

57
H 34

ISSN 2078-2357

Наукові Записки

Тернопільського національного
педагогічного університету
імені Володимира Гнатюка

Серія: біологія



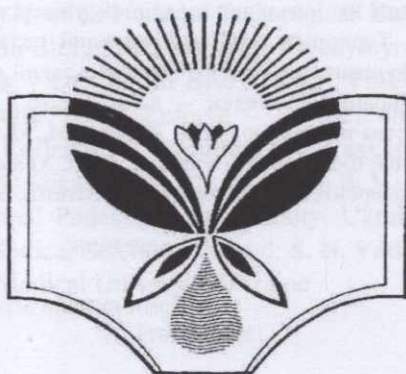
**4 (78)
2019**



Наукові записки

**Тернопільського національного
педагогічного університету
імені Володимира Гнатюка
Серія: Біологія**

**Scientific Issues
Ternopil Volodymyr Hnatiuk
National Pedagogical University
Series: Biology**



за

**4 (78)
2019**

Бібліотека Тернопільського
національного педагогічного
університету ім. В. Гнатюка



882763

Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету
імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. – 2019. – № 4 (78). – 86 с.

*Друкується за рішенням вченої ради
Тернопільського національного педагогічного університету
імені Володимира Гнатюка
від 23.12.2019 р. (протокол № 6)*

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор:

Н. М. Дробик – д.б.н., проф., Тернопільський національний педагогічний
університет ім. Володимира Гнатюка, Україна

Заступники головного редактора:

В. В. Грубінко – д.б.н., проф., Тернопільський національний педагогічний
університет ім. Володимира Гнатюка, Україна

О. Б. Столяр – д.б.н., проф., Тернопільський національний педагогічний
університет ім. Володимира Гнатюка, Україна

Члени редакційної колегії:

І. В. Азізов – д.б.н., проф., Інститут молекулярної біології і біотехнології Національної академії наук
Азербайджану, Баку; **М. М. Барна** – д.б.н., проф., Тернопільський національний педагогічний
університет ім. Володимира Гнатюка, Україна; **О. І. Боднар** – к.б.н., Тернопільський національний
педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка, Україна; **В. І. Бумейстер** – д.б.н., проф., Сумський
державний університет, Україна; **С. Н. Вадзюк** – д.мед.н., проф., Тернопільський національний медичний
університет ім. І. Я. Горбачевського, Україна; **Р. Й. Гончарова** – д.б.н., проф., Інститут генетики і
цитології Національної академії наук Білорусі, Мінськ; **Л. Р. Грицак** – к.б.н., доцент, Тернопільський
національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка, Україна; **П. Жимські** – д.мед.н.
(біологія), доцент, Познанський медичний університет, Польща; **І. Я. Капрусь** – д.б.н., проф., Державний
природознавчий музей НАН України, Львів; **В. З. Курант** – д.б.н., проф., Тернопільський національний
педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка, Україна; **В. Г. Кур'ята** – д.б.н., проф., Вінницький
державний педагогічний університет ім. М. Коцюбинського, Україна; **О. В. Лукаш** – д.б.н., проф.,
Національний університет «Чернігівський колегіум» ім. Т. Г. Шевченка, Україна; **Н. В. Пасечко** –
д.мед.н., проф., Тернопільський національний медичний університет ім. І. Я. Горбачевського, Україна;
С. В. Пида – д. с-г.н., проф., Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира
Гнатюка, Україна; **Г. І. Фальфушинська** – д.б.н., Тернопільський національний педагогічний університет
ім. Володимира Гнатюка, Україна; **Г. Федак** – д.б.н., проф., Оттавський науково-дослідний центр
розвитку сільського господарства та агропродуктів, Канада; **М. М. Федоряк** – д.б.н., проф., Чернівецький
національний університет ім. Ю. Федьковича, Україна; **В. О. Хоменчук** – к.б.н., доцент, Тернопільський
національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка, Україна (*відповідальний секретар*)

Коректори: О. С. Вербовецька
Т. І. Белей
Комп'ютерна верстка: Г. М. Голіней
А. І. Герц
О. Б. Мацюк

Адреса редакції:

*Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. Максима Кривоноса, 2
м. Тернопіль, 46027
E-mail: journal@chem-bio.com.ua
http://journals.chem-bio.com.ua*

Свідоцтво про держреєстрацію: КВ № 15884-4356Р від 27.10.2009.

Українські, російські та латинські назви рослин і тварин наведені за авторським текстом
За зміст, авторську позицію та достовірність наведених у статтях фактів, цитувань відповідальність
несуть автори.

ЗМІСТ

БОТАНІКА

У. О. БАЧИНСЬКА

ЛІСІВНИЧО-ТАКСАЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ ГРАБНЯКІВ ПРИРОДНОГО
ЗАПОВІДНИКА «МЕДОБОРИ» 6

ЗООЛОГІЯ

Ю. С. ІВАСЮК, О. А. ЛОСЄВ

ТРЕМАТОДОФАУНА ЧЕРЕВОНОГИХ МОЛЮСКІВ (GASTROPODA)
ВЕРХІВ'Я ВОДОСХОВИЩА..... 11

БІОТЕХНОЛОГІЯ

Н. Б. КРАВЕЦЬ, Л. Р. ГРИЦАК, М. З. ПРОКОП'ЯК, О. Ю. МАЙОРОВА, Н. М. ДРОБИК
ВМІСТ ФОТОСИНТЕТИЧНИХ ПІГМЕНТІВ У РОСЛИНАХ РОДУ *CARLINA* L.
У ПРИРОДІ ТА КУЛЬТУРИ *IN VITRO*..... 16

БІОХІМІЯ

О. С. ПОКОТИЛО, П. І. ГОЛОВАЧ, С. О. ПОКОТИЛО

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ УТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОНОДОНОРНОЇ
ВОДИ НА ОСНОВІ ЗМІН PH І ОВП ВОД В ТЕРМОСАХ-ІОНІЗАТОРАХ-
ГЕНЕРАТОРАХ «LIVING WATER»..... 24

ГІДРОБІОЛОГІЯ

О. А. ДАВИДОВ, Д. П. ЛАРІОНОВА

МІКРОФІТОБЕНТОС ЯК БІОІНДИКАТОР ЗМІНИ
ГІДРОМОРФОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВОДНОГО
ОБ'ЄКТУ МІСТА КИЄВА 30

В. О. ХОМЕНЧУК, Б. З. ЛЯВРІН, В. З. КУРАНТ

МОРФОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ДЕЯКИХ ВИДІВ РИБ МАЛИХ РІЧОК
ЗАХІДНОГО ПОДІЛЛЯ ЯК ІНДИКАТОР ЗАБРУДНЕННЯ ВОДОЙМ..... 35

ЕКОЛОГІЯ

Г. Б. ГУМЕНЮК, В. О. ХОМЕНЧУК, Н. Г. ЗІНЬКОВСЬКА, Н. В. МОСКАЛЮК

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВМІСТУ КАЛЬЦІЮ ТА СТУПЕНЯ
КИСЛОТНОСТІ У ҐРУНТАХ ТЕРНОПІЛЬСЬКОЇ ОБЛАСТІ..... 41

О. В. ЄРМІШЕВ

ФУНКЦІОНАЛЬНО-ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА (ФЕЕ)
ГАЙСИНСЬКОГО РАЙОНУ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ 49

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

О. В. ТРИГУБА, С. В. ПИДА, І. С. БРОЩАК, О. Б. МАЦЮК

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН
У ПОСІВАХ ЛЮПИНУ БІЛОГО (*LUPINUS ALBUS* L.) 59

ОГЛЯДИ

С. М. МАТЮК, В. В. ГРУБІНКО

ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ ТА АБСОРБТИВНИХ СУБСТАНЦІЙ
ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ПРИРОДНИХ ТА СТІЧНИХ ВОД..... 69

БОТАНІКА

УДК 630

doi: 10.25128/2078-2357.19.4.1

У. О. БАЧИНСЬКА

Природний заповідник «Медобори»

вул. Міцкевича, 21, смт. Гримайлів, Тернопільська область, 48210

e-mail: ule156@meta.ua

ЛІСІВНИЧО-ТАКСАЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ ГРАБНЯКІВ ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА «МЕДОБОРИ»

Проведено аналіз лісотаксаційної характеристики деревостанів зі значною участю в складі граба звичайного (від 6 одиниць і більше) у межах природного заповідника «Медобори». За переважаючою кількістю дерев граб на пробних площах насінневого походження. Деревостани на цій території одновікові та одноярусні, за віковими групами – стиглі і перестійні, крім Л-13 та Л-28, де зростають молодняки, і Л-13 – середньовікові. Таксаційні показники деревостанів на пробних площах характеризуються відмінністю у межах різних типів лісу залежно від віку, повноти. Запаси живої деревини в них у середньому становлять 115–462 м³/га. Диференціація дерев за ступенями товщини показує процес формування насадження залежно від походження та віку. Наведено особливості відновлення граба під наметом материнської породи: грабове поновлення представлене одно- та дворічним підростом. Показано динаміку таксаційних показників у чистих грабових деревостанах, а також наведені статистичні показники рядів розподілу діаметрів граба на пробних площах.

Ключові слова: граб звичайний, деревостан, таксаційна характеристика, типи лісу, природне поновлення.

Зональною рослинністю в природному заповіднику «Медобори» є темні широколистяні, здебільшого грабово-дубові ліси, домінантами в яких виступають дуб звичайний (*Quercus robur*), граб звичайний (*Carpinus betulus*), ясен звичайний (*Fraxinus excelsior*). Ці види мають перевагу в різних поєднаннях, але, майже завжди, участь граба в деревостані є високою. У заповіднику граб у складі деревостанів переважає на площі 21,7% від усіх вкритих лісовою рослинністю земель [9].

Попередні дослідження грабових насаджень заповідника вказують на стійкість, високу конкурентну здатність, але збіднений біотичний потенціал посадок. Деревостани здебільшого одноярусні та одновікові, незначна частка різновікових та двоярусних насаджень і майже відсутні із третім ярусом, а саме дерева, що становлять 1/3 верхньої висоти [3]. Охарактеризовано лісівничо-таксаційні показники та стан граба звичайного в грабово-дубових деревостанах, також встановлено, що участь дуба у складі деревостанів 20–30% призводить до погіршення росту і стану граба – зростають показники імпедансу і зменшується поляризаційна ємність його прикамбіальних тканин лубу [2].

Матеріал і методи досліджень

Об'єктами для досліджень є постійні пробні площі (Л), закладені за стандартною методикою [6] для визначення таксаційних показників деревостану, обліку самосіву, підросту, опису трав'яного вкриття, на яких на період останніх таксаційних обмірів у деревостані

спостерігалось домінування граба (у складі деревостану 6 і більше одиниць). З метою вивчення похідних деревостанів пробні площі Л-12, 13, 28, 31, 37, 43, 44, 45, 63 закладені у 1998 році і повторно обстежені у 2003, 2008, 2013, 2018 роках, Л-60 закладена у 2000 році і повторно обстежена у 2005, 2010, 2015 роках. Для досліджень у польових умовах застосовано загальноприйняті в лісівництві методи безпосередніх спостережень. Таксаційні параметри деревостанів визначено на основі стандартних таксаційних таблиць [4, 5, 8, 10].

На пробних площах проведений суцільний перелік усіх дерев. Заміри діаметрів проводяться на висоті 1,3 м мірною вилкою до сантиметра, висот для кожної ступені товщини – висотоміром В-3 до дециметра, довжин – мірною стрічкою до сантиметра. Для визначення процесів природного поновлення на пробних площах по діагоналі закладено 10 тимчасових облікових площадок розміром 2x2 м, на яких виявляли видовий склад підросту і його вік. Успішність природного поновлення визначено за методикою М. М. Горшеніна [1]. Періодичність досліджень – п'ять років.

Для статистичного аналізу даних використовували загальні принципи математичної статистики [7] та методики, які застосовують у лісовій таксації.

Результати досліджень та їх обговорення

За переважаючою кількістю дерев на пробних площах домінує граб насінневого походження, крім Л-28, де умови зростання – суха діброва на скалі і граб росте по третьому бонітету, у більшості є порослевого походження.

На Л-12 та Л-13 сформувався деревостан з перевагою граба звичайного на місці культур інтродукованої ялини європейської віком 57 р. та 76 р., яка за п'ять останніх років всохла і на час обмірів і практично випала. Граб на цих пробних площах природного походження має середній діаметр 28,8 см та 29,07 см і висоту 22,1 м і 24,0 м.

Деревостани на пробних ділянках є одновіковими, за віковими групами – стиглі й перестійні, крім Л-13 та Л-28, де зростають молодняки, і крім Л-13, де зростають середньовікові.

Таксаційні показники деревостанів на пробних площах характеризуються деякою відмінністю залежно від віку, повноти, у межах різних типів лісів (табл. 1). Запаси живої деревини в них у середньому становлять 115–462 м³/га.

Таблиця 1

Таксаційні показники деревостанів зі значною участю граба звичайного на лісівничих пробних площах

Пробна площа	Склад деревостану	Вік	Діаметр, см	Висота, м	Запас, м ³ /га	Повнота	Бонітет	Тип лісу
Л-12	7Гз1Яв1Яле1Взш+Клг	57	28,8	22,1	370	0,86	I	Д2ГД
Л-13	6Гз2Клг1Яв1Дз+Чш	76	29,07	24,0	462	0,75	I	Д3ГД
Л-28	8Гз2Взш+Клп+Яв+Яз	55	15,06	15,6	115	0,61	III	Д1ГД
Л-31	10Гз+Лпд+Бп+Клг+Дз	90	27,31	26,8	354	0,86	I	Д2ГД
Л-37	7Гз2Лпд1Яз+Клг+Яв	115	34,0	26,5	427	0,94	II	Д2ГД
Л-43	6Гз4Дз од. Лпд	85	24,87	24,7	398	0,87	I	Д2ГБД
Л-44	8Гз2Дз	85	24,25	22,7	332	0,88	II	Д2ГБД
Л-45	10Гз+Дз+Бп	85	31,39	24,1	267	0,75	II	Д2ГБД
Л-60	10Гз+Дз	102	32,68	28	383	0,8	I	Д2ГД
Л-63	10Гз	115	33,15	24	345	0,94	III	Д3ГД

Диференціація дерев за ступенем товщини показує процес формування насадження під впливом різних чинників (рис. 1). Розподіл дерев граба за ступенем товщини залежить від походження та віку. У порослевого деревостану на Л-28 розмах кривої незначний і становить 20 см, ексцес і асиметрія мають числові значення відповідно -0,31 – туповершинний розмах кривої та 0,052 – крива майже симетрична і з незначним відхиленням.

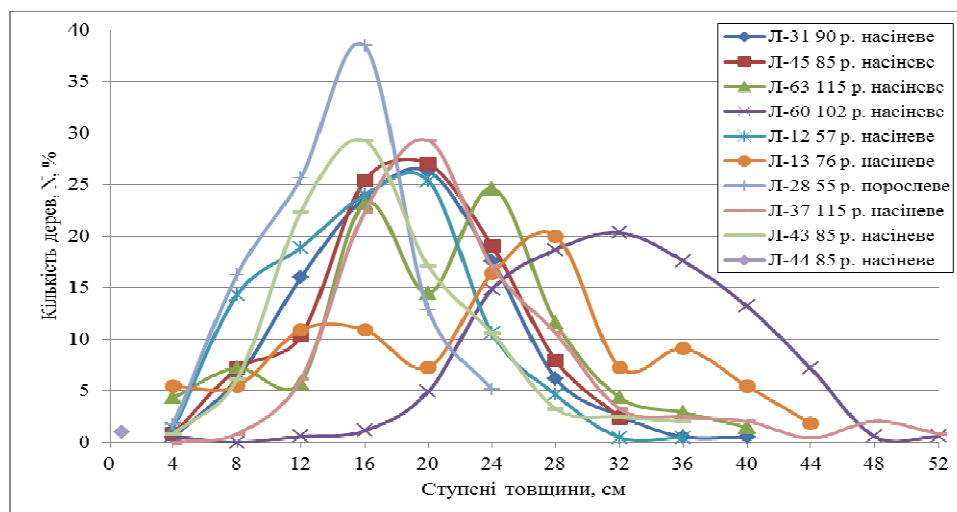


Рис. 1. Диференціація дерев граба звичайного за ступенями товщини

Для чистих грабових деревостанів насінневого походження (Л-31, 45, 63, 60) розмах кривої становить в середньому 36 см, коефіцієнт мінливості за діаметром коливається в межах 18,68–23,02% ($V=10-25\%$ – варіація середня). Асиметрія на Л-45, 60, 63 правостороння, а на Л-31 – лівостороння. На всіх пробних площах вона фіксується із незначним зміщенням, а на Л-63 крива майже симетрична. Екссес, тобто міра крутості кривої, на Л-45, 63 є від'ємним – крива має плоску вершину порівняно із кривою нормального розподілу. На Л-31, 60 – позитивне значення екссесу розподілу дерев, що вказує на звуження меж розташування середніх дерев у насадженні. На цих пробних ділянках екссес вважається помітним, але невеликим, а на Л-63 – практично відсутній. Малі величини асиметрії і екссесу (крива наближається до прямої) можна пояснити тим, що насадження на пробних площах є чистими грабниками.

Для мішаних грабових деревостанів розмах кривої становить у середньому 40 см, асиметрія лівостороння (лише в Л-13 – правостороння), екссес у більшості додатний, що вказує на гостровершинність насаджень (табл. 2).

Таблиця 2

Статистичні характеристики рядів розподілу дерев граба звичайного за діаметром на пробних площах

Пробна площа	Середній діаметр, $D_{1,3}$ (см)		Середньо-квдратичне відхилення, δ (см)		Коефіцієнт варіації, V (%)		Асиметрія, A		Екссес, E		Точність дослід, P (%)
	значення	похибка	значення	похибка	значення	похибка	значення	похибка	значення	похибка	
Л-31	26,64	0,43	6,02	0,31	22,60	1,20	0,34	0,18	0,30	0,35	1,62
Л-45	30,86	0,51	5,76	0,36	18,68	1,22	-0,08	0,22	-0,26	0,44	1,66
Л-60	31,85	0,54	7,35	0,39	23,08	1,27	-0,22	0,18	0,39	0,36	1,71
Л-63	32,23	0,93	7,73	0,66	23,99	2,16	-0,01	0,29	-0,12	0,59	2,89
Л-12	20,52	0,40	5,86	0,28	28,58	1,48	0,21	0,17	-0,24	0,33	1,94
Л-13	27,27	1,36	10,06	0,96	36,90	3,97	-0,11	0,33	-0,75	0,66	4,98
Л-28	14,39	0,41	4,44	0,29	30,84	2,20	0,05	0,23	-0,31	0,45	2,85
Л-37	27,25	0,62	9,75	0,44	35,77	1,81	1,88	0,16	3,88	0,31	2,28
Л-43	27,25	0,62	9,75	0,44	35,77	1,81	1,88	0,16	3,88	0,31	2,28
Л-44	24,03	0,46	5,32	0,33	22,13	1,42	0,20	0,21	0,02	0,42	1,92

Динаміку таксаційних показників на пробних площах, де граб у їх складі має 10 одиниць, показано на рис. 2. На пробних площах Л-31 і Л-60 деревостан росте за першим класом бонітету і повнотою відповідно 0,86 та 0,8. Насадження мають значні діаметри, висоти і відповідно запаси. На Л-45 деревостан другого бонітету і при повноті 0,75 та при великих діаметрах стовбурів запас дещо менший. Щось подібне на Л-63 – стоп'ятнадцятирічний високоповнотний грабняк третього бонітету при великих діаметрах має менший запас.

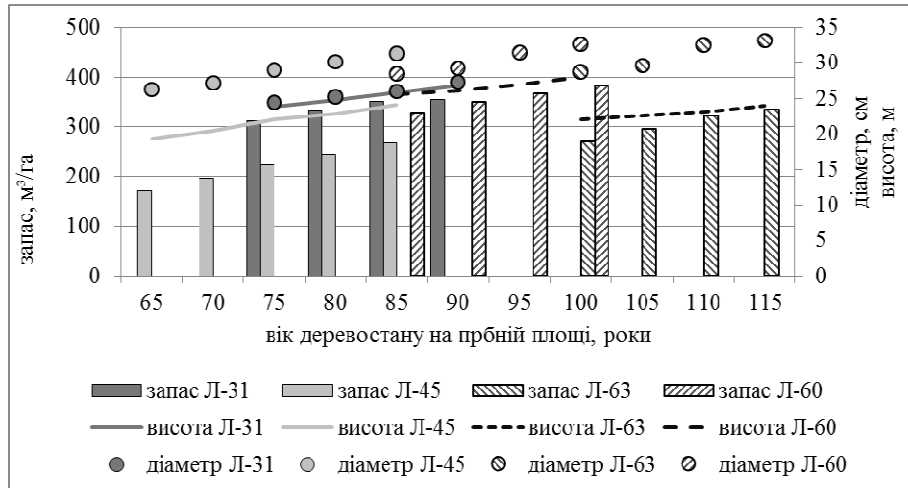


Рис. 2. Динаміка таксаційних показників у чистих грабняках на лісівничих пробних площах

Граб звичайний в умовах заповідника плодоносить і насівається добре, однак під наметом підріст старшого віку трапляється рідко, переважно він росте обабіч дороги або у «вікнах», утворених відпадом дерев. На пробних площах грабове поновлення представлене одно- та дворічним підростом, що по шкалі М. М. Горшеніна на Л-43, Л-44, Л-45 характеризується як добре, а на Л-12, Л-31, Л-63 – як недостатнє.

Висновки

Деревостани з перевагою у складі граба звичайного на території природного заповідника «Медобори» займають площу близько 2000 га. За групами віку переважають стиглі й перестійні насадження. Грабняки тут ростуть переважно у свіжих грабових дібровах по першому другому і третьому бонітетах. За ярусністю лісостани є простими. На пробних площах переважає граб насінневого походження. Крім Л-28, де умови зростання – суха діброва на скалі, граб росте по третьому бонітету і в більшості порослевого походження. Грабові деревостани характеризуються незначною мінливістю показників їх таксаційної будови, що є результатом незначного впливу на них природних та антропогенних чинників. Запаси живої деревини в них у середньому становлять 115–462 м³/га. Диференціація дерев за ступенями товщини показує процес формування насадження залежно від походження та віку. На пробних площах грабове поновлення представлене одно- та дворічним підростом.

1. Горшенін Н. М., Швиденко А. І. Лесоводство. Львов: «Вища школа», 1977. 304 с.
2. Гуменюк І. Р., Заїка В. К., Бондаренко В. Д. Стан граба звичайного в лісостанах природного заповідника «Медобори». *Науковий вісник УкрДЛТУ*. 2012. Вип. 22. С. 57–60.
3. Король М. М., Гуменюк І. Р. Стан і структура грабових деревостанів природного заповідника «Медобори». *Науковий вісник УкрДЛТУ*. 2011. Вип. 21. С. 43–49.
4. Лісотаксаційний довідник. Київ: «Вініченко», 2013. 496 с.
5. Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии. Киев: Урожай, 1978. 560 с.
6. ОСТ 56-69-83 Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки. Москва, 1983. 60 с.
7. Руденко В. М. Математична статистика: навч. посіб. Київ: Центр учбової літератури, 2012. 304 с.
8. Сортиментные таблицы для таксации молодняков и средневозрастных древостоев. Киев: УСХА, 1993. 463 с.

9. Стратегія і тактика природоохоронної діяльності лісового заповідника (на прикладі природного заповідника «Медобори»): монографія / Бондаренко В. Д. та ін. Львів: СПОЛОМ, 2006. 408 с.
10. Таблиці ходу росту і товарності насаджень деревних порід України. Київ: Урожай, 1969. 110 с.

References

1. Gorshenin N. M, Shvidenko A. I. Lesovodstvo. Lvov: «Visha shkola», 1977. 304 s. (in Russian)
2. Gumenyuk I. R., Zayika V. K, Bondarenko V. D. Stan graba zvichajnego v lisostanah prirodnoho zapovidnika «Medobori». Naukovij visnik UkrDLTU, 2012, Vip. 22. 7, 57–60. (in Ukrainian)
3. Korol M. M., Gumenyuk I. R. Stan i struktura grabovih derevostaniv prirodnoho zapovidnika «Medobori». Naukovij visnik UkrDLTU, 2011, Vip. 21.17, 43–49. (in Ukrainian)
4. Lisotaksacijnij dovidnik. Kiyiv: «Vinichenko», 2013. 496 s. (in Ukrainian)
5. Normativno-spravochnye materialy dlya taksacii lesov Ukrainy i Moldavii. Kiev: Urozhaj, 1978. 560 s. (in Russian)
6. OST 56-69-83 Ploshadi probnye lesoustroitelnyeyu Metod zakladki. Moskva, 1983. 60 s. (in Ukrainian)
7. Rudenko V. M. Matematichna statistika: navch. posib. Kiyiv: centr uchbovoyi literaturi, 2012. 304 s. (in Russian)
8. Sortimentnye tablicy dlya taksacii molodnyakov i srednevozrastnyh derevostoev. Kiev: USHA, 1993. 463 s. (in Russian)
9. Strategiya i taktika prirodohoronnoyi diyalnosti lisovogo zapovidnika (na prikladi prirodnoho zapovidnika «Medobori»): monografiya / Bondarenko V. D. ta in. Lviv: SPOLOM, 2006. 408 s. (in Ukrainian)
10. Tablici hodu rostu i tovarnosti nasadzhen derevnih porid Ukrayini. Kiyiv: Urozhaj, 1969. 110 s. (in Ukrainian)

U. O. Bachynska

Nature Reserve of «Medobory», Ukraine

FOREST-TAXATION FEATURES OF HORNBEAM FORESTS IN MEDOBORY NATURE RESERVE

In the Nature Reserve of Medobory a zonal vegetation is represented by dark deciduous forests, with a hornbeam and oak trees mainly, dominated by *Quercus robur*, *Carpius betulus*, and *Flaxinus excelsior*.

Within the tree stands hornbeam predominates on the area of 21.7% of the forested lands of the reserve. Preliminary investigations of the Reserve hornbeam plantations were conducted by Mykola Korol and Ihor Humeniuk. They pointed to the stability of these plantations, their high competitive abilities but depleted biotic potential. The objects, selected for the study, are permanent trial areas, where during the last taxation measurements the hornbeam dominations in the tree stands were observed (with the tree stands of 6 and more items). On the studied trial areas mature and overmature plantations prevail by age groups. The hornbeams grow here mainly in young hornbeam forests in the first, second and third bonitets. The predominant number of trees on the trial areas is hornbeam of seed origin. Except L-28, where the conditions of growth are dry oakery on the rock, the hornbeams grow on the third bonitet and are of sprouting origin mainly. The tree stands on the trial areas are of the same age. As for the age groups they are mature and overmature, except for L-13 and L-28, where the young stocks grow, and L-13, where the one of a middle age grow. The tree stands taxation indicators on the trial areas are characterized by some differences, depending on age and completeness, within different types. The stock of live wood is on average 115-463 cubic metres per hectare. Trees differentiations by the degree of thickness show the process of a plant formation depending on their origin and age. On the trial areas the renewal of a hornbeam is represented by one- and two-years-old undergrowth. The forest stands are characterized by insignificant variability of their taxation structure indicators, being the result of a slight influence of natural and anthropogenic factors.

Key words: Carpinus betulus, tree stand, taxation characteristics, types of forest, natural renewal.

Надійшла 05.11.2019.

ЗООЛОГІЯ

УДК 595.122:594.3(477:556.155)

doi: 10.25128/2078-2357.19.4.2

Ю. С. ІВАСЮК, О. А. ЛОСЄВ

Інститут зоології імені І. І. Шмальгаузена НАН України
вул. Б. Хмельницького, 15, Київ, 01030
e-mail: ucivasiuk@gmail.com

ТРЕМАТОДОФАУНА ЧЕРЕВОНОГИХ МОЛЮСКІВ (GASTROPODA) ВЕРХІВ'Я КИЇВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

Досліджено склад та кількісні показники інвазії трематодофауни шести видів червононогих молюсків (Gastropoda) на дніпровській ділянці верхів'я Київського водосховища. За видовим складом дигеней серед легеневих домінували молюски *Lymnaea stagnalis* Linnaeus, 1758 (родина Lymnaeidae), а серед передньозябрових – *Bithynia tentaculata* Linnaeus, 1758 (родина Bithyniidae). Найчастіше кінцевими хазяями виявлених видів трематод є риби, амфібії та водоплавні птахи. Знайдено церкарії трематод *Diplostomum spathaceum* (Rudolphi, 1819), *Sanguinicola intermedia* (Ejmont, 1925), *Metagonimus yokogawai* (Katsurada, 1912), *Echinostoma revolutum* (Fröhlich, 1802), *Echinoparyphium recurvatum* (Linstow, 1873) які при масовому зараженні можуть викликати захворювання, а інколи, й загибель риб та птахів, мають епідеміологічне значення та становлять небезпеку для людини.

Ключові слова: червоногі молюски, трематоди, Київське водосховище.

Молюски є облігатними проміжними хазяями в життєвому циклі трематод. Дослідження їх зараженості названими паразитами на стадії церкарія, що є об'єктом наших досліджень, дозволяє у мінімальні строки реєструвати все видове різноманіття трематод, визначити небезпечні для промислових та сільськогосподарських тварин, а також для людини види сисунів, виявляти локальні осередки певних трематодозів, аналізувати динаміку зараженості молюсків для прогнозування епізоотичної ситуації в обраному регіоні. Паразитарне забруднення як складова частина біологічного забруднення навколишнього середовища є важливим критерієм в оцінці як якості води, так й екологічної ситуації в цілому.

Метою наших досліджень було вивчення сучасного стану різноманіття видів дигенетичних сисунів Київського водосховища. Відомі комплексні розвідки з цієї проблеми датуються другою половиною ХХ сторіччя [1]. Зміна в останні десятиріччя гідрологічного режиму водосховища [9] та екологічних умов у регіоні загалом вимагає проведення нових досліджень з моніторингу паразитологічної ситуації водойми.

Матеріал і методи досліджень

Протягом вегетаційного періоду 2018–2019 рр. на дніпровській ділянці верхів'я Київського водосховища (рибне господарство «Нептун», с. Ровжи, Київська область, GPS 50.869151, 30.577230; лиманне господарство «Ошитки», Київська обл., GPS 50.947293, 30.562451) досліджено склад та кількісні показники інвазії трематодофауни деяких видів червононогих молюсків (Gastropoda).

Якісний відбір молюсків проводили вручну на мілководді (до 0,5 м) з ґрунту та поверхні водних рослин, а також з предметів, що були у воді з травня по жовтень. Зібраних молюсків поміщали у пластикові ємності з кришкою. Камеральну обробку матеріалу починали з визначення видової належності молюсків [8]. Паразитологічне дослідження молюсків на зараженість личинками трематод проводили враховуючи морфологічні особливості паразитів, місця їх локації, екстенсивність та інтенсивність інвазії. Фіксацію паразитів та видове визначення церкарій трематод здійснювали за загальноприйнятими методиками [2, 10].

Результати досліджень та їх обговорення

Усього досліджено 490 екз. молюсків 6 видів класу Gastropoda, які належали до двох підкласів, а саме Pulmonata (легеневі): *Lymnaea stagnalis* Linnaeus, 1758, *Planorbarius corneus* Linnaeus, 1758, *Stagnicola palustris* Muller, 1774 та Prosobranchia (передньозяброві): *Fagotia acicularis* Férussac, 1823, *Viviparus viviparus* Linnaeus, 1758, *Bithynia tentaculata* Linnaeus, 1758.

У результаті досліджень встановлено, що молюски *L. stagnalis* мали найбільшу видову різноманітність трематод, яка була представлена 7 видами. Інтенсивність інвазії (II) та екстенсивність інвазії (EI) для трематод виду *Diplostomum spathaceum* (Rudolphi, 1819) складала до 150 екз./особ. (II) та 14% (EI), *Tylodelphys conifera* (Mehlis, 1846) – 165 екз./особ. та 4% відповідно, *Sanguinicola intermedia* Ejsmont, 1925 – 87 екз./особ. та 11% відповідно, *Opisthioglyphe ranae* (Fröhlich, 1791) – 10%, *Echinostoma revolutum* (Fröhlich, 1802) (кінцевий хазяїн – водяна полівка та ондатра, паразит водоплавних птахів) 12%, *Echinoparyphium recurvatum* (Linstow, 1873) 7% (паразит водоплавних птахів, додаткові хазяї – риби та амфібії), *Psilotrema sp.* – 2%.

Молюски *P. corneus* інвазовані 3 видами трематод: *O. ranae* з EI 25%, *Notocotylus attenuates* (Rudolphi, 1809) – 3% та метацеркарії роду *Tetracotyle* – 5% (збірний рід метацеркарій, який використовують тільки для опису стадій метацеркарій деяких родів родини Strigeidae [3, 4]).

Молюски *S. palustris* були заражені лише метацеркаріями роду *Tetracotyle* з EI 2%.

У молюсків *F. acicularis* було виявлено 2 види трематод: *Metagonimus jokogawai* (Katsurada, 1912) з EI 45% та *Virgulate Xiphidiocercariae* II з EI 25%.

Молюски *V. viviparus* були інвазовані 2 видами трематод: *Echinostma bolschewense* (Cotova, 1939) з EI 12% (кінцевий хазяїн – водяна полівка та ондатра) та *Cercaria pugnax* Valette, 1855 – 13%.

У молюсків *B. tentaculata* було виявлено 3 види трематоди: *Cercaria lophocerca* Filippi, 1857 (synonym of *Cryptocotyle lingua* (Creplin, 1825)), другий проміжний хазяїн – переважно різні види риб, кінцевий – рибоїдні птахи та ссавці; *Pleurogenoides medians* (Olsson, 1876), *Palaeorchis incognitus* (Szidat, 1943). II та EI для трематод виду *C. lophocerca* складала до 284 екз./особ. та 17% відповідно, *P. medians* – 307 екз./особ. та 13%, *P. incognitus* – 8%.

Необхідно відзначити, що усі досліджені молюски відносяться до видів, які мають тривалість життя понад два та більше років [7]. З літератури та наших власних спостережень відомо, що чим довше черевоні молюски перебувають у водному середовищі, тим вища їх імовірність зараження. Цей факт є одним із чинників, що впливає на високі показники інвазії молюсків. Наявність інвазії трематодами в молюсках указує на постійну чи періодичну присутність у місцях їх мешкання заражених кінцевих хазяїв, а мала рухливість молюсків сприяє встановленню конкретних ділянок на водоймі, які відвідують дефінітивні хазяї.

Аналіз власних даних показав, що трематодофауна черевоніх молюсків дніпровської ділянки верхів'я Київського водосховища досить різноманітна (табл. 1), переважно дефінітивними хазяями виявлених видів трематод є риби, амфібії та водоплавні птахи.

Види трематод досліджених черевоногих молюсків та їх дефінітивний хазяїн

Молюск	Паразит	Дефінітивний хазяїн
Pulmonata (легеневі): <i>Lymnaea stagnalis</i>	<i>Diplostomum spathaceum</i>	Риби, птахи
	<i>Tyloodelphys conifera</i>	Птахи
	<i>Sanguinicola intermedia</i>	Риби
	<i>Opisthioglyphe ranae</i>	Амфібії
	<i>Echinostoma revolutum</i>	Птахи, ссавці
	<i>Echinoparyphium recurvatum</i>	Птахи
<i>Planorbarius corneus</i>	<i>Psilotrema sp.</i>	Птахи
	<i>O. ranae</i>	Амфібії
	<i>Notocotylus attenuates</i>	Птахи
<i>Stagnicola palustris</i>	<i>Tetracotyle</i>	Не з'ясовано
	<i>Tetracotyle</i>	Не з'ясовано
Prosobranchia (передньозяброві): <i>Fagotia acicularis</i>	<i>Metagonimus yokogawai</i>	Риби
	<i>Virgulate Xiphidiocercariae</i> II	Не з'ясовано
<i>Viviparus viviparus</i>	<i>Echinostma bolschewense</i>	Ссавці
	<i>Cercaria pugnax</i>	Не з'ясовано
<i>Bithynia tentaculata</i>	<i>Cercaria lophocerca</i>	Риби, птахи, ссавці
	<i>Pleurogenoides medians</i>	Амфібії, риби
	<i>Palaeorchis incognitus</i>	Риби

За видовим складом дигеней серед легеневих молюсків домінували молюски *L. stagnalis* родини Lymnaeidae, а серед передньозябрових – *B. tentaculata* родини Bithyniidae. Знайдено церкарії трематод *Diplostomum spathaceum*, *Sanguinicola intermedia*, які при масовому зараженні можуть викликати захворювання, а інколи й загибель риб. Крім того, траплялись поодинокі випадки знахідок церкарій таких видів трематоди, як *Metagonimus yokogawai*, що також є паразитом риб, мають епідеміологічне значення та становлять небезпеку для людини. Трематоди родини Echinostomatidae, а саме найбільш патогенні церкарії *Echinostoma revolutum* та *Echinoparyphium recurvatum*, викликають захворювання диких та домашніх водоплавних птахів – ехіностоматидоз. Марити цих видів трематод паразитують в усіх відділах кишечника. У світі відомі поодинокі випадки інвазії ними людини [5, 6].

Висновки

Проведене нами дослідження фауни дигеней черевоногих молюсків відображає різноманіття цих паразитів в екосистемі дніпровської ділянки верхів'я Київського водосховища та дозволяє прогнозувати коло потенційних кінцевих хазяїв.

Серед досліджених молюсків за різноманіттям фауни трематод домінує *L. stagnalis*, що складає 43,8% (7 видів) від усіх зареєстрованих.

У цілому було виявлено 16 видів трематод, з яких 3 види (*M. yokogawai*, *E. revolutum*, *E. recurvatum*) можуть становити небезпеку для людини. Отримані дані та подальші дослідження дозволять скласти уявлення про сучасний стан трематодофауни молюсків Київського водосховища та рівень біологічної небезпеки водних об'єктів різного призначення й можливість встановити осередки трематодозів, щоб своєчасно вжити заходи для зниження їх активності.

1. Беспозвоночные и рыбы Днепра и его водохранилищ / Зимбалева Л. Н. и др.; отв. ред. Г. И. Щербак. Киев: Наукова думка, 1989. 248 с.
2. Гинецинская Т. А. Трематоды, их жизненные циклы, биология и эволюция: монография. Ленинград: Наука, 1968. 412 с.

3. Метацеркарии трематод – паразиты гидробионтов России. Т. 1. Метацеркарии трематод – паразиты пресноводных гидробионтов Центральной России / Судариков В. Е. и др.; отв. ред. В. И. Фрезе. Москва: Наука, 2002. 298 с.
4. Метацеркарии трематод – паразиты гидробионтов России. Т. 2. Метацеркарии трематод – паразиты рыб Каспийского моря и дельты Волги / Судариков В. Е. и др.; отв. ред. С. А. Беэр. Москва: Наука, 2006. 183 с.
5. Паразитология и инвазионные болезни животных / М. Ш. Акбаев и др. Москва: Колос, 1998. 743 с.
6. Подьяпольская В. П., Капустин В. Ф. Глистные заболевания человека. Москва: Биомедгиз, 1958. 663 с.
7. Стадниченко А. П., Астахова Л. Е., Катериненко А. В. Прудовиковые и чашечковые Украины (биология, экология, полезное и вредное значение, методы исследования): Деп. В Укр. ИНТЭИ 28.04.92, N490-Ук92. 1992. 189 с.
8. Старобогатов Я. И. Класс брюхоногие моллюски Gasrtopoda. *Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР* / отв. ред. Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатов. Ленинград: Гидрометеиздат, 1977. С. 152–174.
9. Тимченко В. М., Дараган С. В. Сменяемость воды в водоемах Киева. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2014. № 35, Т. 4. С. 49–57.
10. Черногоренко М. И. Личинки трематод в моллюсках Днепра и его водохранилищ (фауна, биология, закономерности формирования): монография. Киев: Наукова думка, 1983. 212 с.

