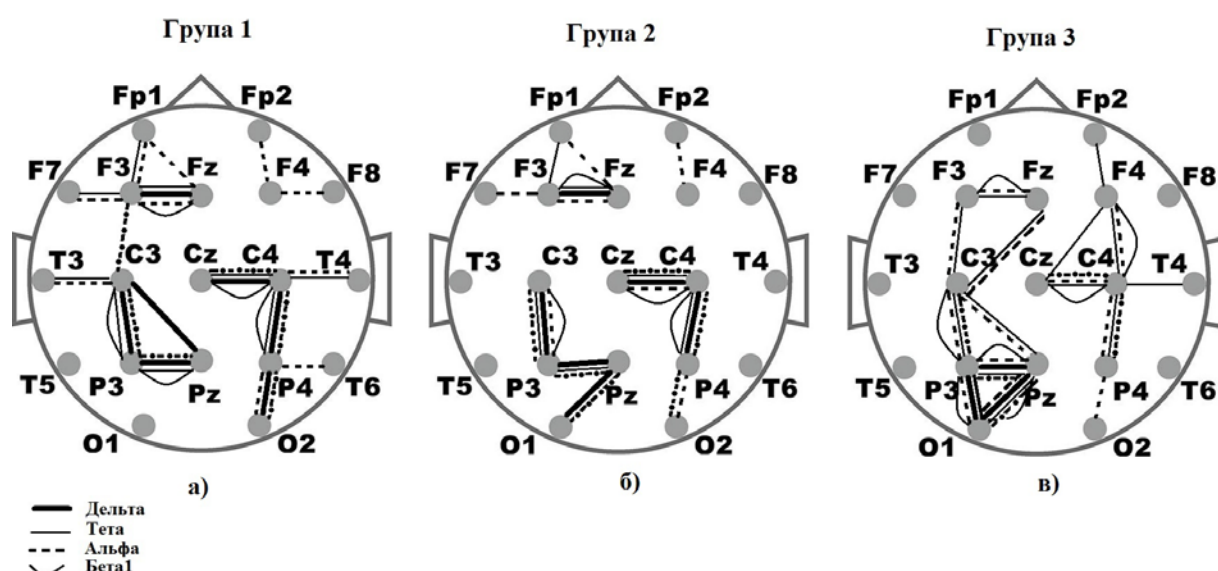


**Рис. 1.** Швидкість ПСМР в трьох вікових групах: I група – 18-23 роки (n=11); II група – 24-35 років (n=15) та III група – 36-54 роки (n=8).

Когерентний аналіз електроенцефалограм, реєстрація яких проводилась під час виконання завдання виявив, що у нейрональних механізмах здійснення ПСМР були відмінності між трьома віковими групами.

У першій групі спостерігалась когерентність між правими і лівими фронтальними ділянками (F4-Fp2, F4-F8 та F3-Fz, F3-Fp1, Fz-Fp1, F3-F7) в альфа діапазоні; F3-Fz, F3-Fp1, F3-F7 – в тета діапазоні; F3-Fz – в діапазонах дельта і бета1 (Рис.2а).

В той час як у другій групі зв'язок зберігався лише між відведеннями F4-Fp2, FzFp1, FzF3, F3-F7 в альфа діапазоні, F3-Fp1, F3-Fz – в тета діапазоні, F3-Fz – дельта і бета1 (Рис.2б). Третя група характеризувалась наявністю когерентностей між відведеннями F4-Fp2 в тета діапазоні, а також F3-Fz - в тета, альфа і бета1 діапазонах (Рис.2в).



**Рис. 2.** Когерентний аналіз ЕЕГ в трьох вікових групах: а) I група – 18-23 роки (n=11); б) II група – 24-35 років (n=15); в) III група – 36-54 роки (n=8).

Відведення F3, F4, Fz відповідають 8 зоні за Бродманом (частина префронтальної кори, латеральна і медіальна додаткова моторна зона (supplementary motor area (SMA)) [9], яка здійснює руховий контроль, виконавчий контроль поведінки, бере участь у зорово-просторовій та зорово-моторній увазі [10]. Відведення F8 відповідає 45 зоні Бродмана (трикутна частина нижньої фронтальної звивини) [9], однією з функцій якої є інгібування моторної відповіді [10]. Тому можна припустити, що зв'язок F4-F8, який був наявний лише в першій групі, дозволяє здійснювати реакцію більш координовано і чітко. Дослідження на тваринах також виявили зменшення гальмівних синапсів у сенсомоторній корі, що свідчить про віковий дефіцит внутрішньої гальмівної схеми [11]. Когерентність між відведеннями F3-F7 в альфа діапазоні наявні у I та II групах (Рис. 2а, 2б), а в тета – лише в першій (Рис.2а). Відведення F7 відповідає 47 зоні Бродмана (орбітальна частина нижньої лобної звивини) [9], яка бере участь в семантичній обробці та семантичному кодуванні, а також виконавчих функціях [10].

Зазначимо, що нещодавно був виявлений тракт білої речовини – фронтальний косий тракт (frontal aslant tract (FAT)), який з'єднує додаткову моторну кору і латеральну верхню фронтальну звивину з нижньою фронтальною звивиною (відповідає відведенням F4-F8 та F3-F7) та відіграє роль у мовленнєвих функціях (швидкість мовлення, ініціювання та гальмування мовлення, створення речень і лексичне рішення), робочій пам'яті, зорово-моторній діяльності, соціально-комунікативних завданнях, увазі та обробці музики [12].

Крім того, відведення Fp1, Fp2 відповідають 10 зоні Бродмана (середня фронтальна звивина) [9] і задіяні у виконавчому контролі поведінки, виявленні та обробці помилок [10], тому когерентності між відведеннями F3-Fp1 та Fz-Fp1, які наявні лише у I і II групах можуть свідчити про більш активне залучення стратегічної системи виділення цілі та прийняття рішень [13] в порівнянні з третьою групою, де в більшій мірі активується зорова та парієтальна кора.

У всіх трьох групах відбувалась активація первинної соматосенсорної кори (постцентральна звивина, 1, 2, 3 зони Бродмана, що відповідають відведенням C4, C3 [9]), яка є частина глобальної рухової нейромережі та відповідає за пропріорецептивну

чутливість пальців, довільні рухи руки та моторні навички [10]. Але саме у третій групі їхній зв'язок з фронтальними зонами мозку виражений в найбільшій мірі (когерентності між відведеннями C3-F3, C3-Fz, Cz-F4, C4-F4). Раніше було показано, що роль фронтального контролю під час здійснення рухів збільшується з віком [14]. До того ж, у третій групі тета активність між префронтальною зоною та постцентральною звивиною є найбільш вираженою в порівнянні з першою та другою групами, що може свідчити про збільшення ролі візуальної селективної уваги [15] з віком при виконанні ПСМР. Delorme зі співавторами пояснюють наявність фронтальних низьких тета-комплексів активністю кори, індукованої паралімбічними процесами, які залучені до розгальмування імпульсивних моторних відповідей на стимули або події, що приносять винагороду або досягнення мети [15]. В той же час відомо, що збільшення тета активності корелює зі складністю завдання та емоційним фактором [16], тому можна припустити, що з віком здійснення ПСМР потребує більших зусиль та концентрації. Крім того, нещодавно у дослідженні із залученням 7T фМРТ було показано, що первинна контралатеральна моторна кора та первинна контралатеральна соматосенсорна кора активуються не лише під час виконання простого руху пальцем, але і під час його планування [17]. Таким чином, можна припустити, що підготовчі стани в S1 можуть покращити контроль руху через зміни сенсорної обробки або через прямий вплив на спинномозкові моторні нейрони [17].

У першій групі спостерігалась когерентність між відведеннями C4-T4 в тета та альфа діапазонах (Рис.2а), в той час як в третій групі – лише в тета діапазоні (Рис.2в). Відведення Т4 відповідає 21 зоні Бродмана (мультимодальна задня область, середня скронева звивина) [9], що бере участь у спостереженні за рухом, а зліва ще і у генеруванні слів [10]. Зв'язаність C3-T3 спостерігалась лише у першій групі в альфа і тета діапазонах (Рис.2а). Активація Т3 (42 зона за Бродманом – первинна слухова кора, звивина Гешля) [9] може бути пов'язана з внутрішнім представленням звуків мови, основною обробкою слухових стимулів (мовних і немовних) [10], тобто, вірогідно, при появі стимулу (квадрат) обстежувані першої групи відмічали це вербально про себе. У всіх трьох групах спостерігалась когерентність між відведеннями P3-C3, P3-Pz, P4-C4 та P4-O2. Частотні характеристики були різні. Перша група: P3-C3, P3-Pz, P4-C4 когерентні в дельта, тета, бета1, бета2 діапазонах, P4-O2 – дельта, альфа, бета2 (Рис.1); друга група: P3-C3 – в дельта, тета, альфа, бета1, бета2, P4-C4 – дельта, тета, бета1, бета2, P3-Pz - дельта, тета, бета2, P4-O2 – в альфа, бета 2 діапазонах (Рис.2); третя група: P3-C3 - тета, альфа, бета1, бета2, P4-C4 - тета, альфа, бета2, P3-Pz – дельта, тета, альфа, бета1, бета2, P4-O2 – в альфа діапазоні (Рис.3). Відведення P3 та P4 відповідають 39 зоні Бродмана (частина нижньої тім'яної частки, каудальний край внутрішньотім'яної борозни, кутова звивина, частина області Верніке) [9], яка в даному випадку може бути залучена до просторової концентрації уваги, зорово-просторової обробки (P4), виконавчого контролю поведінки [10]. Кутова звивина — це кортикальна область, яка бере участь у перехресних модальних асоціаціях між соматосенсорною, аудіальною та візуальною інформацією [10]. Права кутова звивина бере участь у візуально-просторовій обробці [10]. Виявлене у нашому дослідженні вікове зниження когерентностей між вищезазначеними ділянками в дельта діапазоні та їхнє зростання в альфа діапазоні може свідчити про перехід від збільшеної внутрішньої концентрації та загального налаштування мозку на вхідний потік інформації з оцінкою правильних реакцій (дельта) [16] до більш високоспецифічної обробки інформації (альфа), оскільки знижений альфа ритм представляє більш загальну відповідь, пов'язана з рівнем уваги та складністю завдання [16]. Існує припущення, що залежна від подій синхронізація альфа ритму (event-related synchronization, ERS) відображає низхідні, гальмівні процеси контролю та відіграє активну роль для часу кортикального процесингу, тоді як залежна

від подій десинхронізація альфа активності (event-related desynchronization, ERD) відображає поступове зниження гальмування, пов'язане з появою складних процесів активації, що поширюються [18]. В той же час, було показано, що прості повторювані рухи рук викликали знижену активацію в контралатеральній сенсомоторній і премоторній корі старих порівняно з молодими людьми [5]. Можливо, таке зниження активації і було спричинене гальмівними впливами альфа осциляцій.

Відведення Pz відповідає зоні Бродмана 7 (вторинна сенсомоторна кора, верхня тім'яна часточка) [9] та бере участь у візуально-просторовій обробці інформації та пам'яті, виконанні рухів, зорово-моторній увазі [10]. Є дані, згідно з якими планування, відбувається у філогенетично новіших областях мозку - у нижній тім'яній частці, поряд з лобовими частками та базальними гангліями, тоді як контроль, здійснюється у більш древніх областях у верхній тім'яній частці разом із мозочком [19]. Тому можна припустити, що найвищий рівень координації між плануванням та здійсненням руху був у третій групі, оскільки тут спостерігалась когерентність між відведеннями P3-Pz у всіх досліджуваних діапазонах (дельта, тета, альфа, бета1, бета2).

Наявність зв'язку Pz-O1 у другій групі, а також Pz-O1 та P3-O1 у третій групі може свідчити про посилення ролі зорових ділянок кори у плануванні та здійсненні ПСМР. Окрім візуальної обробки вторинна зорова кора (18 зона Бродмана, що відповідає відведенням O1 та O2, середня потилична звивина [9]) залучена у виявлення закономірностей, розпізнавання жестів пальців рук (O2), підтримання постійної уваги до кольору та форми [10]. Згідно з функціональними дослідженнями, вона також бере участь в інших функціях, пов'язаних із зором, таких як візуальний праймінг [10]. Отже, можна припустити, що з віком у здійсненні ПСМР більшого значення набуває система виділення інформативних ознак (ліва зорова кора), в той час як у першій групі домінує система сприйняття образу в цілому (права зорова кора) [10], яка до того ж, пов'язана з відведенням T6 (37 зона Бродмана, задня нижня скронева звивина, середня скронева звивина і веретеноподібна звивина [9]), що бере участь у зоровій фіксації, структурних судженнях знайомих об'єктів, лексико-семантичних асоціаціях (тобто асоційовані слова з зоровими перцептами) [10]. Основна частина зони Бродмана 37 відповідає веретеноподібній звивині, яка дійсно є розширенням асоціативної зорової зони і виконує зорові функції [10]. Отже, її участь у складних візуальних функціях, таких як розпізнавання обличчя і структурне судження знайомих об'єктів, не є дивним [10]. У випадках патології правої півкулі спостерігаються порушення здатності малювати (конструкційна апраксія, або візуально-конструктивне порушення) [10]. Також відомо, що зв'язок між високими і низькими частотами забезпечує механізм контролю локалізованої нейронної обробки розподіленими мережами мозку [20]. Це ще раз підтверджує, що з віком збільшується значення вторинної зорової кори у контролі виконання ПСМР (Рис. 1в).

### Висновки

1. Не було виявлено відмінностей в швидкості ПСМР в трьох вікових групах (18-23 роки, 24-35 років та 36-54 роки).
2. Було виявлено, що з віком у здійсненні ПСМР зростає роль вторинної зорової кори зліва, а лівостороння фронтальна активація знижується, що може свідчити про зменшення ролі стратегічної системи формування відповіді на користь системи виділення інформативних ознак та утримання постійної уваги на завданні.
3. У третій групі під час здійснення ПСМР когерентність в тета-діапазоні між префронтальною зоною та постцентральною звивиною була найбільш вираженою в порівнянні з першою та другою групами, що може свідчити про збільшення ролі

візуальної селективної уваги з віком, а також прикладання більших зусиль та концентрації уваги для виконання завдання.

4. З віком спостерігалось збільшення кількості когерентностей в альфа діапазоні та зниження в дельта діапазоні, що може бути пов'язано з переходом від загального налаштування на вхідний інформаційний потік до локальної більш високоспецифічної обробки інформації.

**Перспектива подальших досліджень.** Перспектива подальших досліджень полягає у визначенні вікових відмінностей під час здійснення ПСМР, реакції вибору та проходження інших психофізіологічних тестів для представників різних військових спеціальностей, а також виявлення відмінностей у нейрональних механізмах, які беруть участь у даних реакціях, для різних груп. В подальшому отримані дані будуть використані для створення методичних рекомендацій по проходженню обстежень для забезпечення ефективного виконання робочих обов'язків з віком.

### Список використаної літератури

- Gulyar S. A., Filimonova N. B., Makarchuk M. Y., & Krivdiuk Y. N. Ocular influence of nano-modified fullerene light, 2: Time correlation of the choice and simple sensorimotor reactions that determine blinding compensation of the driver. *Journal of US-China Medical Science*. 2019. № 16(3). P. 105-115. <https://doi.org/10.17265/1548-6648/2019.03.001>.
- Shtofel D., Kostishyn S., Navrotska K., Zlepko S., & Tymchuk S. Reaction parameter and modified sensorimotor reaction method for assessment of functional potential of nervous system. *Биомедицинская инженерия и электроника*. 2018. № 1(20). С. 68-78. DOI: 10.6084/m9.figshare.5230345.
- Ermakov AV. Simple and complex sensomotor reaction for choice when teaching protection against armed attacker. In: Proceedings of the First International Volga Region Conference on Economics, Humanities and Sports (FICEHS 2019). Paris, France: Atlantis Press. 2019. P. 772-774. <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.200114.185>.
- Schubert A-L., Hagemann D., Löffler C., Frischkorn G. T. Disentangling the Effects of Processing Speed on the Association between Age Differences and Fluid Intelligence. *Journal of Intelligence*. 2020. № 8(1). P. 1-20. <https://doi.org/10.3390/jintelligence8010001>
- Yordanova J., Kolev V., Hohnsbein J., & Falkenstein M. Sensorimotor slowing with ageing is mediated by a functional dysregulation of motor-generation processes: evidence from high-resolution event-related potentials. *Brain: A Journal of Neurology*. 2004. № 127(2). P. 351-362. <https://doi.org/10.1093/brain/awh042>.
- Smith C. T., Crawford J. L., Dang L. C., Seaman K. L., San Juan M. D., Vijay A., Katz D. T., Matuskey D., Cowan R. L., Morris E. D., Zald D. H., & Samanez-Larkin G. R.. Partial-volume correction increases estimated dopamine D2-like receptor binding potential and reduces adult age differences. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*. 2019. № 39(5). P. 822-833. <https://doi.org/10.1177/0271678X17737693>
- Filimonova N. The Computer's Express Method for the Designation of a Psychophysiological Status of People." In: The 2nd International Sci-Methods Conference Health Culture as an Object of Education. Kyiv, Ukraine. 2000. P. 204-209.
- Подковка О.І., Макарчук М.Ю., Філімонова Н.Б., Книр О.С., Пампуха І.В., Горбунов О.А. Нейрональні кореляти простої сенсомоторної реакції як маркери швидкості обробки інформації у ветеранів АТО/ООС. *Фізіологічний журнал*. 2021. № 67(6). С. 3-12. <https://doi.org/10.15407/fz67.06.003>.
- Rojas G. M., Alvarez C., Montoya C. E., de la Iglesia-Vayá M., Cisternas J. E., & Gálvez M. Study of resting-state functional connectivity networks using EEG electrodes position as seed. *Frontiers in Neuroscience*. 2018. № 12. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00235>.
- <http://www.fmriconsulting.com/brodmann/Interact.html>
- Poe B. H., Linville C., & Brunso-Bechtold J. Age-related decline of presumptive inhibitory synapses in the sensorimotor cortex as revealed by the physical disector. *The Journal of Comparative Neurology*. 2001. № 439(1). P. 65-72. <https://doi.org/10.1002/cne.1335>.
- La Corte E., Eldahaby D., Greco E., Aquino D., Bertolini G., Levi V., Ottenhausen M., Demichelis G., Romito L. M. Acerbi, F. Broggi M., Schiariti M. P., Ferroli P., Bruzzone M. G., & Serrao G. The frontal aslant tract: A systematic review for neurosurgical applications. *Frontiers in Neurology*. 2021. № 12. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.641586>.
- Volz K. G., Schubotz R. I., & von Cramon D. Y. Decision-making and the frontal lobes. *Current Opinion in Neurology*. 2006. № 19(4). P. 401-406. <https://doi.org/10.1097/01.wco.0000236621.83872.71>.