References

1. Bespozvonochnye i ryby Dnepra i ego vodokhranilishh / Zimbalevskaya L. N. i dr.; отв. red. G. I. Shherbak. Kiev: Naukova dumka, 1989. 248 s. (in Russian)
2. Gineczinskaya T. A. Trematody, ikh zhiznennyye cikly, biologiya i evolyuciya: monografiya. Leningrad: Nauka, 1968. 412 s. (in Russian)
3. Metaczerkarii trematod – parazity gidrobiontov Rossii. T. 1. Metaczerkarii trematod – parazity presnovodnykh gidrobiontov Czentralnoj Rossii / Sudarikov V. E. i dr.; отв. red. V. I. Freze. Moskva: Nauka, 2002. 298 s. (in Russian)
4. Metaczerkarii trematod – parazity gidrobiontov Rossii. T. 2. Metaczerkarii trematod – parazity ryb Kaspijskogo morya i del'ty Volgi / Sudarikov V. E. i dr.; отв. red. S. A. Beer. Moskva: Nauka, 2006. 183 s. (in Russian)
5. Parazitologiya i invazionnye bolezni zhivotnykh / M. Sh. Akbaev, i dr. Moskva: Kolos, 1998. 743 s. (in Russian)
6. Podyapol'skaya V. P., Kapustin V. F. Glistnye zabolevaniya cheloveka. Moskva: Biomedgiz, 1958. 663 s. (in Russian)
7. Stadnichenko A. P., Astakhova L. E., Katerinenko A. V. Prudovikovyye i chashechkovyye Ukrainy (biologiya, ekologiya, poleznoe i vrednoe znachenie, metody issledovaniya): Dep. V Ukr. INTE`I 28.04.92, N490-Uk92. 1992. 189 s. (in Russian)
8. Starobogatov Ya. I. Klass bryukhonogie mollyuski Gasrtopoda. Opredelitel` presnovodnykh bespozvonochnykh Evropejskoj chasti SSSR / отв. red. L. A. Kutikova, Ya. I. Starobogatov. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1977. S. 152–174. (in Russian)
9. Timchenko V. M., Daragan S. V. Smenyaemost` vody v vodoemakh Kiev. Gidrologiya, gidrokhimiya i gidroekologiya. 2014. # 35, T. 4. S. 49–57. (in Russian)
10. Chernogorenko M. I. Lichinki trematod v mollyuskakh Dnepra i ego vodokhranilishh (fauna, biologiya, zakonomernosti formirovaniya): monografiya. Kiev: Naukova dumka, 1983. 212 s. (in Russian)

Y. Ivasiuk, A. Losev

I. I. Schmalhausen Institute of Zoology of NAS of Ukraine

TREMATODES OF GASTROPODS OF KYIV RESERVOIR

Our study aimed to examine the current state of trematodes diversity in Kyiv reservoir. The molluscs under analysis belong to the species living for more than two years. The presence of trematode invasion in molluscs indicates the permanent or periodic presence of infected vertebrate hosts in area. Low mobility of the molluscs contributes to specification of the specific reservoir section visited by the definitive hosts. The species composition and quantitative indicators of invasion of the larval stages (cercariae) of trematodes (Digenea) in six species of Gastropoda in the Dnieper area of the

upper site of Kyiv reservoir were studied. In total up to 490 specimens of Gastropoda belonging to subclasses Pulmonata (*Lymnaea stagnalis* Linnaeus, 1758, *Planorbarius corneus* Linnaeus, 1758, *Stagnicola palustris* Muller, 1774) and Prosobranchia (*Fagotia acicularis* Férussac, 1823, *Viviparus viviparus* Linnaeus, 1758, *Bithynia tentaculata* Linnaeus, 1758) were examined. The largest number of trematodes species was found in molluscs *L. stagnalis* (Lymnaeidae) and *B. tentaculata* (Bithyniidae) which amounted to seven and three species accordingly. The highest abundance, 150 and upper per mollusc specimen, were *Diplostomum spathaceum* (Rudolphi, 1819) and *Tylodelphys conifer* (Mehlis, 1846). Three species of trematodes were recorded in *B. tentaculata* – *Cercaria lophocerca* Filippi, 1857, *Pleurogenoides medians* (Olsson, 1876), *Palaeorchis incognitus* Szidat, 1943 with an average abundance upper 280 and prevalence 8–17%. Basically, the definitive hosts of the detected species of trematodes are fish, amphibians and waterfowl. Detected cercariae of trematodes *D. spathaceum*, *Sanguinicola intermedia* Ejsmont, 1925, *Metagonimus yokogawai* (Katsurada, 1912), *Echinostoma revolutum* (Fröhlich, 1802), *Echinoparyphium recurvatum* (Linstow, 1873) may cause diseases and sometimes death of fish and waterfowl. Some species may be used in medicine.

Key words: molluscs, gastropods, trematodes, Kiev reservoir.

Надійшла 12.11.2019.

БІОТЕХНОЛОГІЯ

УДК 582.998.1:57.083

doi: 10.25128/2078-2357.19.4.3

Н. Б. КРАВЕЦЬ, Л. Р. ГРИЦАК, М. З. ПРОКОП'ЯК, О. Ю. МАЙОРОВА,
Н. М. ДРОБИК

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027
e-mail: kravets1979n@ukr.net

ВМІСТ ФОТОСИНТЕТИЧНИХ ПІГМЕНТІВ У РОСЛИНАХ РОДУ CARLINA L. У ПРИРОДІ ТА КУЛЬТУРИ IN VITRO

Проведено порівняльне дослідження вмісту фотосинтетичних пігментів у рослинах видів роду *Carlina* L. (*Carlina onopordifolia* Besser ex Szafer, Kulcz. et Pawl., *Carlina cirsioides* Klokov та *Carlina acaulis* L.) з природних місць зростання та за різних світлових умов культивування *in vitro*. Встановлено, що в умовах *in situ* вміст пігментів найвищий у рослинах тіньовитривалого виду *C. cirsioides*, а найнижчий – у світлолюбного виду *C. onopordifolia*. Гірський вид *C. acaulis* займає проміжне місце щодо вмісту пігментів. Отримані дані щодо кількісного складу пігментного комплексу використано як критерій-маркер для оцінки відповідності світлового режиму культивування рослин *in vitro* їхнім потребам. Показано, що залежно від інтенсивності світлового потоку в області ФАР та спектрального складу світла, загальний вміст пігментів у рослин *in vitro* може змінюватися на 15–20 %, а показники відношень *Chl a/car*, *Chl b/car* – у 1,5–2 рази. Найбільш сталими у рослин *in vitro* є значення *Chl a/Chl b* незалежно від світлових умов їх культивування.

Ключові слова: *Carlina onopordifolia* Besser ex Szafer, Kulcz. et Pawl., *Carlina cirsioides* Klokov, та *Carlina acaulis* L.), *in situ*, *in vitro*, фотосинтетичні пігменти.

До рослин, які потребують охорони в Україні, належать види роду *Carlina* L., у першу чергу відкасник татарниколистий – *Carlina onopordifolia* Besser ex Szafer, Kulcz. et Pawl та відкасник осотоподібний – *Carlina cirsioides* Klokov, які занесені до Червоної книги України (2009) і мають статус вразливих [15]. Невпинно скорочується і чисельність виду *Carlina acaulis* L., який в Україні є регіонально-рідкісним [12].

Доповненням до традиційних методів збереження флори виступають біотехнологічні методи: *in situ*, *ex situ*, *in vitro*, які дозволяють отримати значну кількість посадкового матеріалу цінних лікарських та рідкісних видів рослин. Адаптація є важливим завданням в усій схемі розмноження, що включає введення експлантатів в культуру *in vitro*, вкорінення та перенесення рослин-регенерантів в умови *ex vitro*. Для успішної адаптації необхідно забезпечити низку оптимальних фізичних факторів, щоб виконати поступовий перехід мікропагонів з умов *in vitro* в природні умови росту видів.

Відомо, що умови культивування рослин *in vitro* відрізняються від природних умов росту за такими особливостями як: інтенсивність і якість освітлення, рівень відносної вологості, склад живильного середовища, вміст поживних елементів та регуляторів росту, субстрат для культивування [10]. Сумарний вплив цих факторів зумовлює модифікацію складу фотосинтетичного апарату (ФСА) рослин – зміну вмісту світлозбирального пігмент-білкового

комплексу та співвідношення фотосистем [17, 18]. Значні зміни в складі та співвідношенні пігментів призводять спочатку до фізіологічних, а згодом і до морфологічних змін [8].

Зважаючи на сказане вище, метою роботи було дослідити особливості функціонування фотосинтетичного апарату рослин роду *Carlina* у природі та культурі *in vitro* за різних світлових умов.

Матеріал і методи досліджень

Для дослідження вмісту пігментів використовували рослини відкасників з природних умов росту та культивовані *in vitro*. Рослинний матеріал у природі відбирали з 10–15 рослин по 2–3 листки (з 2–3 ярусу) у червні – липні з таких місць росту: *C. cirsioides*, *C. onopordifolia* на г. Голиці (поблизу с. Гутисько, Бережанський район, Тернопільська область, 295 м н.р.м.), *C. acaulis* (с. Лазещина, Рахівський район, Закарпатська область, 714 м н.р.м.) та с. Кривопілля (Верховинський район Івано-Франківська обл., 1100 м н.р.м.). Для введення в культуру *in vitro* використовували насіння *C. cirsioides* та *C. onopordifolia*, зібране з природних місць росту, описаних вище, а також насіння *C. acaulis*, зібране з одного місця росту (с. Лазещина). Для визначення вмісту хлорофілів і каротиноїдів у листках рослин відкасників використовували 4–5 місячні рослини *in vitro*.

Для з'ясування впливу інтенсивності освітлення та спектрів випромінювання на зміну структурно-функціональних параметрів мікроклонально розмнужених рослин було використано: люмінесцентні лампи денного світла (ЛД) фірми «General Electric» (Hungary) (спектральний склад: 22,30 % – 400–450 нм, 19,5 % – 450–500 нм, 22,3 % – 500–550 нм, 22,3 % – 550–600 нм, 11,8 % – 600–650 нм, 3,7 % – 650–700 нм); люмінесцентні лампи Lumilux 36W 840 холодного білого світла (ЛХБ) та фітолампи Fluora L36W/77 G13 (ФЛ) фірми «OSRAM» (Німеччина). Світловий потік ЛХБ згідно з технічними даними 2700 люмен, його інтенсивність в області фотосинтетично активної радіації (ФАР) ($7,5 \text{ Вт/м}^2$), спектральний склад в діапазоні ФАР: 12,8% – 400–450 нм, 20,1% – 450–500 нм, 12,3% – 500–550 нм, 29,7% – 550–600 нм, 20,2% – 600–650 нм, 4,9% – 650–700 нм [1]). ФЛ мають такі характеристики: інтенсивність в області ФАР – $35,28 \text{ Вт/м}^2$ або $28,22 \text{ Вт/м}^2$ через 5 000 годин, спектральний склад: 15,5% – 400–450 нм, 3,7% – 450–500 нм, 7,4% – 500–550 нм, 9,6% – 550–600 нм, 59,9% – 600–650 нм, 3,9% – 650–700 нм [1]. Застосування цих ламп дозволило провести 3 варіанти корекції спектрального складу (СК), а саме: **1.1 варіант** – інтенсивність світлового потоку в області ФАР 85 Вт/м^2 , лампи ЛХБ, сумарний спектральний склад: $E_c : E_z : E_{ch} = 33\% : 42\% : 25\%$; **2 варіант** – інтенсивність світлового потоку в області ФАР 135 Вт/м^2 , співвідношення ламп ЛД до ЛХБ та ФЛ становить 0,6 : 1 : 1, спектральний склад: $E_c : E_z : E_{ch} = 29,5\% : 32,5\% : 38,1\%$; **2.1 варіант** – інтенсивність 100 Вт/м^2 , співвідношення ламп ЛХБ до ФЛ – 0,7:1,0, спектральний склад $E_c : E_z : E_{ch} = 25\% : 27\% : 48\%$.

Вміст пігментів визначали за загальноприйнятими методиками [11]. Статистичну обробку даних виконано за допомогою програмного забезпечення Prism 6. Критичний рівень значимості при перевірці статистичних гіпотез у дослідженні приймався рівним 0,05.

Результати досліджень та їх обговорення

Досліджувані види роду *Carlina* належать до різних висотних поясів рослинності. *C. acaulis* росте у межах висот 500–1500 м н. р. м, відповідно поширений від лісового до альпійського поясу – на луках, галявинах, узліссях. Популяції обох видів *C. onopordifolia*, *C. cirsioides* зустрічаються в межах висотного діапазону 290–350 м н. р. м., проте у різних фітоценотичних умовах росту. *C. cirsioides* – росте в розріджених лісах, на сухих луках, остепнених схилах, на сонячних узліссях, галявинах, на свіжих, переважно карбонатних, ґрунтах, а вид *C. onopordifolia* тяжіє до степових ділянок [4].

Виявлено, що відмінності еколого-географічних і фітоценотичних місць росту цих видів позначаються не лише на особливостях їх морфології, феноритмах, але й на вмісті фотосинтетичних пігментів та їх співвідношеннях. Ранжування видів за загальним вмістом пігментів показало, що найвищі показники ($131,2 \text{ мг/100 г}$ сирої маси) властиві рослинам *C. cirsioides*, на другому місці знаходяться рослини *C. acaulis* ($115,9 \text{ мг/100 г}$ сирої маси,

128,8 мг/100 г сирової маси), а рослини *C. onopordifolia* характеризуються найнижчими (109,2 мг/100 г сирової маси) показниками (рис. 1). Популяції видів *C. cirsioides* і *C. onopordifolia* перебувають на одному гіпсометричному рівні. Відмінність у показниках загального вмісту пігментів вказує на приналежність цих видів до різних екологічних груп за відношенням до світлового режиму: світлолюбивої – *C. onopordifolia* та тіньовитривалої – *C. cirsioides*.

У результаті досліджень було з'ясовано, що найвищий вміст *Chl a* є у рослин виду *C. acaulis* (78 мг/100 г сирової маси), а найнижче його значення – у *C. onopordifolia* (57,89 мг/100 г сирової маси). Такі відмінності, на наш погляд, відображають особливості адаптивних стратегій видів до проживання у різних ектопах. Відомо, що продуктивність рослин у значній мірі залежить від вмісту *Chl a*. Збільшення вмісту *Chl a* у пігментному комплексі ФСА рослин *C. acaulis*, порівняно із *C. onopordifolia* та *C. cirsioides*, дозволяє їм швидше накопичувати запас поживних речовин в умовах короткого вегетаційного періоду високогірних районів. Це є необхідною умовою для росту в екстремальних кліматичних умовах [11].

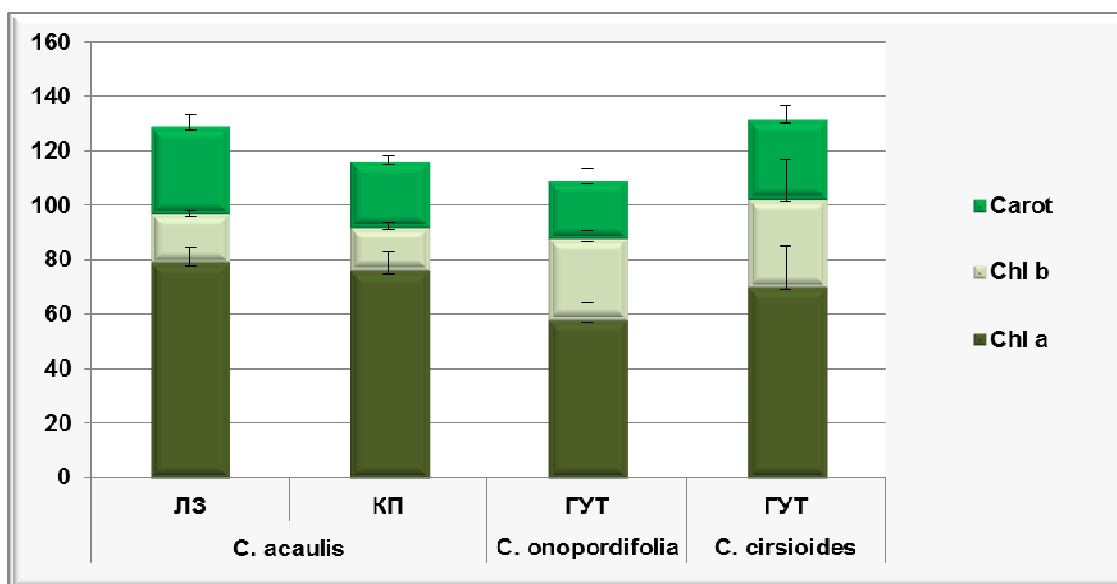


Рис. 1. Вміст пігментів у рослин роду *Carlina* з природних місць росту. Умовні позначення: ЛЗ – с. Лазещина; КП – с. Кривопілля; ГУТ – с. Гутисько

Не менш важливим діагностичним маркером є вміст *Chl b*. Цьому пігменту належить поліфункціональна роль, зокрема: за вмістом *Chl b* у пігментному комплексі можна визначити ступінь адаптації рослин до певних умов існування [6], у тому числі, й до світлового режиму росту. Серед досліджених видів концентрація *Chl b* є найнижчою у *C. acaulis*. Це пов'язано з тим, що у гірських районах спектральний склад сонячної радіації, а також співвідношення між прямою та розсіяною радіацією відрізняється від рівнинних територій. Високий рівень сонячної інсоляції призводить до зменшення кількості та розмірів світлозбиральних комплексів, а відтак і *Chl b*, який до них входить [13]. Відомо, що вміст каротиноїдів більшується в умовах підвищення сонячної інсоляції та дефіциту вологи, оскільки вони здатні зв'язувати пероксидні сполуки і захищати пігмент-білкові комплекси фотосинтетичних мембран і *Chl a* від фотоокислення [5]. Цим пояснюється не лише вищий вміст каротиноїдів у пігментному комплексі рослин гірського виду *C. acaulis*, але й нижчі показники відношення *Chl b/car* (рис. 2), порівняно із видами *C. onopordifolia* та *C. cirsioides*.

Особливості вмісту пігментів позначилися на їх відношеннях у пігментному комплексі. Найвищим (4,38–4,66) відношення вмісту *Chl a/b* є у рослин *C. acaulis*, а найнижчим (2,0) – у *C. onopordifolia*. Отримані показники щодо виду *C. acaulis* також вказують на зменшення вмісту *Chl b* як компонента СЗК фотосистем II (ФС II) та I (ФС I), що спричинено світловими умовами зростання. Низьке значення відношення вмісту *Chl a/b* вказує на приналежність

рослин до групи тіньовитривалих [3]. На перший погляд, це дозволяє вид *C. onopordifolia* віднести до категорії тіньовитривалих рослин. Проте, серед досліджених видів вміст хлорофілів у його рослинах є найнижчим, що характерно для світлолюбних рослин. У такому випадку, як зазначають інші автори [9], висновки щодо світлолюбності необхідно робити на основі загального вмісту хлорофілів. Це підтверджує його приналежність до світлолюбних рослин [3].

У досліджених видів відношення хлорофілів ($a + b$) до каротиноїдів є найменшим у *C. acaulis* з обох місць зростання і найбільше – у *C. onopordifolia*. Відомо, що чим меншим є відношення хлорофілів ($a + b$) до каротиноїдів, тим у більш стресових умовах перебуває рослина, оскільки вміст каротиноїдів знаходиться у прямій кореляційній залежності від гормону стресу – абсцизової кислоти [7]. Отримані результати вказують на екстремальніші умови природного зростання рослин виду *C. acaulis*. до існування в екстремальних умовах росту.

Кількісний склад пігментів у фотосинтетичному апараті рослин з природних умов росту дозволяє не лише оцінити умови їх існування, але є важливим критерієм-маркером для з'ясування відповідності світлового режиму культивування рослин *in vitro* їх потребам. Доведено, що ріст рослин залежить від одночасного поєднання трьох складників: якості світла, його інтенсивності та тривалості дії [16].

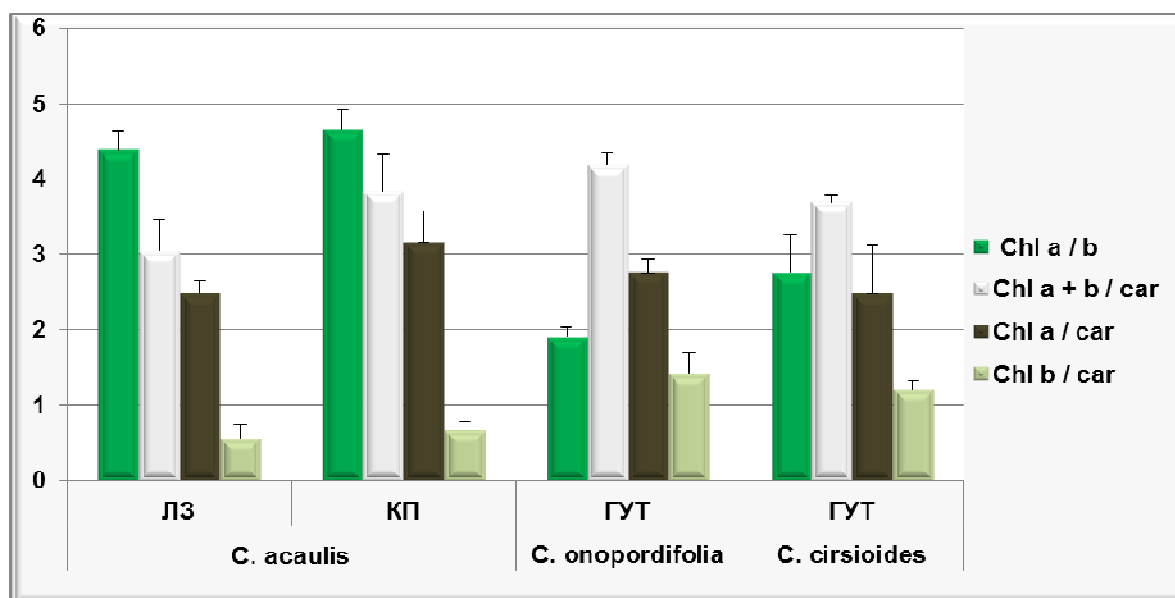


Рис. 2. Відношення пігментів у рослинах роду *Carlina* з природних місць росту.
Умовні позначення: див. рис. 1.

Результати досліджень показали, що пігментний комплекс культивованих *in vitro* рослин динамічно реагує на зміну світлового режиму їх вирощування (рис. 3). За світлових умов 1.1 варіанту у рослин усіх видів підвищується вміст пігментів, порівняно з умовами природи (рис. 3). Найбільш різко зростає вміст пігментів у *C. onopordifolia*. Відомо, що в умовах недостатнього освітлення у рослин збільшується вміст пігментів, а також розмір світлозбирального комплексу фотосистем. Останнє супроводжується зменшенням показників співвідношення $Chl\ a/b$ [14].

У рослин *in vitro* видів *C. cirsioides* та *C. onopordifolia*, на фоні підвищення загального вмісту пігментів, показник відношення $Chl\ a/b$ не зменшується, а, навпаки, зростає у 1,5–2 рази, порівняно із особинами видів з природи (рис. 4). Такі зміни в усіх видів відбулися за рахунок збільшення вмісту хлорофілу *a*. Це є ознакою того, що пігментний комплекс реагує не лише на інтенсивність світлового потоку в області ФАР, але й на спектральний склад світла.

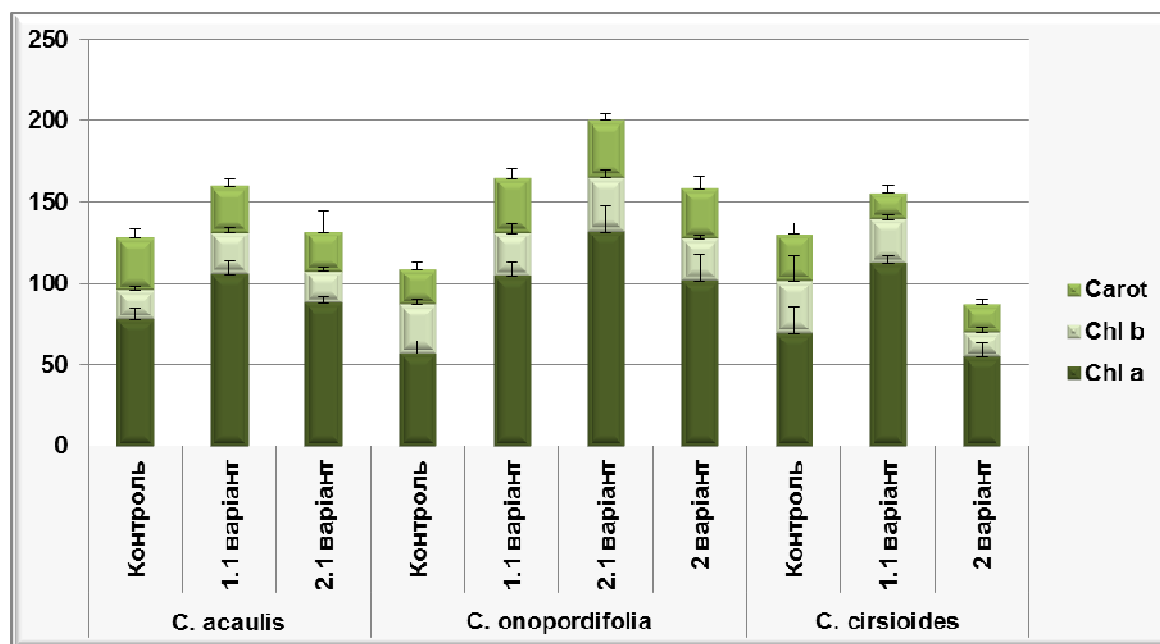


Рис. 3. Вміст пігментів у культивованих *in vitro* рослинах видів роду *Carlina* за різних варіантів освітлення

Подальше збільшення інтенсивності світлового потоку до 100 Вт/м² супроводжується зниженням загального вмісту пігментів у рослинах *C. acaulis* фактично до рівня, характерного для особин з природи. Значення відношення *Chl a/b* теж за цих світлових умов наближаються до рослин *in situ* (рис. 4).

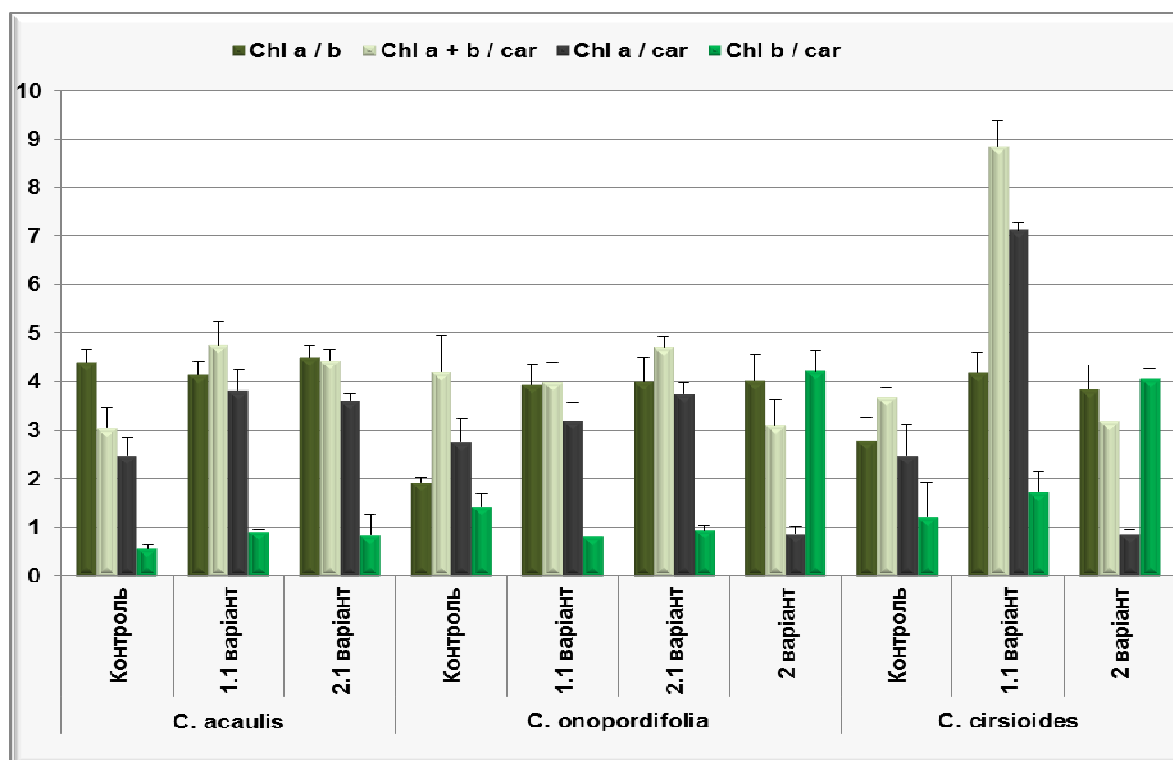


Рис. 4. Відношення пігментів у культивованих рослинах *in vitro* видів роду *Carlina* за різних варіантів освітлення

У рослин *in vitro* *C. onopordifolia*, культивованих за світлових умов 2.1 варіанту, загальний вміст пігментів не знижується, а, навпаки, зростає (рис. 4). Аналіз відношень пігментів показав, що значення *Chl a/b* достовірно не відрізняються від рослин з 1.1 варіанту. Проте величини відношень *Chl a+b/car* і *Chl a/car* значно збільшуються. Подальше підвищення інтенсивності світлового потоку до 135 Вт/м² (2 варіант) супроводжується зниженням загального вмісту пігментів до значень, властивих для рослин із 1.1 варіанту світлового режиму (рис. 3). Проте спостерігається ще більше розбалансування відношень *Chl a/car* і *Chl b/car*, не лише порівняно з рослинами *in situ*, але й з інших варіантів світлових умов їх культивування. Відповідно, світлові умови 2 варіанту найбільше не відповідають природним потребам виду *C. onopordifolia*, значно більше до них наближений 1.1 варіант.

Аналіз загального вмісту пігментів та їх відношень у фотосинтетичному апараті рослин *in vitro* *C. cirsioides* за різних умов освітлення показав, що жодний із варіантів не відповідає потребам цього виду. Це підтверджує наше припущення, що *C. cirsioides* належить до групи тіньовитривалих рослин, для яких інтенсивність світлового потоку знаходиться в межах 70 Вт/м² [2].

Висновки

Отже, досліджено вміст пігментів у фотосинтетичному апараті рослин видів *C. acaulis*, *C. onopordifolia*, *C. cirsioides* в умовах *in situ* та *in vitro*. Встановлено, що відмінності еколого-географічних і фітоценотичних місць росту видів позначаються як на загальному вмісті пігментів, так й на вмісті кожної їх групи. Найвищий вміст пігментів у тіньовитривалого виду *C. cirsioides*, друге місце посідає гірський вид *C. acaulis*. У світлолюбного виду *C. onopordifolia* вміст пігментів є найнижчий. Найвищий вміст хлорофілу *a* характерний для рослин виду *C. acaulis*, а найнижчий для рослин виду *C. onopordifolia*, що відображає особливості адаптивних стратегій видів до проживання у різних ектопах. Найбільші відмінності виявлено у співвідношеннях груп пігментів, особливо, *Chl a/b*, значення якого становлять у рослин *C. acaulis* 4,38–4,66, а у рослин *C. onopordifolia* – 2,0. Показано, що оптимізацією інтенсивності світлового потоку в області ФАР і коригуванням спектрального складу світла можна впливати на пігментний комплекс рослин *in vitro*. Реакція рослин *in vitro* на світлові умови культивування залежить від біологічних особливостей видів, сформованих у результаті тривалої еволюції. Тому, навіть в однакових світлових умовах рослини *in vitro* досліджених видів відрізняються між собою за вмістом пігментів та їхнім співвідношенням. Показано, що потребам рослин виду *C. acaulis* в умовах *in vitro* найбільше відповідають світлові умови 2.1 варіанту, для виду *C. onopordifolia* – світловий режим 1.1 варіанту. Водночас, жодний із протестованих світлових режимів не відповідає фізіологічним потребам виду *C. cirsioides*, що пов'язано із інтенсивністю їх світлових потоків, яка виходить за межі діапазону значень, властивих для тіньовитривалих видів.

1. Велит І. А., Гузик Д. В. Вибір джерел світла для оптичного опромінення рослин томатів, огірків та розсади. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2013. Т. 1, № 25. С. 128–132.
2. Говоров П. П., Велит І. А., Щиренко В. В., Пилипчук Р. В. Джерела світла для вирощування овочів в умовах закритого ґрунту : навчальний посібник для студентів спеціальності «Світлотехніка та джерела світла». Тернопіль : Джура, 2011. 156 с.
3. Гродзинский А. М. Краткий справочник по физиологии. Киев : Наук.думка, 1973. 591 с.
4. Єфремова О.О., Скибіцька М.І., Мелешко І.Г., Ган Т.В. Біологічні особливості росту й розвитку видів роду *Carlina* L. *ex situ*. *Лісівництво і агролісомеліорація*: Зб. наук. пр. Харків: УкрНДЦЛГА, 2009. Вип. 115. С. 245–249.
5. Иванов Л. А., Иванова Л. А., Ронжина Д. А., Юдина П. К. Изменение содержания хлорофиллов и каротиноидов в листьях степных растений вдоль широтного градиента на Южном Урале. *Физиология растений*. 2013. Т. 60, № 6. С. 856–864.
6. Злобин Ю. А. Популяционная экология растений: современное состояние, точки роста: монография. Сумы : Университетская книга, 2009. 263 с.
7. Кодун-Иванова М. А. Показатели водного стресса микроклонально размноженных растений осины *Populus tremula* при их выращивании в условиях *ex vitro*. *Труды БГТУ*. 2017. Сер. 1, № 2. С. 146–155.

8. Левчук А. Н. Влияние уровня освещения на пигментный состав разных типов хлорофильных мутантов льна масличного. *Вісник Запорізького національного університету*. 2009. № 2. С. 15–20.
9. Маргітай Л. Г., Паляниця Б., Терек О. Аналіз результатів спектрофотометричного дослідження вмісту фотосинтезувальних пігментів у листках рослин із застосуванням комп'ютерних програм. *Вісник Львівського університету. Серія «Біологія»*. 2006. № 41. С. 123–131.
10. Медведєва Т. М. Використання аквакультури для акліматизації культивованих *in vitro* рослин. *Садівництво*. 2012. Т. 66. С. 338–343.
11. Межунц Б. Х., Навасардян М. А. Количественная характеристика фотосинтетических пигментов травяных растений горных экосистем Армении. *Вестник Тюменского государственного университета*. 2012. № 12. С. 220–226.
12. Офіційні переліки регіонально рідкісних рослин адміністративних територій України (довідкове видання) / Укладачі: докт. біол. наук, проф. Т.Л. Андрієнко, канд. біол. наук М.М. Перегрим. Київ : Альтерпрес, 2012. 148 с.
13. Сиваш О. О. Акумуляція сонячної енергії: фотосинтез чи штучні системи. *Biotechnologia Acta*. 2012. Т. 5, № 6. С. 27–38.
14. Фомішина Р. Н., Сиваш О. О., Захарова Т. О., Золотарьова О. К. Роль хлорофілази в адаптації рослин до умов освітлення. *Український ботанічний журнал*. 2009. Т. 66, № 1. С. 94–102.
15. Червона книга України. Рослинний світ / За ред. Я.П. Дідуха. К. : Глобалконсалтинг, 2009. 900 с.
16. Folta K. M., Childers K. S. Light as a growth regulator: controlling plant biology with narrow-bandwidth solid-state lighting systems. *HortScience*. 2008. Vol. 43, Iss. 7. P. 1957–1964. doi: 10.21273/HORTSCI.43.7.1957.
17. Melis A. Dynamics of photosynthetic membrane composition and function. *Biochim. Biophys. Acta*. 1991. 1058, N 1. P. 87–106.
18. Murchie E. H. Acclimation of photosynthesis to irradiance and spectral quality in British plant species: chlorophyll content, photosynthetic capacity and habitat preference. *Plant Cell Environ*. 1997. 20, N 2. P. 438–448.

References

1. Velyt I. A., Guzyk D. V. Vybir dzherel svitla dlia optychnoho oprominennia roslyn tomativ, ohirkiv ta rozsady. *Systemy upravlinnia, navihatsii ta zv'iazku*. 2013. Т. 1, No 25. S. 128–132 (in Ukrainian).
2. Hovorov P. P., Velyt I. A., Shchyrenko V. V., Pylypchuk R. V. Dzherela svitla dlia vyroshchuvannia ovochiv v umovakh zakrytoho gruntu : navchal'nyy posibnyk dlia studentiv spetsial'nosti «Svitlotekhnika ta dzherela svitla». Ternopil' : Dzhura, 2011. 156 s (in Ukrainian).
3. Grodzinskiy A. M. Kratkiy spravochnik po fiziologii. Kiev : Nauk.dumka, 1973. 591 s (in Russian).
4. Iefremova O.O., Skybits'ka M.I., Meleshko I.H., Han T.V. Biologichni osoblyvosti rostu y rozvytku vydiv rodu *Carlina L. ex situ*. *Lisivnytstvo i ahrolisomelioratsiia: Zb. nauk. pr. Kharkiv: UkrNDILHA*, 2009. Vyp. 115. S. 245–249 (in Ukrainian).
5. Ivanov L. A., Ivanova L. A., Ronzhina D. A., Iudina P. K. Izmenenie sodержaniia khlorofillov i karotinoidov v list'iaakh stepnykh rasteniy vdol' shirotnogo gradienta na Iuzhnom Urale. *Fiziologiya rasteniy*. 2013. T. 60, No 6. S. 856–864 (in Russian).
6. Zlobin Iu. A. Populiatsonnaia ekologiya rasteniy: sovremennoe sostoianie, tochki rosta: monografiia. Sumy : Universitetskaia kniga, 2009. 263 s (in Russian).
7. Kodun-Ivanova M. A. Pokazateli vodnogo stressa mikroklonal'no rozmnozhenykh rasteniy osiny *Ropulus tremula* pri ikh vyrashchivanii v usloviakh *ex vitro*. *Trudy BGTU*. 2017. Ser. 1, No 2. S. 146–155 (in Russian).
8. Levchuk A. N. Vliianie urovnia osveshcheniia na pigmentn'y sostav razn'kh tipov khlorofil'n'kh mutantov l'na maslichnogo. *Visnik Zaporiz'kogo natsional'nogo universitetu*. 2009. No 2. S. 15–20 (in Russian).
9. Marhitay L. H., Palianytsia B., Terek O. Analiz rezul'tativ spektrofotometrychnoho doslidzhennia vmistu fotosyntezuval'nykh pihmentiv u lystkakh roslyn iz zastosuvanniam komp'iuternykh prohram. *Visnyk L'vivs'koho universytetu. Serii «Biologhiia»*. 2006. No 41. S. 123–131 (in Ukrainian).
10. Medvedieva T. M. Vykorystannia akvakul'tury dlia aklimatyatsii kul'tyvovanykh *in vitro* roslyn. *Sadivnytstvo*. 2012. T. 66. S. 338–343 (in Ukrainian).
11. Mez Hunts B. Kh., Navasardian M. A. Kolichestvennaia kharakteristika fotosinteticheskikh pigmentov travianykh rasteniy gornykh ekosistem Armenii. *Vestnik Tiimenskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2012. No 12. S. 220–226 (in Russian).
12. Ofitsiyni pereliki rehional'no ridkisnykh roslyn administratyvnykh terytoriy Ukrainy (dovidkove vydannia) / Ukladachi: dokt. biol. nauk, prof. T.L. Andriienko, kand. biol. nauk M.M. Perehrym. Kyiv : Al'terpres, 2012. 148 s (in Ukrainian).
- 22 ISSN 2078-2357. Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол., 2019, № 4 (78)

13. Syvash O. O. Akumuliatsiia soniachnoi enerhii: fotosyntezy chy shtuchni systemy. *Biotechnologia Acta*. 2012. T. 5, No 6. S. 27–38 (in Ukrainian).
14. Fomishyna R. N., Syvash O. O., Zakharova T. O., Zolotar'ova O. K. Rol' khlorofilazy v adaptatsii roslyn do umov osvittleniia. *Ukrains'kyy botanichnyy zhurnal*. 2009. T. 66, No 1. S. 94–102 (in Ukrainian).
15. Chervona knyha Ukrainy. Roslynnyy svit / Za red. Ya.P. Didukha. K. : Hlobalkonsal'tynh, 2009. 900 s (in Ukrainian).
16. Folta K. M., Childers K. S. Light as a growth regulator: controlling plant biology with narrow-bandwidth solid-state lighting systems. *HortScience*. 2008. Vol. 43, Iss. 7. P. 1957–1964. doi: 10.21273/HORTSCI.43.7.1957.
17. Melis A. Dynamics of photosynthetic membrane composition and function. *Biochim. Biophys. Acta*. 1991. 1058, N 1. P. 87–106.
18. Murchie E. H. Acclimation of photosynthesis to irradiance and spectral quality in British plant species: chlorophyll content, photosynthetic capacity and habitat preference. *Plant Cell Environ.* 1997. 20, N 2. P. 438–448.

N. B. Kravets, L. R. Hrytsak, M. Z. Prokopyak, O. Yu. Mayorova, N. M. Drobyk
Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine

THE CONTENT OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN *CARLINA* L. PLANTS IN NATURE AND *IN VITRO* CULTURE

The comparative research of photosynthetic pigments content in *Carlina* L. plants (*Carlina onopordifolia* Besser ex Szafer, Kulcz. et Pawl., *Carlina cirsioides* Klokov та *Carlina acaulis* L.) from natural habitats and under various lighting conditions of cultivation *in vitro* was held. It has been established that in natural conditions the content of chlorophylls and carotenoids and their correlation in the studied plants depends not only on ecological and geographical conditions of their growth but on specific species peculiarities too. In natural conditions the biggest (131.2 mg/100g of fresh weight) content of pigments was found in shade-enduring species of *C. cirsioides*, the second place (115.9 mg/100 g of fresh weight) was taken by an alpine species of *C. acaulis*. A light-requiring species of *C. onopordifolia* had the smallest amount of pigments – 109.2 mg/100 g of fresh weight respectively. The biggest content (78 mg/100 g of fresh weight) of chlorophyll *a* was characteristic of *C. acaulis* plants, and the smallest (57.89 mg/100g of fresh weight) was pertaining to *C. onopordifolia* plants that reflects the peculiarities of adaptive strategies of species to growth in different ecotopes. The quantitative composition of pigments in photosynthetic apparatus of plants from natural growing conditions was used as a criterion-marker for evaluation of suitability of lighting regime for *in vitro* cultivated plants according to their needs.

It has been established that in culture *in vitro* the determining factors are not only the specific species peculiarities of plants but also the lighting conditions of their growing. It has been shown that in conditions *in vitro* the optimization of intensity of light flux in the area of photosynthetically active radiation (PAR) and modification of spectral composition of light allow influencing the pigment complex of plants *in vitro*. The intervariant differences in the general content of pigments constitute 15–20 %, and the indices of correlations *Chl a/car*, *Chl b/car* are marked by 1.5–2 times change. The most stable are the values of *Chl a/Chl b*, irrespective of lighting conditions of cultivation *in vitro*. Among the tested light regimes the most suitable to the needs of *C. acaulis* species *in vitro* conditions are the light conditions of Variant 2.1 (intensity of light flow in the PAR 100 W/m², spectral composition – *E_b : E_g : E_r = 25% : 27% : 48%*); for *C. onopordifolia* species the best are the conditions of light regime of Variant 1.1 (intensity 85 W/m², *E_b : E_g : E_r = 33% : 42% : 25%*). However, none of the tested light regimes is suitable for the physiological needs of *C. cirsioides* species that is connected with the intensity of light flux used which transcends the range of values pertaining to shade-enduring species.

Key words: *Carlina onopordifolia* Besser ex Szafer, Kulcz. et Pawl., *Carlina cirsioides* Klokov, *Carlina acaulis* L., *in situ*, *in vitro*, photosynthetic pigments.

Надійшла 20.11.2019.

БІОХІМІЯ

УДК 66.06

doi: 10.25128/2078-2357.19.4.4

¹О. С. ПОКОТИЛО, ²П. І. ГОЛОВАЧ, ²С. О. ПОКОТИЛО

¹Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
вул. Руська 56, Тернопіль, 46001

²Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького
e-mail: Pokotylo_oleg@ukr.net

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ УТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОНОДОНОРНОЇ ВОДИ НА ОСНОВІ ЗМІН pH І ОВП ВОД В ТЕРМОСАХ-ІОНІЗАТОРАХ-ГЕНЕРАТОРАХ «LIVING WATER»

Наведено дані про параметри рН і ОВП у найбільш популярних бутильованих питних негазованих водах. Показано достовірні зміни показників рН і ОВП у вказаних водах при їх зберіганні в термосах-іонізаторах-генераторах Н2 «Living Water» від 30 хв до 36 год. Підтверджено високу ефективність роботи термоса-іонізатора-генератора «Living Water» у здатності автономно впродовж 30 хв створювати електронодонорну воду із слабо лужним рН (7,9-8,3) і від'ємним ОВП (-110 мВ - -230 мВ), що відповідає її підвищеній біологічній активності.

Ключові слова: католіт, воднева вода, «ПІГ «Liwing Water»», рН, окисно-відновний потенціал.

Серед різних показників безпеки і якості води, які запроваджені у системи контролю, все більше уваги приділяють таким як водневий показник (рН) і окисно-відновний потенціал (ОВП) або Редокс-потенціал. Актуальність досліджень саме цих параметрів обумовлена збільшенням числа фахових доклінічних і клінічних досліджень ролі води із різними значеннями рН і ОВП на здоров'я людини [5, 13, 15,]. Зростає кількість публікацій про позитивний вплив води із від'ємним ОВП на функціонування різних систем органів як в нормі, так і при патологічних станах [10, 12, 13, 17, 18]. Показник ОВП води (розчину) залежить від стану дисоціації молекулярного водню, вмісту вільних електронів водню і характеризує її як електронодонорну відновну систему або католіт чи електроноакцепторну окислювальну систему або аноліт [5, 7]. Встановлена обернена кореляція, тобто, чим нижча концентрація молекулярного водню у воді – тим більше значення ОВП буде в плюсових діапазонах [5].

При різних патологічних станах активізується перекисне окиснення ліпідів, зростає кількість активних форм кисню і дефіцит вільних електронів [4, 6, 12]. Нейтралізація активних форм кисню може здійснюватися через вживання води, багатой електронами водню, що пояснюється стимулюванням численних ферментів-антиоксидантів [15, 13, 16]. Результати багаторічних досліджень показують, що використання лужної води, багатой воднем, корисно для запобігання захворювань метаболізму [5, 14], включаючи діабет [15]. Лужна мінеральна вода, завдяки впливу на кислотно-лужний баланс, може збільшити швидкість використання лактату після анаеробних навантажень у спортсменів [10, 11, 16].

Відомо, що абсолютна більшість доступних бутильованих питних вод є в широкому діапазоні рН (4,5 – 8,5) і знаходяться, як правило, в позитивних значення ОВП від +100 до +400 мВ [7]. Тоді як у нашому організмі рН крові становить 7,35-7,4, а ОВП – в межах від - 70 до -

200 мВ. Тому, організм кожного разу витрачає величезну кількість мембранної і клітинної енергії на перетворення екзогенної спожитої води у стан, відповідний для ендогенної внутрішнього середовища [4, 7]. Ідеальним для здоров'я і довголіття вбачається споживання води, яка б вже відповідала фізико-хімічним і енергетично-структурним параметрам води внутрішнього середовища організму. І на сьогодні щораз більше компаній запроваджують різні технології, які дають можливість створювати воду із слабо лужним рН і від'ємним ОВП. Такі прилади залежать від стороннього електричного живлення і працюють як іонізатори-генератори на принципі електролізу води. З іншої сторони, такі установки є відносно дорогими і не усім доступними.

Одним із способів вирішення цієї проблеми є розроблений професором Покотило О.С. термос-іонізатор-генератор водневої води «Living Water» (ТІГ «LW»), який здатний працювати без стороннього живлення. Процес генерування молекулярного водню відбувається безпосередньо у ТІГ «LW» завдяки хімічній активації води через гідроліз магнію, який є в основі вмонтованого магнієвого стержня. Цей простий, доступний і надійний метод беззаперечно насичує воду молекулярним воднем, створює електронодонорний стан води, забезпечує її від'ємне значення ОВП та зміну рН в лужну сторону.

Необхідно відмітити, що величини ОВП та рН тісно пов'язані між собою, тобто є коваріантними: зміна рН на одиницю обумовлює зміну ОВП приблизно на 60 мВ і навпаки [5, 9].

Виходячи із сказаного вище, метою даного дослідження було встановити кореляційні залежності між рН та ОВП проб ряду бутильованих негазованих популярних в Україні вод після утримання їх в термосах-іонізаторах-генераторах водневої води «Living Water» (ТІГ «LW»), а також часові параметри змін даних показників вод для подальшої рекомендації щодо критеріїв вживання таких вод.

Матеріал і методи досліджень

Для досліджень відібрано негазовані бутильовані води таких марок як «Карпатська джерельна», «Трускавецька», «Моршинська», «Вишнівецька», «Bon Aqua», «Buvette».

Дослідження проведено у лабораторії «Технологій, аналізу та експертизи харчових продуктів і води» кафедри харчової біотехнології і хімії ТНТУ імені Івана Пулюя. Визначення параметрів рН та ОВП проведено відповідно рН-метром та ОВП-метром у пробах досліджуваних вод до і через 30, 60 хв та 12 і 36 годин після утримання їх у ТІГ «LW».

Статистичну обробку отриманих результатів проведено із застосуванням пакету програм MS Excel2013 та SPSS v.23 та t-критерію Стьюдента. За $p \leq 0,05$ різницю вважали статистично достовірною.

Результати досліджень та їх обговорення

За результатами дослідження встановлено, що вихідний показник рН у досліджуваних водах залежить від марки води (табл. 1). Так, серед досліджуваних вод найбільш «лужною» виявилась бутильована вода «Моршинська» із показником 8,1, а найменш «лужною» - «Трускавецька» - 7,6. Тобто усі досліджувані води мали слабко лужну реакцію. При утриманні досліджуваних вод у ТІГ «LW» спостерігалася однакова динаміка зміщення рН в лужну сторону у всіх пробах. Через 30 хв утримання досліджуваних вод у ТІГ «LW» показник рН у них зміщувався в лужну сторону на 0,2-0,3, через 60 хв – на 0,3-0,6, через 12 год – на 0,9-1,5, а через 36 год – на 1,4-1,9, порівнюючи із початковим вихідним показником до утримання в ТІГ «LW». Інтенсивне зростання лужності серед досліджуваних вод при генеруванні молекулярного водню в ТІГ «LW» проходило у воді «Моршинська» і загальна різниця показника рН в кінці експерименту становила 1,9. У решти пробах досліджуваних вод різниця між вихідним і кінцевим значенням рН через 36 годин їх утримання в ТІГ «LW» зменшувалося в ряді: у «Buvette» - на 1,9; у «Вишнівецької» - на 1,8; у «Трускавецької» - на 1,6; у «Bon Aqua» - на 1,6; у «Карпатської джерельної» - на 1,4. Таким чином, у водах з більш лужим вихідним рН таких як «Моршинська», «Buvette» після утримання їх в ТІГ «LW» впродовж 36 год рН зміщувалося інтенсивніше і становило 9,8 в обидвох. Очевидно, що встановлене значне лужне значення рН у всіх досліджуваних водах через 36 годин утримання в ТІГ «LW» виходить за нормативне, рекомендоване ДСанПіН і ДСТУ [11, 12], проте потребує подальшого вивчення

вже при доклінічних і клінічних дослідженнях. Адже відомо, що лужна вода має ефективну лікувально-профілактичну дію, яка підтверджується щораз більшою кількістю клінічних досліджень. Так, науково доведений позитивний вплив лужної водневої води при онкології, метаболічних порушеннях, остеопорозі, цукровому діабеті, гіпертонії та інших захворюваннях [11, 15, 12, 13, 17].

Таблиця 1

Параметри рН досліджуваних проб вод до і після утримання їх у ТІГ «LW», (M±m, n=6)

Марка води	До утримання	Через 30 хв	Через 60 хв	Через 12 год	Через 36 год
«Карпатська джерельна»	7,7	8,0±0,1*	8,3±0,1*	8,6±0,1*	9,1±0,2*
«Трускавецька»	7,6	7,9±0,1*	8,1±0,1*	8,9±0,1*	9,2±0,2*
«Моршинська»	8,1	8,3±0,1	8,4±0,1*	9,3±0,1*	9,8±0,2*
«Вишнівецька»	7,9	8,2±0,1*	8,3±0,1*	9,0±0,1*	9,7±0,2*
«Bon Aqua»	7,9	8,2±0,1*	8,3±0,1*	9,4±0,2*	9,5±0,2*
«Buvette»	7,9	8,2±0,1*	8,3±0,1*	8,9±0,2*	9,8±0,2*

Примітка: * - тут і в таблиці 2 відмінності достовірні ($p \leq 0,05$), порівнюючи із параметрами вод до утримання в ТІГ «LW».

Таким чином, підсумовуючи результати щодо змін параметрів рН досліджуваних вод, можна констатувати, що ТІГ «LW» здатний в процесі генерування молекулярного водню достовірно змінювати показник рН в усіх водах в лужну сторону в динаміці наростання від 7,6 до 9,8 впродовж 36 годин. З отриманих результатів також випливає, що тривалість утримання вод у ТІГ «LW» прямо корелює із зростанням їх лужності. Виходячи із рекомендацій ДСанПіН і ДСТУ [1], досліджень інших науковців щодо впливу лужної води на організм людини [9, 11, 12, 15, 17] та представлених результатів даного дослідження, отриману лужну воду, збагачену молекулярним воднем, найкраще споживати через 30-60 хв після утримання в ТІГ «LW» з рН в діапазоні 7,9-8,4.

Окремим завданням дослідження було встановити порівняльний характер змін ОВП у досліджуваних водах до і після утримання їх в ТІГ «LW» впродовж 36 годин. З наведених у таблиці 2 даних видно, що вихідні параметри ОВП всіх досліджуваних водах знаходяться в діапазоні позитивних значень в межах від + 211 мВ у воді «Buvette» до + 250 мВ у воді «Моршинська». Це означає, що усі представлені для дослідження води характеризуються як електронно-акцепторні і є окисниками з позиції розуміння окисно-відновного потенціалу розчинів. Тоді як у організмі людини, який складається на різних етапах онтогенезу із 60-85% води, показник ОВП в залежності від типу тканин в нормі перебуває в межах від -70 до -200 мВ [5]. Це свідчить про електронодонорну активність ендogenous водного середовища організму, яке характеризується відновлювальними властивостями.

В результаті експерименту встановлено, що при утриманні досліджуваних вод у ТІГ «LW» швидко і інтенсивно відбувається перетворення води із електроноакцепторної (аноліт) в електронодонорну (католіт). Про це свідчать показники мінусового ОВП досліджуваних вод, які наведені у табл. 2. Так, зміна ОВП до від'ємних значень інтенсивно проходить у всіх досліджуваних водах вже через 30 хв при їх знаходженні їх в ТІГ «LW» і в подальшому зростає до кінця експерименту впродовж 36 годин. Найбільші від'ємні значення ОВП серед досліджуваних вод через 30 хв утримання їх в ТІГ «LW» встановлено у водах: «Вишнівецька» - 233 мВ, «Buvette» -230 мВ, «Карпатська джерельна» - 200 мВ, «Трускавецька» -185 мВ. Через 36 годин утримання в ТІГ «LW» найбільшого від'ємного значення ОВП набрала вода «Трускавецька» із показником -583 мВ, а найменшого – «Моршинська» - -390 мВ. Отримані результати підтверджують ефективність генерування молекулярного водню в ТІГ «LW», про що свідчить зниження параметрів ОВП до від'ємних значень.

Параметри ОВП досліджуваних проб вод до і після утримання їх у ТПГ «LW», мВ, (M±m, n=6)

Марка води	До утримання	Через 30 хв	Через 60 хв	Через 12 год	Через 36 год
«Карпатська джерельна»	+220±12	-200±15	-256±14	-440±21	-520±25
«Трускавецька»	+220±10	-185±14	-320±20	-520±23	-583±26
«Моршинська»	+250±13	-172±16	-220±16	-376±19	-390±20
«Вишнівецька»	+236±14	-233±18	-272±13	-400±22	-436±21
«Bon Aqua»	+216±12	-110±14	-180±13	-345±16	-430±17
«Buvette»	+211±9	-230±19	-330±23	-520±24	-542±20

Виходячи із відомих на сьогодні у світі результатів досліджень, високої позитивної оцінки, рекомендацій щодо вживання водневої лужної води із мінусовим ОВП в межах від -100 мВ до -300 мВ та спираючись на результати представлених досліджень, можна стверджувати, що вода, утримана 30-60 хв в ТПГ «LW», може бути рекомендована для споживання як електронодонорний розчин з підвищеною біологічною дією. Утворений в ТПГ «LW» водний католіт являє собою слабо лужний розчин, що відповідає відновним електронодонорним властивостям, які забезпечують ефективний антиоксидантний, імуностимулюючий та протираковий ефект [12, 17, 18]. Перетворення досліджуваних вод з аноліту за участі магнію в ТПГ «LW» у католіт з різко вираженим мінусовим ОВП є свідченням присутності молекулярного водню, який знаходиться в дисоційованому стані. Атоми H₂ дисоціюють з утворенням двох електронів і надають воді електронодонорних властивостей і біологічно активної дії [5, 9].

На основі отриманих результатів встановлено, що утримання води в ТПГ «LW» вже через 30 хвилин приводить до перетворення води із аноліту зі значним плюсовим значенням ОВП на католіт із вираженим мінусовим значенням ОВП та оптимальним слабо лужним рН. Встановлені відмінності у інтенсивності та динаміці змін залежали від марки досліджуваної води, кожна з яких відрізняється фізико-хімічними властивостями.

Висновки

Встановлено, що питні негазовані бутильовані води «Карпатська джерельна», «Трускавецька», «Моршинська», «Вишнівецька», «Bon Aqua», «Buvette» мають рН в слабо лужному діапазоні 7,6 - 8,1 та ОВП в межах +211 - +250 мВ. Показано, що у всіх пробах досліджуваних вод при знаходженні їх в термосі-іонізаторі-генераторі «LIVING WATER» показник рН достовірно зміщувався в лужну сторону і набував максимального значення до 9,1-9,8 через 36 годин. Доведено, що найбільш інтенсивно змінювалися параметри ОВП досліджуваних вод, які утримувалися в ТПГ «LW», в перші 30-хвилин. Серед досліджуваних вод найбільші зміни ОВП встановлено у воді «Трускавецька», в якій значення ОВП змінилося з вихідного +220 мВ до -583 мВ за 36 годин експерименту. Встановлено, що у досліджуваних водах, які утримувалися в ТПГ «LW», зміщення рН в лужну сторону корелювало із зміною ОВП до від'ємних значень. Отримані результати підтверджують високу ефективність роботи термоса-іонізатора-генератора «Living Water» у здатності автономно впродовж 30 хв створювати електронодонорну воду із слабо лужним рН (7,9-8,3) і від'ємним ОВП (-110 - -230 мВ), що відповідає її підвищеній біологічній активності.

Перспективи подальших досліджень направлені на встановлення вмісту молекулярного водню у досліджуваних водах і його кореляція із рН і ОВП, а також використання лужної води із від'ємним ОВП потенціалом, отриманої в ТПГ «LW» і насиченої молекулярним воднем у доклінічних і клінічних дослідженнях для корекції метаболічних порушень.

1. Державні санітарні норми та правила "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10), затверджені наказом МОЗ від 12.05.2010 № 400 та зареєстровано в Міністерстві юстиції України 1 липня 2010 р. за № 452/17747: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10/>
2. Дослідження закономірностей набуття водою, збагаченою воднем, відновних електронодонорних властивостей. / Українець А.І., Большак Ю.В., Маринін А.І., Шпак В.В., Штепа Д.В. // Перспективи

- майбутнього та реалії сьогодення в технологіях водопідготовки: Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 14-15 листопада 2019 р. – К.: НУХТ, 2019. – 211 с.
3. ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості.
 4. Покотило О. С. Вплив поліненасичених жирних кислот родини ω -3 і ω -6 на ліпогенез і холестериногенез в організмі морських свинок і білих щурів за нормальних умов і при холестериновому навантаженні : автореф. дис... д-ра біол. наук / О. С. Покотило; Ін-т біології тварин УААН. – Л., 2008. – 36 с.
 5. Прилуцкий В. И. Электрохимическая активация воды: Аномальные свойства. Механизм биологического действия / Прилуцкий В.И., Бахир В.М. – М. ВНИИМТ. АО «Экран», 1977. – 228 с.
 6. Рахманин Ю.А. Новый фактор риска здоровья человека – дефицит электронов в окружающей среде. Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. / Рахманин Ю.А. Стехин А.А., Яковлева Г.В., Татаринов В.В. – 2003. – С. 135–144.
 7. Рахманин Ю.А. Структурно-энергетическое состояние воды и ее биологическая активность / Рахманин Ю.А., Стехин А.А., Яковлева Г.В. // Гигиена и санитария. 2007. № 5. С. 34–36.
 8. Роль активных форм кислорода и редокс-сигнализации при адаптации к изменению содержания кислорода / Т.Г. Сазонгова, Н.А. Аничкина, А.Г. Жукова и др. // Физиол. журнал., 2008. Т. 54. № 2. – С. 18–20.
 9. Українець А. І. Безреагентно активована вода: беззастережні оздоровчі ефекти та об'єктивні застереження / Українець А.І, Большак Ю.В., Маринін А.І. // Перспективи майбутнього та реалії сьогодення в технологіях водопідготовки: Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 14–15 листопада 2019 р. – К.: НУХТ, 2019. – 211 с.
 10. Montain S. J: Hydration recommendations for sport. *Curr Sports Med Rep.* 2008. Vol. 7. P. 87–192.
 11. Murray R: Rehydration strategies-balancing substrate, fluid, and electrolyte provision. *Int. J. Sports Med.* 1998. Vol. 19. P. 133–135.
 12. Nakao A, Toyoda Y, Sharma P, Evans M, Guthrie N: Effectiveness of hydrogen rich water on antioxidant status of subjects with potential metabolic syndrome-an open label pilot study. *J. Clin. Biochem. Nutr.* 2010. Vol. 46(2). P. 140-149.
 13. Ohta S, Nakao A, Ohno K: The Medical Molecular Hydrogen Symposium: An inaugural symposium of the journal *Medical Gas Research*. *Med Gas Res.* 2011 Vol. 1. P. 10.
 14. Ohta S. Molecular hydrogen as a preventive and therapeutic medical gas: Initiation, development and potential of hydrogen medicine. *Pharmacol. Ther.* 2014. Vol. 144. P. 1–11. doi: 10.1016/j.pharmthera.2014.04.006.
 15. Supplementation of hydrogen-rich water improves lipid and glucose metabolism in patients with type 2 diabetes or impaired glucose tolerance Kajiyama S., Hasegawa G., Asano M., Hosoda H., Fukui M., Nakamura N., Kitawaki J., Imai S., Nakano K., Ohta M. et al. *Nutr Res.* 2008. Vol. 28(3). P. 137–143.
 16. The effect of mineral-based alkaline water on hydration status and the metabolic response to short-term anaerobic exercise. Jakub Chycki, Tomasz Zajac, Adam Maszczyk, Anna Kurylas. *Biol. Sport.* 2017. Vol. 34. P. 255-261. DOI: 10.5114 / biolsport.2017.6600.
 17. Therapeutic potential of molecular hydrogen in ovarian cancer // Shang L, Xie F, Li J, Zhang Y, Liu M, Zhao P, Ma X, Lebaron TW. *Transl Cancer Res.* 2018. Vol. 4 P. 988-995. doi: 10.21037/tcr.2018.07.09.
 18. Ying Wu, Meng Yuan, Jibin Song, Xiaoyuan Chen, Huanghao Yang. Hydrogen Gas from Inflammation Treatment to Cancer Therapy // *ACS Nano* 2019. Vol. 13. P. 8505–8511. <https://doi.org/10.1021/acsnano.9b05124>.

References

1. Derzhavni sanitarni normy ta pravyla "Hihiiienichni vymohy do vody pytnoi, pryznachenoj dlia spozhyvannia liudynoiu" (DSanPiN 2.2.4-171-10), zatverdzeni nakazom MOZ vid 12.05.2010 № 400 ta zareiestrovano v Ministerstvi yustytzii Ukrainy 1 lypnia 2010 r. za № 452/17747: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10> (in Ukrainian)
2. Doslidzhennia zakonomirnostei nabuttia vodoiu, zbahachenoiu vodnem, vidnovnykh elektronodonornykh vlastyvostei. Ukrainets A.I., Bolshak Yu.V., Marynin A.I., Shpak V.V., Shtepa D.V. // Perspektivy maibutnoho ta realii sohodennia v tekhnolohiiakh vodopidhotovky: Materialy III Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, m. Kyiv, 14-15 lystopada 2019 r. — K.: NUKhT, 2019. — 211 s. (in Ukrainian)
3. DSTU 7525:2014 Voda pytna. Vymohy ta metody kontroliuvannia yakosti. (in Ukrainian)
4. Pokotylo O.S. Vplyv polinenasychenykh zhyrnykh kyslot rodyny ω -3 i ω -6 na lipohenez i kholesterynohenez v orhanizmi morskyykh svynok i bilykh shchuriv za normalnykh umov i pry kholesterynovomu navantazhenni : avtoref. dys... d-ra biol. nauk / O. S. Pokotylo; In-t biolohii tvaryn UAAN. - L., 2008. - 36 c. (in Ukrainian)
5. Priluczkiy V.I., Bakhir V.M. E`lektrokhimicheskaya aktivacziya vody: Anomal`ny`e svojstva. Mekhanizm biologicheskogo dejstviya: M. – VNIIMT. AO «E`kran», 1977. – 228 s. (in Russian)

6. Rakhmanin Yu.A., Stekhin A.A., Yakovleva G.V., Tatarinov V.V. Novy`j faktor riska zdorovya cheloveka – deficit e`lektronov v okruzhayushhej brede. Strategiya grazhdanskoj zashhity`: problemy` i issledovaniya. 2003. – S.135-144. (in Russian)
7. Rakhmanin Yu.A., Stekhin A.A., Yakovleva G.V. Strukturno-energeticheskoe sostoyanie vody i ee biologicheskaya aktivnost` / Gigiena i sanitariya. 2007. #5. S.34-36. (in Russian)
8. Rol` aktivnykh form kisloroda i redoks-signalizaczii pri adaptaczii k izmeneniyu sodержaniya kisloroda // T.G. Sazontova, N.A. Anichkina, A.G. Zhukova i dr. Fiziol. zhurnal., 2008. T. 54. #2. – S.18-20. (in Russian)
9. Ukrainets A.I, Bolshak Yu.V., Marynin A.I. Bezreahentno aktyvovana voda: bezzasterezhni ozdorovchi efekty ta ob`iektyvni zasterezhennia // Perspektyvy maibutnoho ta realii sohodennia v tekhnolohiiakh vodopidhotovky: Materialy III Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferentsii, m. Kyiv, 14-15 lystopada 2019 r. — K.: NUKhT, 2019. — 211 s. (in Ukrainian)
10. Montain S. J: Hydration recommendations for sport. Curr Sports Med Rep. 2008. Vol. 7. P. 87–192.
11. Murray R: Rehydration strategies-balancing substrate, fluid, and electrolyte provision. Int. J. Sports Med. 1998. Vol. 19. P. 133–135.
12. Nakao A, Toyoda Y, Sharma P, Evans M, Guthrie N: Effectiveness of hydrogen rich water on antioxidant status of subjects with potential metabolic syndrome-an open label pilot study. J. Clin. Biochem. Nutr. 2010. Vol. 46(2). P. 140-149.
13. Ohta S, Nakao A, Ohno K: The Medical Molecular Hydrogen Symposium: An inaugural symposium of the journal Medical Gas Research. Med Gas Res. 2011 Vol. 1. P. 10.
14. Ohta S. Molecular hydrogen as a preventive and therapeutic medical gas: Initiation, development and potential of hydrogen medicine. Pharmacol. Ther. 2014. Vol. 144. P. 1–11. doi: 10.1016/j.pharmthera.2014.04.006.
15. Supplementation of hydrogen-rich water improves lipid and glucose metabolism in patients with type 2 diabetes or impaired glucose tolerance Kajiyama S., Hasegawa G., Asano M., Hosoda H., Fukui M., Nakamura N., Kitawaki J., Imai S., Nakano K., Ohta M. et al. Nutr Res. 2008. Vol. 28(3). P. 137–143.
16. The effect of mineral-based alkaline water on hydration status and the metabolic response to short-term anaerobic exercise. Jakub Chycki, Tomasz Zajac, Adam Maszczyk, Anna Kurylas. Biol. Sport. 2017. Vol. 34. P. 255-261. DOI: 10.5114 / biolsport.2017.6600.
17. Therapeutic potential of molecular hydrogen in ovarian cancer // Shang L, Xie F, Li J, Zhang Y, Liu M, Zhao P, Ma X, Lebaron TW. Transl Cancer Res. 2018. Vol. 4 P. 988-995. doi: 10.21037/tcr.2018.07.09.
18. Ying Wu, Meng Yuan, Jibin Song, Xiaoyuan Chen, Huanghao Yang. Hydrogen Gas from Inflammation Treatment to Cancer Therapy // ACS Nano 2019. Vol. 13. P. 8505–8511. <https://doi.org/10.1021/acsnano.9b05124>

¹O. S. Pokotylo, ²P. I. Golovach, ²S. O. Pokotylo

¹Ivan Pulyuy Ternopil National Technical University, Ukraine

²Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Ukraine

STUDY OF THE REGULARITIES OF FORMATION OF ELECTRON-DONOR WATER ON THE BASIS OF CHANGES IN THE PH AND ORP OF WATER IN THERMOS-IONIZERS-GENERATORS «LIVING WATER»

The relevance of the study of pH and ORP allows to determine the electron donor reduction system (catholyte) or electron acceptor oxidation system (anolyte) of water. The ORP of water depends on the state of dissociation of molecular hydrogen, the content of free hydrogen electrons. Each aqueous solution has its own characteristics as a catholyte or anolyte. The study of pH and ORP parameters of the most popular bottled non-carbonated drinking water in Ukraine of such TM as "Karpatska Dzherelna", "Truskavetska", "Morshynska", "Vyshnivetska", "BonAqua", "Buvette" was carried out. The study was conducted before and after 30, 60 minutes and 12 and 36 hours after water retention in the thermos-ionizer-generator of hydrogen water "Living Water" (TIG "LW").

Significant changes in pH and ORP in these TM of water during their storage in thermoses-ionizers-generators H2 "Living water" from 30 minutes to 36 hours are shown. The high efficiency of the thermo-ionizer-generator "Living Water" in the ability autonomously create electron-donating water with weakly alkaline pH (7.9-8.3) and negative ORP (-110 mV - -230 mV) for 30 minutes is confirmed. Such water meets the parameters of increased biological activity.

Key words: catholyte, hydrogen water, TIG «Living Water», pH, Redox potential.

Надійшла 25.11.2019.

ГІДРОБІОЛОГІЯ

УДК [(581.526.323:574.58):602.64](285.3)

doi: 10.25128/2078-2357.19.4.5

О. А. ДАВИДОВ, Д. П. ЛАРІОНОВА

Інститут гідробіології НАН України
пр-т. Героїв Сталінграда, 12, Київ 04210
e-mail: davydovoleg01@gmail.com

МІКРОФІТОБЕНТОС ЯК БІОІНДИКАТОР ЗМІНИ ГІДРОМОРФОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВОДНОГО ОБ'ЄКТУ МІСТА КИЄВА

Досліджено біоіндикаційні показники мікрофітобентосу озера Опечень Нижнє, розташованого на території м. Київ. Встановлено, що представники резидентної альгофлори відіграють важливу роль у формуванні видового багатства та рясності мікрофітобентосу. Проаналізовано ключові показники індикаторного структурного елементу мікрофітобентосу – еколого-морфологічної групи бентосних ниткуватих синьозелених водоростей та межі їх відхилення за зміни гідроморфометричних параметрів водойми.

Ключові слова: мікрофітобентос, біоіндикація, індикаторний структурний елемент, антропогенне навантаження.

Однією з головних об'єктивних причин виникнення біологічного забруднення в природних та штучних водоймах та водотоках м. Києва є постійно зростаюче нерегульоване антропогенне (техногенне та рекреаційне) навантаження на водні екосистеми [3].

Через багатоплановість антропогенного навантаження загально визнаним ефективним методом характеристики екологічного стану водних об'єктів на оцінку порушення їх екосистем є біоіндикація. Вона базується на закономірностях трансформації структурно-функціонального стану угруповань гідробіонтів [11].

Дослідження біоіндикаційних характеристик донних водоростей є актуальним завданням, оскільки фітобентос входить до числа п'яти так званих біологічних елементів якості (biological quality elements), які використовуються для оцінки екологічного стану водних об'єктів у відповідності до вимог Рамкової Директиви ЄС з водної політики [18].

Застосування для біоіндикації мікрофітобентосу в цілому як екологічного угруповання потребує встановлення біоіндикаційної ефективності та індикаторної значимості окремих показників структури та рясності угруповань бентосних водоростей, оскільки біоіндикація базується на резидентній біоті [13] і тому саме бентонтам належить пріоритетна роль [8].

Необхідно враховувати також, що різні еколого-морфологічні групи бентонтів проявляють специфічну чутливість до впливу конкретних факторів, зокрема група крупних діатомових водоростей досить чітко реагує на зміну динаміки водних мас, а група ниткуватих синьозелених водоростей – на ступінь забруднення органічними та біогенними речовинами [11].

Мета роботи полягає у встановленні біоіндикаційних показників індикаторного структурного елементу мікрофітобентосу за зміни гідроморфометричних параметрів водного об'єкту.

Матеріал і методи досліджень

Матеріалом послужили результати досліджень у 2018–2019 рр. мікрофітобентосу оз. Опечень Нижнє, водойми природного походження, що входить до системи озер Опечень. У 60-ті роки минулого століття водойма використовувалась як кар'єр для добування піску з метою наміву території Оболонського масиву м. Києва.

Проби мікрофітобентосу відбирали мікробентометром МБ-ТЕ (загальна площа відбору 40 см²) у трьох повторностях у літоральній зоні у верхній (станція №1) та нижній (станція №2) частинах водойми, у місцях, вільних від заростей вищої водяної рослинності. Відбір та камеральну обробку проб проводили за загальноприйнятою методикою [6]. Кількісний підрахунок здійснювали на рахівній пластинці у краплі об'ємом 0,1 см³, для визначення діатомових водоростей виготовляли препарати з використанням спеціальних середовищ [15]. та латинські назви водоростей та об'єм їх таксонів приведені у відповідності до сучасної класифікаційної системи [16].

Ступінь антропогенного навантаження на екосистему водного об'єкту виражали в балах, застосовуючи метод, за яким виділяються декілька найбільш очевидних антропогенних чинників (промислова чи житлова забудова, штучна зміна морфометричних характеристик, наявність транспортних шляхів, наявність автостоянок, зливовий стік з промислової забудови, зливовий стік з житлової забудови, рекреація, аматорське рибальство) і оцінюється наявність їх для кожної водойми з урахуванням різної інтенсивності їх впливу [12].

У мікрофітобентосі автохтонні компоненти та індикаторна еколого-морфологічна група бентонтів виділені з урахуванням характеристик приуроченості водоростей до певних біотопів [1, 4, 7, 14, 15, 16, 17, 19].

Для індикаторної групи мікрофітобентосу наведені величини їх частки у видовому багатстві, чисельності та біомасі бентонтів, мультиметричний показник представлений як середньоарифметичне значення декількох [2, 8, 9, 10].

Результати досліджень та їх обговорення

Дослідження, проведені у 2018 р., дозволили встановити, що ступінь антропогенного навантаження на екосистему оз. Опечень Нижнє не перевищував 7 балів (сума наявних чинників антропогенного впливу: промислова чи житлова забудова «++», штучна зміна морфометричних характеристик «+», наявність транспортних шляхів «+», наявність автостоянок «+», зливовий стік з житлової забудови «+», рекреація «+», аматорське рибальство «+»). Були проведені широкомасштабні гідротехнічні роботи, які призвели до зміни її гідроморфометричних параметрів, оскільки через видалення донних ґрунтів зменшились площі мілководь у літоральній зоні. Умови для нормальної життєдіяльності притаманних водному об'єкту донних угруповань водоростей були порушені. У таблиці [див. 3, 12], за якою розраховується ступінь антропогенного навантаження, у графі «Штучна зміна морфометричних характеристик», де враховується інтенсивність їх впливу, акцент з «+» (слабкий вплив) збільшився до «+++» (сильний вплив), оскільки цілісність донних ґрунтів літоральної зони озера значною мірою була порушена. Виходячи з цього, в оз. Опечень Нижнє у 2019 р. ступінь антропогенного навантаження у порівнянні з 2018 р. зріс до 8 балів.

Результати досліджень, проведених у 2018 р., дозволили встановити, що у літоральній зоні водойми кількісні показники мікрофітобентосу коливались у таких межах: за чисельністю 95–2511 тис. кл/ 10 см², за біомасою 0,04–0,19 мг/10 см². Найвищі показники чисельності відмічені у літній період на ст. №1, найнижчі – навесні на ст. № 2; за біомасою навесні та восени – на ст. № 2, відповідно.

Кількісні показники розвитку мікрофітобентосу формували представники шести відділів: *Bacillariophyta*, *Chlorophyta*, *Цуанопрокариота*, *Dinophyta*, *Euglenophyta*, *Charophyta*.

У провідному комплексі мікрофітобентосу високими показниками розвитку вирізнялись: навесні серед бентонтів – *Phormidium foveolarum* (Mont.) Gomont, серед планктонтів – *Pseudopediastrum boryanum* (Turpin) E. Hegew., серед перифітонтів – *Merismopedia tenuissima* Lemmerm.; влітку серед бентонтів – *Ph. foveolarum* та *Oscillatoria agardhii* Gomont, серед планктонтів – *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs., *Peridinium bipes* F. Stein, серед перифітонтів

– *Merismopedia glauca* (Ehrenb.) Kütz. Восени рясно вегетували бентосні форми: *O. agardhii*, *O. redekei* Goor, *Navicula gregaria* Donkin, *Amphora ovalis* (Kütz.) Kütz., з-посеред перифітонтів до складу провідного комплексу входив лише один представник – *M. tenuissima*.

У структурі мікрофітобентосу частка автохтонних компонентів у величинах кількісних показників була вагомою, особливо у весняний та осінній періоди (максимально до 95% за чисельністю та 89% за біомасою). У літній період за інтенсивної вегетації у товщі води зростала роль планктонтів та перифітонтів у формуванні показників рясності мікрофітобентосу.

У 2019 р. кількісні показники мікрофітобентосу коливались у значно вужчих межах: за чисельністю – 946–1260 тис. кл/ 10 см², за біомасою – 0,24–0,45 мг/10 см². Найвищі показники за чисельністю відмічені у весняний період на ст. №1, найнижчі – восени, теж на ст. №1; за біомасою – восени на ст. № 2 та навесні на ст. № 1 відповідно.

Кількісні показники розвитку мікрофітобентосу формували представники семи відділів: *Bacillariophyta*, *Chlorophyta*, *Cyanoprokaryota*, *Dinophyta*, *Euglenophyta*, *Chrysophyta*, *Charophyta*.

Встановлено, що склад провідного комплексу мікрофітобентосу у 2019 р. зазнав змін. Зокрема, навесні, на відміну від попереднього року, бентосні ниткуваті синьозелені водорості були відсутні, напевно, через значне порушення стабільності донних ґрунтів та високу концентрацію завислих часток у товщі води. Домінували, в основному, планктонні форми: *Synedra acus* Kütz., *Asterionella formosa* Hassal, серед бентонтів до складу провідного комплексу входили лише *N. gregaria* та *S. ulna* (Nitzsch.) Ehrenb. Влітку ситуація дещо змінилась: разом з планктонтами *S. acus*, *A. flos-aquae* та *Coelastrum microporum* Nägeli домінувала бентосна форма *O. amphibia* J. Agardh ex Gomont. Восени у складі провідного комплексу бентонти були представлені більш різноманітно: *O. agardhii*, *O. amphibia*, *O. redekei*, *O. tenuis* J. Agardh ex Gomont, *N. gregaria*; з планктонтів до його складу входили *A. flos-aquae*, *Actinastrum hantzschii* Lagerh.

У структурі мікрофітобентосу у 2019 р. частка автохтонних компонентів у величинах кількісних показників у порівнянні з 2018 р. зменшилась за чисельністю, особливо у весняний період, до 5%, у літній період – за біомасою до 18%.

Використання порівняльного методу дозволило з'ясувати параметри відхилення біоіндикаційних показників мікрофітобентосу за різного ступеня антропогенного навантаження.

Дослідження ключових характеристик (видове багатство, чисельність та біомаса) індикаторної групи бентосних ниткуватих синьозелених водоростей дозволили встановити, що у 2018 та 2019 рр. середньовегетаційні значення її біоіндикаційних показників суттєво відрізняються між роками.

Так, у 2018 р. середньовегетаційні показники частки еколого-морфологічної групи бентосних ниткуватих синьозелених водоростей у видовому багатстві бентонтів між станціями становили 21,6–28,3% (у середньому 24,9%), у чисельності – 61,1–92,6% (у середньому 76,8%), у біомасі – 27,6–47,6% (у середньому 18,8%), мультиметричний показник – 36,8–56,1 (у середньому 46,4).

У 2019 р. середньовегетаційні значення її біоіндикаційних показників серед бентонтів суттєво зменшились у порівнянні з 2018 р. та не перевищували у видовому багатстві 11,6–12,6% (у середньому 12,1%), у чисельності 35,7–35,9% (у середньому 35,8%), у біомасі 12,9–24,8% (у середньому 18,8%), мультиметричний показник – 20,1–34,4 (у середньому 27,2).

Висновки

З'ясовані межі відхилення ключових показників індикаторного структурного елементу мікрофітобентосу за зміни гідроморфометричних параметрів водойми.

Встановлено, що зміна гідроморфометричних параметрів оз. Опечень Нижнє призвела до зростання ступеня антропогенного навантаження і, як наслідок, до зменшення вдвічі частки індикаторної еколого-морфологічної групи бентосних ниткуватих синьозелених водоростей у видовому багатстві, чисельності та біомасі бентонтів та в 1,7 разів середньовегетаційного

мультиметричного показника, що свідчить про погіршення умов існування для резидентної альгофлори на дні літоральної зони водойми.