14. Calautti C., Serrati C., & Baron J.-C. Effects of age on brain activation during auditory-cued thumb-to-index opposition: A positron emission tomography study. *Stroke; a Journal of Cerebral Circulation*. 2001. № 32(1). P. 139–146. <https://doi.org/10.1161/01.str.32.1.139>.
15. Delorme A., Westerfield M., & Makeig S. Medial prefrontal theta bursts precede rapid motor responses during visual selective attention. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*. 2007. № 27(44). P. 11949–11959. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3477-07.2007>.
16. Harmony T., Fernández T., Silva J., Bernal J., Díaz-Comas L., Reyes A., Marosi E., Rodríguez M., & Rodríguez M. EEG delta activity: an indicator of attention to internal processing during performance of mental tasks. *International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*. 1996. № 24(1–2). P. 161–171. [https://doi.org/10.1016/s0167-8760\(96\)00053-0](https://doi.org/10.1016/s0167-8760(96)00053-0).
17. Ariani G., Pruszynski J. A., & Diedrichsen J. Motor planning brings human primary somatosensory cortex into action-specific preparatory states. *eLife*. 2022. № 11. <https://doi.org/10.7554/eLife.69517>.
18. Klimesch W., Sauseng P., & Hanslmayr S. EEG alpha oscillations: the inhibition-timing hypothesis. *Brain Research Reviews*. 2007. № 53(1). P. 63–88. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2006.06.003>.
19. Numasawa K., Miyamoto T., Kizuka T., & Ono S. The relationship between the implicit visuomotor control and the motor planning accuracy. *Experimental Brain Research*. 2021. № 239(7). P. 2151–2158. <https://doi.org/10.1007/s00221-021-06120-w>.
20. Mohan A., De Ridder D., & Vanneste S. Graph theoretical analysis of brain connectivity in phantom sound perception. *Scientific Reports*. 2016. № 6(1). <https://doi.org/10.1038/srep19683>.

### References

1. Gulyar, S. A., Filimonova, N. B., Makarchuk, M. Y., & Krivdiuk, Y. N. (2019). Ocular influence of nano-modified fullerene light, 2: Time correlation of the choice and simple sensorimotor reactions that determine blinding compensation of the driver. *Journal of US-China Medical Science*. 16(3). <https://doi.org/10.17265/1548-6648/2019.03.001>.
2. Shtofel, D., Kostishyn, S., Navrotska, K., Zlepko, S., & Tymchyk, S. (2018). Reaction parameter and modified sensorimotor reaction method for assessment of functional potential of nervous system. *Biomedicinskaya Inzeneriya i Elektronika. (Biomedical Engineering and Electronics)*. 1(20). 68-78. DOI: 10.6084/m9.figshare.5230345.
3. Ermakov, A. V. (2019). Simple and complex sensomotor reaction for choice when teaching protection against armed attacker. *Proceedings of the First International Volga Region Conference on Economics, Humanities and Sports (FICEHS 2019)*. <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.200114.185>.
4. Schubert, A.-L., Hagemann, D., Löffler, C., & Frischkorn, G. T. (2019). Disentangling the effects of processing speed on the association between age differences and fluid intelligence. *Journal of Intelligence*. 8(1). 1. <https://doi.org/10.3390/jintelligence8010001>.
5. Yordanova, J., Kolev, V., Hohnsbein, J., & Falkenstein, M. (2004). Sensorimotor slowing with ageing is mediated by a functional dysregulation of motor-generation processes: evidence from high-resolution event-related potentials. *Brain: A Journal of Neurology*. 127(Pt 2). 351–362. <https://doi.org/10.1093/brain/awh042>.
6. Smith, C. T., Crawford, J. L., Dang, L. C., Seaman, K. L., San Juan, M. D., Vijay, A., Katz, D. T., Matuskey, D., Cowan, R. L., Morris, E. D., Zald, D. H., & Samanez-Larkin, G. R. (2019). Partial-volume correction increases estimated dopamine D2-like receptor binding potential and reduces adult age differences. *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism*. 39(5). 822–833. <https://doi.org/10.1177/0271678X17737693>.
7. Filimonova, N. The Computer's Express Method for the Designation of a Psychophysiological Status of People." In: *The 2nd International Sci-Methods Conference Health Culture as an Object of Education*. Kyiv, Ukraine. 2000. p. 204-209.
8. Podkovka, O. I., Makarchuk, M. Y., Filimonova, N. B., Knyr, O. S., Pampuha, I. V., Horbunov, O. A., (2021). Neural correlates of simple sensomotor reaction as markers of information processing speed in military veterans. *Fiziologichnyi Zhurnal (Journal of Physiology)*. 67(6). 3–12. <https://doi.org/10.15407/fz67.06.003> (in Ukr).
9. Rojas, G. M., Alvarez, C., Montoya, C. E., de la Iglesia-Vayá, M., Cisternas, J. E., & Gálvez, M. (2018). Study of resting-state functional connectivity networks using EEG electrodes position as seed. *Frontiers in Neuroscience*. 12. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00235>.
10. <http://www.fmriconsulting.com/brodmann/Interact.html>.
11. Poe, B. H., Linville, C., & Brunso-Bechtold, J. (2001). Age-related decline of presumptive inhibitory synapses in the sensorimotor cortex as revealed by the physical disector. *The Journal of Comparative Neurology*. 439(1). 65–72. <https://doi.org/10.1002/cne.1335>.
12. La Corte, E., Eldahaby, D., Greco, E., Aquino, D., Bertolini, G., Levi, V., Ottenhausen, M., Demichelis, G., Romito, L. M., Acerbi, F., Broggi, M., Schiariti, M. P., Ferroli, P., Bruzzone, M. G., & Serrao, G. (2021). The frontal aslant tract: A systematic review for neurosurgical applications. *Frontiers in Neurology*. 12. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.641586>.

13. Volz, K. G., Schubotz, R. I., & von Cramon, D. Y. (2006). Decision-making and the frontal lobes. *Current Opinion in Neurology*, 19(4), 401–406. <https://doi.org/10.1097/01.wco.0000236621.83872.71>.
14. Calautti, C., Serrati, C., & Baron, J.-C. (2001). Effects of age on brain activation during auditory-cued thumb-to-index opposition: A positron emission tomography study. *Stroke; a Journal of Cerebral Circulation*, 32(1), 139–146. <https://doi.org/10.1161/01.str.32.1.139>.
15. Delorme, A., Westerfield, M., & Makeig, S. (2007). Medial prefrontal theta bursts precede rapid motor responses during visual selective attention. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 27(44), 11949–11959. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3477-07.2007>.
16. Harmony, T., Fernández, T., Silva, J., Bernal, J., Díaz-Comas, L., Reyes, A., Marosi, E., Rodríguez, M., & Rodríguez, M. (1996). EEG delta activity: an indicator of attention to internal processing during performance of mental tasks. *International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*, 24(1–2), 161–171. [https://doi.org/10.1016/s0167-8760\(96\)00053-0](https://doi.org/10.1016/s0167-8760(96)00053-0).
17. Ariani, G., Pruszyński, J. A., & Diedrichsen, J. (2022). Motor planning brings human primary somatosensory cortex into action-specific preparatory states. *ELife*, 11. <https://doi.org/10.7554/eLife.69517>.
18. Klimesch, W., Sauseng, P., & Hanslmayr, S. (2007). EEG alpha oscillations: the inhibition-timing hypothesis. *Brain Research Reviews*, 53(1), 63–88. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2006.06.003>.
19. Numasawa, K., Miyamoto, T., Kizuka, T., & Ono, S. (2021). The relationship between the implicit visuomotor control and the motor planning accuracy. *Experimental Brain Research*, 239(7), 2151–2158. <https://doi.org/10.1007/s00221-021-06120-w>.
20. Mohan, A., De Ridder, D., & Vanneste, S. (2016). Graph theoretical analysis of brain connectivity in phantom sound perception. *Scientific Reports*, 6(1). <https://doi.org/10.1038/srep19683>.

***O. I. Podkovka, M. Y. Makarchuk, N. B. Filimonova, I. V. Pampuha, M. M. Nikiforov Age-related Neurophysiological Changes in Simple Sensorimotor Reaction Performance***

**Introduction.** For different types of professional activity, the speed of information processing is one of the most important indicators of performance. It is well known that aging is accompanied by changes in the speed and / or mode of information processing in the brain. Simple sensorimotor reaction (SMR) shows speed and efficiency of information perception processes, its integration and is and reveals how well the basic cognitive mechanisms can be involved in the implementation of target tasks.

**Purpose.** The aim of this work was to investigate the rate of SMR in different age groups and to identify age-related changes in neural networks that promote task performance.

**Methods.** The survey involved 34 right-handed volunteers, aged 18-54, without health complaints - representatives of various military professions (mechanics, shooters, drivers, radar operators, anti-aircraft missile officers, communications, tablets, pilots and conscripts), which were divided into three age groups (1 group - 18-23 years,  $n = 11$ ; 2 group - 24-34 years,  $n = 15$ ; 3 group - 35- 54 years,  $n = 8$ ). SMR was determined using a specialized computer program and while its performance 19 electrode EEG was recorded. Remote synchronization of brain areas was determined using coherent analysis in Neuron-Spectrum-4 / VP complex («NeuroSoft»). Reliable synchronization was determined only for those pairs of leads for which the median was  $\geq 0.7$ .

**Results.** Although the comparative analysis of the PSMR rate in the three groups according to the Kruskal-Wallis test did not reveal significant differences (Kruskal-Wallis test:  $H(2, N = 54) = 0.889$ ;  $p = 0.64$ ), coherent analysis of electroencephalograms, which were recorded during task, revealed that there were differences in the neural mechanisms of SSMR between the three age groups. We showed age-related increases in activation of the left secondary visual cortex, while activation of the left frontal lobe decreased which may indicate shift from the strategic system of response to the system of informative features selection and constant attention maintenance. In the third group coherence in the theta range between the prefrontal area and the postcentral gyrus was the strongest in comparison with the first and second groups, which may indicate an increase in the role of visual selective attention with age, as well as greater effort and concentration to perform the task. Also there was an age-related increase in the alpha range coherences and decrease in the delta range, which may indicate shift from the general setting to the input information flow to local highly specific information processing.

**Originality.** Age-related adaptive changes of the neural networks that enable effective performance of the SSMR: different strategies of visual-motor reaction are revealed.



**Conclusions.** *Performance of the SSMR test involves different neuronal strategies that were determined for three age groups. The prospect of further research is to determine age-related differences in the chronometric indicators and neuronal mechanisms for SSMR, choice reaction and other psychophysiological tests for different military specialties and according to acquired data create guidelines for conducting surveys to ensure effective performance of work responsibilities with age.*

**Key words:** *simple sensorimotor reaction; electroencephalogram; coherent analysis; age-related changes; professional selection.*

Одержано редакцією 15.04.2022

Прийнято до публікації 18.04.2022

УДК 575.174.015.3

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2022-1-74-84

**Прокоп'як Мар'яна Зіновіївна**

кандидат біологічних наук, доцент  
Тернопільський національний педагогічний  
університет імені В. Гнатюка  
[mosula@chem-bio.com.ua](mailto:mosula@chem-bio.com.ua)

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2846-4208>

**Флячок Адріана Ігорівна**

магістрантка хіміко-біологічного факультету  
Тернопільський національний педагогічний  
університет імені В. Гнатюка  
[adrianaflyiachock@chem-bio.com.ua](mailto:adrianaflyiachock@chem-bio.com.ua)

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7279-8643>

**Майорова Оксана Юріївна**

кандидат біологічних наук, викладач  
Тернопільський національний педагогічний  
університет імені В. Гнатюка  
[majorova@chem-bio.com.ua](mailto:majorova@chem-bio.com.ua)

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1927-4621>

**Грицак Людмила Русланівна**

доктор біологічних наук, професор  
Тернопільський національний педагогічний  
університет імені В. Гнатюка  
[hrytsak1972@gmail.com](mailto:hrytsak1972@gmail.com)

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2872-5201>

**Дробик Надія Михайлівна**

доктор біологічних наук, професор  
Тернопільський національний педагогічний  
університет імені В. Гнатюка  
[drobyk.n@gmail.com](mailto:drobyk.n@gmail.com)

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8927-8687>

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПОКАЗНИКІВ ІНФОРМАТИВНОСТІ ISSR-МАРКЕРІВ ДЛЯ АНАЛІЗУ ГЕНЕТИЧНОГО ПОЛІМОРФІЗМУ РОСЛИН

Оцінено інформативність ISSR-маркерів і продемонстровано їх ефективність для оцінки генетичного різноманіття рослин з семи популяцій *Gentiana lutea* L. з Українських Карпат. За усіма показниками (ЗКА, КПА, PIC, MI, R<sub>p</sub>, D) найбільш інформативними були UBC#811, UBC#807, а найменш – UBC#827 і UBC#889. Відношення між усіма параметрами оцінки ефективності праймерів характеризувалося високим рівнем достовірності ( $p < 0,001$ ,  $p = 0,05$ ), лише у деяких випадках воно було вищим, ніж 5 %. Оцінено рівень генетичного поліморфізму *G. lutea* за UBC#807, UBC#811 і UBC#840.

**Ключові слова:** *Gentiana lutea* L.; генетична різноманітність; роздільна здатність; розпізнавальна здатність; кількість поліморфних ампліконів.

### Постановка проблеми. Аналіз останніх публікацій

До сьогоднішнього дня змінився ряд поколінь різних типів молекулярно-генетичних маркерів. Кожний із них має свої позитивні й негативні характеристики, але у цілому вони доповнюють один одного [1–3]. У молекулярній генетиці однією із центральних проблем є вивчення поліморфізму геномів рослин, оскільки її вирішення

має як фундаментальне, так і практичне значення [1]. На сьогодні методи молекулярно-генетичного аналізу на основі полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) є одними з найефективніших для вивчення генетичного поліморфізму тварин і рослин. Маркерна система нуклеотидної послідовності ДНК дозволяє тестувати генетичну різноманітність на рівні генів.

Створення молекулярних маркерів і їх використання у біологічних дослідженнях дозволило детальніше вивчити генетичний поліморфізм, а також дослідити рівень спорідненості на між- і внутрішньовидовому рівнях. ДНК-маркери використовуються з різними цілями (для генетичного фінгерпринтування, ідентифікації сортів, картування хромосом, ідентифікації генів та їх клонування, проведення філогенетичного аналізу, паспортизації організмів й ін.) [1].

Вивчаючи генетичну структуру популяцій, можна отримати інформацію про унікальність їх генофонду, а також дослідити рівень внутрішньопопуляційного і внутрішньовидового поліморфізму, встановити напрямок розвитку генетичних процесів у них. Детальне вивчення популяційно-генетичної структури з використанням ДНК-маркерів дозволить прогнозувати можливі порушення її стабільного відтворення. Для проведення цих досліджень насамперед необхідно підібрати оптимальні високоінформативні молекулярно-генетичні маркери і оцінити рівень їхньої інформативності і ефективності [1, 2]. Під час вивчення генетичного поліморфізму ефективним є використання різноманітних ДНК-маркерів, які пов'язані з різними послідовностями геному. Водночас, важливим також є зниження вартості проведення ПЛР-аналізів, що пов'язане із залученням невеликої кількості праймерів, однак вони повинні бути інформативними.

Кількісно ступінь поліморфізму зазвичай вимірюється двома різними показниками: гетерозиготність (heterozygosity,  $H$ ) і величиною інформаційного поліморфізму (polymorphism information content, PIC). Маркерні системи розрізняють за величиною їх інформативності, що, у свою чергу, залежить від ступеня їхнього поліморфізму [4]. Гетерозиготність локуса ( $H$ ) визначається як ймовірність того, що в популяції особина гетерозиготна за цим локусом. PIC визначається здатністю маркера визначати поліморфізм у популяції залежно від кількості виявлених алелей і розподілу їх частот. Максимальними значеннями для  $H$  і PIC є 0,5 для домінантних маркерів, 1 – для кодомінантних [5].

Вченими запропоновано індекс інформативності маркерів (marker index, MI), який дорівнює добутку PIC на кількість поліморфних локусів [6]. Як показник здатності праймерів чи систем ПЛР-маркерів диференціювати зразки між собою створили показник роздільної здатності (resolving power,  $R_p$ ) [7]. Розпізнавальна здатність (discrimination power,  $D$ ) відображає ймовірність того, що два довільно обрані зразки мають різні набори ПЛР-продуктів і відрізняються один від одного [8].

**Мета.** Підібрати найінформативніші ISSR-праймери для оцінки генетичного поліморфізму популяцій рослин, на прикладі представників роду *Gentiana* L., а також визначити найефективніші показники інформативності ДНК-маркерів.