1. Барінова С. С. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды / Барінова С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В. Тель-Авив: Pilies Studio, 2006. – 498 с.
2. Давидов О. А. Структурні компоненти мікрофітобентосу як індикатори впливу антропогенних чинників на водні об'єкти / Давидов О. А. // *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. Володимира Гнатюка. Сер.: Біол.* – 2009. – № 3 (40). – С. 47–56.
3. Екологічний стан київських водойм. – К.: Фітосоціоцентр, 2010. – 256 с.
4. Кондратьєва Н. В. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. I. Синьозелені водорості, ч. 1. / Кондратьєва Н. В., Коваленко О. В., Приходькова Л. П. – К.: *Наук. думка*, 1984. – 388 с.
5. Ларионова Д. П. Санитарно-гидробиологическая характеристика искусственного водотока мегаполиса по микрофитобентосу / Ларионова Д. П., Давидов О. А. // *Гидробиол. журн.* – 2017. – Т. 53, № 3. – С. 63–71.
6. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / за ред. В. Д. Романенка. – К.: ЛОГОС, 2006. – 408 с.
7. Окснюк О. П. Эколого-морфологическая структура микрофитобентоса / Окснюк О. П., Давыдов О. А., Карпезо Ю. И. // *Гидробиол. журн.* – 2008. – Т. 44, № 6. – С. 15–27.
8. Окснюк О. П. Микрофитобентос как биоиндикатор состояния водных экосистем / Окснюк О. П., Давыдов О. А., Карпезо Ю. И. // *Гидробиол. журн.* – 2010. – Т. 46, № 5. – С. 75–89.
9. Окснюк О. П. Санитарно-гидробиологическая характеристика водных экосистем по микрофитобентосу / Окснюк О. П., Давыдов О. А. // *Гидробиол. журн.* – 2011. – Т. 47, № 4. – С. 66–79.
10. Окснюк О. П. Санитарно-гидробиологическая оценка состояния речной части Каневского водохранилища на основе структурных показателей альгоценозов микрофитобентоса / Окснюк О. П., Давыдов О. А., Карпезо Ю. И. // *Гидробиол. журн.* – 2012. – Т. 48, № 3. – С. 57–72.
11. Окснюк О. П. Санитарная гидробиология в современный период. Основные положения, методология, задачи / Окснюк О. П., Давыдов О. А. // *Гидробиол. журн.* – 2012. – Т. 48, № 6. – С. 50–65.
12. Романенко О. В. Екологічні проблеми київських водойм і прилеглих територій / Романенко О. В., Арсан О. М., Кіпніс Л. С., Ситник Ю. М. – К.: «Наукова думка». – 2015. – 190 с.
13. Семенченко В. П. Принципы и системы биоиндикации текущих вод / Семенченко В. П. – Минск: Орех, 2004. – 125 с.
14. Царенко П. М. Краткий определитель хлорококковых водоростей Украинской ССР / Царенко П. М. – Киев: *Наук. думка*, 1990. – 208 с.
15. Топачевський О. В. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. XI. Діатомові водорості / Топачевський О. В., Окснюк О. П. – К.: Вид-во АН УРСР, 1960. – 412 с.
16. *Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography* / Ed. by P. M. Tsarenko, S. P. Wasser, E. Nevo. – Ruggell: Ganter Verlag, 2006–2011. (Vol. 1. Cyanoprokaryota, Euglenophyta, Chrysophyta, Xanthophyta, Raphidophyta, Phaeophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Glaucocystophyta and Rhodophyta. – 2006. – 713 p.; Vol. 2. Bacillariophyta. – 2009. – 413 p.; Vol. 3. Chlorophyta. – 2011. – 511 p.).
17. Bukhtiyarova L. Diatoms of Ukraine. Inland waters / Bukhtiyarova L. – Kyiv: National Academy of Science of Ukraine, 1999. – 133 p.
18. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy// *Official Journal of the European Communities.* – 2000. – L. 327, 22.12. – 72 p.
19. Krammer Bacillariophyceae. 1 – 4 Teile. – In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa* / Krammer, Lange-Bertalot H. – 2/1 – 4. – Stuttgart, Jena: VEB Gustav Fisher Verlag, 1986 – 1991. – 876; 596; 576; 437 S.

References

1. Barinova S. S. Bioraznoobrazie vodoroslej-indikatorov okružhayushhej sredy / Barinova S. S., Medvedeva L. A., Anisimova O. V. Tel'-Aviv: Pilies Studio, 2006. – 498 s. (in Russian)
2. Davidov O. A. Strukturni komponenti mikrofitobentosu yak indikator vplivu antropogennih chinnikov na vodni ob'yekti / Davidov O. A. // *Nauk. zap. Ternop. nac. ped. un-tu im. Volodimira Gnatyuka. Ser.: Biol.* – 2009. – № 3 (40). – S. 47–56. (in Ukrainian)
3. Ekologichnij stan kiyivskih vodojm. – K.: Fitosociocentr, 2010. – 256 s. (in Ukrainian)
4. Kondratyeva N. V. Vznachnik prisnovodnih vodorostej Ukrayinskoyi RSR. I. Sinozeleni vodorosti, ch. 1. / Kondratyeva N. V., Kovalenko O. V., Prihodkova L. P. – K.: *Nauk. dumka*, 1984. – 388 s. (in Ukrainian)

5. Larionova D. P. Sanitarno-gidrobiologicheskaya karakteristika iskusstvennogo vodotoka megapolisa po mikrofitobentosu / Larionova D. P., Davidov O. A. // *Gidrobiol. zhurn.* – 2017. – T. 53, № 3. – S. 63–71. (in Russian)
6. Metodi gidroekologichnih doslidzen poverhnevih vod / za red. V. D. Romanenka. – K.: LOGOS, 2006. – 408 s. (in Ukrainian)
7. Oksiyuk O. P. Ekologo-morfologicheskaya struktura mikrofitobentosu / Oksiyuk O. P., Davydov O. A., Karpezo Yu. I. // *Gidrobiol. zhurn.* – 2008. – T. 44, № 6. – S. 15–27. (in Russian)
8. Oksiyuk O. P. Mikrofitobentos kak bioindikator sostoyaniya vodnyh ekosistem / Oksiyuk O. P., Davydov O. A., Karpezo Yu. I. // *Gidrobiol. zhurn.* – 2010. – T. 46, № 5. – S. 75–89. (in Russian)
9. Oksiyuk O. P. Sanitarno-gidrobiologicheskaya karakteristika vodnyh ekosistem po mikrofitobentosu / Oksiyuk O. P., Davydov O. A. // *Gidrobiol. zhurn.* – 2011. – T. 47, № 4. – S. 66–79. (in Russian)
10. Oksiyuk O. P. Sanitarno-gidrobiologicheskaya ochenka sostoyaniya rechnoj chasti Kanevskogo vodohranilisha na osnove strukturnih pokazatelej algocenozov mikrofitobentosu / Oksiyuk O. P., Davydov O. A., Karpezo Yu. I. // *Gidrobiol. zhurn.* – 2012. – T. 48, № 3. – S. 57–72. (in Russian)
11. Oksiyuk O. P. Sanitarnaya gidrobiologiya v sovremennyj period. Osnovnye polozheniya, metodologiya, zadachi / Oksiyuk O. P., Davydov O. A. // *Gidrobiol. zhurn.* – 2012. – T. 48, № 6. – S. 50–65. (in Russian)
12. Romanenko O. V. Ekologichni problemi kiyivskih vodojm i prileglijh teritorij / Romanenko O. V., Arsan O. M., Kipnis L. S., Sitnik Yu. M. – K.: «Naukova dumka». – 2015. – 190 s. (in Ukrainian)
13. Semenchenko V. P. Principy i sistemy bioindikacii tekuchih vod / Semenchenko V. P. – Minsk: Oreh, 2004. – 125 s. (in Russian)
14. Carenko P. M. Kratkij opredelit hlorokokkovykh vodorostej Ukrainskoj SSR / Carenko P. M. – Kiev: Nauk. dumka, 1990. – 208 s. (in Russian)
15. Topachevskij O. V. Vznachnik prisnovodnih vodorostej Ukrayinskoyi RSR. HI. Diatomovi vodorosti / Topachevskij O. V., Oksiyuk O. P. – K.: Vid-vo AN URSSR, 1960. – 412 s. (in Ukrainian)
16. Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography / Ed. by P. M. Tsarenko, S. P. Wasser, E. Nevo. – Ruggell: Ganter Verlag, 2006–2011. (Vol. 1. Cyanoprokaryota, Euglenophyta, Chrysophyta, Xanthophyta, Raphidophyta, Phaeophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Glaucocystophyta and Rhodophyta. – 2006. – 713 p.; Vol. 2. Bacillariophyta. – 2009. – 413 p.; Vol. 3. Chlorophyta. – 2011. – 511 p.).
17. Bukhtiyarova L. Diatoms of Ukraine. Inland waters / Bukhtiyarova L. – Kyiv: National Academy of Science of Ukraine, 1999. – 133 p.
18. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy// *Official Journal of the European Communities.* – 2000. – L. 327, 22.12. – 72 p.
19. Krammer Bacillariophyceae. 1 – 4 Teile. – In: *Susswasserflora von Mitteleuropa* / Krammer, Lange-Bertalot H. – 2/1 – 4. – Stuttgart, Jena: VEB Gustav Fisher Verlag, 1986 – 1991. – 876; 596; 576; 437 S.

O. A. Davydov, D. P. Larionova

Institute of Hydrobiology of NASU, Ukraine

MICROPHYTOBENTHOS AS BIOLOGICAL INDICATOR OF CHANGES IN HYDROMORPHOMETRIC PARAMETERS OF WATER BODIES OF KYIV

A great number of water bodies within urban areas of Kyiv City are exposed to human impact. Hydrotechnical construction operations alter their morphometric and hydrological parameters, water bodies are contaminated with various inorganic and organic substances etc.

Since human impact upon water bodies has diversified, bioindication is a well-established and effective method of assessing water bodies' ecological status and measuring the rate of their ecosystems' disturbance.

Microphytobenthos is an important element of aquatic ecosystems and is widely used as a reliable biological indicator.

While using microphytobenthos as an ecological community, it is required to evaluate the bioindication efficiency of its indicative structural elements, which respond distinctly to changes in anthropogenic factors on the whole and in the degree of human impact upon water bodies of different types.

This paper considers the findings of studying microphytobenthos indicative structural element bioindication characteristics – ecological-morphological group of benthic filamentous blue-green

algae and their role in forming the respective parameters among benthonts in the littoral area of Opechen Lower Lake, located within Kyiv City residential community.

Large-scale hydrotechnical construction operations conducted in the lake in 2019 greatly affected its hydromorphometric parameters by reducing the shallow-water area and disturbing the bottom sediments stability, which resulted in increase of the human load.

The objective of the study was to identify key characteristics of the microphytobenthos indicative structural element under conditions of the lake's hydromorphometric parameters alteration.

Benthic algae were sampled with the MB-TE microbenthometer within the littoral area at aquatic-vegetation-free sites located in the lake's upper and lower sections.

Algae sampling and laboratory processing of samples were performed in accordance with the methods generally accepted in hydrobiology. For diatoms identification permanent slides were made with using special high-resolution mounting media. Autochthonous components in microphytobenthos, the indicative ecological-morphological group of benthic filamentous blue-green algae were distinguished proceeding from algae's association with particular biotopes. In addition to separate characteristics (species richness, number, biomass), a multimetric index was calculated for the benthonts' indicative group as an arithmetic average of several characteristics.

The degree of human impact upon the lake ecosystem was calculated according to the proven method, consisting in distinguishing the total number of the most obvious human factors with consideration taken of their different intensity.

The findings of studying the key characteristics of phytomicrobenthos indicative structural element – benthic filamentous blue-green algae in 2018–2019 confirm their high bioindication efficiency and distinct response to hydromorphometric parameters alteration in Opechen Lower Lake. As a consequence of hydromorphometric alterations the share of these algae in the benthonts' species richness, number and biomass has decreased by half, and the vegetation-period-average multimetric index has lowered by 1.7. This gives the evidence that the conditions for bottom algae vegetation have worsened.

Key words: microphytobenthos, bioindication, indicative structural element, human impact.

Надійшла 29.11.2019.

УДК 597.5: 504.453: 504.064

doi: 10.25128/2078-2357.19.4.6

В. О. ХОМЕНЧУК, Б. З. ЛЯВРІН, В. З. КУРАНТ

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

e-mail: khomenchuk@tnpu.edu.ua

МОРФОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ДЕЯКИХ ВИДІВ РИБ МАЛИХ РІЧОК ЗАХІДНОГО ПОДІЛЛЯ ЯК ІНДИКАТОР ЗАБРУДНЕННЯ ВОДОЙМ

Досліджено морфометричні показники коропа лускатого *Suprinus carpio* L., шуки звичайної *Esox lucius* L., карася сріблястого *Carassius auratus gibelio* Bloch. та окуня звичайного *Perca fluviatilis* L. з малих річок Стрипа, Серет та Золота Липа. Встановлено, що повна та стандартна довжини, довжина та висота голови, висота голови біля потилиці, найбільша та найменша висоти тіла у коропа, карася та окуня лінійно зменшувалися в низці річок Стрипа–Серет–Золота Липа. Значення індексів зябер та печінки в усіх досліджуваних видів риб зростали, а коефіцієнти вгодованості Фултона та Кларка у коропів, карасів та окунів знижувалися у низці річок Стрипа–Серет–Золота Липа.

algae and their role in forming the respective parameters among benthonts in the littoral area of Opechen Lower Lake, located within Kyiv City residential community.

Large-scale hydrotechnical construction operations conducted in the lake in 2019 greatly affected its hydromorphometric parameters by reducing the shallow-water area and disturbing the bottom sediments stability, which resulted in increase of the human load.

The objective of the study was to identify key characteristics of the microphytobenthos indicative structural element under conditions of the lake's hydromorphometric parameters alteration.

Benthic algae were sampled with the MB-TE microbenthometer within the littoral area at aquatic-vegetation-free sites located in the lake's upper and lower sections.

Algae sampling and laboratory processing of samples were performed in accordance with the methods generally accepted in hydrobiology. For diatoms identification permanent slides were made with using special high-resolution mounting media. Autochthonous components in microphytobenthos, the indicative ecological-morphological group of benthic filamentous blue-green algae were distinguished proceeding from algae's association with particular biotopes. In addition to separate characteristics (species richness, number, biomass), a multimetric index was calculated for the benthonts' indicative group as an arithmetic average of several characteristics.

The degree of human impact upon the lake ecosystem was calculated according to the proven method, consisting in distinguishing the total number of the most obvious human factors with consideration taken of their different intensity.

The findings of studying the key characteristics of phytomicrobenthos indicative structural element – benthic filamentous blue-green algae in 2018–2019 confirm their high bioindication efficiency and distinct response to hydromorphometric parameters alteration in Opechen Lower Lake. As a consequence of hydromorphometric alterations the share of these algae in the benthonts' species richness, number and biomass has decreased by half, and the vegetation-period-average multimetric index has lowered by 1.7. This gives the evidence that the conditions for bottom algae vegetation have worsened.

Key words: microphytobenthos, bioindication, indicative structural element, human impact.

Надійшла 29.11.2019.

УДК 597.5: 504.453: 504.064

doi: 10.25128/2078-2357.19.4.6

В. О. ХОМЕНЧУК, Б. З. ЛЯВРІН, В. З. КУРАНТ

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

e-mail: khomenchuk@tnpu.edu.ua

МОРФОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ДЕЯКИХ ВИДІВ РИБ МАЛИХ РІЧОК ЗАХІДНОГО ПОДІЛЛЯ ЯК ІНДИКАТОР ЗАБРУДНЕННЯ ВОДОЙМ

Досліджено морфометричні показники коропа лускатого *Suprinus carpio* L., шуки звичайної *Esox lucius* L., карася сріблястого *Carassius auratus gibelio* Bloch. та окуня звичайного *Perca fluviatilis* L. з малих річок Стрипа, Серет та Золота Липа. Встановлено, що повна та стандартна довжини, довжина та висота голови, висота голови біля потилиці, найбільша та найменша висоти тіла у коропа, карася та окуня лінійно зменшувалися в низці річок Стрипа–Серет–Золота Липа. Значення індексів зябер та печінки в усіх досліджуваних видів риб зростали, а коефіцієнти вгодованості Фултона та Кларка у коропів, карасів та окунів знижувалися у низці річок Стрипа–Серет–Золота Липа.

Ключові слова: риби, морфометричні показники, забруднення, малі річки, Західне Поділля.

Постійно зростаюче антропоїчне навантаження на водні екосистеми призводить до різкого погіршення стану гідросфери в цілому. Вона, як і її складові, є відкритими динамічними системами, у яких постійно протікають фізико-хімічні та біологічні процеси. Низкою авторів показано високу токсичність стоків промислових підприємств, що викликають у гідробіонтів, включно риб, пошкодження різних органів та тканин, зміни в функціонуванні метаболічних систем та порушення фізіологічного стану цілого організму [5, 6, 7, 16].

Інтенсифікація рибництва вимагає постійного впровадження науково-обґрунтованих природоохоронних і екологічних заходів з урахуванням видових та вікових особливостей іхтіофауни, а також стану водного середовища. Проблема об'єктивних методів біомоніторингу водних екосистем була і є актуальною, особливо в час прогресуючого антропоїчного навантаження на них. Гідробіонти, як безпосередні мешканці гідро екосистем, першочергово піддаються впливу поллютантів, а риби, як кінцева ланка в ланцюгах живлення, є перспективним індикатором стану водойми [1, 8].

Для характеристики виду-біоіндикатора застосовуються біомаркери різного рівня, які дозволяють оцінити реакції організму на дію несприятливих чинників. У якості таких маркерів можуть бути використані як біохімічні характеристики, так і морфометричні показники риб [11, 13].

У зв'язку з викладеним вище метою нашої роботи було визначення основних морфологічних показників найбільш поширених промислових видів риб – коропа, щуки, карася та окуня, вилонених з трьох малих річок Західного Поділля: Серету, Стрипи та Золотої Липи. Ці ріки є основним джерелом водозабезпечення для комунальних та агротехнічних підприємств. Потрапляння важких металів, пестицидів, поверхнево-активних речовин, мінеральних добрив, розчинних органічних речовин у водойми призводить до їх комплексного забруднення та може впливати на морфометричні показники риб, що мешкають у цих водоймах [15].

Матеріал і методи досліджень

Для дослідження використовували основні промислові види риб Заходу України: коропа лускатого *Cyprinus carpio* L., щуку звичайну *Esox lucius* L., карася сріблястого *Carassius auratus gibelio* Bloch. та окуня звичайного *Perca fluviatilis* L. дворічного віку з середньою масою 290–330 г., 300–350 г., 150–230 г. та 170–230 г. відповідно. Вилон риб здійснювали траловим способом з річок Стрипа (с. Плотича; 49.495591, 25.294641), Серет (смт. Залісці; 49.798307, 25.370572) та Золота Липа (м. Бережани; 49.451922, 24.942026) [4]. Морфометричні показники риб визначали за стандартними методиками [2, 10].

Отримані результати були опрацьовані статистично з використанням t-критерію Стьюдента [3].

Результати досліджень та їх обговорення

Аналіз отриманих результатів показав, що у коропа показники повної довжини, стандартної довжини, довжини голови, висоти голови біля затилку, найбільшої та найменшої висоти тіла лінійно зменшувалися в низці річок Стрипа–Серет–Золота Липа (табл. 1). Морфометричні показники щуки дещо відрізнялися від коропа і були практично однаковими у представників з річок Стрипа та Золота Липа. Розмірні характеристики у риб із річки Серет, у цілому, були вищими на 3–8% від показників представників з р. Стрипа, за винятком довжини голови. Лінійні розміри карасів та окунів, вилонених із досліджених річок, також різнилися. Так, найбільші розмірні показники були у риб із р. Стрипа, а найменші – у представників даних видів з р. Золота Липа (табл. 1). Дані характеристики в окунів та карасів з цих річок відрізнялися в середньому на 7–17%.

Морфометричні показники досліджених видів риб малих річок Західного Поділля ($M \pm m$, $n=30$)

Річка	Повна довжина (мм)	Стандартна довжина (мм)	Довжина голови (мм)	Висота голови біля затылку (мм)	Найбільша висота тіла (мм)	Найменша висота тіла (мм)
Короп						
Стрипа	291,1 ± 11,2	243,6 ± 14,6	66,5 ± 1,8	47,7 ± 1,5	77,4 ± 2,1	31,9 ± 1,3
Серет	290,4 ± 13,8	239,8 ± 18,2	65,3 ± 1,7	48,3 ± 1,6	76,2 ± 2,7	31,7 ± 1,1
Золота Липа	280,7 ± 11,2	233,2 ± 12,3	61,7 ± 2,7	47,9 ± 2,9	73,3 ± 1,7	29,9 ± 2,1
Щука						
Стрипа	359,2 ± 13,3	311,1 ± 12,5	93,6 ± 3,1	34,3 ± 1,4	49,6 ± 1,7	20,9 ± 1,6
Серет	365,4 ± 28,4	325,5 ± 23,7	92,6 ± 5,9	35,9 ± 2,1	54,6 ± 3,1	23,1 ± 1,4
Золота Липа	357,4 ± 25,9	313,5 ± 14,8	100,2 ± 4,5	33,9 ± 1,3	47,7 ± 2,7	20,1 ± 1,5
Карась						
Стрипа	230,5 ± 8,1	189,3 ± 6,2	52,5 ± 4,7	45,1 ± 1,9	82,3 ± 3,3	31,7 ± 1,8
Серет	213,8 ± 12,4	171,9 ± 8,9	46,7 ± 3,6	40,9 ± 2,4	70,7 ± 2,8*	28,4 ± 2,4
Золота Липа	209,5 ± 13,3	171,1 ± 12,1*	47,4 ± 5,1	43,3 ± 1,6	66,7 ± 1,4*	23,6 ± 1,2*
Окунь						
Стрипа	252,8 ± 12,8	214,9 ± 10,8	61,8 ± 3,5	42,5 ± 1,3	65,1 ± 4,9	17,2 ± 1,3
Серет	215,2 ± 20,1	195,5 ± 18,5	55,2 ± 6,6	38,9 ± 1,8	62,8 ± 3,2	15,9 ± 1,4
Золота Липа	206,2 ± 16,9*	185,8 ± 12,7	52,1 ± 4,6	38,5 ± 1,1*	61,4 ± 2,9	15,2 ± 1,8

*Тут і в табл. 2 відхилення порівняно з видами із р. Стрипа статистично достовірні ($p < 0,05$).

За однакового температурного режиму на ріст риб, і відповідно на отриману різницю в лінійних розмірах, може впливати як кормова база, так і екологічний стан водойм [12]. Досліджувані річки зазнають різного за інтенсивністю і типом антропогенного тиску. Так, р. Стрипа – умовно чиста зона, р. Золота Липа – урбанавантажена зона, р. Серет – сільськогосподарськонавантажена зона [14].

Аналіз показників фізіологічного стану риб виявив, що значення індексу печінки в досліджених видів риб значимо відрізняються у представників річок Серет та Золота Липа порівняно з видами із р. Стрипа (табл. 2). Даний показник зростає в низці Стрипа–Серет–Золота Липа, за винятком індексу в щуки, який набуває найнижчого значення в представників із р. Серет. Відомо, що розміри печінки можуть різко змінюватися залежно від віку, сезону року, способу життя і кормового режиму, а також від фізіологічного стану риби. Індекс печінки, на відміну від маси органу, зручніший для використання в дослідженнях. Із ростом риби відбувається і закономірне збільшення маси печінки. У молодих вікових групах риб даний показник доволі варіабельний, оскільки у ранньому віці відбувається інтенсивний ріст риб. У більш пізні періоди онтогенезу даний показник стабілізується і може змінюватися за дії негативних чинників середовища їх існування [18].

Зябра в організмі риб відіграють важливу роль як орган дихання. Проте дані щодо відносної маси цього органу риб в літературі зустрічаються рідко [6]. Середні значення індексу зябер упродовж року залишаються приблизно на одному рівні. Зі збільшенням маси тіла риб індекс зябер поступово знижується.

Основні показники фізіологічного стану досліджених видів риб малих річок Західного Поділля
($M \pm m$, $n=30$)

Річка	Маса риб (г)	Коефіцієнт Фултона	Коефіцієнт Кларка	Індекс зябер	Індекс печінки
Короп					
Стрипа	357,6 ± 20,4	146,78±0,06	34,51±0,05	2,82±0,07	1,95±0,03
Серет	337,1 ± 24,8	140,56±0,02*	34,46±0,05*	2,87±0,01	2,56±0,01*
Золота Липа	304,1 ± 35,3	140,53±0,02*	33,45±0,06*	3,26±0,04*	2,67±0,04*
Щука					
Стрипа	275,7 ± 35,4	94,24±0,01	13,22±0,01	2,15±0,01	1,68±0,03
Серет	297,7 ± 22,3	95,69±0,01*	15,62±0,01*	2,32±0,02*	1,44±0,04*
Золота Липа	258,8 ± 14,5	95,53±0,02*	14,33±0,01*	2,69±0,03*	1,75±0,01*
Карась					
Стрипа	175,1 ± 16,1	129,94±0,06	26,08±0,05	2,09±0,07	9,81±0,13
Серет	163,1 ± 19,5*	122,35±0,03*	19,17±0,02*	2,64±0,03*	10,31±0,07*
Золота Липа	147,7 ± 19,8*	119,84±0,05*	17,13±0,04*	2,99±0,02*	10,56±0,08*
Окунь					
Стрипа	241,3 ± 17,1	128,41±0,09	21,11±0,08	2,41±0,01	1,49±0,01
Серет	238,6 ± 19,2	123,43±0,03*	19,95±0,02	2,43±0,02	1,59±0,01*
Золота Липа	220,9 ± 20,3*	102,81±0,09*	16,16±0,08*	2,68±0,01*	1,78±0,01*

Автором показано, що більш високі індекси зябер спостерігаються в зонах забруднення [6]. Можливо, що під впливом токсичних речовин, що містяться у воді, захисна реакція зябер проявляється в розростанні і потовщенні їх епітелію, що відбивається на їх відносній масі. Аналіз показав, що у тих риб, у яких були візуально відмічені ті або інші порушення, індекс зябер, як правило, перевищував середні показники. Прискорення метаболізму, підвищення споживання кисню під впливом токсичних речовин призводить до зростання фізіологічної ролі зябер, що призводить до додаткових навантажень на орган, і в результаті збільшується їх відносна маса. Разом з тим, при великих токсичних навантаженнях спостерігається зменшення індексу зябер внаслідок пригнічення їх функцій через зменшення респіраторної поверхні [18].

В усіх досліджених видів риб спостерігали зростання індексу зябер у низці річок Стрипа–Серет–Золота Липа (див. табл. 2). Так, для риб з р. Золота Липа порівняно з р. Стрипа відмічено достовірне підвищення індексу зябер: у коропів на 15%, у щук на 25%, у карасів на 42% та у окунів на 11%. Така картина, очевидно, свідчить про підвищений антропогенний тиск на риб з р. Золота Липа. При цьому найбільш варіював індекс зябер карася, що є типовим для організму, який постійно перебуває в зоні із підвищеною концентрацією токсичних речовин, порівняно з іншими дослідженими видами, оскільки основним місцем проживання його є придонні пласти води. У них, як відомо, підвищена концентрація іонів металів, органічних сполук, залишків мінеральних добрив [9].

У цілому, можна відмітити, що будь-який узятий окремо орган, виконуючи в організмі риби властиву йому функцію, змінюється під впливом різних чинників. Ці зміни є не лише наслідком впливу місця існування, але і визначаються внутрішнім станом досліджуваного об'єкту, його генетичною основою, і, як наслідок, – фізіологічними ритмами, зокрема, пов'язаними з розмноженням чи нагулом [17].

Значення коефіцієнтів вгодованості за Фултоном та Кларком у всіх видів риб з досліджуваних водотоків вірогідно відрізнялися. У коропа, карася та окуня було відмічене зниження даних характеристик у низці річок Стрипа–Серет–Золота Липа. У щуки найбільші значення коефіцієнтів вгодованості було відмічене для риб із р. Серет. Разом з тим, ці

показники були близькими за значеннями в даного виду риб із усіх досліджуваних річок. Отже, на основі морфометричних показників та індексів риб, з огляду на відносно стабільні та подібні трофічні умови, слід відзначити різний ступінь комплексного забруднення води у досліджуваних водотоках.

Висновки

Показники повної довжини, стандартної довжини, довжини голови, висоти голови біля потилиці, найбільшої та найменшої висоти тіла у коропа, карася та окуня лінійно зменшувалися в низці річок Стрипа–Серет–Золота Липа. Значення індексів зябер та печінки в усіх досліджуваних видів риб зростали, а коефіцієнти вгодованості Фултона та Кларка у коропів, карасів та окунів знижувалися у низці річок Стрипа–Серет–Золота Липа. Враховуючи однаковий вік риб та відносно однакові трофічні умови у досліджуваних річках, можна припустити, що відмінності у морфометричних показниках спричинені різним антропогенним впливом на водотоки. При цьому найменш сприятливими екологічними умовами є у р. Золота Липа, що, очевидно, обумовлено комплексним її забрудненням.

1. Биоиндикация экологического состояния морских акваторий с помощью биомаркеров рыб / Руднева И. И. и др. *Водные ресурсы*. 2011. Т. 38, № 1. С. 92–97.
2. Зиновьев Е. А., Мандрица С. А. Методы исследования пресноводных рыб: учебное пособие по спецкурсу. Пермь: Пермский ун-т., 2003. 113 с.
3. Лакин Г. Ф. Биометрия: учеб. пос. для биол. спец. вузов. М.: Высш. шк., 1990. 352 с.
4. Методика збору і обробки іхтіологічних і гідробіологічних матеріалів з метою визначення лімітів промислового вилучення риб з великих водосховищ і лиманів України / Озінковська С. П. та ін. К.: ІРГ УААН, 1998. 47 с.
5. Моисеенко Т. И. Водная экотоксикология: Теоретические и прикладные аспекты. М: Наука, 2009. 400 с.
6. Моисеенко Т. И. Морфофизиологические перестройки организма рыб под влиянием загрязнения (в свете теории С. С. Шварца). *Экология*. 2000. № 6. С. 463–472.
7. Немова Н. Н. Биохимические эффекты накопления ртути у рыб. М., 2005. 135 с.
8. Немова Н. Н., Высоцкая Р. У. Биохимическая индикация состояния рыб. М.: Наука, 2004. 316 с.
9. Никаноров А. М. Гидрохимия: учебник. СПб.: Гидрометеиздат, 2001. 444 с.
10. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М.: Пищевая промышленность, 1966. 377 с.
11. Пукало П. Я., Лобойко Ю. В. Морфометричні показники коропів, уражених лернеозом та після обробки негувоном N. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького*. 2008. Том 10, № 3 (38). С. 179–182.
12. Романенко В. Д. Основи гідроекології: підручник. К.: Обереги, 2001. 728 с.
13. Руднева И. П. Комплексная оценка качества водной среды с помощью биомаркеров разного уровня. *Актуальные проблемы водной токсикологии*. Борок: ИБВВ, 2004. С. 124–150.
14. Скиба О. І. Закономірності формування вмісту та розподілу сполук фосфору у річках Тернопільщини у зв'язку із ступенем антропогенного навантаження : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : 03.00.16. Чернівці, 2017. 20 с.
15. Соколовський О., Кордубан В. Екологія Тернопілля в цифрах і фактах на межі тисячоліть. Тернопіль: Мальва-ОСО, 2001. 176 с.
16. Стасишен М. С. Екологізбалансований розвиток рибогосподарського комплексу України. К.: РВПС України НАН України, 2010. 323 с.
17. Шайдулина Ж. М. Сезонная и возрастная динамика морфофизиологических показателей леща реки Урал : автореф. дис. на соискание науч. степени кандидат биол. наук : спец. 03.00.10. Астрахань, 2009. 24 с.
18. Accumulation and histopathological effects of copper in gills and liver of Senegales Sole, *Solea senegalensis* and Toad Fish, *Halobatrachus didactylus* / J. M. Arellano et al. *Ecotoxicol. Environ. Restor.* 2000. Vol. 3. Issue 1. P. 23–28.

References

1. Bioindikatsiia ekologicheskogo sostoianniia morskikh akvatoriy s pomoshch'iu biomarkerov ryb / Rudneva I. I. i dr. *Vodnye resursy*. 2011. T. 38, No 1. S. 92–97. (in Russian)
2. Zinov'ev E. A., Mandritsa S. A. *Metody issledovaniia presnovodnykh ryb: uchebne posobie po spetskusu*. Perm': Permskiy un-t., 2003. 113 s. (in Russian)
3. Lakin G. F. *Biometriia: ucheb. pos. dlia biol. spets. vuzov*. M. : Vyssh. shk., 1990. 352 s. (in Russian)

4. Metodyka zboru i obrobky ikhtiologichnykh i hidrobiologichnykh materialiv z metoiu vyznachennia limitiv promysloвого vyluchennia ryb z velykykh vodoshkovyshch i lymaniv Ukrainy / Ozinkovs'ka S. P. ta in. K. : IRH UAAN, 1998. 47 c. (in Ukrainian)
5. Moiseenko T. I. Vodnaia ekotoksikologiya: Teoreticheskie i prikladnye aspekty. M : Nauka, 2009. 400 s. (in Russian)
6. Moiseenko T. I. Morfofiziologicheskie perestroyki organizma ryb pod vlianiem zagriazneniia (v svete teorii S. S. Shvartsa). Ekologiya. 2000. No 6. S. 463–472. (in Russian)
7. Nemova N. N. Biokhimicheskie efekty nakopleniia rtuti u ryb. M. 2005. 135 s. (in Russian)
8. Nemova N. N., Vysotskaia R. U. Biokhimicheskaia indikatsiia sostoianniia ryb. M : Nauka, 2004. 316 s. (in Russian)
9. Nikanorov A. M. Gidrokimiia : Uchebnik. SPb. : Gidrometeoizdat, 2001. 444 c. (in Russian)
10. Pravdin I. F. Rukovodstvo po izucheniiu ryb (preimushchestvenno presnovodnykh). M. : Pishchevaia promyshlennost', 1966. 377 c. (in Russian)
11. Pukalo P. Ya., Loboiko Yu. V. Morfometrychni pokaznyky koropiv, urazhenykh lerneozom ta pislia obrobky nehuvonom N. Naukovyy visnyk LNUVMBT imeni S. Z. Gzhyts'koho. 2008. T. 10, No 3 (38). S. 179–182. (in Ukrainian)
12. Romanenko V. D. Osnovy hidroekologii: pidruchnyk. K. : Oberehy, 2001. 728 c. (in Ukrainian)
13. Rudneva I. P. Kompleksnaia otsenka kachestva vodnoy sredy s pomoshch'iu biomarkerov raznogo urovnia. Aktual'nye problemy vodnoy toksikologii. Borok : IBVV, 2004. S. 124–150. (in Russian)
14. Skyba O. I. Zakonomirnosti formuvannia vmistu ta rozpodilu spoluk fosforu u richkakh Ternopil'shchyny u zv'iazku iz stupenem antropohennoho navantazhennia : avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupeniia kand. biol. nauk : 03.00.16. Chernivtsi, 2017. 20 s. (in Ukrainian)
15. Sokolovs'kyy O., Korduban V. Ekologiya Ternopillia v tsyfrakh i faktakh na mezhi tysiacholit'. Ternopil' : Mal'va-OSO, 2001. 176 c. (in Ukrainian)
16. Stasyshen M. S. Ekologobalansovanyy rozvytok rybohospodars'koho kompleksu Ukrainy. K. : RVPS Ukrainy NAN Ukrainy, 2010. 323 s. (in Russian)
17. Shaydulina Zh. M. Sezonnaia i vozrastnaia dinamika morfofiziologicheskikh pokazateley leshcha reki Ural : avtoref. dis. na soiskanie nauch. stepeni kandid. biol. nauk : spets. 03.00.10. Astrakhan', 2009. 24 c. (in Russian)
18. Accumulation and histopathological effects of copper in gills and liver of Senegales Sole, *Solea senegalensis* and Toad Fish, *Halobatrachus didactylus* / J. M. Arellano et al. *Ecotoxicol. Environ. Restor.* 2000. Vol. 3. Issue 1. P. 23–28.

V. O. Khomenchuk, B. Z. Lyavrin, V. Z. Kurant

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

MORPHOMETRIC INDICATORS OF SOME FISH SPECIES FROM LITTLE RIVERS OF THE WESTERN PODILLIA AS A WATER POLLUTION INDICATOR

The morphometric characteristics of the most common commercial fish were studied: carp – *Cyprinus carpio* L., pike – *Esox lucius* L., crucian carp – *Carassius auratus gibelio* Bloch. and perch – *Perca fluviatilis* L., two years old, with an average mass of 290–330 g., 300–350 g., 150–230 g. and 170–230 g. respectively, caught from the small rivers of the Western Podillia (Strypa, Seret, Zolota Lypa). It was found, that the indicators of full length, standard length, head length, head height at the back of the head, the largest and smallest body height in carp, crucian carp and perch decreased linearly in a number of rivers Strypa – Seret – Zolota Lypa. It is noted, that the values of the liver index in the investigated fish species differ significantly from the representatives of the rivers Seret and Zolota Lypa compared to the species from the Strip River. This indicator increases in the Strypa – Seret – Zolota Lypa range, except for the pike index, which is of the lowest importance in the representatives of the Seret River. All the fish species studied saw an increase in the gills index in a number of Strypa – Seret – Zolota Lypa rivers.

The study demonstrated that the values of the Fulton and Clark fattening coefficients in carp, crucian carp and perch decreased in a number of Strypa – Seret – Zolota Lypa rivers. In pike the highest values of fattening coefficients were noted for fish from the river Seret. Considering the same age of the fish and relatively the same trophic conditions in the studied rivers, it can be assumed, that the differences in morphometric indices are due to different anthropogenic influence on the watercourses. In this case, the least favorable environmental conditions are in the Zolota Lypa river, which is obviously due to its complex pollution.

Key words: fish, morphometric indicators, pollution, small rivers, Western Podillia.

Надійшла 30.10.2019.

ЕКОЛОГІЯ

УДК 504.453.054(477.84)

doi: 10.25128/2078-2357.19.4.7

¹Г. Б. ГУМЕНЮК, ¹В. О. ХОМЕНЧУК, ²Н. Г. ЗІНЬКОВСЬКА, ¹Н. В. МОСКАЛЮК

¹Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

²Кременецька обласна гуманітарно-педагогічна академія імені Тараса Шевченка
пров. Лицейний, 1, Кременець, 47003
e-mail: gumenjuk@chem-bio.com.ua

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВМІСТУ КАЛЬЦІЮ ТА СТУПЕНЯ КИСЛОТНОСТІ У ҐРУНТАХ ТЕРНОПІЛЬСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Досліджено, вміст обмінного кальцію та ступінь кислотності ґрунтів Тернопільської області, які багато в чому визначають ефективність їх сільськогосподарського використання та розраховано кореляційний зв'язок між досліджуваними величинами. Виявлено, що середньозважений показник обмінного кальцію у Шумському районі становив 11,3 мг/кг (підвищений), а кислотності – 6,76 – нейтральний. Середньозважений показник кальцію у Козівському, Зборівському, Підгаєцькому та Бережанському районах – 10,9 мг/кг (підвищений), а кислотності – 6,45 – нейтральний.

Ключові слова: обмінний кальцій, водневий показник, сільськогосподарські угіддя, кореляція.

Для родючості ґрунту особливо важливе значення має вміст в ньому кальцію. За визначенням О. Н. Соколовського [9, 16], «роль кальцію в ґрунті надзвичайно багатогранна, а вплив його на ґрунтові процеси в кінцевому рахунку настільки сприятливий, що його по справедливості можна назвати вартувим родючості ґрунту...».

Кальцій визначає реакцію ґрунтового середовища та впливає на біологічну активність ґрунту, сприяє формуванню структури, утворенню в ґрунті сприятливого водно-повітряного режиму, нейтралізує кислі гумусові речовини та тим самим запобігає руйнуванню алюмосилікатної частини ґрунту. Агрономічно найбільш цінна структура утворюється в процесі коагуляції при умові, що в ньому приймають участь гумусові речовини та катіони кальцію, магнію і заліза. У процесі окультурення малобуферних ґрунтів кальцій є важливою передумовою формування водостійкої структури, разом з органічною речовиною сполуки, що містять кальцій сприяють розщільненню ґрунту [1, 7]. Дослідженнями К. К. Гедройца [2, 18] було встановлено, що структурність ґрунту залежить перед усім від складу увібраних основ: чим вище вміст двовалентних катіонів, особливо кальцію і магнію, тим сприятливіше складаються фізичні властивості ґрунту.

Кальцій забезпечує розвиток кореневої системи, сприяючи формуванню більшої кількості корневих волосків. Кальцій життєво необхідний рослині, має здатність накопичуватися у старих листках і не може повторно використовуватися. Роль кальцію тісно пов'язана з фотосинтезом, оскільки він поліпшує синтез хлорофілу. Кальцій активує ферменти, посилює обмін речовин, позитивно впливає на процес перетворення азотовмісних сполук у

рослинах, а також відповідає за регуляцію кислотно-основної рівноваги в клітинах рослин [3, 7, 11, 15, 16].

Кислотність ґрунту має і опосередкований вплив на властивості ґрунтів. Водень, витісняючи кальцій з гумусу і ґрунтового вбирного комплексу, підвищує його дисперсність і рухомість, внаслідок чого ґрунти мають несприятливі фізичні й фізико-хімічні характеристики [17].

Вплив підвищеної кислотності на розвиток рослин усебічний. Поряд з прямою негативною дією іонів водню на рослини кислотність змінює властивості ґрунтів та діяльність ґрунтових мікроорганізмів. В умовах підвищеної кислотності пригнічується діяльність ґрунтових мікроорганізмів, особливо нітрифікаторів та азотофікаторів. Крім того, порушуються ферментативні процеси в рослинах, вуглеводневий та білковий обміни, синтез хлорофілу, змінюється в кислий бік і реакція клітинного соку, хоча не в такій мірі, як реакція ґрунтового середовища [17].

Метою роботи було дослідити кислотність і вміст обмінного кальцію в ґрунтах Тернопільської області, які визначають особливості природокористування і впливають на ефективність сільськогосподарського використання ґрунтів та встановити кореляційний зв'язок між досліджуваними величинами.

Матеріал і методи досліджень

Проби ґрунтів відбирали у 2019 році з різних регіонів Тернопільської області: Підгаєцького – с. Угринів (т. 1, рис. 1; т. 2, рис. 2), с. Старе Місто (т. 13, рис. 2), с. Яблунівка (т. 12, рис. 2), Козівського – с. Хоробрів (т. 9, рис. 2), с. Козлів (т. 2, рис. 1), Бережанського – с. Волощина (т. 10, рис. 2) та Зборівського – м. Зборів (т. 1, рис. 1) районів, що розташовані у південно-західній частині Тернопілля.

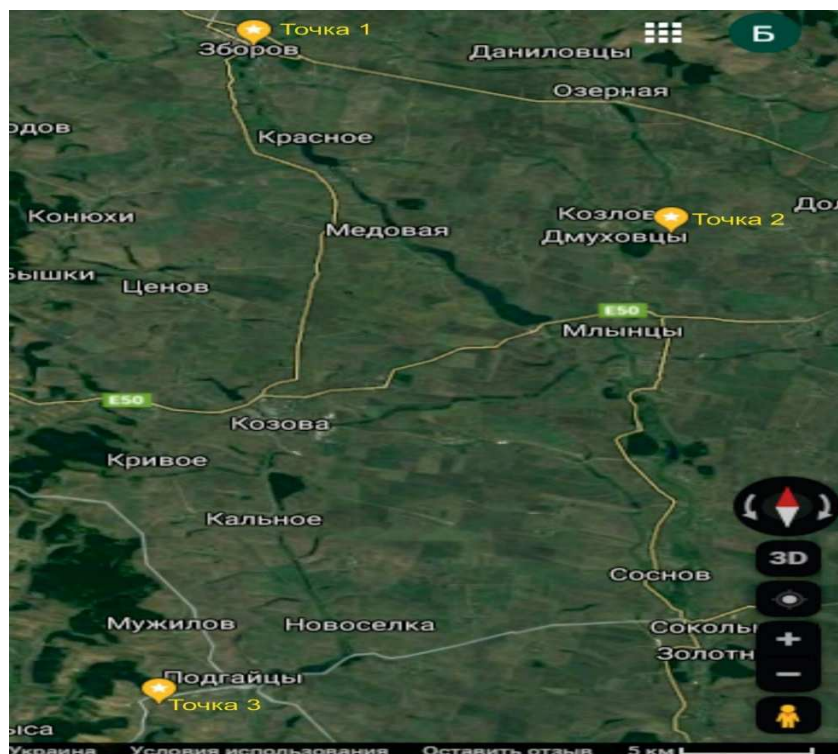


Рис. 1. Точки відбору проб в Козівському районі (с. Козлів), Зборівському (м. Зборів) та Підгаєцькому (с. Угринів) районах Тернопільської області.

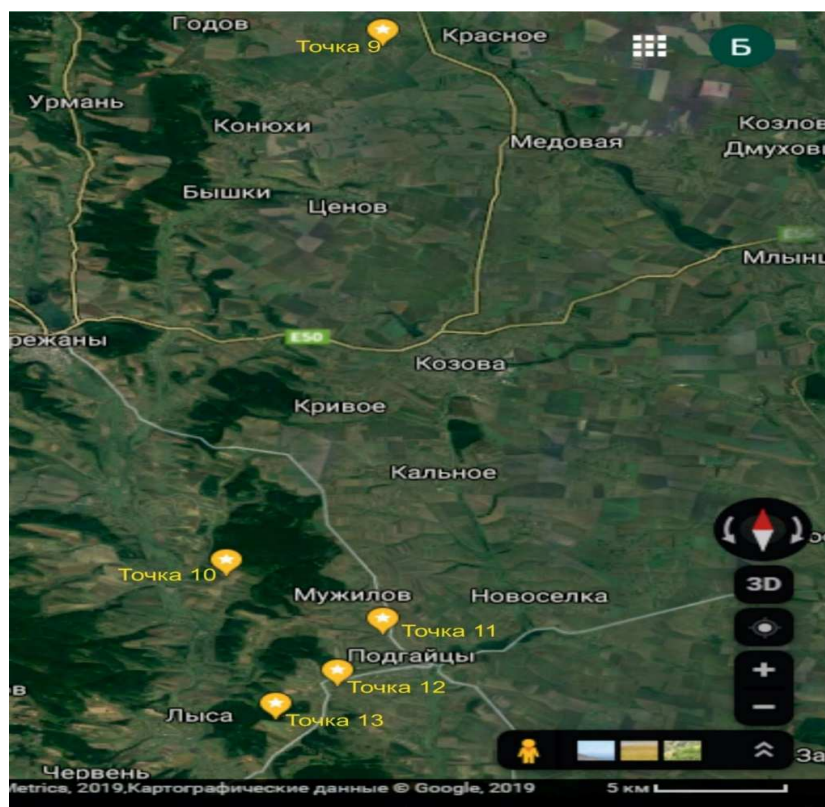


Рис. 2. Точки відбору проб в Підгаєцькому (с. Угринів, с. Яблунівка, с. Старе Місто), Бережанському (с. Волощина) та Козівському районах (с. Хоробрів)

Також ґрунт відбирали на території Шумського району – с. Шкроботівка (т. 1), що належить до Подільського ландшафту, с. Башківці (т. 7, т. 8) та с. Угорськ (т. 6), котрі знаходяться у межах природної зони Мале Полісся, с. Кордишів (т. 4, т. 5), с. Малі Садки (т. 2) та с. Васьківці (т. 3), що належать до горбогірного Опільського ландшафту (рис. 3).

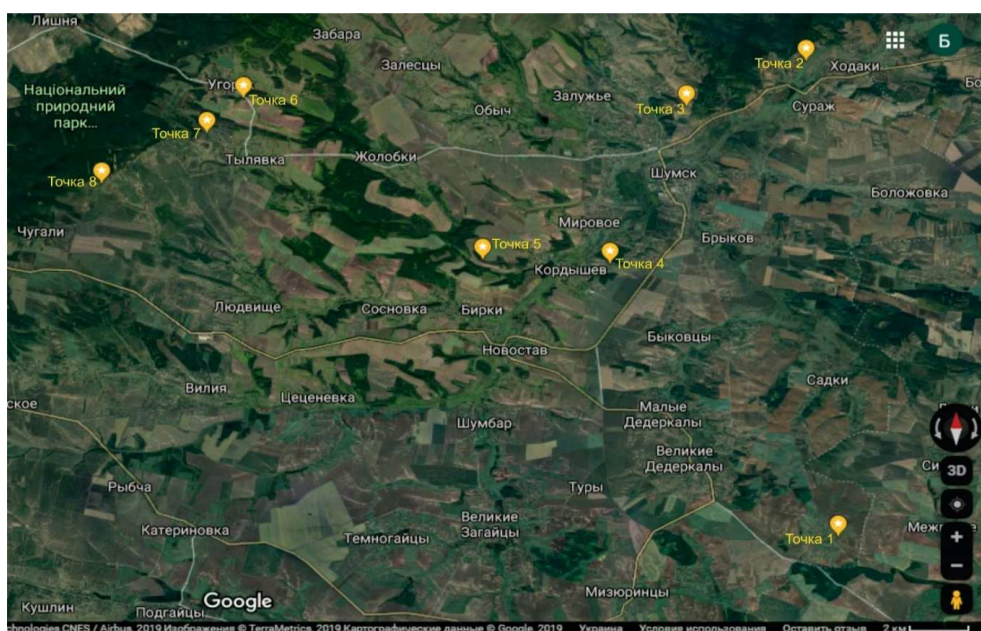


Рис. 3. Точки відбору проб у Шумському районі Тернопільській області.

Для визначення вмісту обмінного кальцію та водневого показника зразки ґрунту відбирали з вищевказаних точок у трьох повторностях з глибини 15–20 см [8].

Відібраний ґрунт висушували до повітряно-сухого стану. Із сухого взірця забирали домішки (рослинні рештки, комахи, камінці тощо), подрібнювали і просіювали через сито 2 мм. Зразок ґрунту поміщали у поліетиленовий мішечок чи паперовий пакет із етикеткою де вказували господарство і його адресу, номер поля, назву ґрунту, глибину відбору зразка, дату відбору [8].

Обмінну форму кальцію в ґрунті визначали у витяжці 1 н. КСІ методом комплексометрії [5]. Суть методу полягає в титруванні кальцію трилоном Б за рівня pH 12,5–13,0 з використанням в якості індикатора мурексиду.

Кислотність ґрунту досліджували методом іонселективної потенціометрії [4]. Суть методу полягає в добуванні обмінних катіонів з ґрунту 1 н. розчином хлористого калію за співвідношення ґрунту і розчину 1 : 2,5 та подальшому потенціометричному визначенні pH з використанням скляного електрода [3].

Результати досліджень та їх обговорення

Аналіз отриманих результатів показав, що на досліджених територіях у цілому спостерігався підвищений (11,36) вміст обмінного кальцію (табл. 1). Середньозважений показник у Шумському районі становить – 11,3 мг/кг (підвищений). У Козівському, Зборівському, Підгаєцькому та Бережанському районах –10,9 мг/кг (підвищений) (рис. 4, 5).

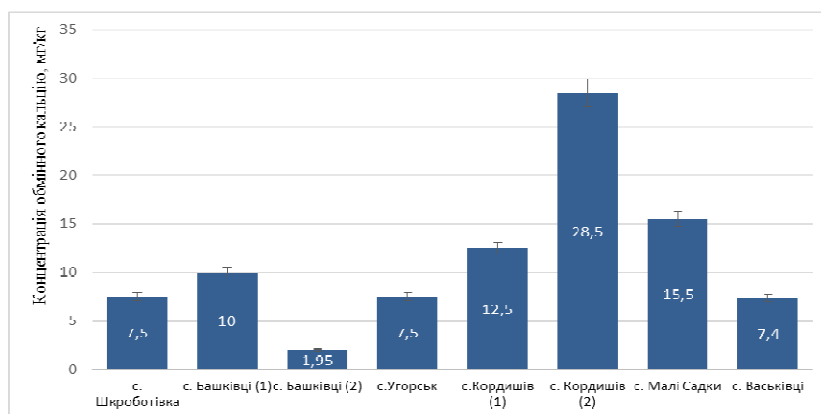


Рис. 4. Вміст обмінного кальцію в ґрунтах Шумського району Тернопільської області ($M \pm m$), $n=3$

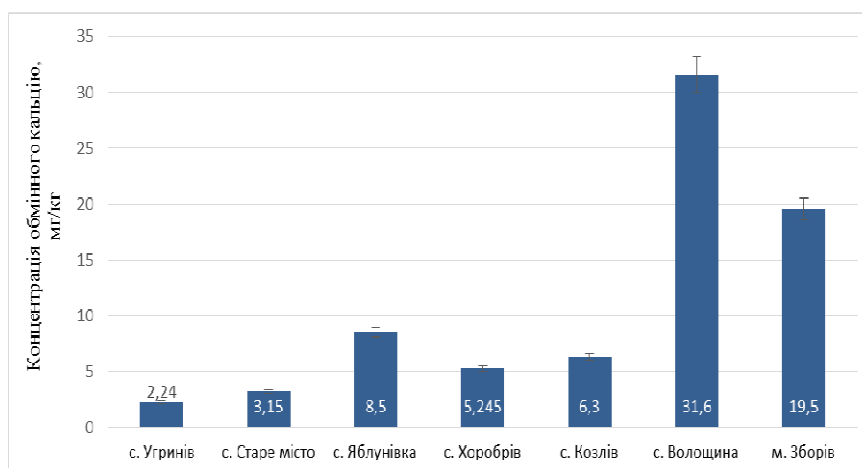


Рис. 5. Вміст обмінного кальцію в ґрунтах Козівського, Бережанського, Підгаєцького та Зборівського Тернопільської області ($M \pm m$), $n=3$

У Шумському районі лише в с. Малі Садки – 15,5 мг/кг у м. Зборів – 19,5 мг/кг) та с. Кордишів (2) – 28,5 мг/кг вміст обмінного кальцію високий; а в населених пунктах с. Угринів – 2,24 мг/кг, Старе Місто – 3,15 мг/кг та с. Башківці (2) – 1,95 мг/кг – низький (табл. 1).

Таблиця 1

Групування ґрунтів за вмістом обмінного кальцію [14]

Шифр	Обмінний кальцій, мг/кг ґрунту	Вміст
1	< 2,5	дуже низький
2	2,6 – 5,0	низький
3	5,1 – 10,0	середній
4	10,1 – 15,0	підвищений
5	15,1 – 20,0	високий
6	> 20	дуже високий

Це, очевидно, обумовлено низьким ступенем кислотності на даних територіях (рис. 6).

Зокрема, в с. Башківці (2) водневий показник становить 5,58 – ґрунти слабонейтральні; в с. Угорськ – pH – 6,54 та с. Яблунівка pH – 6,66 – близький до нейтрального ступінь кислотності ґрунтів (рис. 6, 7) (табл. 2).

На таких ґрунтах необхідно проводити вапнування, враховуючи тип ґрунту та культури, що планується вирощувати [7, 10, 11].

Згідно літературних даних [6, 12] комплекси гумусових речовин з кальцієм розпадаються в кислому та слабкокислому середовищі, тому в ґрунтах с. Угринів та с. Старе Місто кількість обмінного кальцію незначна, зате у ґрунтах с. Волощина при pH 7,14 вміст обмінного кальцію дуже високий (31,5 мг/кг), а у м. Зборів – високий (19,5 мг/кг) при pH 6,84 (рис. 6, 7).

Таблиця 2

Групування ґрунтів за ступенем кислотності [10, 14]

Шифр	Показник	Ступінь кислотності
1	< 4,1	дуже кислі
2	4,1 – 4,5	сильнокислі
3	4,6 – 5,0	середньокислі
4	5,1 – 5,5	слабокислі
5	5,6 – 6,0	слабонейтральні
6	> 6,0	нейтральні
7	> 7,0	лужні
8	7,5 – 8,5	дуже лужні

У населених пунктах с. Шкроботівка, с. Кордишів, с. Малі Садки, с. Васьківці, ґрунти слаболужні, а у с. Башківці (1) та с. Угорськ – близькі до нейтрального ступеня кислотності, і лише в с. Башківці (2) ґрунти слабонейтральні (рис. 6). Середньозважений показник становив 6,76 – нейтральний.

У ґрунтах Зборівського, Бережанського, Підгаєцького, Козівського районів водневий показник в основному нейтральний, лише в с. Угринів ґрунти слабо-кислі (5,26), а в с. Волощина – слабо-лужні (7,14). Середньозважений показник становив – 6,45 – нейтральний (рис. 7).

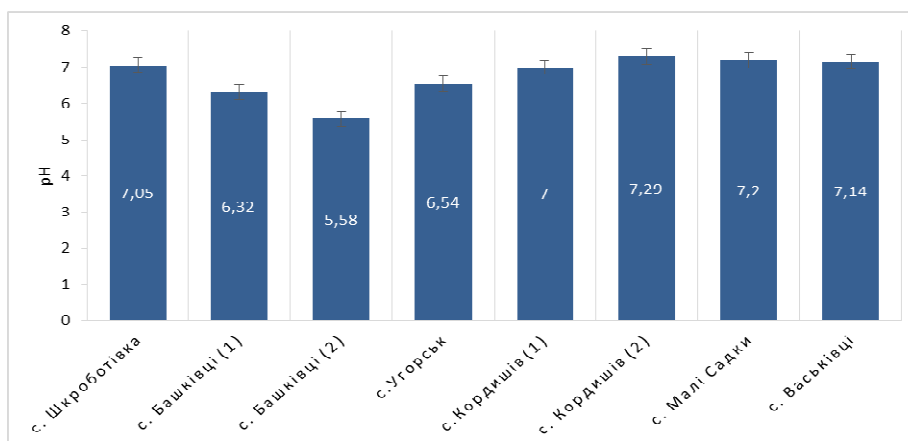


Рис. 6. Водневий показник у ґрунтах Шумського району ($M \pm m$), $n=3$

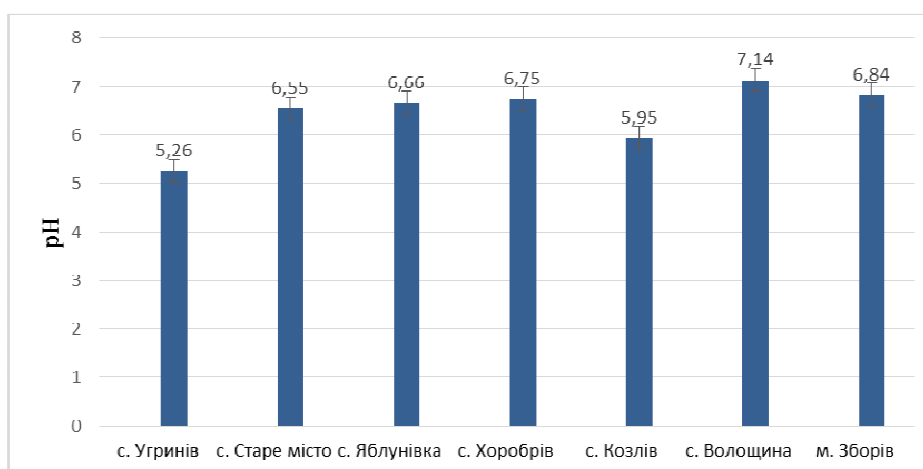


Рис. 7. Водневий показник у ґрунтах Козівського, Бережанського та Зборівського районів Тернопільської області ($M \pm m$), $n=3$

Для оцінки лінійного кореляційного зв'язку між двома ознаками, що виміряні в метричних шкалах, часто використовують коефіцієнт кореляції Пірсона. Цей показник завжди набуває значення в числовому інтервалі від -1 до +1. Знак коефіцієнта показує «напрямок» зв'язку. Додатний коефіцієнт кореляції ($r > 0$) свідчить про «прямий» зв'язок між ознаками, тобто такий, коли збільшення значення однієї ознаки збільшує значення іншої ознаки, а від'ємний ($r < 0$) – про «зворотний» зв'язок (такий, коли зростання однієї ознаки веде до зменшення іншої ознаки) [12].

У наших дослідженнях існує прямий кореляційний зв'язок між вмістом кальцію у ґрунтах і ступенем кислотності. Як правило, якщо абсолютне значення коефіцієнта перевищує 0,3, то можна вести мову про помірний лінійний зв'язок між ознаками, а якщо перевищує 0,8 – про дуже тісний зв'язок між ознаками [12]. Зокрема, коефіцієнт кореляції між вмістом у ґрунтах обмінного кальцію в Шумському районі і ступенем кислотності становив 0,64 (середній зв'язок), а коефіцієнт кореляції між вмістом у ґрунтах обмінного кальцію у Зборівському, Підгаєцькому та Бережанському районах і ступенем кислотності становив 0,55 (середній зв'язок).

Висновки

Кальцій, займаючи переважну частину ємності катіонного обміну ґрунту, є регулятором реакції середовища. Встановлено, що ґрунти з підвищеним вмістом обмінного кальцію мають здебільшого лужну реакцію.

На досліджених територіях у цілому спостерігався середній вміст обмінного кальцію, лише в с. Малі Садки (15,5 мг/кг), м. Зборів (19,5 мг/кг) та с. Кордишів (2) 28,5 мг/кг – високий; в точках відбору зразків с. Угорськ 2,24 мг/кг, с. Яблунівка – 3,15 мг/кг та с. Башківці (2) – 1,95 мг/кг – низький. Це пояснюється рівнем *pH* сольових витяжок з ґрунтів даних територій. Так, у с. Башківці (2) (Шумський район) водневий показник становив 5,58 – ґрунти слабонеітральні; в с. Угорськ (Шумський район) – 6,54 та с. Яблунівка (Підгаєцький район) – 6,66 – близький до нейтрального ступінь кислотності ґрунтів.

Середньозважений показник обмінного кальцію у Шумському районі становив 11,3 мг/кг (підвищений), а кислотності – 6,76 – нейтральний. Середньозважений показник кальцію у Козівському, Зборівському, Підгаєцькому та Бережанському районах – 10,9 мг/кг (підвищений), а кислотності – 6,45 – нейтральний.

Коефіцієнт кореляції між вмістом у ґрунтах обмінного кальцію в Шумському районі і рівнем кислотності становив 0,64 (середній зв'язок), а коефіцієнт кореляції між вмістом у ґрунтах обмінного кальцію в Зборівському, Підгаєцькому та Бережанському районах і рівнем кислотності становив 0,55 (середній зв'язок).

1. Балок С. А., Трускавецький Р. С., Ромащенко М. І. Сучасна парадигма, систематика та проблеми інноваційного розвитку меліорації земель. Агрохімія і ґрунтознавство. Спецвипуск. Харків., 2014. (кн. 1). С. 24–38.
2. Барвінський А. В. Роль вапнування в захисті кислих ґрунтів правобережного Полісся та Лісостепу від фізичної деградації. Агрохімія та ґрунтознавство. Ґрунтознавство та агрохімія на шляху до сталого розвитку України. Спецвипуск. Харків, 2002. (кн. 2). С. 223–225.
3. Городній М. М., Лісовал А. П., Бикін А. В. Агрохімічний аналіз. К. : Арістей, 2005. 468 с.
4. ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО. М. : Издательство стандартов, 1985. 6 с. URL : <http://docs.cntd.ru/document/1200023490> (дата звернення 10.11.2019).
5. ГОСТ 26487-85 Почвы. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО. М. : Издательство стандартов, 1985. 14 с. URL : <http://docs.cntd.ru/document/gost-26487-85> (дата звернення 15.11.2019).
6. Гринченко Т. А. Изменение активности ионов кальция дерновоподзолистых и серых лесных почв Украины в связи с известкованием и применением удобрений. Агрoхимия. № 5, 1975. С. 5–12.
7. Ґрунтознавство: підручник / Д. Г. Тихоненко та ін.; за ред. Д. Г. Тихоненка. Київ : Вища освіта, 2005. 703 с.
8. ДСТУ ISO 10381-2:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 2. Настанови з методів відбирання проб. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 2003. 24 с. URL : http://kzv.do.am/GOST/DSTY_ALL/DSTY1/dsty_iso_10381-2-2004.pdf (дата звернення 15.11.2019).
9. Крамарьов С. Фосфорна проблема українських чорноземів та шляхи її вирішення. ЧП «Імпторгсервіс». URL : <https://importorgservis.uaprom.net/a170873-fosforna-problema-ukrayinskih.html> (дата звернення 10.11.2019).
10. Кулаковская Т. Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений. М. : Агропромиздат, 1990. 218 с.
11. Лихочвор В., Демчишин А. Роль кальцію і магнію за інтенсивного землеробства. Пропозиція. 2016. №1. С. 62-65. URL : <https://propozitsiya.com/ua/rol-kalciya-i-magniya-pri-intensivnom-zemledelii> (дата звернення 10.11.2019).
12. Лісовал А. П., Макаренко В. П., Кравченко С. М. Системи використання добрив. К. : Вид-во АПК, 2002. 350 с.
13. Мармоза І. Т. Практикум із сільськогосподарської статистики : навч. посібник. К. : Кондор, 2005. 450 с.
14. Рижук С. М. Лісовий М. В., Бенцаровський Д. М. Методика агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення. Київ, 2003. 64 с.
15. Созінова О. О., Прістер Б. С. Методика суцільного ґрунтового-агрохімічного моніторингу сільськогосподарських угідь України. К. : МСГ і П., 1994. 162 с.
16. Соколовський А. Н. Избранные труды. Почвоведение и агрохимия. К. : Урожай, 1971. 368 с.
17. Ярошко М. Кислотність ґрунтів та її вплив на живлення рослин. Агроном. 2013. № 3. С. 30-33. URL : <https://agronom.com.ua/kyslotnist-gruntiv-ta-yiyi-vplyv-na-zhyv/> (дата звернення 10.11.2019).

18. Baier J., Smetankova M., Baierova V. Research on eliminating magnesium deficiency in agricultural crops. *Res. Inst. of Crop Prod. Annu. Rep. 1993. Praha-Ruzyne, 1994. P. 39.*

References

- Baliuk S. A., Truskavets'kyi R. S., Romashchenko M. I. Suchasna paradyhma, systematyka ta problemy innovatsiynoho rozvytku melioratsii zemel'. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo. Spetsvypusk. Kharkiv., 2014. (kn. 1). S. 24–38. (in Ukrainian)*
- Barvins'kyi A. V. Rol' vapnuvannia v zakhysti kyslykh gruntiv pravoberezhnoho Polissia ta Lisostepu vid fizychnoi dehradatsii. *Ahrokhimiia ta gruntoznavstvo. Gruntoznavstvo ta ahrokhimiia na shliakhu do staloho rozvytku Ukrainy. Spetsvypusk. Kharkiv, 2002. (kn. 2). S. 223–225. (in Ukrainian)*
- Horodniy M. M., Lisoval A. P., Bykin A. V. *Ahrokhimichnyy analiz. K. : Aristey, 2005. 468 s. (in Ukrainian)*
- GOST 26483-85 Pochvy. Prigotovlenie solevoy vytiashki i opredelenie ee rN po metodu TsINAO. M. : Izdatel'stvo standartov, 1985. 6 s. URL : <http://docs.cntd.ru/document/1200023490> (data zvernennia 10.11.2019). (in Russian)
- GOST 26487-85 Pochvy. Opredelenie obmennogo kal'tsiia i obmennogo (podvizhnogo) magniia metodami TsINAO. M. : Izdatel'stvo standartov, 1985. 14 s. URL : <http://docs.cntd.ru/document/gost-26487-85> (data zvernennia 15.11.2019). (in Russian)
- Grinchenko T. A. Izmenenie aktivnosti ionov kal'tsiia dervopodzolistykh i serykh lesnykh pochv Ukrainy v sviazi s izvestkovaniam i primeneniam udobreniy. *Agrokhimiia. No 5, 1975. S. 5–12. (in Russian)*
- Gruntoznavstvo: pidruchnyk / D. H. Tykhonenko ta in.; za red. D. H. Tykhonenka. Kyiv : Vyscha osvita, 2005. 703 s. (in Ukrainian)
- DSTU ISO 10381-2:2004. Yakist' gruntu. Vidbyrannia prob. Chastyna 2. Nastanovy z metodiv vidbyrannia prob. Vyd. ofits. Kyiv : Derzhstandart Ukrainy, 2003. 24 s. URL : http://ksv.do.am/GOST/DSTY_ALL/DSTY1/dsty_iso_10381-2-2004.pdf (data zvernennia 15.11.2019) (in Ukrainian)
- Kramar'ov S. Fosforna problema ukrains'kykh chornozemiv ta shliakhy ii vyrishennia. ChP «PKF «Ymptorhservys». URL : <https://imptorgservis.uaprom.net/a170873-fosforna-problema-ukrayinskih.html> (data zvernennia 10.11.2019) (in Ukrainian)
- Kulakovskaia T. N. Optimizatsiia agrokhimicheskoy sistemy pochvennogo pitaniia rasteniy. M. : Agropromizdat, 1990. 218 s. (in Russian)
- Lykhochvor V., Demchyshyn A. Rol' kal'tsiu i mahniu za intensyvnoho zemlerobstva. Propozytsiia. 2016. No1. S. 62-65. URL : <https://propozitsiya.com/ua/rol-kalciya-i-magniya-pri-intensivnom-zemledelii> (data zvernennia 10.11.2019). (in Ukrainian)
- Lisoval A. P., Makarenko V. P., Kravchenko S. M. Systemy vykorystannia dobryv. K. : Vyd-vo APK, 2002. 350 s. (in Ukrainian)
- Marmoza I. T. *Praktykum iz sil'skohospodars'koi statystyky : navch. posibnyk. K. : Kondor, 2005. 450 s. (in Ukrainian)*
- Ryzhuk S. M., Lisovyy M. V., Bentsarovs'kyi D. M. Metodyka ahrokhimichnoi pasportyzatsii zemel' sil'skohospodars'koho pryznachennia. Kyiv, 2003. 64 s. (in Ukrainian)
- Sozinova O. O., Prister B. S. Metodyka sutsil'noho gruntovo-ahrokhimichnoho monitorynhu sil'skohospodars'kykh uhid' Ukrainy. K. : MSH i P., 1994. 162 s. (in Ukrainian)
- Sokolovskiy A. N. Izbrannye trudy. Pochvovedenie i agrokhimiia. K. : Urozhay, 1971. 368 s. (in Russian).
- Yaroshko M. Kyslotnist' gruntiv ta ii vplyv na zhyvlennia roslyn. *Ahronom. 2013. No 3. S. 30-33. URL : https://agronom.com.ua/kyslotnist-gruntiv-ta-yiyi-vplyv-na-zhyv/* (data zvernennia 10.11.2019). (in Ukrainian)
- Baier J., Smetankova M., Baierova V. Research on eliminating magnesium deficiency in agricultural crops. *Res. Inst. of Crop Prod. Annu. Rep. 1993. Praha-Ruzyne, 1994. P. 39.*

¹H. B. Humeniuk, ¹V. O. Khomenchuk, ²N. G. Zinkovska, ¹N. V. Moskalyuk

¹Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

²Taras Shevchenko Regional Humanitarian-Pedagogical Academy of Kremenets, Ukraine

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF CALCIUM CONTENT AND ACIDITY IN SOILS OF THE TERNOPIIL REGION

The soils of Ukraine have been well studied, however this did not prevent them from the intensive degradation processes. About a third of the arable land is eroded, about 20% of organic matter is lost,

almost all the arable land in the subsoil is compacted, the nutrient forms of mobile phosphorus and especially calcium are significantly reduced, calcium, occupying the bulk of the cation exchange capacity of the soil, serves as a regulator. Calcium is a coagulator of soil colloids, protects them from destruction and removal to the lower horizons of the profile; promotes the formation and preservation of humus and its stable compounds; creates proper physical conditions, plays a crucial role in structure formation; binds moving forms of compounds of aluminum, iron, manganese, which adversely affect the cultural vegetation. Calcium is also a direct nutrient of plants and soil microorganisms and plays an exclusive mobilizing role in soil, increasing the content of basic nutrients available to plants, primarily phosphorus.

In the work we carried out chemical assessment of soils of Kozova, Zboriv Shumsk, Pidhaytsi and Berezhany districts of Ternopil region. We also studied the acidity, content of exchangeable calcium and natural factors that determine the peculiarities of agricultural natural resource use and influence. Correlation relationships between the studied values are established.

Key words: calcium exchange, hydrogen index, agricultural land, correlation.

Надійшла 29.10.2019.

УДК 614.7(477):[502.22+504.61](043)

doi: 10.25128/2078-2357.19.4.8

О. В. ЄРМІШЕВ

Донецький національний університет імені Василя Стуса
проспект Юності, 16, Вінниця, 21030
e-mail: o.yermishev@donnu.edu.ua

ФУНКЦІОНАЛЬНО-ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА (ФЕЕ) ГАЙСИНСЬКОГО РАЙОНУ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

Розроблена нами концепція функціонально-екологічної експертизи (ФЕЕ) регіонів радіаційного контролю принципово доповнює прийняті форми дозиметричного і тиреодозиметричного контролю. Метою нашої роботи стало провести за допомогою функціонально-екологічної експертизи (ФЕЕ) верифікацію радіаційної залежності функціонального здоров'я і дозиметричної паспортизації населених пунктів Гайсинського району Вінницької області. Екологічним критерієм ФЕЕ конкретного регіону проживання населення є системно залежне зіставлення пригнічення функціональної активності організму (парасимпатична активність (ПА), вегетативної рівноваги (ВР) та симпатичної активності (СА). Обстежено за методом В. Г. Макаца 186 дітей різного віку (хлопці – 91, дівчата – 95), що проживали в с. Карбівка, с. Кунка та с. Степашки Гайсинського району упродовж 1993–1996 років. На цій основі сформовано інтегральна характеристика екологічного стану і визначено рівні (зони) його екологічного тиску в населених пунктах с. Карбівка, с. Кунка та с. Степашки Гайсинського району Вінницької області, що відносяться до IV зони радіаційного контролю.

Встановлено, що функціонально-вегетативне здоров'я дітей екологічно залежне, а його показники є найбільш чутливими біоіндикаторами радіаційного (екологічного) забруднення. Функціонально-вегетативне здоров'я дітей обстежених населених пунктів Гайсинського району збігаються з офіційною дозиметричною паспортизацією населених пунктів. Моніторинг вегетативного здоров'я дітей має стати основою сучасної функціональної диспансеризації дитячого населення і доповнювати державну дозиметричну і тиреодозиметричну паспортизацію населених пунктів.

Ключові слова: функціонально-екологічна експертиза, екологічна паспортизація, функціональне здоров'я.

almost all the arable land in the subsoil is compacted, the nutrient forms of mobile phosphorus and especially calcium are significantly reduced, calcium, occupying the bulk of the cation exchange capacity of the soil, serves as a regulator. Calcium is a coagulator of soil colloids, protects them from destruction and removal to the lower horizons of the profile; promotes the formation and preservation of humus and its stable compounds; creates proper physical conditions, plays a crucial role in structure formation; binds moving forms of compounds of aluminum, iron, manganese, which adversely affect the cultural vegetation. Calcium is also a direct nutrient of plants and soil microorganisms and plays an exclusive mobilizing role in soil, increasing the content of basic nutrients available to plants, primarily phosphorus.

In the work we carried out chemical assessment of soils of Kozova, Zboriv Shumsk, Pidhaytsi and Berezhany districts of Ternopil region. We also studied the acidity, content of exchangeable calcium and natural factors that determine the peculiarities of agricultural natural resource use and influence. Correlation relationships between the studied values are established.

Key words: calcium exchange, hydrogen index, agricultural land, correlation.

Надійшла 29.10.2019.

УДК 614.7(477):[502.22+504.61](043)

doi: 10.25128/2078-2357.19.4.8

О. В. ЄРМІШЕВ

Донецький національний університет імені Василя Стуса
проспект Юності, 16, Вінниця, 21030
e-mail: o.yermishev@donnu.edu.ua

ФУНКЦІОНАЛЬНО-ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА (ФЕЕ) ГАЙСИНСЬКОГО РАЙОНУ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

Розроблена нами концепція функціонально-екологічної експертизи (ФЕЕ) регіонів радіаційного контролю принципово доповнює прийняті форми дозиметричного і тиреодозиметричного контролю. Метою нашої роботи стало провести за допомогою функціонально-екологічної експертизи (ФЕЕ) верифікацію радіаційної залежності функціонального здоров'я і дозиметричної паспортизації населених пунктів Гайсинського району Вінницької області. Екологічним критерієм ФЕЕ конкретного регіону проживання населення є системно залежне зіставлення пригнічення функціональної активності організму (парасимпатична активність (ПА), вегетативної рівноваги (ВР) та симпатичної активності (СА). Обстежено за методом В. Г. Макаца 186 дітей різного віку (хлопці – 91, дівчата – 95), що проживали в с. Карбівка, с. Кунка та с. Степашки Гайсинського району упродовж 1993–1996 років. На цій основі сформовано інтегральна характеристика екологічного стану і визначено рівні (зони) його екологічного тиску в населених пунктах с. Карбівка, с. Кунка та с. Степашки Гайсинського району Вінницької області, що відносяться до IV зони радіаційного контролю.

Встановлено, що функціонально-вегетативне здоров'я дітей екологічно залежне, а його показники є найбільш чутливими біоіндикаторами радіаційного (екологічного) забруднення. Функціонально-вегетативне здоров'я дітей обстежених населених пунктів Гайсинського району збігаються з офіційною дозиметричною паспортизацією населених пунктів. Моніторинг вегетативного здоров'я дітей має стати основою сучасної функціональної диспансеризації дитячого населення і доповнювати державну дозиметричну і тиреодозиметричну паспортизацію населених пунктів.

Ключові слова: функціонально-екологічна експертиза, екологічна паспортизація, функціональне здоров'я.

Зростаючий антропогенний вплив на довкілля, його забруднення різними відходами виробництва призводить до поступової деградації природного середовища під впливом негативних антропогенних чинників. У сучасних умовах швидкість науково-технічного прогресу на кілька порядків перевищує адаптаційні можливості існуючих живих організмів, включно людини [1, 4].

Найбільший антропогенний вплив на навколишнє середовище України чинить транспорт, промисловість, енергетика, сільське господарство. Усі зазначені вище чинники згубно впливають на екологічну ситуацію в Україні і викликають такі негативні наслідки, як парниковий ефект, кислотні дощі, руйнування озонового шару. Основними екологічними проблемами для України на сучасному етапі розвитку є радіоактивне забруднення територій, деградація с/г угідь, забруднення питної води, знищення лісів і зелених насаджень, нагромадження побутових і промислових відходів, забруднення атмосферного повітря тощо [1, 4, 9].

Сьогодні в Україні частка відносно чистих територій держави становить 7%; умовно чистих – 8%; малозабруднених – 15%; небезпечних для життєдіяльності людини – 70%, з яких 1,7% визнано територіями екологічного лиха. Близько 30% загальних захворювань населення зумовлено забрудненням атмосфери.

Нині одну з найбільших небезпек для жителів України становить радіоактивне забруднення, рівень якого є єдиним контрольованим державою на законодавчому рівні еколого-антропогенним фактором негативного впливу на організм людини. Розроблена нами концепція функціонально-екологічної експертизи (ФЕЕ) регіонів радіаційного контролю України підтверджує доцільність державної уваги до проблеми «Екологічної паспортизації дитячого населення» і принципово доповнює прийняті форми дозиметричного і тиреодозиметричного контролю [3, 8].

Метою роботи стала верифікація за допомогою функціонально-екологічної експертизи (ФЕЕ) радіаційної залежності функціонального здоров'я і дозиметричної паспортизації населених пунктів Гайсинського району Вінницької області.

Матеріал і методи досліджень

НДР є фрагментом державної програми «Двоетапна система реабілітації вегетативних порушень у дітей, що проживають в зоні радіаційного контролю України» (виконується за Дорученням КМ України від 01.06.1999 р. № 12010/87).

Основним предметом дослідження методу ФЕЕ регіонів радіаційного контролю України є комплексний стан вегетативної нервової системи (ВНС) дитячого організму і аналіз процесів, що на нього впливають. Вегетативна нервова система регулює всі внутрішні процеси в організмі й виконує адаптаційно-трофічну функцію – регуляцію обміну речовин щодо умов зовнішнього середовища [5, 6, 10, 11].

Серед багатьох методів дослідження окремих показників стану вегетативної нервової системи більшість малодостовірні через низьку повторюваність (повторні результати не збігаються з попередніми). Цих недоліків позбавлена функціонально-вегетативна діагностика (ФВД) вегетативного здоров'я населення за методом В. Макаца, що дозволяє виявити показники дисперсії вегетативних рівнів, які є інтегральними біоіндикаторами внутрішнього гомеостазу і його залежність від змінних умов зовнішнього середовища [5, 6, 7]. На цій основі формується інтегральна характеристика екологічного стану і визначаються рівні (зони) його екологічного тиску. Функціональне здоров'я населення більш об'єктивно відображає екологічні зміни території, оскільки характеризує здатність адаптації організму до змінних умов зовнішнього і внутрішнього середовищ [3].

Нами обстежено за допомогою ФВД 186 дітей (хлопці – 91, дівчата – 95) різного віку, які проживають в с. Карбівка, с. Кунка та с. Степашки Гайсинського району упродовж 1993–1996 років.

Математико-статистична обробка результатів спостережень проводилась за допомогою методу непараметричної статистики запропонованого Є. А. Дерев'янку для визначення величини зсуву досліджуваної функції [2].

Результати досліджень та їх обговорення

У центрі уваги ФЕЕ є функціональне здоров'я окремих вікових груп дитячого населення, яке стає «біоіндикатором» індивідуального здоров'я і характеризує екологічну динаміку в регіоні компактного проживання.

Встановлено, що рівні функціонального здоров'я є специфічними маркерами стану адаптації організму до змінних умов зовнішнього і внутрішнього середовищ та відображають загальний функціонально-вегетативний гомеостаз організму людини. Отриманні дані про стан функціонального здоров'я дитячого населення певної території та усередненої інформації про порушення відхилення вегетативної нервової системи можна використати для проведення аналізу впливу інтегрального екологічного тиску на організм людини, можливих екологічних проблем території і ступінь екологічного впливу. Нині є розуміння адаптаційної залежності від динамічної сталості функціонально-вегетативного гомеостазу. Залежність індивідуально-функціонального здоров'я дитини від стану довкілля є основою ендоекології.

Вінницька область – один із розвинених аграрно-промислових та культурно-історичних регіонів України. Територія області має 26,5 тис. км², що становить 4,4% від площі України. Кількість населення – 1,61 млн. осіб, (3,75% населення країни), у тому числі міське – 50,6%, сільське – 49,4%.

Згідно з даними статистичної звітності, у 2017 році викиди від стаціонарних джерел викидів становили 155,8 тис. тонн, 46,3% припадає на сполуки сірки (72,1 тис. тонн); у 2016 році – 119,8 тис. тонн та 51,1 тис. тонн відповідно. Обсяги викидів зросли на 36 тис. тонн (на 30%) за рахунок оксиду карбону, сполук сульфуру, сполук нітрогену, твердих часточок. Знизилися викиди неметанових летких органічних сполук (НМЛОС) та аміаку. Викиди диоксиду карбону склали 6,4 млн. тонн (2016 рік – 5,1 млн. тонн).