### Матеріали та методи дослідження

Матеріалом для дослідження обрано дикорослі рослини із шести природних (гг. Шешул-Павлик (Sh), пол. Лемська (Lem), г. Гутин Томнатик (HT), гг. Трояска-Татарука (Tr), пол. Крачунеска (Kr)), пол. Красна (хр. Красна) (Krs) і однієї штучно створеної (г. Пожижевська (Pozh)) популяцій *G. lutea* з Українських Карпат. Із різних частин кожної популяції було відібрано по 15 зразків листкової пластинки, окрім двох популяцій: на г. Гутин Томнатик, з якої, у зв'язку з малою чисельністю, відібрано 11, та з популяції на пол. Красна – 6. У роботі за основу було взято метод виділення ДНК

Rogers S.O. і Bendich A.J. (1985), модифікований Спірідонову К.В. (2000). Протестовано 13 ISSR-праймерів, а для роботи із зразками ДНК *G. lutea* було відібрано 9 ISSR-праймерів (UBC#807, UBC#809, UBC#810, UBC#811, UBC#827, UBC#835, UBC#840, UBC#857, UBC#889) [11]. Ампліфікацію проводили у термоциклері Терцик МС2. Для проведення ISSR-ПЛР використовували температурний режим: 95°C – 2 хв, 35 циклів (94°C – 30 с, 53°C – 30 с, 72°C – 1,5 хв), 72°C – 2,5 хв. Продукти ПЛР фракціонували електрофорезом у 1,3 % агарозному гелі в 1 × SB-буфері (5 мМ Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>, рН 8,5). Для статистичної оцінки даних ПЛР-аналізу застосовували програми TotalLab TL120 (Nonlinear Dynamics), FAMD 1.25, Mega 6, GenAlEx 6.5. Розподіл загальної генетичної мінливості між популяціями та в їхніх межах вивчали методом аналізу молекулярної варіанси (AMOVA).

Для оцінки інформативності праймерів розраховували наступні показники: загальну кількість ампліконів (ЗКА), кількість поліморфних ампліконів (КПА), показник інформативності (PIC), індекс інформативності маркерів (MI), роздільну здатність (Rp), розпізнавальну здатність (D).

Зв'язок між показниками інформативності праймерів розраховували за допомогою коефіцієнта кореляції Спірмена. Для обрахунку показників інформативності праймерів також було використано програму iMEC.

### Результати та їх обговорення

Відбір праймерів для дослідження генетичного різноманіття *G. lutea* було розпочато з попереднього скринінгу, за допомогою якого оцінювали якість і кількість продуктів ампліфікації. У результаті попереднього скринінгу 9 з 13 ISSR-праймерів (69 %) виявилися найбільш інформативними і були обрані для подальшої оцінки генетичного поліморфізму *G. lutea*. Характеристики праймерів за продуктами, які вони синтезують представлені у таблиці 1, 2.

Використані праймери забезпечували ампліфікацію фрагментів у межах: 400–3200 п.н. Загальна кількість ампліконів і кількість поліморфних ампліконів на праймер є важливими показниками придатності праймерів і маркерних систем загалом для оцінки генетичної різноманітності. Мономорфні праймери вважаються не інформативними.

У результаті полімеразної ланцюгової реакції з використанням 9 ISSR-праймерів для 92 зразків *G. lutea* із семи популяцій (г. Гутин Томнатик, пол. Лемська, пол. Красна, пол. Крачунеска, г. Трояска-Татарука, г. Шешул-Павлик, г. Пожижевська) отримано 786 продуктів ампліфікації.

Кількість продуктів на праймер (ЗКА) становила для праймера UBC#807 від 13 до 21, у середньому – 15,4; для праймера UBC#809 від 8 до 16, у середньому – 11,4; для праймера UBC#810 від 7 до 15, у середньому – 9,9; для праймера UBC#811 від 12 до 23, у середньому – 16,6; для праймера UBC#827 від 6 до 11, у середньому – 8,6; для праймера UBC#835 від 7 до 16, у середньому – 12,4; для праймера UBC#840 від 7 до 17, у середньому – 12,4; для праймера UBC#857 від 8 до 14, у середньому – 11; для праймера UBC#889 від 12 до 17, у середньому – 14,9.

Найбільшу кількість ампліконів, синтезовано з використанням праймера UBC#811 (згідно даних дослідження семи популяцій *G. lutea* у середньому 16,6), а найменшу – з використанням UBC#827 (табл. 1).

Найбільшу кількість поліморфних фрагментів (КПА) отримано з допомогою UBC#811 – 14,7 на праймер (усереднене значення для семи популяцій), а найменшу з використанням UBC#827 – 5,6 на праймер. Загалом із 786 продуктів ампліфікації, отриманих після проведення ISSR-ПЛР, 81 % були поліморфними (табл. 2).

Таблиця 1

Загальна кількість ампліконів, розрахована для зразків із популяцій *G. Lutea*

№	Праймер	п.н.	Tr	Kr	Sh	Posh	Lem	HT	Krs	Ave
1	UBC#807	293–3184	13	15	21	16	19	11	13	15,4
2	UBC#809	189–2263	8	13	16	12	11	9	11	11,4
3	UBC#810	259–2079	7	8	11	7	15	11	10	9,9
4	UBC#811	317–3384	16	19	23	21	16	9	12	16,6
5	UBC#827	383–1296	6	8	10	8	10	7	11	8,6
6	UBC#835	221–3145	16	14	12	15	13	7	10	12,4
7	UBC#840	232–3159	13	11	17	13	12	7	14	12,4
8	UBC#857	379–2857	12	13	14	8	10	7	11	10,7
9	UBC#889	402–1697	12	17	17	16	17	12	13	14,9
	Ave	400–3200	11	13	16	13	14	9	12	12,6

Таблиця 2

Кількість поліморфних ампліконів, розрахована для зразків із популяцій *G. Lutea*

№	Праймер	Tr	Kr	Sh	Posh	Lem	HT	Krs	Ave
1	UBC#807	13	11	17	12	18	11	13	13,6
2	UBC#809	7	10	12	9	7	8	8	8,7
3	UBC#810	3	5	7	7	14	10	9	7,9
4	UBC#811	15	18	17	18	14	9	12	14,7
5	UBC#827	3	5	4	6	7	5	9	5,6
6	UBC#835	13	12	5	6	9	6	9	8,6
7	UBC#840	12	7	13	8	5	4	13	8,9
8	UBC#857	7	9	5	3	5	5	10	6,3
9	UBC#889	9	5	7	8	8	9	7	7,6
	Ave	9	9	10	9	10	8	10	9,3

Кількість ампліконів, які утворює праймер, визначає теоретично можливу кількість унікальних наборів фрагментів, які ним можуть бути утворені, а кількість поліморфних фрагментів характеризує реальну наявність у особин дослідженої вибірки відмінностей між послідовностями геному, які визначають утворення ПЛР-продуктів [12]. Поліморфний амплікон є найбільш інформативним для генетичного аналізу за умови рівномірного представлення алелей поліморфного локуса. Проте ЗКА і КПА не враховують особливостей розподілу поліморфних фрагментів між дослідженими генотипами, зокрема їхні частоти у вибірці зразків. Спробу врахування частот поліморфних локусів було зроблено в показниках PIS, похідному від нього MI, Rp і D.

На основі частот ампліконів і наборів фрагментів, продукованих окремими праймерами, для кожного з них було розраховано показники інформативності. Отримані значення наведено в таблицях 3–6. Для оцінки ефективності ISSR-праймерів визначено показник роздільної здатності (Rp) для кожного використаного праймера. Згідно усереднених даних для зразків із семи популяцій найвищі показники Rp серед усіх досліджених праймерів були у UBC#807 і UBC#811. Найменш інформативним за цим показником був UBC#827. Найвищі показники роздільної здатності мав UBC#807 для зразків із популяцій Sh, Posh, Lem, Krs, HT, у Posh, Kr – UBC#811, а у Tr –

UBC#840.  $R_p < 1$  був лише у зразків із популяції Tr за використання праймера UBC#810 (0,667). Загалом значення  $R_p$  коливалося у межах 2,9–8,1.

**Таблиця 3**

Показник інформативності праймерів – роздільна здатність ( $R_p$ ), використаний для оцінки інформативності ISSR-праймерів при оцінці генетичного поліморфізму зразків із популяцій *G. Lutea*

№	Праймер	Tr	Kr	Sh	Posh	Lem	HT	Krs	Ave
1	UBC#807	6,800	7,200	10,667	7,333	9,600	7,091	8,333	8,146
2	UBC#809	2,267	5,867	6,936	5,467	4,400	4,727	4,000	4,809
3	UBC#810	0,667	2,000	4,667	3,467	7,200	5,636	4,667	4,043
4	UBC#811	6,000	11,067	8,533	8,400	6,533	5,455	7,000	7,570
5	UBC#827	2,667	3,200	1,733	1,733	2,933	2,727	5,000	2,856
6	UBC#835	2,800	6,133	3,333	3,733	5,600	4,182	5,333	4,445
7	UBC#840	7,200	3,200	9,333	4,800	2,800	1,818	7,667	5,260
8	UBC#857	1,467	5,200	2,400	1,467	2,133	2,909	5,667	3,035
9	UBC#889	4,267	3,333	3,200	4,667	3,200	3,455	5,667	3,970
	Ave	3,793	5,244	5,644	4,563	4,933	4,222	5,926	4,904

Для оцінки ефективності ISSR-праймерів розраховано показник інформативності (PIC) для кожного використаного праймера (табл. 4). Згідно усереднених даних для зразків із семи популяцій найвищі показники PIC серед усіх досліджених праймерів були у UBC#807. За значеннями PIC ISSR-праймери були подібними між собою, коливалися у межах від 0,189 до 0,500 і в середньому становив 0,433.

**Таблиця 4**

Показник інформативності (PIC), використаний для оцінки інформативності ISSR-праймерів при оцінці генетичного поліморфізму зразків із популяцій *G. Lutea*

№	Праймер	Tr	Kr	Sh	Posh	Lem	HT	Krs	Ave
1	UBC#807	0,484	0,463	0,495	0,494	0,471	0,495	0,479	0,483
2	UBC#809	0,439	0,489	0,478	0,498	0,460	0,473	0,500	0,477
3	UBC#810	0,416	0,500	0,448	0,495	0,499	0,494	0,498	0,479
4	UBC#811	0,423	0,493	0,481	0,476	0,491	0,489	0,490	0,478
5	UBC#827	0,358	0,349	0,358	0,497	0,403	0,455	0,493	0,416
6	UBC#835	0,491	0,484	0,358	0,331	0,451	0,455	0,491	0,437
7	UBC#840	0,482	0,422	0,471	0,414	0,270	0,439	0,500	0,428
8	UBC#857	0,327	0,418	0,224	0,330	0,385	0,447	0,498	0,376
9	UBC#889	0,467	0,189	0,214	0,375	0,189	0,390	0,416	0,320
	Ave	0,394	0,374	0,392	0,434	0,402	0,460	0,485	0,420

Значення показника індексу інформативності маркерів (MI) становив від 0,66 до 8,568, в середньому – 4,082 (табл. 5). Згідно усереднених даних для зразків із семи популяцій найвищі показники MI серед усіх досліджених праймерів були у UBC#811. Найменш інформативними за цим показником був UBC#827. Найвищі показники індексу інформативності маркерів мав UBC#811 і UBC#807 для зразків із популяцій Kr, Sh, Posh, Lem, HT, Sh, Posh, Lem.

Таблиця 5

Індекс інформативності маркерів (MI), використаний для оцінки інформативності ISSR-праймерів при оцінці генетичного поліморфізму зразків із популяцій *G. Lutea*

№	Праймер	Tr	Kr	Sh	Posh	Lem	HT	Krs	Ave
1	UBC#807	6,292	5,093	8,415	5,930	8,472	5,437	6,226	6,552
2	UBC#809	3,073	4,89	5,736	4,485	3,216	3,784	3,996	4,169
3	UBC#810	1,248	2,500	3,136	3,462	6,983	4,942	4,480	3,822
4	UBC#811	6,345	8,874	8,177	8,568	6,876	4,397	5,884	7,017
5	UBC#827	1,074	1,745	1,428	2,980	2,822	2,277	4,439	2,395
6	UBC#835	6,383	5,808	1,785	1,983	4,060	2,732	4,420	3,882
7	UBC#840	5,784	2,954	6,123	3,310	1,352	1,754	6,496	3,968
8	UBC#857	2,289	3,762	1,12	0,660	1,924	2,236	4,982	2,425
9	UBC#889	4,203	0,945	1,498	3,000	1,515	3,507	2,911	2,511
	Ave	2,612	2,409	4,158	3,820	4,136	3,452	4,870	3,637

Розпізнавальна здатність, яка розраховується з частот не окремих ампліконів, а їх наборів, враховує незалежність розподілу поліморфних ампліконів у наборах фрагментів різних генотипів. Розпізнавальну здатність можна успішно застосовувати як показник інформативності при відборі праймерів для оцінки генетичного різноманіття виду. Для оцінки ефективності ISSR-праймерів визначено показник розпізнавальної здатності для кожного використаного праймера. Результати представлено в таблиці 6. Згідно усереднених даних для зразків із семи популяцій найвищі показники розпізнавальної здатності серед усіх досліджених праймерів були у UBC#807 і UBC#811 (0,751 і 0,746 відповідно). Найменш інформативними за цим показником був UBC#889 (0,368).

Таблиця 6

Показник розпізнавальна здатність (D), використаний для оцінки інформативності ISSR-праймерів при оцінці генетичного поліморфізму зразків із популяцій *G. Lutea*

№	Праймер	Tr	Kr	Sh	Posh	Lem	HT	Krs	Ave
1	UBC#807	0,833	0,597	0,696	0,629	0,857	0,803	0,845	0,751
2	UBC#809	0,896	0,671	0,636	0,694	0,589	0,623	0,769	0,697
3	UBC#810	0,505	0,752	0,565	0,751	0,726	0,803	0,786	0,698
4	UBC#811	0,908	0,805	0,644	0,697	0,680	0,671	0,818	0,746
5	UBC#827	0,414	0,401	0,413	0,848	0,483	0,581	0,811	0,564
6	UBC#835	0,813	0,652	0,413	0,709	0,570	0,581	0,816	0,651
7	UBC#840	0,837	0,516	0,617	0,375	0,297	0,547	0,741	0,561
8	UBC#857	0,370	0,507	0,241	0,500	0,454	0,564	0,783	0,488
9	UBC#889	0,607	0,201	0,229	0,375	0,201	0,461	0,505	0,368
	Ave	0,687	0,567	0,495	0,599	0,540	0,626	0,764	0,611


Отже, за використаними показниками ефективності використані ISSR-праймери можна рангувати як у таблиці 7. Загалом, за усіма показниками як найбільш інформативні визначено UBC#811, UBC#807, а найменш ефективними в оцінці генетичного поліморфізму *G. lutea* – UBC#827 і UBC#889.

Значення розпізнавальної здатності, розраховане для праймера UBC#889, який забезпечує синтез у середньому 14,9 амплікона, дорівнює 0,368, а у праймера з меншою кількістю ампліконів UBC#827 (8,9) значення показника у 1,5 рази більше і становить  $D = 0,564$ . Очевидно, це пов'язано із різною частотою утворення паттернів (наборів фрагментів) праймерами, оскільки праймер буде мати високий показник розпізнавальної здатності, коли він забезпечуватиме утворення паттернів з однією частотою [8].

Ефективність праймерів не можна оцінювати лише за кількістю ампліконів, які вони синтезують. Наприклад, два праймери, які утворюють однакову кількість ампліконів (UBC#835 і UBC#840 по 12,4), мають різні значення показника розпізнавальної здатності 0,651 і 0,561 відповідно.

Таблиця 7

Рангування ISSR-праймерів у відповідності до значень використаних показників інформативності ( $R_p$ , PIC, MI, D, ЗКА, КПА)

$R_p$	PIC	MI	D	ЗКА	КПА	
UBC#827	UBC#889	UBC#827	UBC#889	UBC#827	UBC#827	Min  Max
UBC#857	UBC#857	UBC#857	UBC#857	UBC#810	UBC#857	
UBC#889	UBC#827	UBC#889	UBC#840	UBC#857	UBC#889	
UBC#810	UBC#840	UBC#810	UBC#827	UBC#809	UBC#810	
UBC#835	UBC#835	UBC#835	UBC#835	UBC#835	UBC#835	
UBC#809	UBC#809	UBC#840	UBC#809	UBC#840	UBC#809	
UBC#840	UBC#811	UBC#809	UBC#810	UBC#889	UBC#840	
<b>UBC#811</b>	<b>UBC#810</b>	<b>UBC#807</b>	<b>UBC#811</b>	<b>UBC#807</b>	<b>UBC#807</b>	
<b>UBC#807</b>	<b>UBC#807</b>	<b>UBC#811</b>	<b>UBC#807</b>	<b>UBC#811</b>	<b>UBC#811</b>	

Взаємозв'язки між використаними параметрами оцінки ефективності праймерів ( $R_p$ , PIC, MI, D, ЗКА, КПА) розраховували із використанням коефіцієнта кореляції Спірмена. Відношення між усіма параметрами характеризувалося високим рівнем достовірності ( $p < 0,001$ ,  $p = 0,05$ ), лише у деяких випадках воно було вищим, ніж 5 % (табл. 8).

Таблиця 8

Коефіцієнт кореляції Спірмена ( $r_s$ ) між параметрами інформативності праймерів ( $R_p$ , PIC, MI, D, ЗКА, КПА), використаних для оцінки генетичного поліморфізму *G. Lutea*

Показники інформативності праймерів	$R_p$	PIC	MI	D	ЗКА	КПА
$R_p$						
PIC	0,717**					
MI	0,967*	0,717**				
D	0,683 <sup>NS</sup>	0,967*	0,717**			
ЗКА	0,742**	0,275 <sup>NS</sup>	0,742**	0,325 <sup>NS</sup>		
КПА	0,983*	0,683 <sup>NS</sup>	0,983*	0,667 <sup>NS</sup>	0,758**	

Примітки: \* –  $p < 0,001$ ; \*\* –  $p = 0,05$ ; <sup>NS</sup> –  $p > 0,05$ .