Високі рівні забрудненості повітря у 2017 році зафіксовані у міських населених пунктах Вінницького (18,2% проб з понаднормативним вмістом забруднюючих речовин), Жмеринського (11,8%) та Чернівецького районів (8,3%); та у сільських населених пунктах Гайсинського (15,4%), Чернівецького (8,3%) та Томашпільського районів (7,1%).

Згідно з попередніми даними, упродовж 2017 р. на підприємствах області утворилось 2345,4 тис. тонн відходів I–IV класів небезпеки, включно I–III класів небезпеки – 970,0 т. Із загальної кількості спалено відходів 59,9 тис. т, утилізовано – 350,5 тис. т та видалено у спеціально відведені місця – 127,6 тис. т. Найбільше відходів I–IV класів небезпеки утворилося у місті Ладижин – 24,4% від загальної кількості), Вінниці – 21,5%, а також Гайсинському – 22,5% та Крижопільському – 20,4% районах.

Гайсинський район розташований у східній частині Вінницької області, межує з Черкаською областю, а також з Тростянецьким, Іллінецьким, Немирівським, Теплицьким районами. Має площу 1,1 тис. кв. км (4,2% від території Вінницької області, 62 сільські населені пункти). Чисельність населення на 01.01.2020 становило 55,5 тис. осіб (29,9 тис. осіб – сільське населення, а 25,6 тис. – міське). Промисловий сектор економіки представляють 12 підприємств переробної промисловості.

У Вінницькій області 89 населених пунктів знаходяться в зоні посиленого радіоекологічного контролю, у тому числі в Гайсинському районі – 14 (табл. 1).

Екологічним критерієм ФЕЕ конкретного регіону проживання населення є системно залежне зіставлення пригнічення функціональної активності організму (парасимпатична активність (ПА)), вегетативної рівноваги (ВР) та симпатичної активності (СА). На цій основі формується інтегральна характеристика екологічного стану і визначаються рівні (зони) його екологічного тиску. Критерії ФЕЕ повинні бути співвідносними з рівнями радіонуклідного (екологічного) забруднення в контрольованих регіонах спостереження Гайсинського району Вінницької області.

Забруднення території техногенними та техногенно-підсиленими джерелами природного походження

№ з/п	Назва одиниці адміністративно-територіального устрою регіону	Кількість населення, осіб	Питома активність цезій-137 (техногенний), Бк/кг в ґрунті
	Вінницька область, у тому числі:	120983	
	Гайсинський район, у тому числі:	7988	
1	с. Басаличівка	338	14 (0,38)
2	с. Бубнівка	843	12 (0,32)
3	с. Дмитренки	241	48 (0,58)
4	с. Карбівка	1004	1,4 (0,04)
5	с. Косанове	486	29 (0,78)
6	с. Кузьминці	791	30 (0,81)
7	с. Кунка	988	85 (2,3)
8	с. Павлівка	36	34 (0,92)
9	с. Сокільці	80	35 (0,93)
10	с. Степашки	806	29 (0,99)
11	с-ще Трубочка	233	18 (0,50)
12	с. Щурівці	417	14 (0,38)
13	с. Харпачка	898	22 (0,61)
14	с. Ярмолинці	810	16 (0,43)

Виходячи з наведеного, слід згадати міжнародну класифікацію акупунктурних каналів, біофізична реальність яких (як і їх відношення до вегетативного гомеостазу) сьогодні доведені й визнані [5, 6] (табл. 2).

Таблиця 2

Міжнародна класифікація акупунктурних каналів

Традиційний канал	МАН	Традиційний канал	МАН
Легені	LU	Сечовий міхур	BL
Товстий кишківник	LI	Нирки	KI
Шлунок	ST	Перикард	PC
Селезінка-підшлункова залоза	SP	Трійний обігрівач	TE
Серце	HT	Жовчний міхур	GB
Тонкий кишківник	SI	Печінка	LR

Відомо, що зміни фізіологічного стану організму проявляються трансформацією електрошкірного опору в певних ФАЗ шкіри, які топографічно збігаються з ходом 12-ти класичних акупунктурних меридіанів (функціональних систем) – сечовий міхур (BL), жовчний міхур (GB), шлунок (ST), тонкий кишківник (SI), стан лімфатичної системи (TE) та товстий кишківник (LI), сума показників яких формує показник загальної симпатичної активності (СА) організму (стан діяльності симпатичної нервової системи); легені (LU), перикард (PC), серце (HT), селезінка і підшлункова залоза (SP), печінка (LR) та нирки (KI), сума показників яких формує показник загальної парасимпатичної активності (ПА) організму (стан діяльності парасимпатичної нервової системи). Відносне співвідношення суми показників загальної симпатичної активності до парасимпатичної активності, отриманні в мкА в результаті проведення ФВД, переводили у відносні значення і визначали як направленість вегетативного балансу. Числовим результатом цього співвідношення є вегетативний коефіцієнт kV , за яким виділено сім рівнів вегетативної дисперсії (розсіювання) функціонального здоров'я: ПАЗн – зона значної парасимпатичної активності (kV до 0,75); ПАв – зона вираженої парасимпатичної активності (kV 0,76–0,86); ФкП – зона функціональної компенсації парасимпатичної активності (kV 0,87–0,94); ВР – зона допустимої вегетативної рівноваги (kV 0,95–1,05); ФкС – зона функціональної компенсації симпатичної активності (kV 1,06–1,13); САв – зона вираженої

симпатичної активності (kV 1,14–1,26) та САзн – зона значної симпатичної активності ($k-V > 1,26$). Для функціонально-екологічної оцінки впливу факторів довкілля зручніше використовувати вегетативну дисперсію (розсіювання) за критичними зонами, тобто співвідношення парасимпатичної активності – ПА (ПАзн + Пв) – функціональної рівноваги – ФР (ФкП+ВР+ФкС) та симпатичної активності – СА (САзн + САв). Отриманні дані про стан функціонального здоров'я населення певної території та усередненої інформації про порушення відхилення вегетативної нервової системи можна використати для проведення аналізу впливу інтегрального екологічного тиску на організм людини, впливу можливих екологічних проблем території і ступеня екологічного впливу [3, 6].

У запропонованому нами методі функціонально-екологічної експертизи (ФЕЕ) в основу систематичного аналізу відбирається кількість людей (%), у яких показники функціонального здоров'я знаходяться в станах функціонального пригнічення (ПА – перевага парасимпатичної активності), вегетативної рівноваги (ВР) та кількість випадків переваги функціонального збудження (СА – перевага симпатичної активності). За розробленими критеріями, функціональне здоров'я людини знаходиться в зоні умовної норми, коли 70% людей входять в зону функціональної рівноваги (ФР), а по 15% входять у зони парасимпатичної і симпатичної активності [6] (табл. 3).

Таблиця 3

Показники функціонально-екологічної експертизи (за В. Г. Макацем)

Регіон екологічного контролю	Вегетативний статус в %		
	Зона ПА	Зона ВР	Зона СА
Зона функціональної безпеки - ФБ	15	70	15
Зона підвищеної функціональної уваги - ПФУ	25	50	25
Зона розвитку функціональної напруги - РФН	30	50	20
Зона розвитку функціональної катастрофи - РФК	45	40	15
Зона функціонально-екологічної катастрофи - ФЕК	65	25	10
Зона напруги функціонального захисту - НФЗ	10	25	65

Серед полунтантів найбільшу увагу приділяють радіоактивному забрудненню навколишнього середовища. Більше 60% викинутих ізотопів трансуранових елементів і ^{90}Sr залишилося на території зони відчуження. Унаслідок аварії на Чорнобильській АЕС у навколишнє середовище, за підрахунками, було викинуто близько 200 радіоактивних ізотопів елементів у різних фазових і хімічних формах загальною активністю до 13 Ексабеккерелів (ЕБк = 10^{18} Бк), загальною масою більше 4% від 180 тонн ядерного палива зруйнованого четвертого реактора, до складу яких у значній кількості входили й аналоги біогенних елементів, таких як калій і кальцій, – ^{137}Cs і ^{90}Sr . На сьогодні основу радіологічної небезпеки складають трансуранові елементи та цезій-137 і стронцій-90, які мають великий часовий термін розкладу. У 1989–1992 рр. критерієм небезпеки помилково прийняли «щільність радіоактивного забруднення ^{137}Cs » (15 Кі/км^2 не потребує протирадіаційного захисту населення). Це обумовило перевищення нормативів забруднення молока і м'яса. Опади з радіоактивних хмар зростали в дощову погоду, тому забруднення ^{137}Cs , ^{90}Sr та іншими радіонуклідами має чіткий плямистий характер і може відрізнитися. Ця ситуація стосується навіть «радіаційно умовно чистих» територій.

Обстежені населенні пункти с. Карбівка, с. Кунка та с. Степашки Гайсинського району Вінницької області відносяться до IV зони радіаційного контролю. Упродовж 2008 року проводили спостереження з метою верифікації радіаційної залежності функціонального здоров'я і дозиметричної паспортизації населених пунктів (табл. 4).

Критерії радіаційної характеристики обстежених населених пунктів (2008 р.)

Населений пункт	Зона ЧАЕС	Cs ¹³⁷ кБ/м ²		мЗв/рік		
		ґрунт	молоко	2006	70 років	ЛВЛ
Карбівка	4-та зона	1,6	1,7	0,03	0,5	0,03
Кунка	4-та зона	95,4	1,3	0,29	14,0	0,04
Степашки	4-та зона	32,7	2,2	0,11	4,3	0,01

При дослідженні функціонального здоров'я дитячого населення в с. Степашки Гайсинського району (Cs¹³⁷ в ґрунті 32,7 кБ/м²) виявили, що дисперсія вегетативних рівнів (рівні вегетативної рівноваги) в жіночій і чоловічій групах мала динамічну ідентичність, але в чоловічій групі спостерігається більш виражене погіршення стану функціонального здоров'я дітей (рис. 1).

Наші спостереження, проведені в 1996 р., виявили гендерні особливості функціонального здоров'я дітей. Спостереження в жіночій групі указує на відношення с. Степашки до зони «розвитку функціональної катастрофи» (РФК) (4-ї зони радіаційного контролю), а в чоловічій групі – до зони «функціонально-екологічної катастрофи» (ФЕК) (4-ї зони радіаційного контролю) (рис. 2). Результати ФЕЕ с. Степашки збігаються з офіційною дозиметричною паспортизацією населеного пункту.

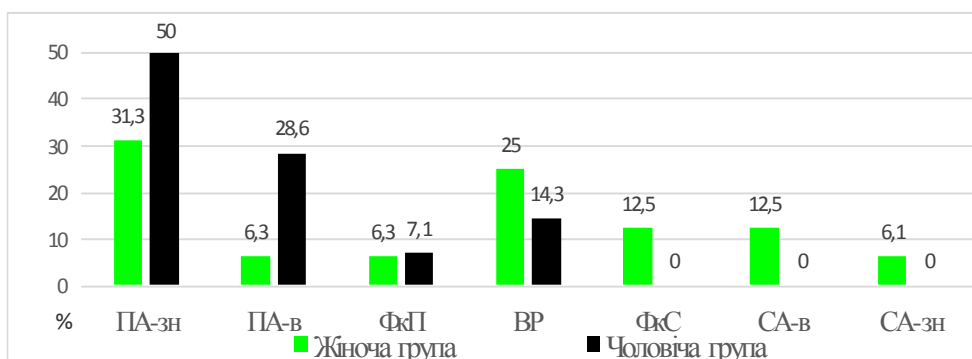


Рис. 1. Рівні вегетативної рівноваги дітей з с. Степашки, 1996 р.; $p \leq 0,05$.

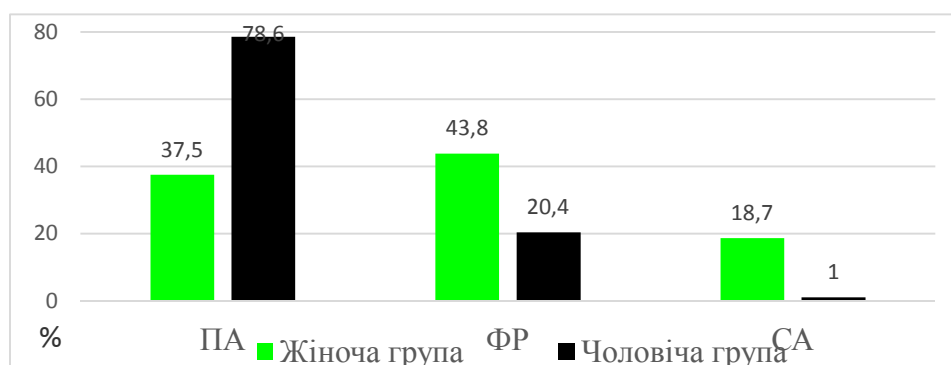


Рис. 2. Критичні вегетативні зони дітей з с. Степашки, 1996 р.; $p \leq 0,05$.

При дослідженні функціонального здоров'я дитячого населення в с. Карбівка Гайсинського району (Cs¹³⁷ в ґрунті 1,6 кБ/м²) виявили, що дисперсія вегетативних рівнів (рівні вегетативної рівноваги) у жіночій і чоловічій групах дітей мала динамічну ідентичність (рис. 3).

Наші спостереження, проведені в 1995 р., виявили гендерні особливості функціонального здоров'я дітей. Спостереження в жіночій і чоловічій групах указує на відношення дитячого населення с. Карбівка до зони «розвитку функціональної напруги» (РФН) (4-ї зони радіаційного контролю) (рис. 4). Результати ФЕЕ с. Карбівка збігаються з офіційною дозиметричною паспортизацією населеного пункту.

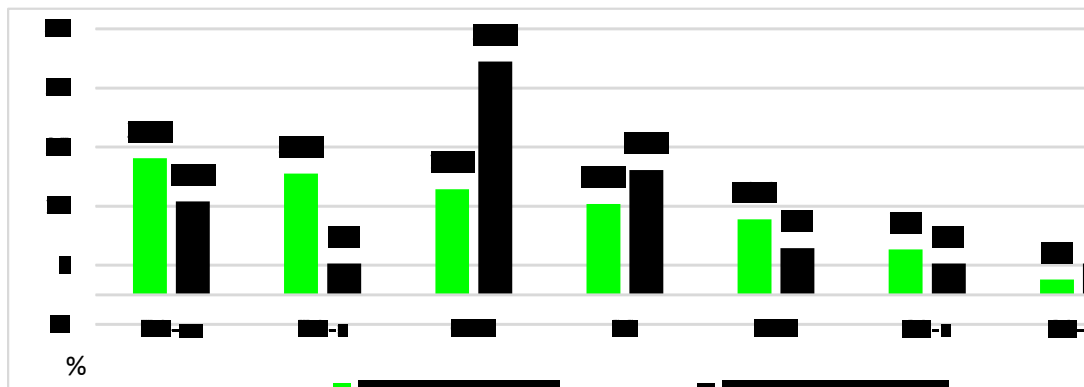


Рис. 3. Рівні вегетативної рівноваги дітей з с. Карбівка, 1995 р.; $p \leq 0,05$.

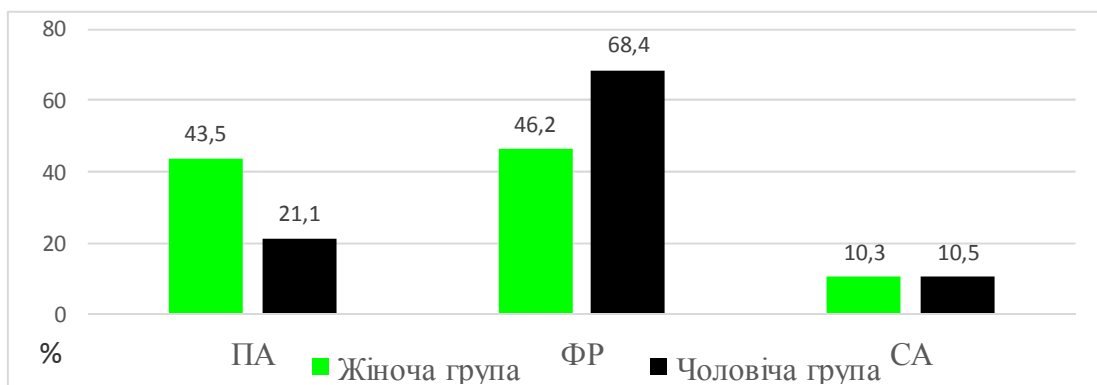


Рис. 4. Критичні вегетативні зони дітей з с. Карбівка, 1995 р.; $p \leq 0,05$.

При дослідженні функціонального здоров'я дитячого населення в с. Кунка Гайсинського району (Cs^{137} в ґрунті $95,4 \text{ kB/m}^2$) виявили, що дисперсія вегетативних рівнів (рівні вегетативної рівноваги) в жіночій і чоловічій групах дітей також мала динамічну ідентичність, але в чоловічій групі спостерігається більш виражене погіршення стану функціонального здоров'я дітей (рис. 5).

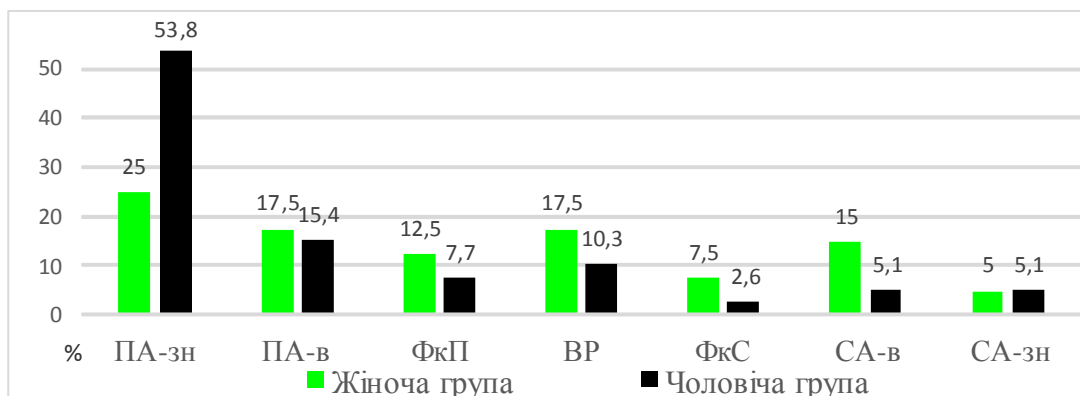


Рис. 5. Рівні вегетативної рівноваги дітей з с. Кунка, 1995–1996 рр.; $p \leq 0,05$.

Наші спостереження, проведені в 1995 р., виявили гендерні особливості функціонального здоров'я дітей.

Спостереження в жіночій і чоловічій групах указує на відношення с. Кунка до зони «розвитку функціональної катастрофи» (РФК) (4-ї зони радіаційного контролю) (рис. 6). Результати ФЕЕ с. Кунка збігаються з офіційною дозиметричною паспортизацією населеного пункту.

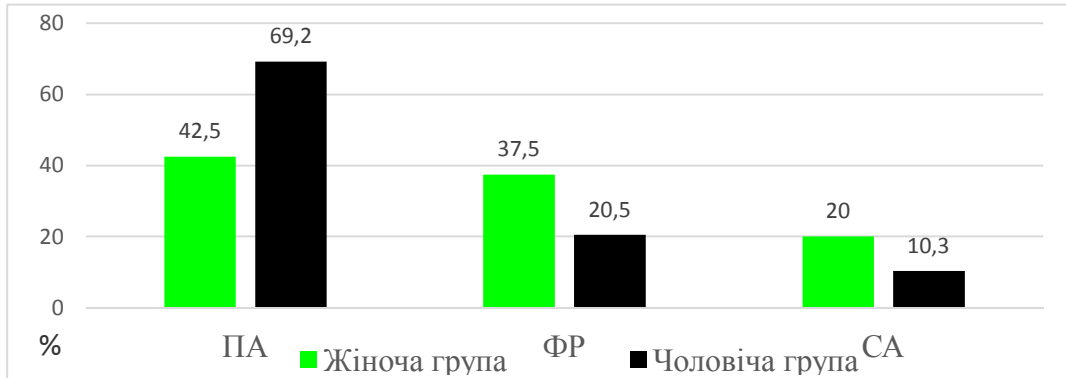


Рис. 6. Критичні вегетативні зони дітей з с. Кунка, 1995–1996 рр.; $p \leq 0,05$.

Висновки

Функціонально-вегетативне здоров'я дітей екологічно залежне і лежить в основі функціонально-екологічної експертизи (ФЕЕ) регіонів радіаційного контролю.

Функціонально-вегетативне здоров'я дітей обстежених населених пунктів Гайсинського району збігаються з офіційною дозиметричною паспортизацією населених пунктів.

Показники функціонально-вегетативного здоров'я дитячого населення є найбільш чутливими біоіндикаторами радіаційного (екологічного) забруднення і вимагають оперативного впровадження задля збереження Генофонду України.

Моніторинг вегетативного здоров'я дітей має стати основою сучасної функціональної диспансеризації дитячого населення і доповнювати державну дозиметричну і тиреодозиметричну паспортизацію населених пунктів.

1. Григорьев А. И., Григорьев К. И. Роль неблагоприятных факторов окружающей среды в формировании нарушений адаптации у детей и подростков. Медицинская сестра. 2018. № 7. С. 32–38. DOI: <https://doi.org/10.29296/25879979-2018-07-07>
2. Интегральная оценка работоспособности при умственном и физическом труде / под ред. Е. А. Деревянко. М.: Экономика, 1990. 109 с.
3. Єрмішев О., Петрук Р., Овчинникова Ю., Костюк В. Функціональне здоров'я дітей як екологічний біоіндикатор України (Вінницька, Львівська, Чернігівська області, під редакцією доктора медичних наук, професора В. Г. Макаца). Вінниця: вид-во «Наукова ініціатива», 2017. 226 с.
4. Константинова Е. Д., Маслакова Т. А., Шалаумова Ю. В., Варакин А. Н., Живодеров А. А. Радиоактивное загрязнение территории и адаптационная реакция организма человека. Экология человека. 2019. № 2. С. 4–11. DOI: 10.33396/1728-0869-2019-2-4-11.
5. Макац В., Макац Є., Макац Д., Макац Д., Петінов Я. Вегетативний атлас функціонального здоров'я дитячого населення України (Вінницька, Львівська, Чернігівська області). Том-4. Вінниця: Нілан-ЛТД, 2013. 496 с.
6. Макац В., Нагайчук В., Макац Є., Єрмішев О. Невідома китайська голкотерапія (проблеми вегетативного патогенезу). Том IV. Вінниця: Нілан-ЛТД, 2017. 286 с.
7. Макац В., Макац Є., Макац Д., Макац Д. Основи функціональної вегетології (Невідома китайська голкотерапія). Том V. Вінниця: Нілан-ЛТД, 2018. 152 с.
8. Макац В. Г., Курик М. В., Петрук В. Г., Нагайчук В. І., Єрмішев О. В. Основи функціонально-екологічної експертизи (невідома вегетологія). Том VI. Вінниця: Нілан-ЛТД, 2018. 128 с.

9. Радиологічний стан територій, віднесених до зон радіоактивного забруднення (у розрізі районів) / МНС України у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи. ТОВ «Інтелектуальні системи ГЕО». Київ, 2008. 49 с.
10. Jänig W. Integrative Action of the Autonomic Nervous System. Neurobiology of Homeostasis. – Cambridge University Press; 2008: 636.
11. Parashar R., Amir M., Pakhare A., Rathi P. Age Related Changes in Autonomic Functions. Journal of Clinical and Diagnostic Research. 2016; 10 (3): 11–13. DOI: 10.7860/JCDR/2016/16889.7497.

References

1. Grigoryev A. I., Grigoryev K. I. Role of environmental diseases in the development of adaptation disorders in children and adolescents. Meditsinskaya Sestra. 2018. 20. № 7. S. 32–38 (in Russian). <https://doi.org/10.29296/25879979-2018-07-07>
2. Integral assessment of mental and physical performance. Methodical recommendations. Moscow: Economics, 1990. 109 s. (in Russian)
3. Yermishev O. V., Petruk R. V., Ovchinnikova Yu. Yu., Kostyuk V. V. Functional health of children as an environmental bioindicator of Ukraine. Vinnytsia: Nilan-LTD; 2017. 226 s. (in Ukrainian)
4. Konstantinova E. D., Maslakova T. A., Shalaumova Yu. V., Varaksin A. N., Zhivoderov A. A. Human Adaptation to Radioactive Contamination of a Territory. Ekologiya cheloveka [Human Ecology]. 2019. 2. S. 4–11. (in Russian). DOI: 10.33396/1728-0869-2019-2-4-11
5. Makats V., Makats E., Makats D., Makats D., Petinov Y. Vegetative atlas of functional health of the child population of Ukraine (Vinnytsia, Lviv, Chernihiv regions) Volume-4. Vinnytsia: Nilan-LTD, 2013. 496 s. (in Ukrainian)
6. Makats V. G., Nagaichuk V. I., Makats E. F., Yermishev O. V. Chinese acupuncture (problems of vegetative pathogenesis) is unknown. Volume IV. Vinnytsia: Nilan-LTD, 2017. 286 p.
7. Makats V., Makats E., Makats D., Makats D. Fundamentals of functional vegetology (Unknown Chinese acupuncture). Volume V. Vinnytsia Nilan LTD, 2018. 152 p.
8. Makats V. G., Kurik M. V., Petruk V. G., Nagaychuk V. I., Yermishev O. V. Fundamentals of functional and ecological expertise (unknown vegetology). Volume VI. Vinnytsia: Nilan-LTD. 2018. 128 p.
9. Radiological status of territories assigned to radioactive contamination zones (by district) / Emergencies Ministry of Ukraine for protection of population from the consequences of the Chornobyl disaster. LLC "Intelligent GEO Systems". Kyiv. 2008. 49 s.
10. Jänig W. Integrative Action of the Autonomic Nervous System. Neurobiology of Homeostasis. – Cambridge University Press. 2008. 636 p.
11. Parashar R., Amir M., Pakhare A., Rathi P. Age Related Changes in Autonomic Functions. Journal of Clinical and Diagnostic Research. 2016. 10. № 3. P. 11–13. DOI: 10.7860/JCDR/2016/16889.7497.

O. V. Yermishev

Vasyl' Stus Donetsk National University, Ukraine

FUNCTIONAL AND ECOLOGICAL EXPERTISE (FEE) IN HAISYN DISTRICT OF VINNYTSIA REGION

The concept of functional and ecological expertise (FEE) of radiation control regions fundamentally complements the accepted forms of dosimetric and thyroid dosimetric control. The purpose of our work was to carry out the verification of radiation dependence of functional health and dosimetric certification of settlements in Haisyn district of Vinnytsia region with the help of FEE. 186 children (91 boys, 95 girls) of different age groups living in the villages of Karbivka, Kunka and Stepashky of Haisyn district during 1993-1996 were examined with the help of FVD method by V.G. Makat.s The functional health of child population, which is becoming a "bioindicator" of individual health and characterizing the environmental dynamics of the compact living area, is in the focal point of FEE. The ecological criterion of FEE of a particular region of the population is systemically dependent comparison of inhibition of functional activity of the organism (parasympathetic activity (PA), vegetative equilibrium (VE) and sympathetic activity (SA). An integral characteristic of the ecological state is formed on this basis and the levels (zones) of its ecological pressure are determined. The surveyed populated areas of Karbivka village, Kunka village and the village of Stepashky in Haisyn district of Vinnytsia region belong to the IV radiation control zone. Our observations have shown that functional and vegetative health of children is ecologically dependent, and its indicators are the most

sensitive bioindicators of radiation (environmental) pollution. Functional vegetative health of children in the surveyed populated areas of Haisyn district coincides with the official dosimetric certification of these areas. Monitoring of vegetative health of children should become the basis of modern functional medical examination of paediatric population and supplement state dosimetric and thyroid dosimetric certification of the populated areas.

Key words: functional ecological inspection, ecological certification, functional health.

Надійшла 14.11.2019.

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

УДК 581.1: 631.811+633.36.3

doi: 10.25128/2078-2357.19.4.9

¹О. В. ТРИГУБА, ²С. В. ПИДА, ³І. С. БРОЩАК, ²О. Б. МАЦЮК

¹Кременецька обласна гуманітарно-педагогічна академія імені Тараса Шевченка
пров. Лицейний 1, Кременець, Тернопільська область, 47003

²Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

³Тернопільська філія державної установи «Інститут охорони ґрунтів України»
вул. Микулинецька, 22, Тернопіль, 46006
e-mail: macjuk@chem-bio.com.ua

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН У ПОСІВАХ ЛЮПИНУ БІЛОГО (*LUPINUS ALBUS L.*)

Досліджено вплив біологічних препаратів Емістим С та Епін на формування симбіотичних систем на коренях рослин на фоні спонтанної інокуляції місцевими популяціями *Bradyrhizobium sp.* (*Lupinus*), насінневу продуктивність та якість зерна люпину білого сорту Макарівський у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України. Встановлено, що місцеві раси бульбочкових бактерій люпину були вірулентними, що, відповідно, сприяло наростанню бульбочок рожевого забарвлення, в основному, на головному корені рослин. Емістим С активніше впливав на формування симбіотичного апарату на коренях люпину білого порівняно з Епіном. Регулятори росту рослин (РРР) сповільнювали процес старіння й лізису бульбочок.

Передпосівна обробка насіння РРР Емістим С достовірно збільшила насінневу продуктивність люпину білого на 2,1 ц/га (7,7%) порівняно з контролем. За використання Емістиму С та Епіну виявлено статистично достовірний приріст органічних речовин, зокрема, протеїну (7,9% та 2,9%), білків (8,1% та 1,9%), олії (5,9% та 2,2%) та клітковини (7,9% та 4,0%). Зазначені РРР істотно не впливали на накопичення мінеральних сполук фосфору, калію і вміст золи в насінні люпину білого за вирощування у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України.

Ключові слова: люпин білий, регулятори росту рослин, бульбочки, насіннева продуктивність, якість насіння.

Перспективною культурою сучасного сільського господарства з хорошим хімічним складом насіння та здатністю до симбіотичної фіксації атмосферного нітрогену є люпин білий (*Lupinus albus L.*). Серед зернобобових культур за виробництвом і посівними площами люпин займає восьме місце у світі, Європі та серед країн ЄС, четверте в Україні і серед країн СНД, третє в Німеччині і Росії, друге в Білорусі, перше в Океанії [9]. На сьогодні світовим лідером по вирощуванню люпину є Австралія. Також культуру вирощують у Німеччині, Португалії, Франції, Іспанії, Італії, Чилі та Перу [18].

Розв'язанням проблем підвищення ефективності виробництва люпину білого займаються багато науковців, зокрема, Голодна А. В. [5], Підпалій І. Ф., Липовий В. Г., Панцирева Г. В. [15], Петриченко В. Ф. [12], Байдюк Т. О. [2], Пида С. В., Тригуба О. В. [13, 14] та ін. Але, незважаючи на велику кількість досліджень і численні публікації, питання ефективності

виробництва люпину білого вимагають подальшого дослідження з огляду на постійно змінні умови господарювання та зміни клімату.

Особливе значення в розробленні технологій вирощування люпину білого займають мінеральні добрива, оскільки зазначена вище культура є чутливою до поживних елементів, особливо на ранніх етапах органогенезу, коли ще не сформувався симбіотичний апарат [8]. Але, водночас, ці хімічні сполуки здатні негативно впливати як на агроценози, так і на природне середовище, що обмежує використання зерна люпину в харчуванні, у тому числі й дієтичному. Відомо, що люпин є сировиною для створення безглютеїнових харчових продуктів, що мають дієтичні та лікувально-профілактичні властивості при виготовленні дитячого харчування. На основі люпину створюється харчування для діабетиків [19, 21, 23].

Зважаючи на це, актуальним є пошук шляхів зниження негативної дії мінеральних добрив на посіви культури, серед яких необхідно виокремити часткову заміну останніх на біологічні препарати природного походження – мікробні та з рістрегулювальною дією.

Показано, що застосування регуляторів росту рослин підвищує стійкість до а- та біотичних навантажень, посилює ріст рослин в умовах екологічного стресу і адаптацію та стійкість під час зміни клімату [25], впливає на мікробіоценози ґрунту [6], оскільки РРР є модифікаторами балансу фітогормонів [16].

Дослідження науковців засвідчують позитивний вплив біологічних препаратів на проходження основних фізіологічних процесів у рослинах, що в цілому сприяє формуванню високої продуктивності посівів [14, 17]. Проте дослідження, що стосуються ефективності передпосівної обробки насіння регуляторами росту рослин (РРР) Емістим С та Епін у посівах люпину білого, потребує поглиблення та уточнення. Відомо, що РРР Емістим С та Агростимулін позитивно впливали на фотосинтетичні процеси у рослинах люпину білого та люпину жовтого. Передпосівна обробка насіння РРР Емістим С сприяла інтенсивнішому накопиченню хлорофілу в листках рослин люпину білого сорту Макарівський [4]. Разом з тим, Емістим С не впливав або зменшував кількість білкового азоту у листках рослини [11].

У зв'язку з цим, актуальним є дослідження ефективності застосування регуляторів росту рослин у посівах люпину білого, що дозволить рекомендувати виробництву елементи біологізації землеробства, які знизять хімічне навантаження на агробіоценози, за яких технологія вирощування культури забезпечуватиме одержання хороших врожаїв високої якості.

Метою роботи було встановити вплив біологічних препаратів Емістим С та Епін на формування симбіотичних систем на коренях рослин на фоні спонтанної інокуляції місцевими популяціями *Bradyrhizobium* sp. (*Lupinus*), насінневу продуктивність та якість урожаю люпину білого сорту Макарівський у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України.

Матеріал і методи досліджень

Польові дослідження проводили протягом вегетаційних періодів 2017–2019 рр. у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України (Тернопільська область) на чорноземі опідзоленому середньо суглинистому в лісах агробіолабораторії Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка.

Матеріалом експериментальних досліджень слугував люпин білий (*Lupinus albus* L.) сорту Макарівський, виведений селекціонерами ННЦ «Інститут землеробства НААН» і регулятори росту рослин (РРР) Емістим С та Епін. Сорт Макарівський люпину білого внесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні з 2008 р., створений методом гібридизації шляхом схрещування лінії 2247 з сортом люпину білого Олешка та наступним індивідуальним доббором на штучному інфекційному фузаріозному фоні. Сорт належить до групи скоростиглих (тривалість вегетаційного періоду – 108 днів), високоврожайний за насінневою продуктивністю і зеленою масою. Рекомендований для вирощування на зерно і зелену масу в зоні Полісся і північного Лісостепу [9].

РРР Емістим С синтезовано під керівництвом С. П. Пономаренка в Інституті біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України з продуктів обміну грибів-епіфітів рослин женьшеню та обліпихи, що колонізують кореневі системи. До складу біологічного препарату

входять фітогормони цитокінінової, ауксинової та гіберелінової природи, вітаміни, амінокислоти, жирні кислоти, а також мікроелементи. Виробником препарату є державне підприємство Міжвідомчий науково-технологічний центр «Агробіотех», ЗАТ «Високий врожай» [1].

Рістрегулятор Епін виготовлений на основі діючої речовини 24-епібрасиноліду – стероїдного фітогормону, який був уперше ідентифікований із пилоквих зерен ріпаку. Зазначений препарат належить до брасиностероїдів і є аналогом природного гормону рослин. Специфіка його дії полягає в регуляції синтезу гормонів стимулювальної і гальмувальної природи самою рослиною – гіберелінів, цитокінінів, ауксинів, етилену, абсцизової кислоти (АБК). Фізіологічна дія препарату залежить від фенологічної стадії росту рослин та умов його застосування. РРР інтенсифікує біосинтез самою рослиною тих біологічно активних речовин (гормонів), що потрібні їй протягом онтогенезу. РРР Епін проявляє адаптогенний і антистресовий вплив – посилює захисні властивості рослини до абіотичних та біотичних факторів. Біопрепарат Епін створено в Інституті біоорганічної хімії Національної академії наук Білорусі [22].

Польові дослідження закладали у трьох варіантах та чотирьох повтореннях: насіння контрольного варіанту зволожували водою, а дослідні РРР Емістим С та Епін у дозах 25 мл/т із розрахунку 2% від його маси. Технологія вирощування люпину білого типу для Лісостепу України (норма висіву – 700 тис. насінин на 1 га, ширина міжрядь 45 см, глибина сівби – 3–4 см, строк сівби – перша половина квітня) [8]. Висівали культуру у 8-пільній польовій сівозміні без використання добрив та хімічних засобів захисту рослин.

Для встановлення маси кореневих бульбочок у польових умовах 2 рази протягом вегетаційного періоду викопували моноліти ґрунту з кореневою системою люпину 25x25x30 см. Після цього корені відмивали, бульбочки обривали, висушували їх за температури 105°C у сушильній шафі і визначали суху масу із 5-ти рендомізованих рослин, які брали з кожної повторності.

Для дослідження основних елементів продуктивності люпину білого довжину бобів вимірювали за допомогою лінійки; підраховували кількість бобів та насінин на одній рослині; встановлювали масу насіння шляхом зважування на електронній вазі [10]. Якісні показники насіння оцінювали на інфрачервоному аналізаторі NIR Systems 4500 в ННЦ «Інститут землеробства НААН України».

Статистична обробка даних здійснювалась за допомогою комп'ютерної програми *Microsoft Excel*.

Результати досліджень та їх обговорення

У землеробстві існують різні способи отримання ґрунтами зв'язаного азоту: симбіотична азотфіксація, асоціативна азотфіксація, надходження з опадами чи поливною водою і внесення добрив. Найбільш потужним й екологічно безпечним шляхом постачання цього важливого елемента живлення для росту, розвитку і формування продуктивності бобових культур є симбіотична азотфіксація. Важливу роль у підвищенні рівня ефективності азотфіксувальної системи бобових відіграють рослина-хазяїн, її сортові особливості, фізіологічний стан, а також генотип мікросимбіонта та його внесок у загальний ефект симбіотичного зв'язування нітрогену атмосфери. Одним із основних чинників інтенсифікації симбіотичної азотфіксації є, безумовно, інтродукція активних штамів бульбочкових бактерій у ризосферу рослин [3]. Важливим фактором впливу на інтродуковані штами бульбочкових бактерій і популяції місцевих ґрунтових мікроорганізмів є біологічно активні речовини [7].

У зв'язку з вказаним вище, метою досліджень було встановити вплив РРР Емістим С та Епін на формування симбіотичних систем на коренях люпину білого за передпосівної обробки насіння зазначеними біологічно активними речовинами. Важливим показником ефективності застосування біологічних препаратів на основі рістрегуляторів є маса кореневих бульбочок, їхнє забарвлення, форма та розміщення на коренях. Встановлено, що бульбочки наростали, в основному, на головному корені рослин. Хоча виявлено їх і на деяких бічних коренях. Бульбочки здебільшого були рожевого забарвлення, що свідчить про активну фіксацію ними

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

молекулярного нітрогену з атмосферного повітря. Відомо, що морфологічні ознаки бульбочок (форма, забарвлення, розміщення на коренях) є критеріями оцінки симбіотичних систем бобових рослин [4].

Дослідження показали, що найвища маса сирих бульбочок на коренях люпину білого сорту Макарівський сформувалась у фенологічній стадії росту цвітіння (табл. 1, 2, 3).

Таблиця 1

Вплив PPP на формування симбіотичних систем на коренях люпину білого сорту Макарівський (2017 р.)

Варіант	Стадія цвітіння		Стадія зеленого бобу	
	Сира маса бульбочок, г	% до контролю	Сира маса бульбочок, г	% до контролю
Контроль	0,54±0,04	100,0	0,34±0,03	100,0
Емістим С	0,73±0,03*	135,2	0,54±0,02*	158,2
Епін	0,56±0,04	103,7	0,41±0,02*	120,6

Примітка: * – $p \leq 0,05$ різниця вірогідна порівняно з контролем

У ґрунтах дослідної ділянки агробіолабораторії наявні місцеві популяції бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium sp.* (*Lupinus*), які самовільно заселили корені люпину білого контрольного варіанту та дослідних, за обробки біопрепаратами Емістим С та Епін. Це пов'язано з тим, що люпин білий вирощується на дослідних ділянках більше 30-ти років і в попередніх дослідженнях використовували для інокуляції насіння мікробіологічні препарати на основі селекціонованих штамів бульбочкових бактерій люпину методом аналітичної селекції.

Передпосівна обробка насіння PPP Емістим С впродовж трьох років дослідження сприяла найбільш активному наростанню бульбочок у формі муфт на коренях рослин у фенологічній стадії цвітіння. Їх маса на 35,2% (2017 р.), 57,1% (2018 р.) та 43,4% (2019 р.) була вищою, порівняно з контрольним варіантом.

Обробка насіння препаратом Епін також статистично достовірно збільшувала сиру масу бульбочок на коренях люпину у зазначеній стадії в 2018 та 2019 рр. (на 28,6% та 22,6% відповідно). Під час цвітіння у 2017 році виявлено тенденцію до інтенсивнішого наростання бульбочок за впливу Епіну порівняно з контролем, але істотної різниці не виявлено. Очевидно, біологічно активні речовини, що входять до складу препаратів підвищували вірулентність місцевих популяцій бульбочкових бактерій ґрунту.

Таблиця 2

Вплив PPP на формування симбіотичних систем на коренях люпину білого сорту Макарівський (2018 р.)