Виявлено дуже високу силу зв'язку між Rp і MI, Rp і КПА, а також між PIC і D, MI і КПА. Сильний зв'язок між MI і КПА, очевидно, зумовлений тим, що MI розраховується як добуток показника PIC і кількості поліморфних локусів. Між іншими показниками, за виключенням PIC – ЗКА, PIC – КПА, D – ЗКА, D – КПА, Rp – D, сила зв'язку була достовірною низькою.

Очевидно, отримані результати означають, що всі використані показники інформативності праймерів характеризують ефективність ПЛР-маркерів. Значення PIC коливалося у вузьких межах з-поміж усіх досліджуваних зразків, а також не виявлено кореляцій між ним і ЗКА й КПА. Saini M. із співавторами встановлено, що PIC виявився менш придатним для оцінки ефективності RAPD-маркерів, призначених для вивчення генетичного поліморфізму *Vigna radiate* (L.) Wilczek., оскільки не було кореляції між ним та іншими дослідженими показниками інформативності [13].

Показники Rp, PIC, MI, D, імовірно, відображають різну інформативність праймерів. На їх основі можна розробити алгоритм вибору оптимальної кількості праймерів, необхідних для визначення генетичної різноманітності. Ретельний первинний скринінг праймерів обраного ПЛР-методу є важливою умовою вибору найефективнішого методу дослідження.

Вибір найоптимальніших найефективніших ISSR-праймерів здійснено за показниками Rp і D. Rp розраховують, виходячи з частот алелей окремих локусів, а це позбавляє можливості врахувати явище залежності розподілу деяких з ампліконів у спектрах один від одного, коли наявність одного із фрагментів у спектрі з великою вірогідністю пов'язана з наявністю іншого.

Водночас цього недоліку позбавлений показник розпізнавальної здатності, який розраховується на основі частот наборів фрагментів і безпосередньо пов'язаний із кількістю пар, які не розпізнає праймер.

Для визначення оптимальної кількості маркерів, яку необхідно використати у молекулярно-генетичному аналізі, необхідно враховувати мету дослідження. Наприклад, для оцінки генетичного різноманіття, визначення структури популяцій, генетичної спорідненості або приналежності особин достатньо мінімальної кількості маркерів.

Ця комбінація забезпечує належну статистичну значимість отриманих даних, а подальше збільшення числа маркерів практично не покращує результати аналізу. Тому для оцінки генетичного різноманіття популяцій достатнім є набір із 3–6 праймерів (залежно від розміру вибірки і ступеня диференціації популяцій). Згідно отриманих нами результатів праймери UBC#807, UBC#811 і UBC#810 мали найвищі значення D ( $D > 0,800$ ) для зразків із шести природних і однієї штучно створеної популяцій *G. lutea*. Згідно даних показника Rp найінформативнішими були UBC#807, UBC#811 і UBC#840. Враховуючи те, що праймер UBC#840 забезпечував синтез більшої кількості ампліконів (у 1,3 рази), у тому числі поліморфних, порівняно із UBC#810, тому використаємо його.

Для комбінацій праймерів (UBC#807, UBC#811 і UBC#840) були розраховані основні індекси генетичної різноманітності (P, He, S) і проведений аналіз молекулярної дисперсії (AMOVA). Порівнявши показники генетичного поліморфізму популяцій тирличу жовтого, отримані з використанням трьох ISSR-праймерів (UBC#807, UBC#811 і UBC#840), з показниками генетичного поліморфізму, оціненими за дев'ятьма ISSR-праймерами (UBC#807, UBC#809, UBC#810, UBC#811, UBC#827, UBC#835, UBC#840, UBC#857, UBC#889), встановлено, що загалом значення частки поліморфних ампліконів були схожими і становили 42 % і 40 % відповідно. (табл. 9).

Таблиця 9

Показники генетичного поліморфізму *G. lutea*, розраховані за даними ПЛР-аналізу з використанням UBC#807, UBC#811 і UBC#840 праймерів

Популяція	P, %	He	S
Sh	53,41	0,187±0,021	0,282±0,030
Lem	42,05	0,132±0,019	0,203±0,028
Pozh	43,18	0,125±0,018	0,195±0,027
Kr	39,77	0,137±0,020	0,206±0,029
T	45,45	0,119±0,017	0,189±0,026
HT	27,27	0,097±0,018	0,147±0,026
Krs	43,18	0,145±0,020	0,220±0,029
Середнє	42,05	0,135±0,007	0,206±0,011

Примітки: P – частка поліморфних ампліконів, He – очікувана гетерозиготність, S – індекс Шенона.

Щодо показників очікуваної гетерозиготності та індексу Шенона, то вони були вищими у випадку використання трьох праймерів. Зростання показників генетичної різноманітності, очевидно, зумовлено збільшенням частки поліморфних праймерів внаслідок видалення із вибірки тих, які утворюють мономорфні амплікони.

Аналіз молекулярної варіанси AMOVA показав, що майже 49 % генетичної різноманітності *G. lutea* припадає на міжпопуляційні відмінності, а частка внутрішньопопуляційного поліморфізму становить 51 % за результатами, отриманими з використанням UBC#807, UBC#811 і UBC#840. Під час використання 3 праймерів спостерігається зміщення розподілу загальної генетичної різноманітності за AMOVA у бік переважання внутрішньопопуляційного поліморфізму. Імовірно, це пов'язано із специфікою розподілу поліморфних фрагментів, які виявляють здебільшого міжпопуляційні відмінності. Загальна підрозділеність популяцій ( $F_{ST}$ ) становить 0,489 (табл. 10).

Таблиця 10

Аналіз молекулярної дисперсії AMOVA популяцій *G. lutea* за результатами ISSR-ПЛР

Поліморфізм (source)	Ступінь свободи (d.f.)	Сума квадратів (sum of squares)	Відсоток дисперсії, % (percentages of variation)	Індекс фіксації (fixation index)	P
Міжпопуляційний	6	603,017	49	$F_{ST} = 0,489$	0,010
Внутрішньопопуляційний	85	634,603	51	-	-

Примітка: кількість пермутацій матриці = 1000.

### Висновки

Встановлено, що всі використані показники інформативності праймерів певною мірою характеризують інформативність ISSR-маркерів, які використовують для вивчення генетичного поліморфізму і генетичної структури *G. lutea*. Нами відібрано три ISSR-праймери (UBC#807, UBC#811 і UBC#840) з найвищими показниками роздільної і розпізнавальної здатності. Порівнявши отримані показники генетичного поліморфізму популяцій тирличу жовтого, отриманими з використанням трьох ISSR-праймерів (UBC#807, UBC#811 і UBC#840), з показниками генетичного поліморфізму,

оціненими за дев'ятьма ISSR-праймерами (UBC#807, UBC#809, UBC#810, UBC#811, UBC#827, UBC#835, UBC#840, UBC#857, UBC#889), встановлено, що загалом значення частки поліморфних ампліконів були схожими, а значення показників очікуваної гетерозиготності та індексу Шенона були вищими. Зростання показників генетичної різноманітності, імовірно, обумовлено збільшенням частки поліморфних праймерів внаслідок видалення із вибірки тих, які утворюють мономорфні амплікони.

### Список використаної літератури

1. Сиволап Ю.М. Геном рослин і «молекулярна селекція». *Селекція і насінництво*. 2008. Т. 96. С. 34–42.
2. Misra A., Shasany A.K., Shukla A.K. et al. AFLP markers for identification Swertia species (Gentianaceae). *Genetics and Molecular Research*. 2010. Vol. 9 (3). P. 1535–1544.
3. Mondini L., Noorani A., Pagnotta M.A. Assessing plant genetic diversity by molecular tools. *Diversity*. 2009. Vol. 1. P. 19–35.
4. Чесноков Ю.В., Артемьева А.М. Оценка меры информационного полиморфизма генетического разнообразия. *Сельскохозяйственная биология*. 2015. Т. 50, № 5. С. 571–578.
5. Amiryousefi A., Huvönen J., Poczai P. iMEC: Online Marker Efficiency Calculator. *Applications in Plant Sciences*. 2018. Vol. 6 (6). e1159.
6. Powell W., Morgante M., Andre C., Hanfey M., Vogel J., Tingey S., Rafalski A. The comparison of RFLP, RAPD, AFLP and SSR (microsatellite) markers for germplasm analysis. *Mol. Breeding*. 1996. 2. P. 225–228.
7. Prevost A., Wilkinson M.J. A new system of comparing PCR primers applied to ISSR fingerprinting of potato cultivars. *Theor. Appl. Genet.* 1999. 98. P. 107–112.
8. Tessier C., David J., This P., Boursiquot J.M., Charrier A. Optimization of the choice of molecular markers for varietal identification in *Vitis vinifera* L. *Theor. Appl. Genet.* 1999. 98. P. 171–177.
9. Rogers S.O., Bendich A.J. Extraction of DNA from milligram amounts of fresh herbarium and mummified plant tissues. *Plant Mol. Biol.* 1985. Vol. 5. P. 69–76.
10. Спірідонова К.В. Вивчення особливостей геномної мінливості культивованих клітин раувольфії зміїної *Rauwolfia serpentina* Benth : дис...канд. біол. наук: 03.00.15. Київ, 2000. 149 с.
11. Mosula M.Z., Konvalyuk I.I., Mel'nyk V.M., Drobyk N.M., Tsaryk Y.V., Nesteruk Yu.Y., Kunakh V.A. Genetic polymorphism of *Gentiana lutea* L. (Gentianaceae) populations from the Chornohora ridge of the Ukrainian Carpathians. *Cytology and Genetics*. 2014. Vol. 48, № 6. P. 371–377. Doi: 10.3103/S0095452714060073.
12. Андреев І.О., Мосула М.З., Мельник В.М., Бублик О.М., Конвалюк І.І., Дробик Н.М. Порівняння показників інформативності ПЛР-маркерів для аналізу генетичного різноманіття на прикладі *Gentiana lutea* L. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2014. Т. 14. С. 141–146.
13. Saini M., Singh S., Hussain Z. et al. RAPD analysis in mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek.] II: A comparison of efficiency parameters of RAPD primers. *Indian J. Biotechnol.* 2010. Vol. 9. P. 276–282.

### References

1. Syvolap, Yu.M. (2008). Plant genome and "molecular selection". *Seleksiia i nasinnystvo* [Breeding and seed production]. 96. 34–42. (in Ukr.)
2. Misra, A., Shasany, A.K., Shukla, A.K. et al. (2010). AFLP markers for identification Swertia species (Gentianaceae). *Genetics and Molecular Research*. 9 (3). 1535–1544.
3. Mondini, L., Noorani, A., Pagnotta, M.A. (2009). Assessing plant genetic diversity by molecular tools. *Diversity*. 1. 19–35.
4. Chesnokov, Yu.V., Artemyeva, A.M. (2015). Evaluation of the measure of polymorphism information of genetic diversity. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* [Agricultural Biology]. 50, 5. 571–578. (in Rus.)
5. Amiryousefi, A., Huvönen, J., Poczai, P. (2018). iMEC: Online Marker Efficiency Calculator. *Applications in Plant Sciences*. 6 (6). e1159.
6. Powell, W., Morgante, M., Andre, C., Hanfey, M., Vogel, J., Tingey, S., Rafalski, A. (1996). The comparison of RFLP, RAPD, AFLP and SSR (microsatellite) markers for germplasm analysis. *Mol. Breeding*. 1996. 2. 225–228.
7. Prevost, A., Wilkinson, M.J. (1999). A new system of comparing PCR primers applied to ISSR fingerprinting of potato cultivars. *Theor. Appl. Genet.* 98. 107–112.
8. Tessier, C., David, J., This, P., Boursiquot, J.M., Charrier, A. (1999). Optimization of the choice of molecular markers for varietal identification in *Vitis vinifera* L. *Theor. Appl. Genet.* 98. P. 171–177.
9. Rogers, S.O., Bendich, A.J. (1985). Extraction of DNA from milligram amounts of fresh herbarium and mummified plant tissues. *Plant Mol. Biol.* 5. 69–76.
10. Spiridonova, K.V. (2000). Study of the genomic variability of cultured *Rauwolfia serpentina* Benth cells : dissertation. Cand. s.-g. sciences: 16.00.10 "Genetic". Kiev. 149. (in Ukr.)

11. Mosula, M.Z., Konvalyuk, I.I., Mel'nyk, V.M., Drobyk, N.M., Tsaryk, Y.V., Nesteruk, Yu.Y., Kunakh, V.A. (2014). Genetic polymorphism of *Gentiana lutea* L. (Gentianaceae) populations from the Chornohora ridge of the Ukrainian Carpathians. *Cytology and Genetics*. 48, 6. 371–377. Doi: 10.3103/S0095452714060073.
12. Andreev, I.O., Mosula, M.Z., Mel'nyk, V.M., Bublyk, O.M., Konvalyuk, I.I., Drobyk, N.M. (2014). Comparison of informativeness indices of pcr-based markers for genetic diversity analysis as exemplified by *Gentiana lutea* L. *Factors in Experimental Evolution of Organism*. 14. 141–146. (in Ukr.)
13. Saini, M., Singh, S., Hussain, Z. et al. (2010). RAPD analysis in mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek.] II: A comparison of efficiency parameters of RAPD primers. *Indian J. Biotechnol.* 9. 276–282.

***M. Z. Prokopiak, A. I. Fliachok, O. Yu. Maiorova, L. R. Hrytsak, N. M. Drobyk Evaluation of the Effectiveness of ISSR-Marker Informativeness Indicators for the Analysis of Plant Genetic Polymorphism***

**Introduction.** A number of generations of different types of molecular genetic markers have changed to the present day.

The DNA nucleotide sequence marker system allows testing genetic diversity at the gene level. The creation of molecular markers and their use in biological researches made it possible to study genetic polymorphism in more detail, as well as to investigate the level of kinship at the inter- and intra-species levels. The use of various DNA markers that are associated with different sequences of the genome is effective at the time of studying genetic polymorphism. At the same time, it is also important to reduce the cost of polymerase chain reaction analysis, which is associated with the use of a small number of primers, and to choose the most informative primers.

**Purpose.** The purpose of the research is to select the most informative ISSR primers for assessing the genetic polymorphism of plant populations using the example of representatives of the *Gentiana* L. genus, as well as to determine the most effective indicators of the informativeness of DNA markers.

**Methods.** Molecular genetic markers, statistical methods, calculation of indicators of informativeness of primers.

**Results.** It was established that all the used indicators of the informativeness of the primers to a certain extent characterize the informativeness of the ISSR-markers, which are used for learning of the genetic polymorphism and genetic structure of *G. lutea*.

Three ISSR primers (UBC#807, UBC#811 and UBC#840) with the highest indicators of discriminating (*D*) and resolving power (*R<sub>p</sub>*) were selected by us. It was established that in general the value of the percentage of polymorphic amplicons was similar, and the values of the indicators of expected heterozygosity and the Shannon index were higher.

This was established as a result of comparing the genetic polymorphism indices of the *G. lutea* populations obtained using three ISSR primers (UBC#807, UBC#811 and UBC#840) with the genetic polymorphism indices estimated by nine ISSR primers (UBC #807, UBC#809, UBC#810, UBC#811, UBC#827, UBC#835, UBC#840, UBC#857, UBC#889). The increase in genetic diversity is probably caused by an increase in the polymorphic primers due to the removal from the sample of those that form monomorphic amplicons.

**Originality.** For the first time, an effective indicator of the informativeness of primers was selected and the most effective ISSR markers were selected for the assessment of the genetic diversity of plants of the genus *Gentiana* L. on the example of seven populations of *G. lutea* from the Ukrainian Carpathians.

**Conclusions.** The most informative primers were selected and their effectiveness was demonstrated for assessing the genetic diversity of a sample of plants from seven populations located in the mountain ranges of the Ukrainian Carpathians. In general, UBC#811 and UBC#807 were identified as the most informative, and UBC#827 and UBC#889 were the least effective in evaluating the genetic polymorphism of *G. lutea*. This conclusion was made by evaluating indicators (total number of amplicons, number of polymorphic amplicons, PIC (polymorphism information content), MI (marker index), *R<sub>p</sub>*, *D*). The relationship between all the parameters of the evaluation of the effectiveness of the primers was characterized by a high level of reliability ( $p < 0.001$ ,  $p = 0.05$ ), only in some cases it was higher than 5%. The level of genetic polymorphism of *G. lutea* for UBC#807, UBC#811 and UBC#840 was evaluated.

**Key words:** *Gentiana lutea* L.; genetic diversity; resolving power; discriminating power, number of polymorphic amplicons.

Одержано редакцією 12.11.2021  
Прийнято до публікації 18.04.2022

УДК 502.75 (477.46)

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2022-1-85-96

**Спрягайло Олександр Васильович,**

кандидат біологічних наук, доцент  
Черкаський національний університет імені Б. Хмельницького  
dendro@ukr.net

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9431-9746>

**Спрягайло Оксана Анатоліївна**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
Черкаський національний університет імені Б. Хмельницького  
biona@ukr.net

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0065-5229>

**Шевчик Василь Леонович**

кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник  
Канівський природний заповідник ННЦ «Інститут біології та медицини»  
Київського національного університету імені Т.Шевченка  
shewol@ukr.net

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5981-3776>

## ОХОРОНЮВАНІ ВИДИ Й УГРУПОВАННЯ В ОБ'ЄКТАХ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ КАМ'ЯНСЬКОГО РАЙОНУ ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСТІ

*Описано загальне флористичне багатство та оцінено репрезентативність охоронюваних видів рослин і угруповань у складі об'єктів природно-заповідного фонду на прикладі Кам'янського району Черкаської області. Виявлено оселища, що охороняються Резолюцією 4 Бернської конвенції. Вказано на недостатню охопленість охоронюваних видів і оселищ природно-заповідними територіями та необхідність створення нових природно-заповідних об'єктів.*

**Ключові слова:** охоронювані види рослин; рідкісні оселища; охорона біорізноманіття; репрезентативність; природно-заповідний фонд.

### Постановка проблеми. Аналіз останніх публікацій

Однією з цілей Глобальної стратегії збереження рослин Конференції Сторін Конвенції про біологічне різноманіття передбачається збереження *in situ* та забезпечення ефективним управлінням щонайменше 75% відомих видів рослин, що перебувають під загрозою зникнення [1]. Державна політика України декларує збільшення площ заповідних територій та доведення відсотка заповідності до 15% у всіх регіонах до 2027 року [2]. Проте створення заповідних об'єктів має корелювати з ефективністю охорони біологічного різноманіття на їхній території та охоплювати максимально можливу кількість видів рослин, які потребують охорони.

Створення природоохоронних територій показало свою ефективність збереження рідкісних видів для різних типів екосистем у глобальному масштабі [3]. Збереження біологічного різноманіття *in situ* вимагає глибокого аналізу біологічних потреб кожного виду та відповідності цим потребам наявних умов на територіях, де такі види трапляються. Одним із найважливіших принципів під час прийняття рішення про створення природоохоронної території є високе видове багатство, що проявляється у формі структурованого рослинного покриву природного типу, яке свідчить про комфортні для багатьох видів живих організмів умови проживання. Надання охоронного статусу таким угрупованням дозволяє одночасно забезпечити захистом популяції велику кількість видів, що здається ефективним рішенням. Проте часто рідкісні види потребують дуже специфічних умов зростання, які можуть бути мало-

комфортними для більшості інших видів [4]. Саме тому важливо знаходити баланс між спокусою охороняти територію з високим видовим багатством та потребою специфічних умов для конкретних видів [5].

В Україні частка території представленої природоохоронними об'єктами (6,7% території) суттєво відстає як від показників європейських країн, так і від заявлених державою площ – 15% загальної території країни у 2020 році [6].

Проте, створення нових об'єктів має не лише переслідувати мету збільшення відсотка заповідності, але й бути ефективним механізмом підтримання стійкості угруповань та захисту видів, які потребують охорони. Такі дії мають ґрунтуватися на наукових підходах і принципах [7]. Оцінці репрезентативності і ефективності природно-заповідних об'єктів як в Україні, так і за кордоном, наразі приділяється висока увага дослідників [8-13]

**Мета.** Оцінити репрезентативність охоронюваних видів рослин та угруповань у складі об'єктів природно-заповідного фонду на прикладі Кам'янського району Черкаської області.

### **Матеріали та методи дослідження**

Нами обстежено 19 об'єктів ПЗФ Кам'янського району Черкаської області загальною площею 144,69 га. Обстеження проведено в червні-липні 2020 року.

Належність до раритетних видів визначали за «Червоною книгою України» [14], «Переліком видів рослин, що підлягають особливій охороні на території Черкаської області» [15-16]. Класифікацію рідкісних біотопів подано за EUNIS [17-18]. Назви рослин наведено за Мосякін-Федорончук [19].

### **Результати дослідження та їх обговорення**

До складу природно-заповідного фонду Кам'янського району включено 19 об'єктів, з яких шість заказників (чотири ботанічних, один ентомологічний та один гідрологічний); 11 пам'яток природи (дві геологічні, чотири гідрологічні, три ботанічні та дві комплексні), одне заповідне урочище та один парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва (загальнодержавного значення). Загальна площа об'єктів ПЗФ – 144,69 га, що складає 0,2% від території Кам'янського району. Назва та площі окремих природно-заповідних об'єктів наводяться в таблиці 1. Нижче наводимо характеристику окремих об'єктів, згрупованих за різними типами угруповань.

Лісові угруповання. Ботанічний заказник «Грушківський» репрезентує еталонні оселища європейського значення – середньоєвропейські дубові та дубово-грабові ліси *Carpinion betuli* (код за NATURA 2000 – 9160). У резолюції 4 Бернської конвенції та за EUNIS класифікуються як G1.A1 – Ліси з *Quercus - Fraxinus - Carpinus betulus* на евтрофних і мезотрофних ґрунтах / *Quercus - Fraxinus - Carpinus betulus woodland on eutrophic and mesotrophic soils*.

Об'єкт представлений рівнинною ліською ділянкою. Зімкненість крон становить приблизно 0,7. У деревному ярусі домінує клен гостролистий *Acer platanoides* L. (трапляються окремі екземпляри висотою близько 24 м та 195 см в обхваті стовбура).

Співдомінантом є ясен звичайний *Fraxinus excelsior* L. (виявлено особини висотою близько 29,5 м та 240-265 см в обхваті стовбура). Також трапляється граб звичайний *Carpinus betulus* L., дуб звичайний *Quercus robur* L. (до 30 м заввишки і 163 см в обхваті стовбура), липа серцелиста *Tilia cordata* Mill. (до 30,5 м заввишки і 152 см в обхваті). Вік дерев – приблизно 70 років. Чагарниковий ярус сформований підростом *Carpinus betulus*, *Acer platanoides*, *Ulmus minor* Mill.), *Acer campestre*, *Fraxinus excelsior* та особинами *Sambucus nigra*.

Трав'яний ярус дуже збіднений через доволі низьку освітленість під кронами дерев. У незначній кількості трапляються типові лісові та синантропні види рослин, здатні витримувати значне затінення: *Polygonatum multiflorum*, *Galium odoratum*, *Euonymus europaeus*, *Viola hirta*, *Stellaria holostea*, *Asarum europaeum*, *Alliaria petiolata*, *Geranium robertianum*, *Urtica dioica* та ін. Зрідка трапляється інвазійний вид – *Impatiens parviflora*. На території заказника трапляється багато відмерлої деревини на поверхні ґрунту.

Флористичний список заказника бідний, представлений лише 21 видом судинних рослин, серед яких не виявлено жодного раритетного.

Ботанічний заказник «Комсомольський» складається із кількох відокремлених ділянок у різних частинах лісового масиву. Природоохоронна цінність визначається представленістю тут значних площ оселищ європейського значення, збереження яких потребує створення територій особливої охорони, а саме «Середньоевропейських дубово-ясенново-грабових лісів» (код за EUNIS – G1.A1) та яружних та схилових лісів (G1.A4).

Ділянка 1 – це територія зі схиловим рельєфом (крутизна 15°). Нижня частина представлена яром, розташованим у напрямку ПнЗх-ПдСх. Зімкненість крон – близько 0,7. Вік дерев приблизно 60-80 років. Обстеженнями виявлено 27 видів рослин, серед яких 4 види (*Carpinus betulus* L., *Acer platanoides* L., *Tilia cordata* Mill., *Ulmus glabra* Huds.) – у деревному ярусі, 9 видів (*Euonymus verrucosa* Scop., *E. europaea* L., *Cornus mas* L., *Corylus avellana* L. та ін.) – у чагарниковому та 14 (*Carex pilosa* Scop., *Lamium maculatum* (L.) L., *Geum urbanum* L., *Stellaria holostea* L., *Convallaria majalis* L. та ін.) – у трав'яному.

Ділянка 2 займає лісовий масив порослевого походження. Зімкненість крон становить приблизно 0,7. Обстеженнями загалом виявлено 25 видів рослин. У деревному ярусі домінує дуб звичайний (є особини заввишки 30-31 м та з обхватом стовбурів 136-223 см). Також типовим є *Carpinus betulus*, *Acer platanoides*, *Acer campestre*, *Tilia cordata*. Чагарниковий ярус сформований підростом *Carpinus betulus*, *Acer platanoides*, *Acer campestre*, *Ulmus glabra*. Трав'яний ярус дуже збіднений. У незначній кількості трапляються *Polygonatum multiflorum* (L.) All., *Galium odoratum* (L.) Scop., *Euonymus europaeus* L., *Stellaria holostea* L., *Asarum europaeum* L., *Convallaria majalis* L., *Pulmonaria officinalis* L. та ін.

Ділянка 3 утворена відносно молодим лісом переважно порослевого походження, сформованим після рубок, віком приблизно 30-35 років. Зімкненість крон становить приблизно 0,8-0,9. У деревному ярусі домінує *Carpinus betulus* (особини від 57 до 80 см в обхваті стовбура), трапляються *Acer campestre* L., *A. tataricum*, *Quercus robur* L., *Tilia cordata* Mill. Чагарниковий ярус сформований *Sambucus nigra* L. та підростом клена гостролистого *Acer platanoides*, клена польового *A. campestre*, клена татарського *Acer campestre*, липи серцелистої *Tilia cordata*, в'яза шорсткого *Ulmus glabra*. Місцями бузина чорна *Sambucus nigra* утворює зарості значної щільності. Трав'яний ярус збіднений через доволі низьку освітленість під кронами дерев. У незначній кількості трапляються: *Polygonatum multiflorum* (L.) All., *Euonymus europaea*, *Viola hirta*, *Stellaria holostea*, *Geranium robertianum*, а також самосів *Acer platanoides* і *A. campestre*. Лише яглиця звичайна *Aegopodium podagraria* L. та кропива дводомна *Urtica dioica* місцями утворюють куртини із високою щільністю особин. Загалом на всіх ділянках заказника виявлено 36 видів рослин.

Ботанічний заказник «Тимošівський» представлений рівнинною лісовою ділянкою. Зімкненість крон становить приблизно 0,7, площа – 2,5 га.

Об'єкт представляє оселища європейського значення – «Дубово-ясенново-грабових лісів на евтрофних та мезотрофних ґрунтах» (G1.A1) і «Яружні та схилові ліси» (G1.A4).

У деревному ярусі домінує дуб звичайний *Quercus robur* L. (є особини висотою близько 25-26 м та від 121 до 137 см в обхваті стовбура). Співдомінантами є граб звичайний *Carpinus betulus*, клен польовий *Acer campestre* та липа серцелиста *Tilia cordata*.

Чагарниковий ярус сформований підростом *Acer platanoides*, *Tilia cordata*, *Acer campestre*, *Ulmus glabra* та окремими особинами дерену звичайного *Cornus mas*. Трав'яний ярус збіднений через низьку освітленість під кронами дерев. Рослини більшості лісових видів (*Polygonatum multiflorum*, *Viola hirta*, *Pulmonaria obscura*, *Asarum europaeum*, *Lamium maculatum*) трапляються у незначній кількості, лише *Stellaria holostea* місцями утворює щільні куртини.

Всього на час обстеження виявлено 18 видів рослин. За результатами весняної експедиції, та за даними Мельник В.І. та ін. [20] на території об'єкта оцінено стан популяції *Galanthus plicatus* (Червона книга України). Популяція підсніжника складчастого має ознаки потужного антропопресингу (неповночленна, з вираженим правобічним спектром, регресивна. Проективне покриття рановесняної синузії трав'янистого покриву – 70-80%).

Ботанічна пам'ятка природи «Тростянка» представлена лісовим масивом площею 1 га в околицях м. Кам'янка на схилі західної експозиції крутизною приблизно 25°. Зімкненість крон – близько 0,8.

Перший деревний ярус сформований дубом звичайним *Quercus robur* віком близько 80 років (один із найбільших екземплярів має висоту приблизно 25 м та обхват стовбура 226 см). У II деревному ярусі ростуть *Carpinus betulus*, *Acer platanoides*, *A. campestre*, *Ulmus glabra*.

Чагарниковий ярус дуже густий. Тут поширені *Crataegus curvisepala* Lindm., *Euonymus verrucosa*, *E. europaea*, а також підріст *Acer campestre*, *A. platanoides*, *Carpinus betulus*, які мають високу щільність.

Трав'яний ярус збіднений. У незначній кількості трапляються *Pulmonaria obscura*, *Viola hirta*, *Stellaria holostea*, *Asarum europaeum*, *Ballota ruderalis*, *Geum urbanum*, самосів *Acer platanoides*, *Acer tataricum*, *Quercus robur* та ін.

У ярусі трав висока участь синантропних видів, що зумовлено близькістю міста та періодичним рекреаційним впливом. Загалом обстеженням виявлено 24 види рослин, з яких жодного раритетного.

Лучно-степові угруповання. Грушевий Яр – ботанічний заказник площею 30,1609 га. Територія займає схил з лучно-степовою рослинністю та поодинокими екземплярами деревних рослин.

У трав'яному покриві заказника домінують *Agrimonia eupatoria* L., *Bothriochloa ischaemum* (L.) Keng., *Poa pratensis* L., *Elytrigia intermedia* (Host) Nevski., *Daucus carota* L., *Senecio jacobaea* L., *Galium verum* L., *Hypericum perforatum* L., *Trifolium pratense* L., *Cichorium intybus* L., *Euphorbia cyparissias* L., *Origanum vulgare* L., *Helichrysum arenarium* (L.) DG та ін.

Трапляються чужинні види рослин, у тому числі й інвазійні: *Conyza canadensis* (L.) Cronq., *Phalocroloma annuum* (L.) Dumort. *Asclepias syriaca* L. Деревно-чагарникові рослини представлені переважно самосівом *Robinia pseudoacacia* L., *Pyrus communis* L., *Malus sylvestris* Mill., *Pinus sylvestris* L., *Elaeagnus angustifolia* L., *Rosa canina* L. Всього під час обстеження виявлено 43 видів рослин, серед яких немає раритетних.

Комплексна пам'ятка природи «Маяк і Вороного» загальною площею 22,8 га складається із двох віддалених та не пов'язаних між собою об'єктів – урочища «Маяк» та урочища «Вороного».

Урочище «Маяк» представлене балкою, дно якої розоране, а степові схили поросли деревно-чагарниковою рослинністю. Урочище розміщене між лісовим



масивом та полем. У північно-західній частині урочища на схилі східної експозиції сформувалися угруповання деревно-чагарникової рослинності, представлені самосівом *Pyrus communis* L., *Acer negundo* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Quercus robur*, *Ulmus pumila* L., *Malus sylvestris* Mill. та ін. видів. Значну територію займають щільні куртини *Prunus spinosa* L.

У трав'яному покриві домінують лучно-степові види рослин, зокрема *Agrimonia eupatoria* L., *Daucus carota* L., *Senecio jacobaea* L., *Galium verum* L., *Hypericum perforatum* L., *Trifolium arvense* L., *Cichorium intybus* L., *Euphorbia cyparissias* L., *Origanum vulgare* L., *Helichrysum arenarium* (L.) DG та ін.

Частина схилу зберегла ознаки оранки 1-2-річної давнини. На порушених (переораних) ділянках домінують рудеральні види рослин, у тому числі й інвазійні: *Conyza canadensis*, *Phalocroloma annuum*, *Asclepias syriaca* L. тощо.

У східній частині урочища на схилі західної експозиції, де не виявлено ознак сільськогосподарського використання, домінують лучно-степові види – багато злаків та бобових. На верхівці схилу на піщаних пагорбах сформувалися угруповання ксерофітної рослинності. Основу травостою формують *Helichrysum arenarium* (L.) DG, *Artemisia austriaca* Jack., *A. absinthium* L., *Euphorbia cyparissias* L., *Hieracium pilosella* L. Всього в урочищі виявлено 81 вид рослин, серед яких немає раритетних. Проте тут наявні важливі для підтримання біогеоценотичного різноманіття регіону типи біотопів, що належить охороняти згідно Додатку I Резолюції 4 Бернської конвенції зокрема: E 1.2 багаторічних угруповань трав (лучних степів); F3.247 – угруповань понтично-сарматських листопадних чагарників.

Урочище «Вороного» представлене степовою балкою, частково порослою деревними рослинами. Західний схил балки поріс злаками і різнотрав'ям, східний – систематично викошують. На окремих ділянках сформувалися угруповання із домінуванням *Melilotus albus* Medic., на інших – з домінуванням *Hieracium umbellatum* L. та *Trifolium arvense* L. В угрупованні урочища виявлено 58 видів рослин, серед яких немає раритетних. Разом на території урочищ «Маяк» і «Вороного» зафіксовано зростання 90 видів рослин.

Ботанічна пам'ятка природи «Непівська балка» представлена балкою, дно і схили якої зайняті залишками старого плодового саду та заростями інвазійних видів – *Robinia pseudoacacia* і *Acer negundo*. На окремих, добре освітлених ділянках на дні балки, сформований щільний трав'яний покрив із лучно-степових видів рослин, зокрема *Cichorium intybus*, *Agrimonia eupatoria*, *Salvia pratensis*, *Galium verum*, *Helichrysum arenarium*, *Daucus carota*, *Origanum vulgare*, *Phalocroloma annuum*, *Verbascum thapsus* та ін.

Загалом угруповання пам'ятки природи «Непівська балка» перебувають в умовах активних сукцесійних змін. Значні площі займають щільні зарості чагарників, перемежованих відпалою мертвою деревиною. Під час обстеження виявлено 51 вид рослин, серед яких немає раритетних.

Ботанічна пам'ятка природи «Козацькі майдани» площею 4 га представлений двома курганами з ознаками давніх розкопок. Кургани з усіх боків оборані, хоча в межах самих курганних комплексів поверхня не розорювалась, завдяки чому тут на окремих ділянках збереглися угруповання лучно-степової рослинності природного походження.

Основні площі в межах верхніх частин обох курганів зайняті угрупованнями пірію середнього *Elytrigia intermedia* з участю степового різнотрав'я: барвінку трав'янистого *Vinca herbacea*, цибулі подільської *Allium podolicum*, зіноваті австрійської *Chamaecytisus austriacus*, молочаю степового *Euphorbia stepposa*, котячої м'яти голої *Nepeta pannonica*, житняка гребінчастого *Agropyron pectinatum*, різака звичайного

*Falcaria vulgaris*, півників угорських *Iris hungarica* (різновікова популяція, сотні особин), жовтушника прямого *Erysimum strictum*, рутвиці простої *Thalictrum simplex*. Найбільш поширеними співдомінантами в таких угрупованнях виступають – костриця валіська *Festuca valesiaca*, осока рання *Carex praecox*, суниці зелені *Fragaria viridis*. Як мозаїчні вкраплення зустрічаються фрагменти площею по кілька метрів квадратних де домінують житняк гребінчастий *Agropyron pectinatum*, ковила волосиста *Stipa capillata*, костриця валіська *Festuca valesiaca*. На внутрішніх зниженнях і заглибленнях по місцях давніших розкопок та у підніжжях залишків валоподібних піднять найбільш типовим домінантом є стоколос безостий *Bromopsis inermis*. Тут же трапляються куртини вишні степової *Cerasus fruticosa*.