Варіант	Стадія цвітіння		Стадія зеленого бобу	
	Сира маса бульбочок, г	% до контролю	Сира маса бульбочок, г	% до контролю
Контроль	0,42±0,06	100,0	0,27±0,03	100,0
Емістим С	0,66±0,03*	157,1	0,38±0,02*	140,7
Епін	0,54±0,04*	128,6	0,30±0,03*	111,1

Примітка: * – $p \leq 0,05$ різниця вірогідна порівняно з контролем

У фенологічній стадії зеленого бобу виявлено зниження маси нативних бульбочок на коренях рослин, оскільки вже, очевидно, почалося руйнування (лізис) бульбочок. Візуальне оцінювання стану бульбочок на коренях рослин показало, що їх забарвлення стало буре і консистенція менш щільна. Деякі бульбочки були майже гнилими, що, відповідно, вплинуло на зниження їх маси.

Встановлено аналогічну тенденцію стосовно стимулювального впливу біологічно активних речовин на формування симбіотичних систем на коренях люпину у фенологічній

стадії росту зелений біб (табл. 1, 2, 3). Активніше, як і в попередній фенологічній стадії, на показник маси бульбочок впливав РРР Емістим С. РРР сприяли повільнішому старінню бульбочок порівняно з контрольним варіантом. За передпосівної обробки біологічним препаратом Емістим С сира маса бульбочок була на 58,2% (2017 р.), 40,7% (2018 р.) та 51,6% (2019 р.) більшою порівняно з контролем і зазначені експериментальні дані є статистично достовірними.

Таблиця 3

Вплив РРР на формування симбіотичних систем на коренях люпину білого сорту Макарівський (2019 р.)

Варіант	Стадія цвітіння		Стадія зеленого бобу	
	Сира маса бульбочок, г	% до контролю	Сира маса бульбочок, г	% до контролю
Контроль	0,53±0,05	100,0	0,31±0,03	100,0
Емістим С	0,76±0,03*	143,4	0,47±0,02*	151,6
Епін	0,65±0,04*	122,6	0,39±0,10*	125,8

Примітка: * – $p \leq 0,05$ різниця вірогідна порівняно з контролем

За використання біопрепарату Епін маса сирих бульбочок також була достовірно вищою порівняно з контролем на 20,6% (2017 р.), 11,1% (2018 р.) та 25,8% (2019 р.).

На фізіологічні процеси формування врожайності впливає значна кількість факторів, що не піддаються регулюванню (інсоляція, температура, опади, інші явища природи), також такі, якими людина може керувати (сорт, агротехніка, добрива, засоби захисту рослин від бур'янів, шкідників, хвороб, регулятори росту, технологія зрошення, збирання врожаю тощо). Найбільша продуктивність культури досягається за оптимального їх співвідношення на всіх етапах росту і розвитку рослин. Чим вони ближчі до оптимальних параметрів, тим кращі передумови високої продуктивності [8].

На основі 3-річних польових досліджень встановлено стимулювальний вплив регуляторів росту рослин Емістим С та Епін на основні елементи продуктивності люпину білого сорту Макарівський у ґрунтово-кліматичних умовах Тернопільської області Західного Лісостепу України (табл. 4). Збирання урожаю зерна проводили у першій декаді вересня в стадії повної стиглості насіння, коли закінчилося надходження органічних речовин у процесі наливання насіння з материнського організму. У кінці вегетаційного періоду висота рослин дослідного варіанту за передпосівної обробки насіння РРР Епін істотно відрізнялася від контролю (69,9±0,8 см) на 7,0% (74,8±2,1 см). За використання Емістиму С виявлено тенденцію до збільшення зазначеного вище показника (73,5±1,2 см).

Кількість бобів на рослині є важливим і одночасно найбільш перемінним елементом структури врожаю зернобобових, який залежить від низки факторів. Зокрема, зазначений показник корелює з гілкуванням, яке, у свою чергу, залежить від запасів вологи й поживних речовин у ґрунті. За їх дефіциту вони поступають тільки в головне стебло. Збільшенню кількості бобів на рослині сприяють також ранні строки сівби культури. За низьких температур інтенсивніше відбувається диференціація генеративних органів, спостерігається більш раннє цвітіння та утворення більшої кількості бобів [8]. Встановлено, що найбільше бобів сформувалося на рослині за передпосівної обробки насіння РРР Емістим С, що на 10,5% вище контролю, дещо менше у варіанті за використання Епіну (на 3,3% вище до контролю). Середня довжина бобу становила: контроль – 4,5±0,1; Емістим С – 4,7±0,1; Епін – 4,9±0,1 см). Кількість насінин у бобі люпину білого за впливу Емістиму С зросла на 12,7%, а Епіну – 6,2% відповідно до контролю.

Важливими показниками, що характеризують насінневу продуктивність культури, є кількість і маса насіння з однієї рослини та маса 1000 насінин. За передпосівної обробки насіння РРР Емістим С кількість насінин на 1 рослині збільшилась на 25,5%, Епін – 10,4% до контролю. Істотну різницю виявлено за показником маси насіння на 1 рослині, за екзогенної

обробки насіння препаратом Емістим С зазначений вище показник збільшився на 39,5% порівняно з контролем, а РРР Епін – 17,2%. РРР впливали також на показник маси 1000 насінин. Дослідження показали достовірний приріст зазначеного вище показника за використання Емістиму С, що на 11,7% більше контролю.

Передпосівна обробка насіння РРР Емістим С достовірно збільшувала насінневу продуктивність люпину білого на 2,1 ц/га (7,7%) порівняно з контролем. За впливу РРР Епін приріст біологічного урожаю зерна становив 3,3% (0,9 ц/га).

Отже, основними чинниками зростання продуктивності люпину білого за впливу РРР було підвищення маси азотфіксувальних бульбочок на коренях рослин, збільшення загальної маси зерна на рослинах та його вагомості, що відповідає даним щодо високої чутливості останнього показника на екзогенні впливи [4].

Таблиця 4

Вплив регуляторів росту рослин на структуру урожаю та насінневу продуктивність люпину білого сорту Макарівський (2017–2019 рр.)

Варіант	Показник						
	Висота рослин, см	К-сть бобів на рослині, шт.	К-сть насінин на росл., шт.	К-сть насінин в бобі, шт.	Маса насінин на рослині, г	Маса 1000 насінин, г	Урожай зерна, ц/га
Контроль	69,9±0,8	5,7±0,5	19,2±1,3	3,4±0,2	5,06±0,31	263,5±5,6	27,4
Емістим С	73,5±1,2	6,3±0,5*	24,1±1,5*	3,8±0,2*	7,06±0,26*	293,8±4,4*	29,5
Епін	74,8±2,1*	5,9±0,4	21,2±1,2	3,6±0,1	5,93±0,21*	281,5±5,1*	28,3
НІР _{0,05}							1,3

Примітка: * – $p \leq 0,05$ різниця вірогідна порівняно з контролем

Показники якості насіння сільськогосподарської культури певною мірою пов'язані з його біохімічними особливостями. Однією з таких особливостей зернобобових є вміст у насінні білкових речовин. Згідно даних літератури, насіння люпину містить велику кількість білків (32,2%), може накопичувати за сприятливих умов до 50 г на 100 г зерна [24, 26], клітковини (16,2%), олії (5,95%), вуглеводів (5,82%). Сахароза складає 71% від загального вмісту вуглеводів у насінні. Воно містить 3,9 мг / кг тіаміну, 2,3 мг / кг рибофлавіну і 39 мг / кг ніацину [20, 27].

Встановлено, що РРР Емістим С та Епін істотно впливали на якісний склад речовин насіння люпину білого (табл. 5). За впливу біологічно активних речовин препаратів Емістиму С та Епіну виявлено статистично достовірний приріст органічних речовин, зокрема протеїну (7,9% та 2,9%), білків (8,1% та 1,9%), олії (5,9% та 2,2%) та клітковини (7,9% та 4,0%). Зазначені РРР істотно не впливали на накопичення мінеральних сполук фосфору, калію і вміст золи у насінні люпину білого.

Таблиця 5

Вплив РРР на хімічний склад (% на суху речовину) насіння люпину білого

Варіант	Протеїн	Білки	Олія	Зола	Клітковина	Гігроскопічна волога	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	31,28	28,51	6,28	3,29	10,09	8,23	1,31	1,26
Емістим С	33,75	30,81	6,65	3,34	10,89	8,28	1,35	1,26
Епін	32,18	29,06	6,42	3,26	10,49	8,11	1,35	1,25
НІР _{0,05}	0,12	0,14	0,08	0,07	0,06	0,07	0,04	0,04

Ефективнішим біологічним препаратом за показниками якісного складу насіння люпину білого сорту Макарівський за вирощування у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України (Тернопільська область) виявився РРР Емістим С.

Висновки

Отже, місцеві раси бульбочкових бактерій люпину в ґрунтово-кліматичних умовах Тернопільської області були вірулентними, що, відповідно, і сприяло наростанню корневих бульбочок. Розміщення бульбочок в основному на головному корені та їх рожеве забарвлення свідчать про хорошу активність фіксації ними молекулярного нітрогену. Біологічний препарат українського виробництва Емістим С активніше впливав на формування симбіотичного апарату на коренях люпину білого сорту Макарівський порівняно з брасиностероїдом білоруського виробництва Епін. РРР сприяли сповільненню процесів старіння і лізису бульбочок.

Поліпшення інтенсивності формування симбіотичних систем на коренях люпину білого, за передпосівної обробки насіння РРР Емістим С та Епін, на фоні щільної популяції місцевих рас бульбочкових бактерій сприяло формуванню вищої продуктивності та кращих якісних показників зерна. Одержані дані вказують на доцільність і перспективність передпосівної обробки насіння люпину білого РРР Емістим С, як елемента технології біологізації землеробства, що підвищує продуктивність культури у місцевих ґрунтово-кліматичних умовах.

1. Анішин Л. А., Пономаренко С. П., Грицаєнко З. М. Регулятори росту рослин. Рекомендації по застосуванню. К. : ДП Міжвідомчий науково-технічний центр Агробіотех НАН України і Міністерства освіти і науки України, 2011. 40 с.
2. Байдюк Т. О. Особливості формування і прояву господарсько-цінних ознак у колекційних зразків люпину білого : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: 06.01.05. Київ, 2018. 27 с.
3. Біологічний азот / Патика В. П. та ін. Київ : Світ, 2003. 424 с.
4. Вакуленко В. О., Кобрин І. М., Пида С. В. Фотосинтетичні процеси у рослинах білого та жовтого люпину за дії регуляторів росту Агростимулін та Емістим С. *Біологічні дослідження – 2017* : зб. наук. праць VIII Всеукр. наук.-практ. конф. з міжнар. участю 14–16 бер. 2017 р. Житомир : ПП Рута, 2017. С. 22–24.
5. Голодна А. В. Формування продуктивності люпину білого залежно від удобрення та передпосівного оброблення насіння. *Корми і кормовиробництво*. 2019. Вип. 87. С. 62–69.
6. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрономічних досліджень рослин і ґрунтів. К. : ЗАТ Нічлава, 2003. 320 с.
7. Іутинська Г. О. Шляхи регулювання функцій мікробних угруповань ґрунту в аспекті біологізації землеробства і стійкого розвитку агроєкосистем. *Сільськогосподарська мікробіологія*: міжвід. темат. наук. зб. Чернівці. 2006. Вип. 3. С. 7–18.
8. Люпин білий. Генетичний потенціал та його реалізація у сільськогосподарське виробництво : монографія / Мазур В. А., Панцирева Г. В., Дідур І. М., Прокопчук В. М. Вінниця : ТВОРИ, 2018. 231 с.
9. Перськова Т. Ф., Цыганов А. Р., Какшинцев А. В. Продуктивність люпина узколистого в умовах Білорусі. Мінськ : ІВЦ Минфина, 2006. 179 с.
10. Пида С. В. Фізіологія симбіозу систем *Bradyrhizobium* sp. (*Lupinus*) – *Lupinus* L. : аллопатичний аналіз : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра с.-г. наук : 03.00.12. Умань, 2007. 44 с.
11. Пида С. В., Тригуба О. В. Функціонування симбіотичної системи люпин – *Bradyrhizobium* sp. (*Lupinus*) за сумісного застосування ризобіофіту та регуляторів росту рослин : монографія. Тернопіль : ТНПУ ім. Володимира Гнатюка, 2019. 172 с.
12. Підпалій І., Липовий В., Панцирева Г. Формування урожайності люпину білого залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України. *Аграрна економіка*. 2015. Т. 8, № 3–4. С. 83–86.
13. Рослиництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур / Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф., Іващук П. В., Корнійчук П. В. / за ред. Лихочвора В. В., Петриченка В. Ф. 3-є вид, виправ, допов. Львів : НВФ Українські технології, 2010. 1088 с.
14. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві / Каленська С. М та ін. Вінниця : Рогальська І. О., 2015. 448 с.
15. Фотосинтетична діяльність люпину вузьколистого в монопосівах та агроценозах в умовах Полісся України / Петриченко В. Ф., Вишневська О. В., Тугуєва І. В., Фатнев В. В. *Корми і*

- кормовиробництво*. 2010. Вип. 66. С. 3–8. URL: <http://nbuv.gov.ua/UJRN/> (дата звернення: 15.11.2019).
16. Ходаніцька О. О. Вплив регуляторів росту рослин на морфогенез і продуктивність рослин льону олійного. *Актуальні проблеми сучасної біології та методики її викладання*: зб. наук. праць звітної наукової конференції викладачів за 2016–2017 н. р. Вінниця : ТОВ Нілан-ЛТД, 2017. С. 25–40.
 17. Bitter and sweet lupin (*Lupinus albus* L.) seeds and seed oils: A comparison study of their compositions and physicochemical properties / Hassen Mohamed Sbihi, Imededdine Arbi Nehdi, Chin Ping Tan, Saud Ibrahim Al-Resayes. *Industrial Crops and Products*, 2013. Vol. 49. P. 573–579. URL : <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.05.020>. (Last accessed: 15.11.2019).
 18. Cholesterol-lowering effect of whole lupin (*Lupinus albus*) seed and its protein isolate / Gustavo Guadagnucci Fontanari et al. *Food Chemistry*. 2016. Vol. 132 (3). P. 1521–1526. URL : <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.145>. (Last accessed: 15.11.2019).
 19. Digestibility of Lupinus albus lupin meals in barramundi (*Lates calcarifer*) / Simon Tabrett, David Blyth, Nicholas Bourne, Brett Glencross. *Aquaculture*, 2012. Vol. 364–365. P. 1–5. URL : <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.07.024>. (Last accessed: 15.11.2019).
 20. Energy efficiency of the usage of biopreparations for the growth of white lupine in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine / Pyda S. V., Tryhuba O. V., Kononchuk O. B., Hutsalo I. A. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. Vol. 8(3). P. 221. URL : <https://www.ujecology.com/articles/energy-efficiency-of-the-usage-of-biopreparations-for-the-growth-of-white-lupine-in-the-conditions-of-the-western-forest.pdf> (Last accessed: 15.11.2019).
 21. Fat and fatty acids of white lupin (*Lupinus albus* L.) in comparison to sesame (*Sesamum indicum* L.) / Uzun B., Arslan C., Karhan M., Toker C. *Food Chemistry*. 2007. Vol. 102 (1), 45–49. URL : <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.03.059>. (Last accessed: 15.11.2019).
 22. French R. J. Lupin: Agronomy Encyclopedia of Food Grains (Second Edition). 2016. Vol. 4, P. 231–239. URL : <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394437-5.00194-7> (Last accessed: 15.11.2019).
 23. Lupin seed hydrolysate promotes G-protein-coupled receptor, intracellular Ca²⁺ and enhanced glycolytic metabolism-mediated insulin secretion from BRIN-BD11 pancreatic beta cells / Mrunmai Tapadia et al. *Molecular and Cellular Endocrinology*. 2019 Vol. 480. P. 83–96. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2018.10.015>. (Last accessed: 15.11.2019).
 24. Lupin seed γ -conglutin : Extraction and purification methods – A review / Sharmilee P. Mane et al. *Trends in Food Science & Technology*. 2018. Vol. 73. P. 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.12.008>(Last accessed: 15.11.2019).
 25. Small Christina C., Degenhardt Dani Plant growth regulators for enhancing revegetation success in reclamation: A review. *Ecological Engineering*. 2018. Vol. 118. P. 43–51.
 26. Trugo L. C, Baer E. von, Baer D. von Lupin : Breeding. Encyclopedia of Food Grains (Second Edition). 2016. Vol. 4. P. 325–332. URL : <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394437-5.00211-4>. (Last accessed: 15.11.2019).
 27. Megasite. URL : <http://megasite.in.ua/23426-epin-regulyator-rostu-roslyn-epiin.html>. (Last accessed: 15.11.2019).

References

1. Anishyn L. A., Ponomarenko S. P., Hrytsaienko Z. M. Rehuliatory rostu roslyn. Rekomendatsii po zastosuvanniu. K. : DP Mizhvidomchyi naukovo- tekhnichniy tsentr Ahrobiotekh NAN Ukrainy i Ministerstva osvity i nauky Ukrainy, 2011. 40 s. (in Ukrainian)
2. Baidiuk T. O. Osoblyvosti formuvannya i proiavu hospodarsko-tsinnnykh oznak u kolektsiinykh zrazkiv liupynu biloho : avtoref. dys. ... kand. s.-h. nauk: 06.01.05. Kyiv, 2018. 27 s. (in Ukrainian)
3. Biolohichniy azot / Patyka V. P. ta in. Kyiv : Svit, 2003. 424 s. (in Ukrainian)
4. Vakulenko V. O., Kobryn I. M., Pyda S. V. Fotosyntetychni protsesy u roslynakh biloho ta zhovtoho liupynu za dii rehuliatoriv rostu Ahrostymulin ta Emistym S. Biolohichni doslidzhennia – 2017 : zb. nauk. prats VIII Vseukr. nauk.-prakt. konf. z mizhnar. uchastiu 14–16 ber. 2017 r. Zhytomyr : PP Ruta, 2017. S. 22–24. (in Ukrainian)
5. Holodna A. V. Formuvannya produktyvnosti liupynu biloho zalezno vid udobrennia ta peredposivnoho obrobлення nasinnia. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. 2019. Vyp. 87. S. 62–69. (in Ukrainian)
6. Hrytsaienko Z. M., Hrytsaienko A. O., Karpenko V. P. Metody biolohichnykh ta ahronomichnykh doslidzen roslyn i gruntiv. K. : ZAT Nichlava, 2003. 320 s. (in Ukrainian)

7. Iutynska H. O. Shliakhy rehuliuвання funktsii mikrobynykh uhrupovan gruntu v aspekti biolohizatsii zemlerobstva i stiikoho rozvytku ahroekosystem. Silskohospodarska mikrobiolohiia: mizhvid. temat. nauk. zb. Chernihiv. 2006. Vyp. 3. S. 7–18. (in Ukrainian)
8. Liupyn bilyi. Henetychnyi potentsial ta yoho realizatsiia u silskohospodarske vyrobnytstvo : monohrafiia / Mazur V. A., Pansyryeva H. V., Didur I. M., Prokopchuk V. M. Vinnytsia : TVORY, 2018. 231 s. (in Ukrainian)
9. Persykova T. F., Tsyhanov A. R., Kakshyntsev A. V. Produktivnost liupyna uzkolystoho v uslovyiakh Belarusy. Mynsk : YVTs Mynfyna, 2006. 179 s. (in Russian)
10. Pyda S. V. Fiziolohiia symbiozu system Bradyrhizobium sp. (Lupinus) – Lupinus L. : aleopatychnyi analiz : avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia d-ra s.-h. nauk : 03.00.12. Uman, 2007. 44 s. (in Ukrainian)
11. Pyda S. V., Tryhuba O. V. Funktsionuvannia symbiotychnoi systemy liupyn – Bradyrhizobium sp. (Lupinus) za sumisnogo zastosuvannia ryzobofitu ta rehuliatoriv rostu roslyn : monohrafiia. Ternopil : TNPU im. Volodymyra Hnatiuka, 2019. 172 s. (in Ukrainian)
12. Pidpalyi I., Lypovyi V., Pansyryeva H. Formuvannia urozhainosti liupynu biloho zalezho vid tekhnolohichnykh pryimiv vyroshchuvannia v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. Ahrarna ekonomika. 2015. T. 8, № 3–4. S. 83–86. (in Ukrainian)
13. Roslynnystvo. Tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur / Lykhochvor V. V., Petrychenko V. F., Ivashchuk P. V., Korniiichuk P. V. / za red. Lykhochvora V. V., Petrychenka V. F. 3-ye vyd, vyprav, dopov. Lviv : NVF Ukrainski tekhnolohii, 2010. 1088 s. (in Ukrainian)
14. Systemy suchasnykh intensyvykh tekhnolohii u roslynnystvi / Kalenska S. M ta in. Vinnytsia : Rohalska I. O., 2015. 448 s. (in Ukrainian)
15. Fotosyntetychna diialnist liupynu vuzkolystoho v monoposivakh ta ahrotsenozakh v umovakh Polissia Ukrainy / Petrychenko V. F., Vyshnevskaya O. V., Tuhuieva I. V., Fatniev V. V. Kormy i kormovyrobnytstvo. 2010. Vyp. 66. S. 3–8. URL: <http://nbuv.gov.ua/UJRN/> (data zvernennia: 15.11.2019). (in Ukrainian)
16. Khodanitska O. O. Vplyv rehuliatoriv rostu roslyn na morfohenz i produktivnist roslyn lonu oliinoho. Aktualni problemy suchasnoi biolohii ta metodyky yii vykladannia: zb. nauk. prats zvitnoi naukovoii konferentsii vykladachiv za 2016 – 2017 n. r. Vinnytsia : TOV Nilan-LTD, 2017. S. 25–40. (in Ukrainian)
17. Bitter and sweet lupin (*Lupinus albus* L.) seeds and seed oils: A comparison study of their compositions and physicochemical properties / Hassen Mohamed Sbihi, Imededdine Arbi Nehdi, Chin Ping Tan, Saud Ibrahim Al-Resayes. Industrial Crops and Products, 2013. Vol. 49. P. 573–579. URL : <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.05.020>. (Last accessed: 15.11.2019).
18. Cholesterol-lowering effect of whole lupin (*Lupinus albus*) seed and its protein isolate / Gustavo Guadagnucci Fontanari et al. Food Chemistry. 2016. Vol. 132 (3). P. 1521–1526. URL : <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.145>. (Last accessed: 15.11.2019).
19. Digestibility of *Lupinus albus* lupin meals in barramundi (*Lates calcarifer*) / Simon Tabrett, David Blyth, Nicholas Bourne, Brett Glencross. Aquaculture, 2012. Vol. 364–365. P. 1–5. URL : <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.07.024>. (Last accessed: 15.11.2019).
20. Energy efficiency of the usage of biopreparations for the growth of white lupine in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine / Pyda S. V., Tryhuba O. V., Kononchuk O. B., Hutsalo I. A. Ukrainian Journal of Ecology. 2018. Vol. 8(3). P. 221. URL : <https://www.ujecology.com/articles/energy-efficiency-of-the-usage-of-biopreparations-for-the-growth-of-white-lupine-in-the-conditions-of-the-western-forest.pdf> (Last accessed: 15.11.2019).
21. Fat and fatty acids of white lupin (*Lupinus albus* L.) in comparison to sesame (*Sesamum indicum* L.) / Uzun B., Arslan C., Karhan M., Toker C. Food Chemistry. 2007. Vol. 102 (1), 45–49. URL : <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.03.059>. (Last accessed: 15.11.2019).
22. French R. J. Lupin: Agronomy Encyclopedia of Food Grains (Second Edition. 2016. Vol. 4, P. 231–239. URL : <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394437-5.00194-7> (Last accessed: 15.11.2019).
23. Lupin seed hydrolysate promotes G-protein-coupled receptor, intracellular Ca²⁺ and enhanced glycolytic metabolism-mediated insulin secretion from BRIN-BD11 pancreatic beta cells / Mrunmai Tapadia et al. Molecular and Cellular Endocrinology. 2019. Vol. 480. P. 83–96. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2018.10.015>. (Last accessed: 15.11.2019).
24. Lupin seed γ -conglutin : Extraction and purification methods – A review / Sharmilee P. Mane et al. Trends in Food Science & Technology. 2018. Vol. 73. P. 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.12.008> (Last accessed: 15.11.2019).
25. Small Christina C., Degenhardt Dani Plant growth regulators for enhancing revegetation success in reclamation: A review. Ecological Engineering. 2018. Vol. 118. P. 43–51.

26. Trugo L. C, Baer E. von, Baer D. von Lupin : Breeding. Encyclopedia of Food Grains (Second Edition). 2016. Vol. 4. P. 325–332. URL : <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394437-5.00211-4>. (Last accessed: 15.11.2019).
27. Megasite. URL : <http://megasite.in.ua/23426-epin-regulyator-rostu-roslin-epiin.html>. (Last accessed: 15.11.2019).

¹O. V. Tryhuba, ²S. V. Pyda, ³I. S Broschak, ²O. B. Matsiuk

¹Kremenets Taras Shevchenko Regional-Humanitarian-Pedagogical Academy, Ukraine

²Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

³Ternopil Branch of the State Institution «Soil Conservation Institute of Ukraine», Ukraine

EFFICIENCY OF APPLICATION OF PLANT GROWTH REGULATORS IN THE CULTURES OF WHITE LUPINE (*LUPINUS ALBUS* L.)

The influence of biological preparations Emistym S and Epin on the formation of symbiotic systems at plant roots against the background of spontaneous inoculation by local populations of Bradyrhizobium sp. (Lupinus), seed productivity and grain quality of white lupine variety Makarivskyi in soil and climatic conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine. It was established that the local races of lupine tuberculosis bacteria in the soil and climatic conditions of the Ternopil region were virulent, which accordingly contributed to the growth of pink potatoes, mainly, on the main root of the plants. The biological preparation of Ukrainian production Emistym S had a more active influence on the formation of the symbiotic apparatus on the roots of white lupine compared with the brassinosteroid of the Belarusian production Epin. Plant growth regulators (PGR) have slowed the aging and lysis of potatoes.

The biological yield of seeds of white lupine variety Makarivskyi in soil and climatic conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine (Ternopil region) in the control variant made 27,4 h / ha. For seed treatment with plant growth regulators Emistym S and Epin – 29,5 and 28,3 h / ha. Pre-sowing seed treatment with Emistym S significantly increased seed productivity of white lupine by 2,1 h / ha (7,7%) compared to the control. Due to the effects of Emistym S, the number of seeds per plant increased by 25,5%, Epin – 10,4% before control. A significant difference was found in the index of seed weight per plant, with exogenous treatment of seeds with the drug Emistym S, the above indicator increased by 39,5% compared to the control and PGR Epin – 17,2%. Biological preparations also influenced the mass index of 1000 seeds. Studies have shown a significant increase in the above figure by 11,7% with the use of Emistym S.

PGR Emistym S and Epin significantly affected the qualitative composition of white lupine seed substances. The use of Emistym S and Epin revealed statistically significant increases in organic matter, including protein (7.9, 2.9%), proteins (8.1 and 1.9%), oils (5.9 and 2.2%), and fiber (7.9 and 4.0%). These PGR did not significantly affect the accumulation of mineral compounds of phosphorus, potassium and ash content of white lupine seeds for cultivation in the soil and climatic conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine

Improving the intensity of symbiotic systems formation at the roots of plants, during the pre-sowing treatment of the seeds of PGR Emistym S and Epin, contributed to the formation of higher productivity and better quality indicators of white lupine variety Makarivskyi.

Key words: white lupine, plant growth regulators, potatoes, seed productivity, seed quality.

Надійшла 28.11.2019.

ОГЛЯДИ

УДК 628.16

doi:10.25128/2078-2357.19.4.10

¹С. М. МАТЮК, ²В. В. ГРУБІНКО

¹Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки
вул. Потапова, 9, Луцьк, 43021

²Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027
e-mail: v.grubinko@gmail.com

ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ ТА АБСОРБТИВНИХ СУБСТАНЦІЙ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ПРИРОДНИХ ТА СТИЧНИХ ВОД

Розглянуто питання про використання в системах природного та примусового водоочищення біологічних агентів (мікроорганізми, рослини та риби), які можуть бути організовано сформовані як природні екосистеми у вигляді біоплато та регульовані за складом та тривалістю функціонування.

Показано, що якісним і перспективним матеріалом у процесах очистки питних й стічних вод є природні мінеральні сорбенти (ПМС). Їх цінність визначається високою пористістю, великим розміром пор та абсорбційними властивостями, можливістю сорбувати речовини неорганічного та органічного походження, здатністю до регенерації. Схеми очистки питних і стічних вод, де у якості фільтр-сорбенту виступають модифіковані базальтові туфи, є доцільними та економічно вигідними, а простота апаратного оформлення дозволяє їх впровадження на водоочисних спорудах.

Ключові слова: вода, забруднення, мікроорганізми, рослини, мінеральні сорбенти.

В умовах інтенсивного розвитку економіки відбувається тотальне забруднення водного середовища, тому збереження й охорона водних ресурсів від забруднення – одна з найважливіших проблем людства [17].

Особливістю природних гідроекосистем є їх здатність до самоочищення за рахунок осідання домішок, життєдіяльності водних організмів, розкладання речовин у воді, кругообігу води [27, 47, 54]. Під самоочищенням розуміють комплекс впливу хімічних, фізичних і біологічних факторів на екосистему водойм, у результаті дії яких якість води приходить до початкового (або близького до нього) стану [47], а рівень забруднюючих речовин не становить загрози для функціонування екосистеми [4].

Біологічне самоочищення (біологічна детоксикація) здійснюється на основі чотирьох біологічних процесів [25]: окиснення (фотосинтетична аерація, у ході якої вода збагачується киснем і відбувається окиснення нестійких ОР); мінералізації (розкладання органічних сполук бактеріями, грибами, актиноміцетами й іншими мікроорганізмами) і накопичення (концентрування токсикантів в органах і тканинах гідробіонтів). У зв'язку з цим у процесі забруднення – самоочищення природних вод змінюється їх фізико-хімічний склад, погіршуються умови існування водяних організмів, порушуються процеси колообігу речовин та знижується їх санітарний стан, що, зрештою, призводить до деградації водних екосистем.

Необхідність забезпечення незабрудненою водою та постійного її очищення призводить до застосування декількох методів її очищення [13, 17]. Потрібна технологія, загалом, ґрунтується на характеристиках води (характері та ступеню забруднення), інфраструктурі (енергії, робочій силі, наявності хімікатів), доступності/вартості, а також прийнятності. У глобальному масштабі використовують різноманітні методи очищення води та поліпшення її якості.

Очищення води за допомогою організмів є прекрасним природним методом. Впровадження очищення з використанням організмів відомо і діє на практиці вже багато років. Принципи цього методу є природними і він реалізується в природі весь час, незалежно від втручання людини. Використання цього методу очищення води стає все більш відомим і більш поширеним через загальне розуміння того, що людству необхідно знайти стійкіші та екологічні способи очищення води.

В очищенні води, в основному, використовують три групи організмів: бактерії; водні рослини, особливі види, які діють як очищаючі агенти-очисники; риби використовують, здебільшого, для збереження і підтримання середовища очищення в оптимальному стані. Усі учасники процесу діють разом і живуть як жива, дихаюча і мінлива екосистема. Процес є природним і, в основному, не включає дезінфектантів хімічних речовин; може включати процес фільтрації для максимізації результатів.

Усі екосистеми мають власні спільноти бактерій. Встановлено, що в процесі бактеріального самоочищення через 24 год. залишається не більше 50% бактерій, через 96 год. – 0,5%. [31] Мікроорганізми в ході переробки органіки, яка є для них поживною речовиною, впливають на процеси окислення і відновлення різних органічних субстанцій. За таких умов мікроорганізми очищають воду від твердих і рідких продуктів життєдіяльності людини і господарсько-побутових органічних забруднень. Ці властивості використовують для водоочищення, створюючи очисні природні або штучні споруди. Проте забруднення стічними водами та людськими відходами може порушити природний баланс бактерій і вплинути на водні екосистеми [31]. Надходження патогенів людини може викликати проблеми для екосистем кількома способами. По-перше, (А немає по-друге...) чужорідні бактерії швидко розмножуються і споживають поживні речовини в стічних водах, але при цьому використовують весь кисень у воді, тому бактерії стічних вод можуть формувати гіпоксичні умови («мертві зони») у водних екосистемах. Деоксигенована вода шкідлива для більшості водних організмів.

Можливе очищення води, коли тверді речовини (шлам) на дно осідають (первинна обробка), а нафта і більш легкі речовини можуть піднятися наверх. Ці шари потім видаляють, а воду можна спрямовувати на вторинну обробку, яка нейтралізує розчинену біологічну речовину, часто за допомогою мікроорганізмів. Більшість систем вторинної обробки використовують аеробні бактерії, які споживають органічні компоненти стічних вод (цукри, жири тощо). Деякі методи використовують нерухомі плівкові системи, де бактерії ростуть на фільтрах і вода проходить через них. Підвісні системи росту використовують «активованій» шлам, де забруднювачі розкладаються бактеріями, що змішуються безпосередньо з стічними водами. Оскільки кисень є критичним для розвитку бактерій, стічні води часто змішують з повітрям для полегшення розкладання [65].

Однією з систем, яку використовують для очищення стічних вод, що потрапляють до озер і річок, є очищення активним намулом [17]. Цей процес втілює принцип самоочищення води, у якому мікроорганізми (бактерії, найпростіші і губки (метазоа)) використовують органічні речовини, що містяться у воді, перетворюють їх і видаляють. Найчастіше запроваджується аеробний процес, тобто кисень подається для ініціювання біологічних процесів, у яких органічні речовини окиснюються. Коли ця реакція закінчується, вода очищається і виробляються зависи біологічного матеріалу, відомого як «активованій мул». Він складається з органічних і неорганічних компонентів і різних видів мікроорганізмів (бактерій). Найпростіші відіграють дуже важливу роль у процесі очищення. Є конкуренція за продукти живлення, тобто, у місці, де відбувається очищення, бактерій з'їдають дрібні хижаки (Інфузорії (Ciliophora), які, у свою чергу, з'їдаються великими організмами (хижаки (Carnivora)

найпростіші або Metazoa). Бактеріям потрібні поживні речовини, які складаються з органічної речовини, що міститься в стічній воді [65]. Таким чином бактерії *Brachybacterium* з дна Тихого океану можуть бути використані для очищення стічних вод від іонів важких металів, що утворюються при виробництві сталі і кольорових металів. Виявили, що один із штамів мікроорганізмів надзвичайно ефективно переробляє іони мангану, розчинені у воді, у нерозчинний оксид мангану, що випадає у вигляді осаду. Оксид мангану має особливу кристалічну структуру, завдяки якій має велику площу поверхні. Це робить його так само дуже ефективним адсорбентом іонів металів у воді. Так, оксид мангану, що виробляється бактеріями, за рахунок більшої площі поверхні є набагато більш ефективним адсорбентом іонів цинку та магнію, концентрація яких, як правило, так само багаторазово перевищує норми в стічних водах металургійних виробництв, ніж оксид мангану, що одержують традиційним хімічним шляхом. Таким чином, бактерії дозволяють ефективніше очищати стічні води від іонів важких металів, ніж цього можна домогтися за допомогою відомих нині методів очищення.

Водні рослини сприяють очищенню води шляхом поглинання токсикантів у їх кореневі системи як поживних речовин і вивільнення важливого кисню для подальшого очищення та формування колоній бактерій. Колонії бактерій розвиваються самостійно і, звичайно, заохочуються, вони метаболізують різні забруднюючі речовини, а також видаляють забруднюючі речовини з дна (мулу) водно-болотних угідь. Водні рослини відіграють важливу роль у формуванні якості водного середовища, поглинаючи біогенні елементи і повертаючи їх у водойми [40]. Фотосинтез рослин сприяє підвищенню вмісту розчиненого кисню і величини рН, а за їх розкладення – надходженню органічної речовини у водні екосистеми [33]. Вищі водяні рослини є основою формування багатокomпонентних біоценозів. Очисна здатність цих складних угруповань у багато разів перевищує спроможність окремих груп організмів, які входять до їх складу. Але не існує такої рослини, яка б могла очищати водне середовище від усіх відомих забруднювачів та від їх сукупної дії [34]. Дослідження науковців доводять, що багатофункціональна роль вищих водних рослин перешкоджає потраплянню забруднюючих речовин у воду і сприяє їх виведенню з неї [59].

Різні рослини по-різному реагують на ті чи інші поллютанти. Тому для ефективної роботи з очищення забруднень необхідно чітко усвідомлювати, яка з рослин краще поглинає нафтопродукти, а яка більш ефективно може вивільняти водні екосистеми від важких металів. При цьому необхідно враховувати й адаптивні здатності рослин до інших забруднювачів, які можуть потрапляти разом основними до очисних установок для їх подальшого очищення або доочищення [33].

За допомогою водних макрофітів частково можна нейтралізувати поллютанти, що надходять з атмосферним потоком, адже, з часом, опинившись на поверхні водозбору з поверхневим стоком, вони потрапляють у русла всіх водних артерій і розносяться течією, отруюючи не тільки водну біоту, але й усю територію. Численними дослідженнями доведено, що для видалення забруднюючих речовин, які потрапляють у поверхневі води з різних джерел, перспективними є біоінженерні системи, що враховують закономірності, які лежать в основі природних процесів самоочищення за участю гідробіоценозів, важливу роль у яких відіграє вища водна рослинність [28].

Роль природних біофільтрів можуть виконувати зарості макрофітів прибережних ділянок річок, у районі гирл, великих мілководних зон озер і водосховищ. Водна рослинність є найважливішим компонентом гідробіоценозів цих зон і визначає формування всього біотопу в цілому.

Науково доведено, що багатофункціональна роль вищих водних рослин перешкоджає потраплянню забруднюючих речовин у воду і сприяє їх виведенню з неї [45, 59].

У водойми разом із поверхневим стоком потрапляє величезна кількість завислих і слабозрчинних органічних і неорганічних речовин, які можуть суттєво змінити направленість процесів, що відбуваються всередині водойм (дихання, фотосинтез та ін.). Тому зарості макрофітів, у першу чергу занурених [49], виконують роль механічних фільтрів, що змінюють гідродинамічний режим мілководь і забезпечують осадження завислих у воді речовин

мінерального й органічного походження, унаслідок чого прозорість води різко покращується [37, 44]. Макрофіти завдяки своїм морфологічним (будова стебла, розташування органів і т. д.) і екологічним (щільність заростей) особливостям, можуть служити бар'єром під час надходження у водойми забруднюючих речовин. Ці властивості були показані ще в роботах К. Кокіна [21], який детально охарактеризував у якісному та кількісному відношенні завислі речовини, що осідають на поверхні вищих водних рослин. Осадження мінеральних речовин також тісно пов'язане зі сповільненням швидкості течії. Органічні ж сполуки затримуються на макрофітах завдяки утворенню органомінеральних накопичень.

Встановлено, що найбільш повне очищення від забруднення води відбувається при проходженні її через зарості напівзанурених рослин, потім рослин із плаваючими листками і нарешті, через занурені рослини [32, 37]. Рекомендується використовувати *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Acorus lamus* L., *Zizania latifolia* (Griseb.) Stapf., *Typha angustifolia* L. і *T. latifolia* L., *Scirpus lacustris* L., *Lemna minor* L. і *L. gibba* L., *Ceratophyllum demersum* L., *Potamogeton pusillus* L., *Myriophyllum spicatum* L.

Експериментальними дослідженнями показано, що найбільшу кількість адсорбованих завислих часток виявлено на листках *Myriophyllum spicatum* L., а найменшу – на *Fontinalis antipiretica* Hedw [32]. Таку відмінність, найімовірніше, пояснюють морфологічними особливостями рослин – формою та величиною листків. Так, листки *Fontinalis* – дрібні, цілісні, загострені, а у *Myriophyllum* – гребінчасто-перистороздільні, вкриті волосками зі слизом, стебло розгалужене довжиною до 30–150 см. Така будова забезпечує більшу фільтраційну здатність останньої. Згідно з даними П. Кроткевича [23], у лабораторних умовах рогіз вузьколистий і рдесник пронизанолистий після добової експозиції затримували відповідно 90 і 91% всіх завислих речовин, що містяться у тваринницькому стоку при шарі піску всього 15 см. Ці дослідження свідчать про великі можливості використання фітофільтраційного методу для збереження, захисту й охорони еталонності водойм від кольматаційного матеріалу, що потрапив туди з поверхневим стоком.

У тканинах і органах вищих водних рослин накопичуються хімічні елементи (у т. ч. – біогенні), чим забезпечується виведення цих речовин із кругообігу у водоймі протягом майже всього вегетаційного періоду.