На рівнинних ділянках та на поверхні окремих схилів зустрічаються угруповання класу *Rhamno-Prunetea* площею 0,25-0,3 га. Вони мають два добре виразних яруси. У верхньому, чагарниковому, що має високу зімкнутість (1) – переважає терен колючий *Prunus spinosa* L, що формує покриття до 80 %. Покриття у ярусі трав слабо виражене, як асектатори зростають буквиця лікарська *Betonica officinalis* L., м'яточник бур'яновий *Ballota nigra* L., пирій повзучий *Elytrigia repens* (L.) Nevski, півники угорські *Iris hungarica* Waldst. et Kit., розхідник звичайний *Glechoma hederacea* L., рутвиця проста *Thalictrum simplex* L., фіалка шершава *Viola hirta* L.

Загалом обстеженнями виявлено 75 видів рослин. Тут локалізуються популяції видів рослин, занесені до Червоної книги України (*Stipa capillata*); включені до переліків видів, для охорони яких створюються Смарагдові об'єкти (*Jurinea cyanoides*, *Iris hungarica*). У межах об'єкту представлена лучно-степова рослинність, окремі типи якої занесені до Зеленої книги України (формація ковили волосистої *Stipeta capillatae*). Наявні значні площі важливих для підтримання біоценотичного різноманіття регіону типів біотопів, що належить охороняти згідно Директиви ЄС 92/43 та Додатку I Резолюції 4 Бернської конвенції, зокрема: E1.2– багаторічні трав'яні угруповання на вапняках та степах, зокрема лесові степові угруповання з домінуванням костриць валіської та борознистої з багатою лучно-степовою флорою; F3.247 – понтічно-сарматські листопадні чагарники (коди угруповань приведені за класифікацією EUNIS). Є види, що охороняються на регіональному рівні: *Asyneuma canescens* (Waldst. et Kit.) Griseb. & Schenk., *Vinca herbacea* Waldst. & Kit., *Cerasus fruticosa* (Pall.) Woronow, *Phlomis pungens* Willd., *Iris pumila* L.

Однією з найбагатших за видовим складом та різноманітністю умов була комплексна пам'ятка природи «Тясминський каньйон». Рослинність об'єкта представлена широким спектром фрагментів рослинних угруповань водного, прибережно-водного, чагарникового, лісо-болотного, та лучно-степового типів. Тут також достатньо добре представлена своєрідна, і малопоширена в регіоні Лісостепового Придніпров'я, петрофільна рослинність. Водна поверхня на цій ділянці русла чиста, швидка течія не сприяє розвитку тут великих площ зайнятих вищою водною рослинністю. Але у прибережній зоні біля русла подекуди наявні невеликі фрагменти формацій очерету звичайного (*Phragmites australis*), рогузу вузьколистого (*Typha angustifolia*), ряски малої (*Lemna minor*) та триборозенчатої (*L. trisulca*), спіродели багатокореневої (*Spirodela polyrrhiza*). Тут трапляються глечики жовті *Nuphar lutea* (L.) Sm., кушир занурений *Ceratophyllum demersum* L., їжача голівка зринувша *Sparganium emersum* Rehm., лепешняк великий *Glyceria maxima* (C.Hartm.) Holmb, частуха подорожникова (*Alisma plantago-aquatica*), омег водяний (*Oenanthe aquatica*), ситняг болотний (*Eleocharis palustris*), водяний хрін болотний (*Rorippa palustris*), ситник розлогий (*Juncus effuses*), ситник пониклий (*Juncus inflexus*), паслін солодко-гіркий (*Solanum dulcamara*), вовконіг високий (*Lycopus exaltatus*).

Вузькі сегменти та смуги (шириною подекуди до 20 м), вздовж русла представляють специфічну заплаву, сформовану грубоуламковим матеріалом із кристалічних порід. По них зростають зарості м'ята довголистої *Mentha longifolia* L. Huds. Добре зволожені поверхні схилів зайняті заростями гігрофільного високотрав'я: домінують сідач коноплевий *Eupatorium cannabinum* L. та дудник лісовий *Angelica sylvestris* L. Трапляються м'ята довголиста *Mentha longifolia* L. Huds. та алтея лікарська *Althaea officinalis* L. В цих біотопах виявлено популяцію козлятника лікарського *Galega officinalis* L.- виду, що рідко зустрічається у східній частині Черкаської області.

Окремі ділянки поросли розрідженою лісовою рослинністю. Переважають спонтанні насадження паркового типу. Рідше (фрагментами площею до 1 ар) представлені ліси класу *Salicetea purpurea* (вербово-тополеві заплавні ліси). В деревному ярусі зростають: верба біла (*Salix alba*), шовковиця чорна (*Morus nigra*), тополя чорна (*Populus nigra*). Рідше: ясен високий (*Fraxinus excelsior*), клени (*Acer*) ясенелистий (*A. negundo*), польовий (*A. campestre*), татарський (*A. tataricum*), гостролистий (*A. platanoides*). У підліску найчастіше зустрічаються свидина криваво-червона (*Swida sanguinea*), глід одностовпчиківий (*Crataegus monogyna*), терен (*Prunus spinosa*). В ярусі трав таких лісів здебільшого переважають злаки, зокрема регнерія собача (*Roegneria canina*) та пирій повзучий (*Elytrigia repens*).

Елементи петрофільної рослинності локалізуються на уступах берегових скель, які на при-верхівкових схилах лівого, обривисто-скелястого берега (40-50°) та вздовж верхніх кромек берегових урвищ-схилів зайняті змитими чорноземами, що накладені на скелясті породи. На них формуються угруповання з домінуванням пирію середнього *Elytrigia intermedia* (Host) Nevski, а зрідка фрагментами домінує ковила волосиста *Stipa capillata* L. Також зростають куничник наземний (*Calamagrostis epigios*), костриця валіська (*Festuca valesiaca*), костриця борозниста (*Festuca rupicola*), тонконіг вузьколистий (*Poa angustifolia*), осока рання (*Carex praecox*).

Загалом у межах пам'ятки природи зафіксовано 111 видів рослин, з яких *Stipa capillata* занесена до Червоної книги України, *Aurinia saxatilis*, *Polypodium vulgare*, *Alyssum murale*, *Sempervivum ruthenicum* представляють види регіональної охорони.

Оцінка флористичного багатства та представленості раритетних видів рослин на територіях об'єктів природно-заповідного фонду регіону показала, що далеко не всі вони представляють особливо цінні і багаті біорізноманіттям території, оскільки забезпечують охорону мінімальній кількості видів рослин з різноманітних охоронюваних списків. Лише в трьох з обстежених об'єктів було зафіксовано зростання видів Червоної книги України і видів, що охороняються на регіональному рівні в Черкаській області (табл.1).

Дещо кращими є умови для охорони рідкісних біотопів. Загалом на території семи обстежених об'єктів трапляються угруповання, що охороняються Резолюцією 4 Бернської конвенції. У межах комплексної пам'ятки природи «Тясминський каньйон» зафіксовано сім типів раритетних оселищ (C1.32 – Free-floating vegetation of eutrophic waterbodies; C1.33 – Rooted submerged vegetation of eutrophic waterbodies; E1.2– Perennial calcareous grassland and basic steppes; E1.11 – Euro-Siberian rock debris swards; E5.4 – Moist or wet tall-herb and fern fringes and meadows; F3.247 – Ponto-Sarmatic deciduous thickets; G1.11 – Riverine *Salix* woodland).

По два цінних оселища зафіксовано в заказниках «Комсомольський», Тимошівський (G1.A1 *Quercus-Fraxinus-Carpinus betulus* woodland on eutrophic and mesotrophic soils та G1.A4 Ravine and slope woodland), пам'ятках природи «Козацькі майдани» і «Урочища Маяк і Вороного» (E1.2 Perennial calcareous grassland and basic steppes та F3.247 Ponto-Sarmatic deciduous thickets); по одному – в заказнику «Грушківський» (G1.A1 *Quercus-Fraxinus-Carpinus betulus* woodland on eutrophic and

mesotrophic soils) та пам'ятці природи «Скеля Пушкіна» (E1.11 Euro-Siberian rock debris swards).

Таблиця 1.

Флористичне багатство об'єктів природно-заповідного фонду Кам'янського району Черкаської області

Назва об'єкта ПЗФ	Площа, га	Категорія заповідності	Кількість видів, шт.			Кількість угруповань, шт.	
			Всього	Занесених до Червоної книги України	Регіонально рідкісних	Резолюції 4 Бернської конвенції	Зеленої книги України
Грушківський	1,6	ЗБ	21	0	0	1	0
Комсомольський	21	ЗБ	36	0	0	2	0
Тарапунський	5	ЗЕ	32	0	0	0	0
Лузанівський розріз	1	ППГ	34	0	0	0	0
Скеля О.С.Пушкіна	0,1	ППГ	16	0	0	1	0
Тясминський каньйон	1,497	ППК	111	1	4	7	1
Джерело "Криниця"	0,01	ППГд	25	0	0	0	0
Тарасова криниця	0,1	ППГд	18	0	0	0	0
Став	11	ЗГд	28	0	0	0	0
Маляреве	4,1	ППГд	18	0	0	0	0
Гиричеве	12,2	ППГд	41	0	0	0	0
Тростянка	1	ППБ	24	0	0	0	0
Козацькі майдани	4	ППБ	75	1	5	2	1
Непівська балка (сад)	5,6	ППб	51	0	0	0	0
Урочища „Маяк” та „Вороного”	22,8	ППК	90	0	0	2	0
Макортить	15,2	ЗУ	52	0	0	0	0
Грушевий Яр	30,16	ЗБ	43	0	0	0	0
Тимошівський	2,5	ЗБ	18	1	0	2	0

Примітки: ЗБ – заказник ботанічний; ЗЕ – заказник ентомологічний; ЗГ – заказник геологічний; ППГ – пам'ятка природи геологічна; ППГд – пам'ятка природи гідрологічна; ППБ – пам'ятка природи ботанічна; ППК – пам'ятка природи комплексна; ЗУ – заповідне урочище.

### Висновки

1. Встановлено низький відсоток репрезентативності охоронюваних видів у складі об'єктів природно-заповідного фонду Кам'янського району Черкаської області. Охороною охоплено види ЧКУ: *Stipa capillata*, *Galanthus plicatus* та регіонально рідкісні: *Aurinia saxatilis* (L.) Desv., *Polypodium vulgare* L., *Alyssum murale* Waldst. & Kit., *Sempervivum ruthenicum* Schnittsp. & C. B. Lehm., *Asyneuma canescens* (Waldst. et Kit.) Griseb. & Schenk., *Vinca herbacea* Waldst. & Kit., *Cerasus fruticosa* (Pall.) Woronow, *Phlomis pungens* Willd., *Iris pumila* L.
2. У об'єктах ПЗФ виявлено оселища, що охороняються Резолюцією 4 Бернської конвенції: C1.32 – Free-floating vegetation of eutrophic waterbodies; C1.33 – Rooted submerged vegetation of eutrophic waterbodies; E1.2– Perennial calcareous grassland and basic steppes; E1.11 – Euro-Siberian rock debris swards; E5.4 – Moist or wet tall-herb and fern fringes and meadows; F3.247 – Ponto-Sarmatic deciduous thickets; G1.11 – Riverine *Salix* woodland; G1.A1 *Quercus-Fraxinus-Carpinus betulus* woodland on eutrophic and mesotrophic soils та G1.A4 Ravine and slope woodland
3. У зв'язку із низьким показником заповідності території Кам'янського району та слабким представництвом раритетної компоненти біоти на природно-заповідних територіях очевидною є необхідність створення нових природно-заповідних об'єктів, особливо для охорони тут лучного та болотного рослинних комплексів.

### Список використаної літератури

1. Global Strategy for Plant Conservation 2011-2020. URL: <https://www.cbd.int/gspc/strategy.shtml> (дата звернення: 20.11.2021)
2. Про затвердження Державної стратегії регіонального розвитку на 2021-2027 роки. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-derzhavnoyi-strategiyi-regionalnogo-rozvitku-na-20212027-t50820> (дата звернення: 20.11.2021)
3. Gray C., Hill S., Newbold T. et al. Local biodiversity is higher inside than outside terrestrial protected areas worldwide. *Nature Communications*. 2016. №7. 12306.
4. Vellak A., Tuvi E.-L., Reier Ü., Kalamees R., Roosalu E., Zobel M., Pärtel, M., Past and Present Effectiveness of Protected Areas for Conservation of Naturally and Anthropogenically Rare Plant Species. *Conservation Biology*. 2009. 23. 750-757.
5. Prendergast J., Quinn R., Lawton J. et al. Rare species, the coincidence of diversity hotspots and conservation strategies. *Nature*. 1993. 365, 335–337.
6. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2818-17#Text> (дата звернення: 20.11.2021)
7. Дідух Я. П. Основні наукові принципи та критерії формування і оцінки заповідних об'єктів. *Наук. записки НаУКМА. Біологія та екологія*. 2015. С. 29-34.
8. Дідух Я. П., Вакаренко Л. П., Винокуров Д. С. Оцінка репрезентативності мережі природно-заповідних об'єктів України: (ботанічний аспект). *Український географічний журнал : науково-теоретичний журнал*. 2016/1. № 2. С.13-19.
9. Спрягайло О. В., Спрягайло О. А. Чи є показник заповідності мірилом ефективності природоохоронних заходів? Моніторинг та охорона біорізноманіття в Україні. Серія: «Conservation Biology in Ukraine». 2020. Вип. 16, Т. 3. С. 456–458.
10. Дубина Д. В., Вакаренко Л. П., Устименко П. М., Винокуров Д. С. Екологічна мережа степової зони України: концепція формування та методологічні підходи. Перспективи розвитку в українському вимірі: матеріали Міжнародного екологічного форуму «Довкілля для України» (Київ, 23-25 квітня 2013 р.). Херсон. Грінв Д.С., 2013. С. 205-210.
11. Дубина Д. В., Вакаренко Л. П., Устименко П. М., Т. В. Дворецький. Созофіти степової зони України та їх представленість у проєктованій екомережі: *Чорноморський ботан. журн*. 2014. 10 (3). С. 340-351.
12. Kusumoto, V., Shiono, T., Konoshima, M. et al. How well are biodiversity drivers reflected in protected areas? A representativeness assessment of the geohistorical gradients that shaped endemic flora in Japan. *Ecol Res*. 2017. 32. 299–311.
13. Feiling Yang, Ruidong Wu, Tong Jin, Yongcheng Long, Peng Zhao, Qian Yu, Longzhu Wang, JunJun Wang, Haiwei Zhao, Yang Guo, Efficiency of unlocking or locking existing protected areas for identifying complementary areas for biodiversity conservation, *Science of The Total Environment*. 2019. Vol. 694.
14. Червона книга України. Рослинний світ / за ред. Я. П. Дідуха. Київ : Глобалконсалтинг, 2009. 900 с.

15. Перелік видів рослин, що підлягають особливій охороні на території Черкаської області URL: <https://oblradack.gov.ua/files/docs/Rishennja/8/8/8-33-8.zip> (дата звернення: 20.11.2021)
16. Куземко А. А., Шевчик В. Л., Чорна Г. А., Спрягайло О. В. Список видів рослин, що потребують регіональної охорони на території Черкаської області: сучасний стан та перспективи: матеріали V Наукових читань пам'яті Сергія Тарашчука. 2017. Вип. 3, С. 65–67.
17. The European Nature Information System. URL: <https://eunis.eea.europa.eu/> (дата звернення: 20.11.2021 р.).
18. Куземко А., Садогурська С., Василюк О. Тлумачний посібник оселищ Резолюції №4 Бернської конвенції, що знаходяться під загрозою і потребують спеціальних заходів охорони. Перша версія адаптованого неофіційного перекладу з англійської (третього проекту офіційної версії 2015 року). Київ, 2017. 124 с.
19. Mosyakin S.L., Fedoronchuk M.M. Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist / ed S.L. Mosyakin. Kiev, 2009. 345.
20. Мельник В. І., Діденко С. Я., Діденко І. П., Галушко О. С. Нові дані про поширення рідкісних видів *Galanthus L.* і *Agum L.* на Придніпровській височині: Український ботанічний журнал. 2013. Т. 70, № 4. С. 543-546.

### References

1. Convention on Biological Diversity (2011). Global Strategy for Plant Conservation 2011-2020. Retrieved from URL: <https://www.cbd.int/gspc/strategy.shtml>
2. Government Portal (2020). On approval of the State Strategy for Regional Development for 2021-2027 Retrieved from URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-derzhavnoyi-strategiyi-regionalnogo-rozvitku-na-20212027-t50820>
3. Gray, Claudia L., Hill, Samantha L. L., Newbold, Tim, Hudson, Lawrence N., Börger, Luca, Contu, Sara ... Scharlemann, Jörn P. W. (2016). Local biodiversity is higher inside than outside terrestrial protected areas worldwide. *Nature Communications*, 7, 12306.
4. Vellak, A., Tuvı, E.-L., Reier, Ü., Kalamees, R., Roosalu, E., Zobel, M. & Pärtel, M. (2009). Past and Present Effectiveness of Protected Areas for Conservation of Naturally and Anthropogenically Rare Plant Species. *Conservation Biology*, 23, 750-757.
5. Prendergast, J., Quinn, R., Lawton, Eversham, J. B. C. & Gibbons, D. W. (1993). Rare species, the coincidence of diversity hotspots and conservation strategies. *Nature*, 365, 335-337.
6. Verkhovna rada of Ukraine (2019). About the Basic principles (strategy) of the state ecological policy of Ukraine for the period till 2020. Retrieved from URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2818-17#Text>
7. Didukh, Ya.P. (2015). Basic scientific principles and criteria for the protected areas formation and assessment. *Naukovi zapysky NAUKMA [Scientific notes of National University of Kyiv-Mohyla Academy]*. 159. Biology and ecology, 29-34. (in Ukr.).
8. Didukh, Y. P., Vakarenko, L. P., & Vynokurov, D. S. (2016). Evaluation of representativeness of Ukraine's network of nature reserve objects (botanical aspect). *Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal. [Ukrainian Geographical Journal]*, 2, 13-19 (in Ukr.).
9. Spriahailo, O. V., & Spriahailo, O. A. (2020). Is the conservation indicator a measure of the effectiveness of environmental measures?: *Monitorynh ta okhorona bioriznomanittia v Ukraini. Seriya: Conservation Biologyin Ukraine [Monitoring and protection of biodiversity in Ukraine. Series: "Conservation Biologyin Ukraine"]*, 16 (3), 456-458 (In Ukr.).
10. Dubyna, D. V., Vakarenko, L. P., Ustymenko P. M., & Vynokurov, D. S. (2013, April). Ecological network of the steppe zone of Ukraine: the concept of formation and methodological approaches. *Prospects of development in the Ukrainian dimension: materials of the International ecological forum Environment for Ukraine. (Kyiv, april 23-25, 2013.)*. Kherson.: Hrin D.S., 205-210. (in Ukr.).
11. Dubyna, D. V., Ustymenko, P. M., Vakarenko, L. P., & Dvoreckij, T. V. (2014) *Sozophytes of steppe zone of Ukraine and their representativeness in the projected econet. Chornomorskyi botan. zhurn [Chornomors'k. bot. z.]*, 10 (3), 340-351 (in Ukr.).
12. Kusumoto, B., Shiono, T. Konoshima, M., Yoshimoto, A., Tanaka, T. & Kubota, Y. (2017). How well are biodiversity drivers reflected in protected areas? A representativeness assessment of the geohistorical gradients that shaped endemic flora in Japan. *Ecological Research*, 32, 299-311.
13. Yang, F., Wu, R., Jin, T., Long, Y., Zhao, P., Yu, Q...Guo, Y. (2019). Efficiency of unlocking or locking existing protected areas for identifying complementary areas for biodiversity conservation, *Science of The Total Environment*, 694, 133771.
14. Red Book of Ukraine. Flora (2009). For order. J.P. Didukh. Kyiv.: Globalconsulting, 900.
15. Cherkasy regional council (2021). List of plant species subject to special protection in the Cherkasy region Retrieved from URL: <https://oblradack.gov.ua/files/docs/Rishennja/8/8/8-33-8.zip>
16. Kuzemko, A. A., Shevchik, V. L., Chorna, G. A., & Spriahailo, O. V. (2017). List of plant species in need of regional protection in the Cherkasy region: current status and prospects: *Materials of the V Scientific Readings in Memory of Serhiy Tarashchuk*, 3, 65-67 (In Ukr.).

17. European Environment Agency (2021). The European Nature Information System. Retrieved from URL: <https://eunis.eea.europa.eu/>
18. Kuzemko, A., Sadogurska, S., & Vasyliuk, O. (2017). Explanatory guide to the settlements of Resolution №4 of the Berne Convention that are under threat and require special protection measures. The first version of the adapted unofficial translation from English (the third draft of the official version of 2015). Kyiv, 124. (In Ukr.).
19. Mosyakin, S. L., & Fedoronchuk, M. M. (1999). Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist / Ed S.L. Mosyakin. Kiev. 345.
20. Melnyk, V. I., Didenko, S. Y., Didenko, I. P., & Galushko, O. S. (2013). New data on the distribution of rare species *Galanthus L.* and *Arum L.* in the Dnieper Upland. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal [Ukrainian Botanical Journal]*, 70 (4), 543-546 (in Ukr.).

***O. V. Spriahailo, O. A. Spriahailo, V. L. Shevchyk Rare Species and Plant Communities in the Objects of the Nature-Conservation Fund of Kamianka District of Cherkasy Region***

**Introduction.** The creation of protected areas is related to the protection of rare biota species, conservation of the species-rich locations ("hot spots of biodiversity"), or habitats, which are significant for the rare species at any stage of their life. Analysis of already created objects is always relevant for the estimation of the efficacy of their functioning and provides the necessary information for the creation of the new nature-preserving objects or organizing of the protection of biodiversity on already existing ones.

Nineteen objects of the nature-conservation fund were analyzed, using one of Central Ukraine regions as a model territory. We established a low level of protection coverage (percentage of protected territories – 0.2%) and low representativity of the rare plant species and rare biotopes. We offer to use the collected data to expand the network of protected areas in the region, taking into consideration the maintenance of higher representativity of the species and habitats, which require protection.

**Purpose.** To assess the representativity of the rare plant species and communities, included in the objects of the nature-conservation fund, using Kamiansky district of Cherkasy region as an example.

**Methods.** Nineteen objects of the nature-conservation fund of Kamiansky district of Cherkasy oblast, covering an area of 144.69 hectares, were examined. The examination took place in June-July 2020.

Affiliation to the rare species was defined using "The Red Book of Ukraine", "The list of plant species, which are the subject of protection on the territory of Ukraine". Classification of the rare biotopes is presented in accordance with EUNIS. The plant species names are presented after Mosyakin-Fedoronchuk.

**Results.** Nineteen objects, covering a common area of 144.69 hectares (0.2% of the district's territory), are included in the nature-conservation fund of Kamiansky district. An analysis of the objects, created for the protection of the floristic complexes (botanical reserves and nature landmarks), has shown the low efficacy of the protection coverage of the rare species and habitats. Only one Red Book species occurs in the forest-type biotopes - *Galanthus plicatus*, along with three types of habitats: G1.11 – Riverine *Salix* woodland; G1.A1 *Quercus-Fraxinus-Carpinus betulus* woodland on eutrophic and mesotrophic soils, and G1.A4 Ravine and slope woodland.

Assessment of the communities of grassland-steppe type has shown the presence of one Red Book species - *Stipa capillata*, as well as nine species, which are protected at a regional level in Cherkasy district: *Aurinia saxatilis* (L.) Desv., *Polypodium vulgare* L., *Alyssum murale* Waldst. & Kit., *Sempervivum ruthenicum* Schnittsp. & C. B. Lehm., *Asyneuma canescens* (Waldst. et Kit.) Griseb. & Schenk., *Vinca herbacea* Waldst. & Kit., *Cerasus fruticosa* (Pall.) Woronow, *Phlomis pungens* Willd., *Iris pumila* L. At a biotope level, there are 6 rare habitats from the list of the Resolution 4 of the Bern Convention which are being protected: C1.32 – Free-floating vegetation of eutrophic waterbodies; C1.33 – Rooted submerged vegetation of eutrophic waterbodies; E1.2– Perennial calcareous grassland and basic steppes; E1.11 – Euro-Siberian rock debris swards; E5.4 – Moist or wet tall-herb and fern fringes and meadows; F3.247 – Ponto-Sarmatic deciduous thickets.

**Originality.** For the first time the representativity of the rare plant species and communities, included in the objects of the nature-conservation fund on an example of Kamiansky district of Cherkasy region, was assessed.

**Conclusions.** The low level of representativity was established for the rare species, included in the objects of the nature-conservation fund of Kamiansky district of Cherkasy region. Protection covers the following species of The Red Book of Ukraine: *Stipa capillata*, *Galanthus plicatus* as well as the following regionally rare species: *Aurinia saxatilis* (L.) Desv., *Polypodium vulgare* L., *Alyssum murale* Waldst. & Kit., *Sempervivum ruthenicum* Schnittsp. & C. B. Lehm., *Asyneuma canescens* (Waldst. et Kit.) Griseb. & Schenk., *Vinca herbacea* Waldst. & Kit., *Cerasus fruticosa* (Pall.) Woronow, *Phlomis pungens* Willd., *Iris pumila* L.

In the objects of the nature-conservation fund, the habitats, which are protected by the Resolution 4 of the Bern Convention were detected: C1.32 – Free-floating vegetation of eutrophic waterbodies; C1.33 – Rooted submerged vegetation of eutrophic waterbodies; E1.2– Perennial calcareous grassland and basic steppes; E1.11 – Euro-Siberian rock debris swards; E5.4 – Moist or wet tall-herb and fern fringes and meadows; F3.247 – Ponto-Sarmatic deciduous thickets; G1.11 – Riverine *Salix* woodland; G1.A1 *Quercus-Fraxinus-Carpinus betulus* woodland on eutrophic and mesotrophic soils, and G1.A4 Ravine and slope woodland.

Due to the low index of preservation on the territories of Kamiansky district and weak representation of the rare biota component on protected areas, becomes evident the necessity of creating the new nature-preserving objects, especially for the protection of local meadow and marsh plant complexes.

**Key words:** rare species of plants; rare dwellings; protection of biodiversity; representativeness; nature reserve fund.

Одержано редакцією 30.09.2021

Прийнято до публікації 18.04.2022



### Відомості про авторів

**Безкопильний Олександр Олександрович** – доктор педагогічних наук, доцент Черкаського національного університету імені Б. Хмельницького.

**Білоножко Володимир Якович** – доктор сільськогосподарських наук, професор Черкаського національного університету імені Б. Хмельницького.

**Борисенко Микола Миколайович** – доктор філософії зі спеціальності «Екологія», завідувач сектору Канівського природного заповідника ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

**Гаврилюк Максим Никандрович** – кандидат біологічних наук, доцент, директор навчально-наукового інституту природничих та аграрних наук Черкаського національного університету імені Хмельницького.

**Грицак Людмила Русланівна** – доктор біологічних наук, професор Тернопільського національного педагогічного університету імені В. Гнатюка.

**Дробик Надія Михайлівна** – доктор біологічних наук, професор Тернопільського національного педагогічного університету імені В. Гнатюка.

**Запорожець Альона Володимирівна** – молодший науковий співробітник Черкаського національного університету імені Б. Хмельницького.

**Ілюха Олександр Володимирович** – кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри біології, екології та агротехнологій Черкаського національного університету імені Хмельницького.

**Калиниченко Ірина Олександрівна** – доктор медичних наук, професор Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка.

**Кожемяко Тетяна Володимирівна** – кандидат біологічних наук, доцент Черкаського національного університету імені Б. Хмельницького.

**Колесник Анна Сергіївна** – аспірантка Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка.

**Коробко Олександр Олександрович** – кандидат сільськогосподарських наук, викладач Черкаського національного університету імені Б. Хмельницького.

**Кухнюк Оксана Володимирівна** – доктор філософії, викладач кафедри природничих дисциплін Черкаської медичної академії.

**Лизогуб Володимир Сергійович** – доктор біологічних наук, професор Черкаського національного університету імені Б. Хмельницького.

**Литвин Валентина Анатоліївна** – кандидат хімічних наук, доцент Черкаського національного університету імені Б. Хмельницького.

**Майорова Оксана Юріївна** – кандидат біологічних наук, викладач Тернопільського національного педагогічного університету імені В. Гнатюка.

**Макарчук Микола Юхимович** – доктор біологічних наук, професор Київського національного університету імені Т. Шевченка ННЦ «Інституту біології та медицини».

**Манзій Олена Павлівна** – кандидат економічних наук, доцент Уманського державного педагогічного університету імені П. Тичини.

**Нікіфоров Микола Миколайович** – кандидат військових наук, старший дослідник Київського національного університету імені Т. Шевченка.

**Озівська Інна Олександрівна** – молодший науковий співробітник Черкаського національного університету імені Б. Хмельницького.

**Паламарчук Андрій Леонідович** – завідувач кафедри фізіології, медичної біології та біологічної фізики, кандидат медичних наук, доцент Київського медичного університету.

**Пампуха Ігор Володимирович** – кандидат технічних наук, доцент Київський національний університету імені Т. Шевченка.

**Подковка Ольга Ігорівна** – аспірант кафедри фізіології людини і тварин Київського національного університету імені Т. Шевченка ННЦ «Інститут біології та медицини».

**Прокоп'як Мар'яна Зіновіївна** – кандидат біологічних наук, доцент Тернопільського національного педагогічного університету імені В. Гнатюка.

**Пустовалов Віталій Олександрович** – кандидат наук з фізичного виховання і спорту, доцент Черкаського національного університету імені Б. Хмельницького.

**Спрягайло Оксана Анатоліївна** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент Черкаського національного університету імені Б. Хмельницького.

**Спрягайло Олександр Васильович** – кандидат біологічних наук, доцент Черкаського національного університету імені Б. Хмельницького.

**Титаренко Лариса Миколаївна** – кандидат педагогічних наук, доцент Черкаського національного університету імені Б. Хмельницького.

**Філімонова Наталія Борисівна** – кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник Київського національного університету імені Т. Шевченка.

**Флячок Адріана Ігорівна** – магістрантка хіміко-біологічного факультету Тернопільського національного педагогічного університету імені В. Гнатюка.

**Шевчик Василь Леонівич** – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник Канівського природничого заповідника ННЦ «Інституту біології та медицини» Київського національного університету імені Т. Шевченка.

**Шестеріна Дарина Володимирівна** – аспірантка кафедри анатомії, фізіології та фізичної реабілітації Черкаського національного університету імені Б. Хмельницького.

**Шпанюк Віталій Васильович** – аспірант кафедри анатомії, фізіології та фізичної реабілітації Черкаського національного університету імені Б. Хмельницького.

## ЗМІСТ

<b>Гаврилюк М. Н., Борисенко М. М., Ілюха О. В.</b> Весняні міграційні скупчення водоплавних і навколоводних птахів у центральній частині Кременчуцького водосховища в 2014-2016	<b>4</b>
<b>Калиниченко І. О., Колесник А. С.</b> Особливості нейродинамічних та психофізіологічних функцій дітей 5-7 років з різним рівнем зорового та слухового сприйняття	<b>12</b>
<b>Коробко О. О., Білоножко В. Я., Кухнюк О. В., Манзій О. П., Титаренко Л. М.</b> Оцінка дії гербіциду і біологічних препаратів на площу листкової поверхні та урожайність нуту	<b>22</b>
<b>Лизогуб В. С., Шпанюк В. С., Пустовалов В. О., Кожемяко Т. В., Безкопильний О. О.</b> Резервні можливості кардіореспіраторної системи у футболістів з різними індивідуально-типологічними властивостями нервової системи	<b>34</b>
<b>Литвин В. А., Запорожець А. В., Озівська І. О.</b> Нанокompозити срібла на основі синтетичних гумінових речовин як високоефективні стимулятори росту рослин	<b>44</b>
<b>Паламарчук А. Л., Шестеріна Д. В.</b> Зміни гемодинаміки при дії об'ємного пневмопресингу на лімфатичну систему	<b>56</b>
<b>Подковка О. І., Макарчук М. Ю., Філімонова Н. Б., Пампуха І. В., Нікіфоров М. М.</b> Нейрофізіологічні механізми здійснення простої сенсомоторної реакції у військовослужбовців різного віку	<b>63</b>
<b>Прокоп'як М. З., Флячок А. І., Майорова О. Ю., Грицак Л. Р., Дробик Н. М.</b> Оцінка ефективності показників інформативності ISSR-маркерів для аналізу генетичного поліморфізму рослин	<b>74</b>
<b>Спрягайло О. В., Спрягайло О. А., Шевчик В. Л.</b> Охоронювані види й угруповання в об'єктах природно-заповідного фонду Кам'янського району Черкаської області	<b>85</b>
<b>Відомості про авторів</b>	<b>97</b>

---

**CONTENT**

<b>Gavrilyuk M. N., Borysenko M. M., Ilukha O. V.</b> The spring aggregations of migratory wetland birds and waterbirds in the central part of Kremenchuk reservoir in 2014-2016	<b>4</b>
<b>Kalynychenko I. O., Kolesnyk A. S.</b> Features of Neurodynamic and Psychophysiological Functions of Children with Different Levels of Visual and Auditory Perception 5-7 Years Old	<b>12</b>
<b>Korobko O. O. , Bilonozhko V. Ya. , Kukhnyuk O. V., Manzii O. P.</b> Evaluation of Herbicide and Biologic Preparations Effect on Leaf Surface Area and Chickpea Yields	<b>22</b>
<b>Lyzohub V. S., Shpaniuk V. V. , Pustovalov V. O., Kozhemiako T. V., Bezcopylny O. O.</b> Reserve Capabilities of the Cardiorespiratory System in Football Players with Different Individual-Typological Properties of the Nervous System	<b>34</b>
<b>Litvin V. A., Zaporozhets A. V., Ozivska I. O.</b> Silver Nanocomposite Based on Synthetic Humic Substances as Highly Efficient Plant Growth Stimulants	<b>44</b>
<b>Palamarchuk A. L., Shesterina D. V.</b> Modifications in Central Hemodynamics Due to Intermittent Pneumatic Compression Effects on the Lymphatic System	<b>56</b>
<b>Podkovka O. I., Makarchuk M. Y., Filimonova N. B., Pampuha I. V., Nikiforov M. M.</b> Age-related Neurophysiological Changes in Simple Sensorimotor Reaction Performance	<b>63</b>
<b>Prokopiak M. Z., Fliachok A. I., Maiorova O. Yu., Hrytsak L. R., Drobyk N. M.</b> Evaluation of the Effectiveness of ISSR-Marker Informativeness Indicators for the Analysis of Plant Genetic Polymorphism	<b>74</b>
<b>Spriahailo O. V., Spriahailo O. A., Shevchyk V. L.</b> Rare Species and Plant Communities in the Objects of the Nature-Conservation Fund of Kamianka District of Cherkasy Region	<b>85</b>
<b>Information about the authors</b>	<b>97</b>

## АВТОРАМ ПРО ЖУРНАЛ

Для публікації в журналі «Вісник Черкаського університету. Серія. Біологічні науки» приймаються оригінальні статті, що висвітлюють актуальні проблеми сучасної біологічної науки, а також огляди (на замовлення редакції). Поданий до журналу рукопис обов'язково рецензується провідними спеціалістами у відповідній галузі. У разі необхідності рукопис направляється авторам на доопрацювання. Рукопис, що отримав недостатньо високу оцінку рецензентів, відхиляється як невідповідний профілю та вимогам до рівня публікацій журналу.

### Структура статті

1. **Індекс УДК** (зліва, великими літерами, шрифт – жирний) – кегель 12.
2. **Автор** (вирівнювання по правому краю, вказується повне прізвище, ім'я, по батькові автора, шрифт - жирний) – кегель 12.
3. **Відомості про автора** (авторів) адреса електронної скриньки (які будуть зазначені у статті), **Orcid ID** – кегель 11
4. **Назва статті** (по центру, великими літерами, шрифт – кегель 14, до десяти слів).
5. **Анотація** (українською мовою – до 50 слів із переважним застосуванням безособових конструкцій «обґрунтовано, запропоновано, виявлено, визначено» і т.д., курсивом з абзацу – кегель 11)
6. **Ключові слова** (мовою статті курсивом з абзацу, не менше 5 слів або словосполучень, з відокремленням їх одне від одного крапкою з комою). Ключові слова не повинні повторювати назви статті – кегель 11.
7. **Основний текст статті** повинен бути із виділенням відповідних елементів згідно з вимогами ВАК України (постанова №7-05/1 від 15.01.03):  
**Постановку проблеми** та її зв'язок із важливими науковими або практичними завданнями.  
**Аналіз останніх досліджень і публікацій**, у яких започатковано розв'язання цієї проблеми та на які спирається автор (з посиланнями у тексті на використані джерела).  
**Визначення невирішених раніше частин загальної проблеми**, котрим присвячена стаття, актуальність проблеми.  
**Мету**.  
**Виклад основного матеріалу дослідження** із зазначенням методів та повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.  
**Висновки та перспективи подальших розвідок** у цьому напрямі.
8. Перелік використаної літератури подається після тексту статті:  
**8.1.** Під заголовком «**Список використаної літератури**» (для англійських статей: References (in language original)). Це джерела мовою оригіналу, оформлені відповідно до українського стандарту бібліографічного опису (кегель 10, через 1 інтервал, мовою оригіналу). Бібліографічний опис літературних джерел оформлюється згідно з ДСТУ 8302:2015 «Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання») <http://library.nlu.edu.ua/Biblioteka/sait/nauka/gost/spisok-DSTU.pdf>.

**8.2.** Під заголовком «**References**» – ті самі джерела, але англійською мовою, оформлені за **міжнародним бібліографічним стандартом (стандарт АРА)** [[http://library.nmu.edu/guides/userguides/style\\_apa.htm](http://library.nmu.edu/guides/userguides/style_apa.htm)]. Назви періодичних україно- та російськомовних видань (журналів, збірників та ін.) подаються транслітерацією (див. правила української транслітерації: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/55-2010-%D0%BF>), а в дужках — англійською мовою. Наприклад: *Psihofiziologicheskie issledovaniya [Psychophysiological studies]*. Назви джерел (не менш як 10) у списку літератури розміщуються в порядку згадування в тексті (не за абеткою). Посилатися на підручники, навчальні посібники, публіцистичні статті недоцільно.

**9.** **Прізвище, ім'я, по батькові** автора англійською мовою (вирівнювання – по лівому краю)

**10\11.** **Назва статті** англійською мовою (вирівнювання – по середині)

**12.** **Авторське резюме (структурована анотація (Summary))** англійською мовою не менше 250 слів або 1 сторінка інтервалом 1 pt. **Вимоги до авторського резюме містяться нижче.**

Закордонні партнери і міжнародні бази даних висувають дуже високі вимоги до написання анотацій ((Summary)) не тільки в українських журналах, а й у закордонних виданнях. Із резюме до статті повинна бути зрозуміла її суть, актуальність і наукова новизна. Інформаційна відкритість анотації полегшить багатьом авторам включення їхніх статей в індекс-бази даних і підвищить рівень цитування автора.

Авторське резюме (Summary) є коротким резюме більшої за обсягом роботи, що має науковий характер. Авторське резюме може публікуватися самостійно, у відриві від основного тексту, а отже, повинне бути зрозумілим без звертання до самої публікації.

Авторське резюме до статті є основним джерелом інформації у вітчизняній і закордонній інформаційній системах і базах даних, що індексують журнал, а також у пошукових системах.

Авторське резюме англійською мовою (Summary) розміщується в англійськомовному блоці інформації про статтю, що завантажується на англійськомовній версії сайту журналу і готується для закордонних реферативних баз даних та аналітичних систем (індексів цитування).

Авторське резюме українською (російською) мовою є основою для підготовки авторського резюме англійською мовою, але англійське резюме має бути більшим за обсягом і не повторювати українську анотацію. ((Summary)) – це фактично стислий виклад статті англійською мовою, її реферування.

### **Структура та зміст авторського резюме** (не менше 250 слів або 1 сторінка інтервалом 1 pt)

ПІБ

Назва статті

- Проблема – Introduction
- Мета – Purpose
- Методи дослідження – Methods
- Основні результати дослідження – Results
- Наукова новизна результатів дослідження – Originality.
- Висновки та конкретні пропозиції автора – Conclusion

Результати роботи треба описувати точно та інформативно. Наводяться основні теоретичні й експериментальні результати, фактичні дані, виявлені взаємозв'язки і закономірності. При цьому віддається перевага новим результатам і даним

довгострокового значення, важливим відкриттям, висновкам, що спростовують існуючі теорії, а також даним, що, на думку автора, мають практичне значення.

Висновки можуть супроводжуватися рекомендаціями, оцінками, пропозиціями, гіпотезами, описаними у статті. Відомості, що містяться в назві статті, не повинні повторюватися в тексті авторського резюме. Варто уникати зайвих вступних фраз (наприклад, "автор статті розглядає..."). Історичні довідки, якщо вони не складають основний зміст документа, опис раніше опублікованих робіт і загальновідомі положення в авторському резюме не наводяться.

У тексті авторського резюме слід вживати синтаксичні конструкції, властивій мові наукових документів, уникати складних граматичних конструкцій. У тексті авторського резюме варто застосовувати ключові слова з тексту статті. Текст авторського резюме має бути лаконічним і чітким, вільним від другорядної інформації, зайвих вступних слів, загальних і незначних формулювань. Скорочення й умовні позначки, крім загальноживаних, застосовують у виняткових випадках.

Авторське резюме (Summary) має бути написане якісною англійською мовою. Якщо автор не в змозі підготувати (Summary), що відповідає викладеним вище вимогам, він може звернутися до редакції, яка за окрему плату зробить цю роботу.

**Статті, які містять анотації, складені неправильно і (або) неякісно перекладені, не можуть бути опублікованими.**

При написанні анотації слід урахувати наступні положення:

- предмет дослідження вказуються в тому випадку, якщо вони не зрозумілі із заголовка статті;
- результати роботи треба описувати точно й інформативно. Наводяться основні теоретичні й експериментальні результати, фактичні дані, виявлені взаємозв'язки і закономірності. При цьому віддається перевага новим результатам і даним довгострокового значення, важливим відкриттям, висновкам, що спростовують чинні теорії, а також даним, що, на думку автора, мають практичне значення;
- висновки можуть супроводжуватися рекомендаціями, оцінками, пропозиціями, гіпотезами, описаними у статті;
- відомості, що містяться в заголовку статті, не повинні повторюватися в тексті анотації;
- варто уникати зайвих вступних фраз (наприклад, «автор статті розглядає...»); Історичні довідки, опис раніше опублікованих робіт і загальновідомі положення в авторському резюме не наводяться;
- у тексті анотації варто вживати синтаксичні конструкції, властиві мові наукових і технічних документів, уникати складних граматичних утворів;
- скорочення й умовні позначки, крім загальноживаних, застосовують у виняткових випадках.

### **13. Ключові слова англійською мовою.**

#### **Технічні вимоги до оформлення статті:**

- Формат сторінки – А 4.
- У тексті не допускаються порожні рядки, знаки переносу, елементи псевдографіки та інші нетекстові символи.
- Обсяг статті – від 6 до 15 друкованих сторінок.
- Поля –25 мм.
- Шрифт – Times New Roman (кегель 12), міжрядковий інтервал –1,0.



- Абзацний відступ – 1,25 см.
- Кількість табличного матеріалу та ілюстрацій повинна бути доречною. Цифровий матеріал подається у таблиці, що має порядковий номер і назву (слово «таблиця» жирним шрифтом та її порядковий номер вирівнюються по правому краю, назва друкується рядком нижче над таблицею посередині). Ілюстрації також потрібно нумерувати і вони повинні мати назви, які вказують під кожною ілюстрацією.
- Формули виконуються за допомогою вбудованого редактора формул MS Equation курсивом і нумеруються з правого боку.
- Рисунки, виконані у MS Word, потрібно згрупувати; вони повинні бути єдиним графічним об'єктом. **Не використовувати темний фон та дрібні шрифти для рисунків.**
- Таблиці, рисунки друкуються вбудованим редактором Microsoft Word і розміщуються посередині.
- При наборі слід вимкнути автоматичний "м'який" перенос (заборонені "примусові" переноси – за допомогою дефісу). Абзаци позначати тільки клавішею "Enter", не застосовувати пробіли або табуляцію (клавіша "Tab").
- Посилання на літературу в тексті необхідно давати в квадратних дужках, наприклад, [3].
- Всі цитати мають закінчуватися посиланнями на джерела.
- Якщо в огляді літератури або далі по тексту Ви посилаєтеся на прізвище вченого – його публікація має бути у загальному списку літератури після статті.
- Скорочення слів і словосполучень, окрім загальноприйнятих, не допускається.

## INFORMATION FOR AUTHORS

The electronic version of the article, executed in accordance with the following requirements, is executed in the editor of MS Word. The volume of the article - 6-15 pages (over the specified amount will be charged an additional payment).

### Structure of the article

1. The **UDC** index (on the left, in capital letters, the font – bold, font - 12). This is not important for article from other countries.

2. **The author** (alignment on the right margin, indicate full name, first name, patronymic of the author, font – bold,12).

3. **Information about the author** (authors) e-mail address (to be specified in the article)), ORCID. – font – 11

4. **The title of the article** (centered, uppercase, font - 14, up to ten words).

5. **Summary** (in Ukrainian language - up to 50 words with the predominant use of impersonal constructions "justified, proposed, revealed, determined" etc., in italics from the paragraph) (font – 11, italics)

6. **Keywords** (in the language of the article in italics from the paragraph, not less than 5 words or phrases, with the separation of each other from each other with a semicolon). Keywords should not repeat the title of the article. (font – 11, italics)

7. **The main text of the article** should be with the allocation of the relevant elements in accordance with the requirements of the Higher Attestation Commission of Ukraine (Decree No. 7-05 / 1 of 15.01.03):

**Statement of the issue** and its connection with important scientific or practical tasks.

**The analysis of recent researches and publications**, which initiated the solutions for this issue on which the author relies (with references in the text on the sources used).

**The identification of previously unsettled parts of the general issue**, which is devoted to the article, the relevance of the issue.

**The purpose.**

**The overview of the main research material** with the indication of the methods and the full substantiation of the scientific results obtained.

**Conclusions and perspectives of further exploration** in this direction.

8. The list of used literature is given after the text of the article:

8.1. Under the heading "**List of used literature**" (for English-language articles: References (in original language), these are sources in the original language, drawn up in accordance with the Ukrainian standard of bibliographic description (key 10, in 1 interval, in the original language). Bibliographic description of literary sources is made according to DSTU 8302: 2015 "Bibliographic link: general terms and conditions of preparation") <http://library.nlu.edu.ua/Biblioteka/sait/nauka/gost/spisok-DSTU.pdf> ).

8.2. Under the heading "**References**" - the same sources, but in English, are executed according to the international bibliographic standard (**APA standard**) [[http://library.nmu.edu/guides/userguides/style\\_apa.htm](http://library.nmu.edu/guides/userguides/style_apa.htm)]. The names of periodical Ukrainian and

Russian-language editions (journals, collections, etc.) are translated into transliteration (see the rules of Ukrainian transliteration: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/55-2010-%D0%BF>), and in brackets – in English. For example: *Psihofiziologicheskie issledovaniya [Psychophysiological studies]*. The names of the sources (not less than 10) in the list of references are placed in the order of mention in the text (not in alphabetical order). Reference to textbooks, tutorials, and journalistic articles is inappropriate. An example of drawing up the list of used literature is attached.

9. **Last name, first name, patronymic** of the author in English (alignment – left)

10\11. **The title of the article** in English (alignment – in the middle)

12. **Written summary (structured Summary)** in English is not less than 250 words or 1 page at intervals of 1 pt. **The requirements for the author's resume are contained below.**

Foreign partners and international databases put forward very high requirements for writing summaries (Summary) not only in Ukrainian journals, but also in foreign publications. From the summary to the article should be understood its essence, relevance and scientific novelty. The informational openness of the annotation will make it easier for many authors to include their articles in the index-database and increase the author's citations.

Author's summary (Summary) is a brief summary of the volume of work of a scientific nature. The author's summary may be published independently, in isolation from the main text, and therefore should be understood without reference to the publication itself.

The author's summary of the article is the main source of information in domestic and foreign information systems and databases that index the journal, as well as in search engines.

The author's summary in English (Summary) is placed in the English-language block of information on an article downloaded in the English version of the journal site and is being prepared for foreign Summary databases and analytical systems (citation indices).

The author's summary in Ukrainian (Russian) is the basis for preparing the author's summary in English, but the English summary should be larger in scope and not repeat the Ukrainian annotation. Summary – This is actually a brief summary of the article in English, its referencing.

### **Structure and content of the author's summary** (at least 250 words or 1 page at intervals of 1 pt)

Name, surname.

Title of the article

- Issue

- Purpose

- Research Methods

- Main results of the study

- Scientific novelty of the research results

- Conclusions and specific suggestions of the author

The results of the work must be described accurately and informatively. The main theoretical and experimental results, actual data, revealed interconnections and regularities are given. It gives preference to new results and long-term data, important discoveries, conclusions that refute existing theories, as well as data that, in the opinion of the author, are of practical importance.

The conclusions may be accompanied by recommendations, evaluations, suggestions, and hypotheses described in the article. The information contained in the title of the article

should not be repeated in the text of the author's resume. It is worth avoiding unnecessary introductory phrases (for example, "the author of the article considers ..."). Historical references, if they do not constitute the main content of the document, the description of previously published works and well-known provisions in the author's resume are not given.

In the text of the author's resume it is necessary to use syntactic constructions, the language of scientific documents, to avoid complicated grammatical constructions. The text of the author's summary should use the keywords from the text of the article. The text of the author's resume must be concise and clear, free of secondary information, extra introductory words, general and minor language. Abbreviations and conditional marks, except for commonly used, are used in exceptional cases.

The author's summary (Summary) should be written in high quality English. If the author is not able to prepare the Summary, which meets the requirements stated above, he may apply to the editor who will do this work for a fee

**Articles containing summaries are incorrect and (or) poorly translated, cannot be published.**

**During writing the summary, the following provisions should be taken into account:**

- the subject of the research is indicated in case that they are not understood from the title of the article;
- the results of work should be described accurately and informatively. The main theoretical and experimental results, actual data, revealed interconnections and regularities are given. It prefers new results and long-term data, important discoveries, conclusions refuting the existing theory, as well as data that, in the author's opinion, are of practical importance;
- conclusions may be accompanied by recommendations, evaluations, proposals, hypotheses described in the article;
- the information contained in the title of the article should not be repeated in the annotation text;
- Avoid unnecessary introductory phrases (for example, "the author of the article is considering ..."). Historical references, the description of previously published works and well-known provisions in the author's resume are not given;
- in the annotation text it is necessary to use syntactic constructions inherent in the language of scientific and technical documents, to avoid complicated grammatical formations;
- abbreviations and conditional marks, except for commonly used, are used in exceptional cases.

### **13. Key words in English**

#### **Technical requirements for the design of the article**

- Page format - A 4.
- The text does not allow blank lines, hyphens, pseudo-graphs, and other non-text characters.
- The volume of the article - from 6 to 15 printed pages.
- The margins are 25 mm.
- Font - Times New Roman (12), line spacing - 1.0.
- Paragraph indent – 1,25 sm.

The number of table material and illustrations should be relevant. The digital material is presented in a table having a serial number and a name (the word "table" (in bold) and its serial number are aligned on the right edge; the title is printed in a row below the middle of the table). Illustrations should also be numbered and they should have the names indicated by each illustration.

Formulas are executed using the built-in MS Equation formula editor in italics and numbered on the right side.

Figures executed in MS Word must be grouped; they should be the only graphic object. **Do not use a dark background and fine print for figures.**

Tables, figures are printed by the built-in Microsoft Word editor and placed in the middle.

When typing, turn off automatic "soft" transfer (forbidden "forced" transfers - using a hyphen). Summary only use the "Enter" key, do not apply spaces or tabs ("Tab" key).

References to the literature in the text should be given in square brackets, for example, [3].

All citations should end with references to sources.

If you refer to the scientist's name in the literature review or further in the text - his publication should be in the general literature list after the article.

The abbreviation of words and phrases other than the generally accepted ones is not allowed.

**ВІСНИК  
ЧЕРКАСЬКОГО  
УНІВЕРСИТЕТУ**

Серія біологічні науки  
№ 1. 2022

Відповідальний за випуск  
*Лизогуб В. С.*

Відповідальний секретар:  
*Черненко Н. П.*

Комп'ютерне верстання  
*Любченко Л. Г.*

Підписано до друку \_\_.\_\_.2022.  
Формат 84x108/16. Папір офсет. Друк офсет. Гарнітура Times New Roman.  
Умовн. друк. арк. 8,8. Обл. вид. арк. 9,1.  
Замовлення № \_\_\_\_. Тираж 300 прим.