Маджд С. М. встановлено [28], що, ВВР (комиш (*Scirpus*), очерет (*Phragmites*), рогіз (*Typha*)), володіють здатністю видаляти з води такі забруднюючі речовини: біогенні елементи (азот, фосфор, калій, кальцій, магній, марганець, сірку), важкі метали (кадмій, мідь, свинець, цинк), феноли, сульфати, нафтопродукти, синтетичні поверхневоактивні речовини, і поліпшити показники органічного забруднення середовища, серед яких біологічне споживання кисню (БСК) і хімічне споживання кисню (ХСК). Встановлено, що куга озерна (*Schoenoplectus lacustris*) здатна рости в розчині фенолу концентрацією до 1000 мг/л, поглинаючи його і 20 його похідних із середовища. Концентрація фенолу 10 мг/дм³ в об'ємі 5 л води за температури 18–20°C і біомаси очерету (*Phragmites*) 900 г вилучалася за 2 доби. Важливим фактом є те, що фенол повністю засвоювався очеретом (*Phragmites*). Коренева система рогозу (*Typha*) має високу акумулюючу здатність відносно важких металів. Концентрація металів у кореневій системі рогозу (*Typha*), який росте на берегах шламонакопичувачів електростанцій, сягала (у мг/кг): заліза – 199,1, мангану – 159,5, міді – 3,4, цинку – 16,6 [29]. Очерет (*Phragmites*) має високі адаптивні властивості й здатний проростати в дуже забруднених промисловими стічними водами водоймах. Він активно використовується в спорудах очищення стічних вод комунального господарства, ступінь очищення яких сягає 97–99%. Виявлено, що очерет (*Phragmites*) здатний видаляти з води такі сполуки, як феноли, нафтоли, аніліни та інші органічні речовини. Питоме поглинання мінеральних речовин сягає (г на 1 г сухої маси): кальцію – 3,95, калію – 10,3, натрію – 6,3, кремнію – 12,6, цинку – 50,5, мангану – 1200,4, бору – 14,6. Встановлена дуже цінна здатність тканин очерету (*Phragmites*) – детоксикувати різні отруйні сполуки. Досить високі концентрації аміаку, фенолу, свинцю, ртуті, міді, кобальту, хрому помітно не позначаються на його зростанні і розвитку. У рослинах очерету (*Phragmites*), що росте на ділянках, які піддаються впливу забруднених вод, накопичується до кінця вегетації

приблизно в 4 рази більше заліза, кальцію – в 100 разів, магнію – в 1,2, азоту – в 1,5, фосфору – в 1,3 рази більше, ніж у рослинах, що не піддаються впливу стічних вод [46].

Також було оцінено здатність трьох видів ВВР (комиш (*Scirpus*), очерет (*Phragmites*) і рогіз (*Typha*)) видаляти із забруднених вод азот і знижувати БСК. За середньої концентрації амонію у стоках 24,7 мг/л, після очищення з використанням ВВР його концентрація становила (мг/л): для комишу (*Scirpus*) – 1,4, для очерету (*Phragmites*) – 5,3, для рогозу (*Typha*) – 17,7. Ефективність зниження БСК також була вище у комишу (*Scirpus*) і очерету (*Phragmites*). На сьогодні ведуться дослідження можливості очищення та видалення металів із води металургійної промисловості [5].

Поряд із мікроелементами макрофіти вилучають із води значну кількість мікроелементів. Концентрації їх у воді утворюють низхідний ряд: Fe>Mn>Zn>Cu>Cr [46]. Згідно з результатами досліджень, різні мікроелементи володіють неоднаковою здатністю акумулюватися водними рослинами, тобто мають різний коефіцієнт біологічного накопичення (для вільноплаваючих рослин, наприклад, для мангану – 9000, заліза – 1700, цинку – 1160, міді – 414, хрому – 210) [18].

У свою чергу, різні макроліти, залежно від екологічних особливостей, також по-різному накопичують речовини. Хоча занурені представники вищої водної рослинності поглинають забруднюючі речовини всією поверхнею, не менш активну роль у цьому відіграють і повітряноводні угруповання, у представників яких досить сильно розвинена потужна коренева система і за допомогою якої рослини активно поглинають забруднюючі речовини, у тому числі й важкі метали. Особливістю багатьох водних рослин, а саме: *Phragmites australis*, *Typha angustifolia*, *Scirpus lacustris* – є те, що вони здатні розвивати два типи коренів: водні та ґрунтові, унаслідок чого осмотична поверхня густої сітки цих коренів залежно від числа пагонів на 1 м² може у 5, 10, а інколи навіть 15 разів перевищувати площу, яку займає надземна частина рослини [48].

Дослідження, проведені Л. Ейнор [59], І. Кореляковою [22], Д. Дубиною та ін. [15], показали, що макрофіти в процесі життєдіяльності вилучають забруднюючі речовини промислового й побутового характеру, феноли, важкі метали, нафту й ін. Іони важких металів (міді, цинку, свинцю) добре поглинаються Lemnaceae (КУРСИВ??? І ДАЛІ), очеретами *Phragmites*, рогами *Typha*, *Zizania latifolia*. Під час дослідження акумуляції рослинами міді й мангану виявлено високий рівень їх накопичення різухою (*Najas*), куширом зануреним (*Ceratophyllum demersum*) і зеленими нитчастими водоростями кладофорою (*Cladophora*) та едогоніумом (*Oedogonium*). При цьому найвищий вміст металів зафіксовано в кладофорі (*Cladophora*), найнижчий – у куширі (*Ceratophyllum*), що зумовлено наявністю у цих рослин розвинутого механізму метаболічного контролю. Під час дослідження ролі елодеї (*Elodea*) і куширу (*Ceratophyllum*) щодо детоксикації й деструкції багато- та одноатомних фенолів, було виявлено прискорення росту рослин у розчині монофенолу, при цьому приріст біомаси елодеї (*Elodea*) за 30 діб становив 100% вихідної величини. Деструкція фенолів за наявності харових водоростей відбувається інтенсивніше, що, напевно, пов'язано з вмістом у них активної фенолоксидази. ВВР, вилучаючи феноли з водного середовища, частково їх окиснюють і виділяють в атмосферне повітря.

Встановлено що очисні системи вторинної та третинної очистки побутових стічних вод, оснований на елодеї (*Elodea*), придатні для використання в помірному кліматі, де можуть цілий рік видаляти біогенні елементи зі стічної води [46].

В основному використовують повітряно-водні та плаваючі рослини. З повітряно-водних рослин – очерет звичайний (*Phragmites australis*), рогіз (*Typha*), лепешняк (*Glyceria*), півник болотний (*Iris pseudacorus*), різні види осоки (*Carex*). З плаваючих рослин – ейхорнія (*Eichhornia crassipes*), різні види ряски (*Lemna*), сальвінії плавучої (*Salvinia natans*) та ін. [28].

Отже, здатність ВВР інтенсифікувати процеси відновлення якості води – незаперечна. Водні рослини, які є автотрофними організмами, беруть безпосередню участь у формуванні органічної речовини. Висока здатність водних макрофітів акумулювати мінеральні та органічні речовини, утилізувати азот, фосфор, кальцій, магній та багато інших елементів, здійснювати симбіотичні зв'язки з численними гідробіонтами дає можливість розглядати їх як природні

біофільтри. Особливо висока очисна здатність таких політантів як нафтопродукти та важкі метали спостерігається у видах: очерет (*Phragmites*), рогіз вузьколистий (*Typha angustifolia*) і рогіз широколистий (*Typha latifolia*), рдест гребінчастий (*Stuckenia pectinata*) і рдест курчавий (*Potamogeton crispus*).

Оскільки у водоймах мешкають та розвиваються організми й формується своєрідний екоценотичний комплекс, стан і розвиток його можна регулювати з метою прискорення очищення та рекультиватії через пошук організмів з високою потенцією для біологічної рекультиватії. Такі багатофункціональні властивості водної рослинності як з економічної, так і з екологічної точки зору дозволяють проводити екологічний моніторинг гідрографічної сітки України та застосовувати методи очищення водного середовища.

Риби не є необхідними для фактичного очищення води, але вони є важливими для збереження водно-болотних угідь в оптимальних умовах для цього процесу. Риби їдять водорості з поверхні і всередині води, вони зменшують розвиток комарів і шкідників. Необхідно використовувати різні види риб, щоб охопити всі глибинні зони в системі очищення води, використовуючи систему організмів [68].

Серед сучасних природоохоронних заходів з попередження забруднення водних об'єктів важлива роль належить сорбційним методам очищення природних і стічних вод за участю природних мінеральних сорбентів. Аналіз наукової літератури свідчить, що відомі природні сорбенти (монтморилоніти, діатоміти, опоки, палігорскіти) завдяки доступності, невисокій вартості та поліфункціональним сорбційним властивостям широко використовуються в технологіях водопідготовки та водоочищення [13, 50].

Сучасні тенденції вдосконалення систем і споруд водоочищення обмежуються адаптацією класичних схем обробки води [17]. Ускладнення технології фізико-хімічної обробки води за рахунок збільшення доз реагентів, які використовуються, застосування окислювачів і методів сорбційного очищення не завжди призводять до очікуваного ефекту. Використання підвищених доз реагентів збільшує кількість осадів, підвищує солеміст очищеної води, створюючи при цьому проблему вторинного вилучення цих солей. Багато домішок не вилучаються з води механічним шляхом, не нейтралізуються при біологічному очищенні, не видаляються такими традиційними методами водоочищення, як відстоювання, коагуляція та флоатія. Це зумовлює введення в комплексну технологічну схему водопідготовки та водоочищення стадії сорбційного доочищення [11]. Як правило, ця стадія є завершальним етапом у технологічному процесі очищення води.

Сорбційний метод дозволяє видаляти забруднення води надзвичайно широкої природи практично до будь-якої залишкової концентрації незалежно від їх хімічної стійкості. При цьому відсутні вторинні забруднення. Тому перспективною є тенденція розвитку фільтрувально-сорбційних пристроїв. Завдяки фундаментальним дослідженням В. В. Гончарука, Ю. І. Тарасевича та Ф. Д. Овчаренка в хімію та технологію очищення води була залучена низка мінералів, серед яких домінують природні алюмосилікати [12, 13, 36, 50].

Високі адсорбційні, йонобмінні, фільтраційні властивості, дешевизна й широке розповсюдження природних дисперсних мінералів роблять перспективним їх застосування для захисту навколишнього середовища, очищення та розділення газів і рідин [62]. Технологічна цінність природних сорбентів стимулює подальші дослідження їх будови, фізико-хімічних властивостей, розробку методів хімічного й термічного модифікування.

Природні цеоліти є перспективними селективними йонобмінниками в зв'язку з їх високою вибірковістю та достатньою сорбційною ємністю, що дозволяє використовувати їх у процесах очистки стічних і природних вод [50, 51].

Дослідження, описані в роботі [30], показали, що цеоліти Сокирницького родовища видаляють з води також йони важких металів. За величиною сорбції зазначені йони можна розмістити в ряд: $\text{NH}_4^+ > \text{Pb}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Cd}^{2+}$. Величина сорбції суттєво зростає після хімічного модифікування цеолітів у розчинах кислот. Так, послідовна обробка цеолітів 20% розчином сульфатної кислоти та одномолярним розчином КС1 підвищує сорбційну ємність йонів Cu^{2+} до 48 мг/г.

Мінеральний склад, властивості й текстуру цеоліту та метакаоліну було вивчено польськими вченими. Після модифікування цих мінералів шляхом термічної та хімічної обробки збільшувалася пористість та змінювалася текстура природних сорбентів, що дозволяє використати їх для сорбції аміаку з природних водойм [62].

Для очищення стічних вод від барвників рекомендують використовувати глинисті матеріали: бентоніти та палигорськіти Дамуківського родовища (Черкаська обл.) [42]. Зазначені мінерали характеризуються шаровою та шаровострічковою структурою, що й зумовлює їх високу адсорбційну ємність до органічних молекул великих розмірів. Цеолітовий мінерал глауконіт [14], можна розглядати як ефективний сорбент для видалення з води фтору, нафти та нафтопродуктів. Значні поклади цього мінералу зосереджені на території Хмельницької області (Адамівське родовище), що значно розширює сировинну базу природних мінеральних сорбентів.

Адсорбція Pb(II) і Cr(III) з водних розчинів було проведено на глині [66]. Експерименти здійснювали в статичних умовах при різних дозах адсорбенту, рН розчину, часу струшування й температурі. Для опису природи адсорбції використана модель Дубініна-Радушкевича. Результати експериментів показали, що кельтська глина може бути ефективно використана при адсорбції Pb²⁺ і Cr³⁺ з водного розчину.

Дисперсні матеріали характеризуються значно вищою адсорбційною ефективністю, ніж гранульовані [19]. Володіючи високою питомою поверхнею, дисперсні сорбенти в кілька разів скорочують процес очищення при значно меншій витраті сорбенту на одиницю об'єму очищуваної води. Проте практичне застосування таких сорбентів гальмується технічними проблемами, які виникають при відділенні сорбенту від очищеної води.

Застосування кремнійорганічних рідин для модифікування дисперсних мінералів характеризується простотою, економічністю та ефективністю. Його використовують у якості адсорбенту для видалення з поверхні води нафтових забруднень [6].

Доведено, що природній сокирницький КЛ (йнообмінник кальцієвої форми) можливо використовувати для очищення навіть питної води [9]. Оскільки сорбція катіонів Me²⁺ на клиноптилоліті є йнообмінною, то після очищення у воді підвищується вміст йонів Ca²⁺. У випадках, коли такий підвищений вміст небажаний (вода для парогенераторів, виготовлення шипучих напоїв, пива), застосовують хімічно модифіковані форми мінералу.

На можливість застосування природного цеоліту при очищенні «сірих» стічних вод вказують автори [69], оскільки цеоліт є дешевим сорбентом-йнообмінником. Можлива його модифікація та регенерація. Проведені дослідження доводять ефективність використання цеоліту при очищенні стічних вод ванн і пралень.

Автори [10] дослідили можливість використання ракушняка для комбінованого очищення сірчанокислних промислових стоків. Проведені експерименти показали, що практично повна нейтралізація кислих стоків відбувається при введенні дисперсного ракушняка у кількості 170–190 г/моль H₂SO₄ (рН очищеної води 7,0–7,4). Паралельно з нейтралізацією відбувається також адсорбційне очищення стоків від йонів Fe³⁺ і Cr³⁺, концентрація йонів знижується до рівня (0–0,6) мг/л для Cr³⁺ і менше 3,0 мг/л – для Fe³⁺, що дозволяє скидати очищені стоки в каналізацію.

Ефективність використання природних сорбентів Східного Казахстану в очищенні води від йонів важких металів (Cu²⁺) розглянуті в роботі [38]. Встановлено, що йони Купруму взаємодіють з бентонітами згідно з механізмом йонного обміну, тобто їх вилучення з бентонітів можливе. Ступінь вилучення збільшується залежно від маси бентоніту. Значну роль у зв'язуванні йонів Купруму відіграють колоїдні частинки бентоніту.

Авторами [60] розглянутий метод сорбційного видалення з стічних вод йонів Купруму з використанням каолініту. Дослідження проводили в контактному режимі, при вивченні процесів сорбції використовували атомно-абсорбційну спектрометрію та інші методи у варіації різних параметрів. Встановлено, що адсорбція міді збільшилася зі збільшенням рН і температури, визначено константи швидкості процесів; повідомляється, що метод рекомендований до промислового застосування, як дешевий та ефективний.

Дослідження [2] показали, що мелений брус (мінерал класу гідроксидів $Mg(OH)_2$) є ефективним реагентом при видаленні з води йонів важких металів, у тому числі Купруму, Цинку, Феруму. Були досліджені хімічні та фізичні властивості двох фракцій меленого бруситу «Аквадаг» (фракції 45 і 300 мкм).

З використанням атомно-абсорбційного та рентгенофлуоресцентного аналізу досліджені адсорбційні властивості сокирницького клиноптололіту щодо сумішей $Pb(II)$, $Zn(II)$, $Cd(II)$, $Mn(II)$, $Fe(III)$ і $Cu(II)$ на рівні 1–10 ГДК для стічних вод по кожному йону в статичному режимі та процеси десорбції цих сумішей з поверхні КЛ розчинами з $pH = 4,5-5,1$, що містять аніони CO_3^{2-} , SO_4^{2-} та NO_3^- [58]. Отримані дані свідчать про те, що сокирницький клиноптололіт можна рекомендувати для доочищення промислових стічних вод, які подають на біологічне очищення після обробки фізичними та хімічними методами, з подальшим застосуванням як компоненту твердого покриття доріг або в технічному будівництві.

Сорбційна здатність природних і термічно модифікованих кальцій-магній мінералів карбонатних й силікатних порід по відношенню до йонів Fe^{2+} , Mn^{2+} досліджена у роботі [8]. Проведені експерименти показали, що ці мінерали є перспективною сировиною для промислового одержання мінеральних сорбентів. Термічна обробка мінералів при температурах 500–800 °С в атмосфері повітря виявляє специфічний вплив на їх сорбційні властивості. Для карбонатних порід (доломіт, мармур) термообробка підвищує їх сорбційну ємність до йонів Fe^{2+} і Mn^{2+} , у випадку силікатних порід (діопсид, волостиніт, термоліт, кварц) така обробка викликає зниження сорбційної ємності. Різний вплив термічного модифікування на сорбційні властивості мінералів пояснюють тим, що карбонатні породи при нагріванні розкладаються з утворенням нових фаз, у результаті чого зростає їх питома поверхня [8]. Так, для доломіту природна форма мінералу характеризується питомою поверхнею 0,17 м²/г, а зразки термічно модифіковані при 800 С мають питому поверхню 7,5 м²/г. Тому оптимальним варіантом очищення підземних вод від йонів Fe^{2+} і Mn^{2+} з використанням досліджуваних мінералів є варіант створення «киплячого шару» сорбента.

Особливості хімічного модифікування природних мінералів поліфосфатом натрію та створення на їх основі сорбентів для очищення води від йонів важких металів розглянуті в роботі [50]. Використовуючи відомі (клиноптололіт) і маловідомі (алуніт, силікат кальцію, гідрокальцит) мінерали, автори розробили ефективну методику створення на їх основі механічно-стійких високоактивних сорбентів. Застосування розроблених сорбентів в умовах очищення промислових стічних вод гальванічного виробництва виявило високу сорбційну ємність (2,5–3,4 мг-екв./г) та вибірковість по відношенню до йонів Ni^{2+} . У процесі модифікування поліфосфат-аніони міцно хемосорбуються на поверхні, створюючи активні йонообмінні центри комплексоутворюючого характеру, що й зумовлює високу адсорбційну здатність модифікованих мінералів.

Проведений авторами [35] аналіз природних і штучних сорбційних матеріалів, що використовуються у процесі очищення стічних вод, забруднених йонами важких металів, дозволяє зробити висновок про те, що зараз існує широкий ряд сорбентів, призначених для знешкодження високотоксичних стоків. Проте технологічні аспекти оптимального застосування сорбентів залишаються маловивченими.

У роботі [63] досліджено видалення йонів важких металів з водних розчинів при різних експериментальних умовах. Ефективність видалення Cd^{2+} , Cu^{2+} і Ni^{2+} з водних розчинів визначали при різних початкових концентраціях, швидкості перемішування та pH. За селективністю сорбції метали розташовуються у такому порядку $Cd^{2+} > Ni^{2+} > Cu^{2+}$. Дані адсорбції відповідали моделі Ленгмюра та Фрейндліха.

У праці [61] розглянута сорбція йонів Co^{2+} мексиканськими туфами, що збагачені цеолітами (клиноптололітами) і каолінітом. Цікавим є той факт, що експеримент здійснювали при кімнатній температурі та pH середовища 1–7. Процес сорбції в перші 5 год проходить швидко, потім уповільнюється і впродовж 24 год настає рівновага.

Сорбційні властивості та застосування глин для видалення йонів важких металів з стічних вод досліджували автори роботи [64]. Польські бейделітові та смектитові глини використовували для адсорбції йонів Cr^{3+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} і Cd^{2+} з водних розчинів, що містять

один або два види йонів. Визначено коефіцієнти розподілу для кожної глини. Здатність до адсорбції йонів глинами розташовувалася у порядку в ряду: $\text{Cr}^{3+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Ni}^{2+} > \text{Cd}^{2+}$. Присутність другого виду йонів у розчині знижувало адсорбцію. Бейделітові глини виявилися ефективнішими, ніж смектитові.

Оригінальні результати одержані авторами [52], які досліджували сорбційні властивості напівсинтетичних мікропористих матеріалів. Запропоновані в роботі сорбенти на основі монтморилоніту та сульфату алюмінію володіють високою активністю щодо сорбційного вилучення з води органічних барвників з різною молекулярною масою. При цьому, для низькомолекулярних барвників (індигокармін) визначальним чинником є їх адсорбція на поверхні монтморилоніту, а для високомолекулярних (прямий блакитний) – коагулююча здатність алюміній сульфату. Комбінована дія розроблених сорбентів дозволяє прогнозувати їх ефективне використання для очищення природних вод від фульво- та гумінових кислот.

Авторами [57] досліджено адсорбцію метиленового блакитного (МБ) з модельних стічних вод у динамічних умовах на термообробленому $\text{Fe}(\text{III})$ бентоніті, проаналізовані кінетичні закономірності процесу сорбції метиленового блакитного. На основі експериментальних даних проведено математичне моделювання процесу і встановлено, що зі зміною концентрації метиленового блакитного у розчині кінетичний та дифузійний коефіцієнти змінюються.

Активованій катіонами кальцію та магнію природний алюмосилікат каолініт характеризується високою сорбційною ємністю до йонів хрому та інших важких металів [41]. При модифікуванні каолініту також відбувається часткове заміщення структурних йонів алюмінію катіонами кальцію та магнію, що призводить до підвищення дефектності кристалічної структури алюмосилікатів і, відповідно, до активації його сорбційних властивостей. Практичне застосування активованого каолініту для доочищення стічних вод гальванічного виробництва засвідчило його високу сорбційну ефективність. Так, ступінь вилучення йонів хрому дорівнює 99%, нікелю – 98%, цинку – 95%.

Технологічні аспекти хімічного модифікування природних алюмосилікатів монтморилонітових глин досліджували автори роботи [53]. Розроблені методики дозволили створити ефективні сорбенти на основі Fe -, Al - та Fe/Al -модифікованого монтморилоніту та випробувати їх у процесах очищення води від органічних барвників. Модифіковані монтморилонітові глини володіють високою спорідненістю до аніонних барвників, при цьому максимальна адсорбційна ємність характерна для Fe/Al -модифікованих сорбентів. Термообробка (400–500 С) як модифікованих, так і немодифікованих зразків викликає зниження їх адсорбційної здатності, що може бути пов'язане зі зменшенням питомої поверхні.

У праці [39] описано технології виготовлення високоефективних цеолітних адсорбентів зі структурою цеоліту типу А в різних катіонообмінних формах з природного алюмосилікату зі структурою каоліну. С. А. Євтюхов та В. Г. Березюк провели порівняльне дослідження сорбційних властивостей основних мінералогічних компонентів ґрунту та цеоліту [16]. На думку авторів, закономірності сорбції йонів важких металів на мінералах ґрунту та цеоліті дозволяють прогнозувати процеси техногенного забруднення підземних вод унаслідок поверхневого забруднення ґрунтів, а також визначити можливості застосування цеолітів для очищення ґрунтів і підземних вод. З підвищенням рН сорбція йонів важких металів активніше відбувається на цеоліті й дорівнює 98–99%, тоді як на компонентах ґрунту не перевищує 85%.

Природні мінеральні сорбенти активно використовують у технологіях дезактивації промислових стоків і очищення стічних й природних вод від радіонуклідів. У роботі [7] проведено порівняльне дослідження сорбційної здатності вуглецевих і мінеральних матеріалів, а також композиційних сорбентів на їх основі по відношенню суміші радіонуклідів катіонного та аніонного характеру. Показано, що максимальною сорбційною здатністю володіють композиційні матеріали, наприклад, торф+силікагель; активоване вугілля+цеоліт; буре вугілля+вапняк+цеоліт, які знижують початкову радіоактивність води на 88–98% у статичному режимі і на 95–99% в динамічному. Авторі прогнозують, що розроблені композиційні сорбенти зможуть знайти застосування для великомасштабної дезактивації природних і стічних

вод, для очищення технічних вод обмежених об'ємів, а також для групового та індивідуального концентрування радіонуклідів.

Як відомо, гумінові кислоти є одними з основних домішок, які присутні в питній воді [24]. Цікаві результати отримані у роботі [63] щодо механізму взаємодії цих кислот з шаруватими силікатами. У природних водах гумінові кислоти знаходяться у вигляді солей, комплексних сполук з йонами Алюмінію, Феруму, Мангану, асоціатів з частинками глинистих мінералів і гідроксидами Феруму та Алюмінію. Взаємодія гумінових кислот з дисперсними частинками шаруватих силікатів і продуктами гідролізу коагулянтів одночасно протікає за кількома механізмами. Фракціонування гумінових кислот, зміна рН середовища, введення в обмінний комплекс мінеральних йонобмінників йонів-комплексоутворювачів є неодмінною умовою виявлення ролі кожного з механізмів у визначенні сорбційної ємності по відношенню до гумінових кислот різноманітних представників шаруватих силікатів, що широко використовуються у якості реагентів при підготовці технічної та очистці природної води від органічних домішок.

У технологіях водопідготовки та водоочищення використовують опал-кристобалітову породу – опоку. Зокрема, на основі опоки отриманий сорбент для сорбції катіонів важких металів з водного середовища [26]. Збільшення сорбційної активності опоки досягалося шляхом термічного та хімічного модифікування, а також іммобілізацією γ -амінопропілтриєтоксисиланом. У цій роботі визначені оптимальні умови підвищення сорбційної активності опоки – температура прожарювання зразків до 200 С, кислотна обробка сумішшю розчинів нітратної та хлоридної кислот з концентраціями 6 моль/л, іммобілізація 5% водним розчином γ -амінопропілтриєтоксисилану. Максимальна сорбція Cu^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} досягається при рН 5,5–6,5, динамічна рівновага настає упродовж 7 год.

Адсорбція важких металів зі стічних вод процесу гальванопокриттів можлива тирсою [67]. Тирсу тополі використовували для видалення Cu^{2+} , Zn^{2+} і Cd^{2+} . Форма ізотерм вказувала на багаточастинкову адсорбцію.

Як альтернативу ПМС цеолітам можна вважати сорбенти на основі залізомарганцевих конкрецій [56]. Для кращого очищення від катіонів важких металів використовують сорбцію та йонний обмін, що дозволяє видалити кольорові метали зі стічних вод різного сольового складу до ГДК, допустимої для рибогосподарських водойм $0,1 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$.

Розвиток науково-технічного прогресу, введення у дію нових підприємств, розбудова населених пунктів загострює проблеми очищення побутових і промислових стоків від забруднювачів різної природи. Одним зі шляхів розв'язання цієї проблеми є використання для очищення стічних вод природних дисперсних сорбентів, запаси яких у великій кількості знаходяться в надрах України [43]. Перевагами такої стратегії є відносно невисока собівартість природних дисперсних сорбентів, значні поклади родовищ відповідних мінералів: Сокирницьке родовище цеолітів, Ільницьке та Горбське родовища бентонітів на Закарпатті, Дашуківське родовище бентонітів і палигорскітів на Черкащині, Адамівське родовище глауконітів на Хмельниччині тощо.

Базальтові туфи (БТ) – мінерали вулканогенного походження, за хімічним складом і структурно близькі до цеолітів. Дослідження авторів монографії «Природний мінерал базальтовий туф: склад, властивості та використання», показали, що базальтові туфи володіють поліфункціональними адсорбційними властивостями й можуть бути використані для очищення вод від йонних і молекулярних забруднень [20].

Висока хімічна й термічна стійкість, елементи цеолітної структури дають підстави розглядати базальтові туфи як перспективну мінеральну сировину, що знайде практичне застосування у розв'язанні низки екологічних, агрохімічних, медико-біологічних і технологічних проблем.

У наведеному вище матеріалі була встановлена висока ефективність використання природного цеоліту й клиноптололіту в процесах водопідготовки та водоочищення. Базальтові туфи мають в своїй структурі елементи як клиноптололітної, так і цеолітної структури, тому аналогічно можуть бути застосовані для очистки питних і стічних вод.

Використання клиноптололіту [3] замість кварцового піску покращує технологічні параметри роботи фільтрів – брудоемність фільтрів збільшується на 30–40%, це в свою чергу дозволяє збільшити фільтроцикл на 4–16 год. Застосування клиноптололітових фільтрів дозволяє збільшити лінійну швидкість фільтрування води з 5–7 до 7–9 м/год без погіршення якості фільтрату та скоротити витрату води на промивку [55].

Ціна 1 кг активованого вугілля становить 72–97 грн., а вартість 1 кг природного базальтового туфу – 3–5 грн., тобто в 19–24 разів менше. Крім того, для активації природного базальтового туфу можна використовувати відпрацьовані розчини кислот, що дозволить зменшити витрати на виготовлення розчинів для активації сорбенту. Незважаючи на те, що проведення активації вимагатиме встановлення нового додаткового обладнання, ці затрати окупляться, оскільки базальтовий туф можна використовувати багаторазово [20]. Цінність базальтового туфу як адсорбенту в процесі очищення питної води полягає ще і в тому, що під дією туфу відбувається пом'якшення води [20].

Використовуючи гранули та порошкоподібну природну форму базальтового туфу, приготували адсорбційні системи із різним співвідношенням маси речовини та об'єму води. Потім твердість води визначали через певний проміжок часу. Встановили, що порошкоподібна форма та гранули базальтового туфу зменшують загальну твердість води. Цікавим є той факт, що, незалежно від початкової твердості води, зменшення цього показника відбулось на 24–27% у випадку застосування порошкоподібної форми і на 18–20% – у гранулах [20].

Природні мінеральні сорбенти використовують також для очистки стічних вод. Нами була запропонована схема, де в якості сорбента використаний термічно модифікований базальтовий туф.

Розроблений науковцями [20] комплексний сорбент на основі хіміко-термічно модифікованого базальтового туфу дозволяє найповніше використовувати його поглинальну здатність. Унаслідок низької вартості речовини необхідність у його наступній регенерації може бути неактуальною, а простота апаратурного оформлення зменшує як вартість самої установки, так і експлуатаційні затрати на сам процес очищення. Відпрацьований базальтовий туф можна використати у виробництві будівельних матеріалів без додаткової очистки.

Базальтовий туф, пройшовши лише процес подрібнення, придатний для очистки питних і стічних вод без модифікації. Беручи до уваги стійкість БТ до слабкокислого і слабколужного середовища та його механічну міцність, а також позитивні результати при очищенні як питних, так і стічних вод, можна однозначно сказати про доцільність його застосування для очищення води з великим вмістом суспензій, при цьому можна очікувати скорочення експлуатаційних витрат за рахунок суміщення операцій фільтрації і сорбції.

Висновки

У системах природного та примусового водочищення на сьогодні ефективним є використання біологічних агентів (мікрорганізми, рослини та риби), які можуть бути організовано сформовані як природні екосистеми у вигляді біоплато та регульовані як за складом, так і за тривалістю функціонування.

Разом з тим, природні мінеральні сорбенти (ПМС) є якісним і перспективним матеріалом у процесах очистки реальних питних і стічних вод. Одним з найкращих ПМС є цеоліти. Їх цінність визначається високою пористістю, великим розміром пор, можливістю сорбувати речовини неорганічного та органічного походження, здатністю до регенерації. Схеми очистки питних і стічних вод, де у якості фільтр-сорбенту виступають модифіковані базальтові туфи, є доцільними та економічно вигідними, а простота апаратурного оформлення дозволяє їх впровадження на водоочисних спорудах.

1. Бактерії можуть допомогти очищати стічні води від іонів важких металів. URL: <http://manyava.org/publ/19-1-0-124/> (дата звернення:.....).
2. Белевцев А. Н., Байкова С. А., Жаворонкова В. И. Применение молотого брусита для очистки воды. *Экология и промышленность России*. 2008. № 2. С. 46–47.
3. Брек Д. Цеолитовые молекулярные сита; [пер. с англ. А. Л. Клячко, И. В. Мишина, В. И. Якерсова]. М.: Мир, 1976. 782 с.

4. Ваганова Е. С., Давыдова О. А. Оценка доочищения водных экосистем от тяжелых металлов (на примере малых рек Ульяновской области). *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2011. Т. 13, № 5 (2). С. 147.
5. Гавриленко Е. Е., Золотухина Е. Ю. Накопление и взаимодействие ионов меди, цинка, марганца, кадмия, никеля и свинца при их поглощении водными макрофитами. *Гидробиологический журнал*. 1989. Т. 25, № 5. С. 54–61.
6. Герасимова В. Н. Природные цеолиты как адсорбенты нефтепродуктов. *Химия в интересах устойчивого развития*. 2003. Т. 11, № 11. С. 481–488.
7. Гоба Е. В., Ставицкий С. С., Петренко Т. П., Ставицкий В. В. Эффективность различных сорбционных материалов для извлечения радионуклидов из загрязненной воды. *Химия и технология воды*. 2005. Т. 25, № 6. С. 574–584.
8. Годимчук А. Ю., Ильин А. П. Исследование сорбционных процессов на природных минералах и их термомодифицированных формах. *Химия и технология воды*. 2004. Т. 26, № 4. С. 287–298.
9. Гомонай В. І., Мільович С. С., Гораєвський Л. Ю., Гомонай П. В. Застосування сокирницького КЛ для очистки води від іонів міді (II). *Екотехнології та ресурсозбереження*. 2003. № 3. С. 55–57.
10. Гончарик В. П., Черныш И. Г., Кожара Л. И. Использование ракушняка для обезвреживания сернокислых хром- и железосодержащих промышленных стоков. *Химическая технология*. 1989. № 1. С. 93–96.
11. Гончарук В. В. Влияние адсорбционной очистки на молекулярно-динамическое состояние воды. *Химия и технология воды*. 2005. Т. 7, № 6. С. 528–539.
12. Гончарук В. В. Концепция выбора передня показателей и их нормативных значений для определения гигиенических требований и контроля за качеством питьевой воды в Украине. *Химия и технология воды*. 2008. Спец. вып., часть II. С. 52–111.
13. Гончарук В. В. Последние уникальные достижения в науке о воде. *Химия и технология воды*. 2015. Т. 37, № 1. С. 3–4.
14. Гончарук В. В., Пшинко Г. Н., Тимошенко Т. Г. Обесфторивание природных вод фильтрованием через глауконит, обработанный солями алюминия. *Химия и технология воды*. 2008. Т. 30, № 6. С. 615–626.
15. Дубына Д., Гейны С., Гроудова З. и др. Макрофиты – индикаторы изменений природной среды. К.: Наукова думка, 1993. – 434 с.
16. Свтюхов С. А., Березюк В. Г. Изучение сорбционных свойств природных алюмосиликатов. (глина, суглинки, цеолит). *Журнал прикладной химии*. 2003. Т. 76, № 9. С. 1454–1457.
17. Запольский А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води. К.: Вища школа, 2005. 671 с.
18. Кадукин А. И., Красинцева В. В., Романова Г. И., Тарасенко Л. В. Аккумуляция железа, марганца, цинка, меди и хрома у некоторых водных растений. *Гидробиологический журнал*. 1982. Т. 18, № 1. С. 79–82.
19. Кельцев Н. В. Основы адсорбционной техники. М.: Химия, 1984. 592 с.
20. Кобаса І. М., Цимбалюк В. В. Природний мінералбазальтовий туф: склад, властивості та використання. Чернівці: Чернівецький національний університет, 2016. 200 с.
21. Кокин К. А. О роли погруженных макрофитов в самоочищении загрязненных вод. – *Тр. ВГБО*, 1963. Т. 14.
22. Корелякова И. Л. Растительность Кременчугского водохранилища. К.: Наукова думка, 1977. 198 с.
23. Кроткевич П. Г. Роль растений в охране водоемов. *Новое в жизни, науке и технике. Сер., Биология*. М.: Знание, 1982. № 3. С. 64–69.
24. Кульский Л. А. Теоретические основы и технологии кондиционирования воды. К. Наукова думка, 1971. 500 с.
25. Курілов О. В. Гідробіологія, конспект лекцій. Ч. II. Одеса, 2009. С. 202.
26. Лихарева О. Б., Иванов М. Г., Матерн А. И. Повышение сорбционной активности опоки термическим и химическим модифицированием. *Химия в интересах устойчивого развития*. 2008. № 16. С. 415–420.
27. Логинова Е. В., Лопух П. С. Гидроэкология: курс лекций. Минск: БГУ, 2011. 300 с.
28. Маджд С. М. Досвід експлуатації гідрофітних споруд в Україні та світі. *Наукоємні технології*. 2016. № 2. С. 228. doi: 10.18372/2310-5461.30.10569 (ua).
29. Маджд С. М. Оцінка техногенного впливу авіаприемств на стан водойм. *Екологічна безпека та природокористування: зб.наук. праць / М-во освіти і науки України, Київ: Нац. ун-т буд-ва і архит., НАН України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору*. К., 2014. Вип. 14. С. 104.
30. Мальований М. С., Одноріг З. С., Гузьова І. О. Модифікація природних цеолітів та перспективи їх використання. *Хімічна промисловість України*. 1999. № 5. С. 10–12.

31. Методи очищення води. URL: <http://www.npblog.com.ua/index.php/ekologiya/metodi-ochischennja-vodi.html> [дата звернення:].
32. Мережко А. И., Шкодько Т. И. Роль высшей водной растительности в процессах самоочищения водоемов от хлорорганических пестицидов. *Гидробиологический журнал*. 1980. Т. 16, № 4. С. 113–114.
33. Міхеєв О. М., Маджд С. М., Семенова О. І., Дмитруха Т. І. Адаптація гідрофітної системи для очистки стічних вод підприємств цивільної авіації. *Хімія і технологія води*. 2015. № 3. С. 574–581.
34. Михеев А. Н., Овсянникова Л. Г., Маджд С. М., Лапань О. В. Разработка технологии деконтаминации водных объектов от радионуклидов и химического загрязнения. *Биотехнология XXI : Всеукр. науч.-практ. конф., 22 квітня 2016 р. : тези доп.* Київ: НТУУ «КПІ», 2016. С. 155.
35. Никулин А. С., Варюшина Г. П. Сорбционные материалы для очистки сточных вод от тяжелых металлов. *Водоочистка*. 2007. № 6. С. 44–45.
36. Овчаренко Ф. Д., Щербатюк Н. Є., Тарасевич Ю. І. Сорбційні властивості Закарпатського КЛ. *Доповіді АН УРСР. Серія Б*. 1974. № 11. С. 1026–1029.
37. Оксуюк О. П., Мережко А. И., Волкова Т. Ф. Использование высших водных растений для улучшения качества воды и укрепления берегов каналов. *Водные ресурсы*. 1978. № 4. С. 97–104.
38. Оразова С. С. Эффективность использования природных сорбентов Восточного Казахстана в очистке воды от ионов тяжелых металлов (Cu^{2+}). *Известия Томского политехнического университета. Серия: Математика и механика. Физика*. 2007. Т. 311, № 2. С. 250–252.
39. Павлов М. П., Кутепов Б. И., Патрикеев В. А. Технология приготовления высокоэффективных цеолитсодержащих адсорбентов на основе природных алюмосиликатов. *Химическая технология*. 2007. Т. 1. С. 230–233.
40. Панченко А. О. Встановлення ролі гідрофітних систем у відновленні якості стічних вод підприємства авіаційної галузі. *Екологічна безпека держави: зб. наук. праць*. Міністерство освіти і науки України. НАУ, 2016. С. 23–24.
41. Петров Е. Г., Заикин А. Е. Глубокая очистка хромсодержащего стока алюмосиликатным сорбентом. *Водоснабжение и санитарная техника*. 2006. № 10. С. 33–35.
42. Петрусь Р., Мальований М., Варчол Й. Технологія очищення стоків з застосуванням природних дисперсних сорбентів. *Хімічна промисловість України*. 2003. № 2. С. 20–22.
43. Проскурко А. И. Минеральные ресурсы Украины. Охрана и рациональное использование. Львов.: Выща школа, 1989. 180 с.
44. Ратушняк А. А. Оценка роли сообществ макрофитов в формировании качества воды мелководий Куйбышевского водохранилища. *Экологическая химия*. 2002. Т. 11, № 2. С. 133–139.
45. Ратушняк А. А., Андреева М. Г. Физиолого-биохимические особенности экзометаболизма макрофитов в сезонной динамике и его роль в формировании качества воды. *Экологическая химия*. 2001. Т. 10, № 10(4). С. 217–232.
46. Романенко В. Д., Крот Ю. Г., Киризія Т. Я., Коваль І. М., Кіпніс Л. С., Потрохов О. С., Зінковський О. Г., Леконцева Т. І. Природні і штучні біоплато. Фундаментальні та практичні аспекти. К.: Наукова думка, 2012. 155 с.
47. Садчиков А. П. Роль прибрежно-водной растительности в самоочищении водоемов. URL: http://www.moip.msu.ru/wp-content/uploads/2011/07/rol_pribrejno-vodnoi_rastitelnosti.pdf (дата звернення: ...).
48. Смирнова Н. Н. Эколого-физиологические особенности корневой системы прибрежно-водных растений. *Гидробиологический журнал*. 1989. Т. 25, № 6. С. 60–61.
49. Стольберг В. Ф., Ладыженский В. Н., Спиринов А. И. Биоплато – эффективная малозатратная экотехнология очистки сточных вод. *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*. 2003. № 3. С. 32.
50. Тарасевич Ю. И. Природные сорбенты в процессах очистки воды. К.: Наукова думка, 1981. 302 с.
51. Тарасевич Ю. И. Высокодисперсные адсорбенты. *Журнал всесоюзного химического общества им. Д. И. Менделеева*. 1989. № 2. С. 61–68.
52. Тарасевич Ю. И., Сердобольский В. Е., Дорошенко В. Е. Очистка воды от анионных красителей при помощи полусинтетического сорбента на основе монтмориллонита и основных солей алюминия. *Химия и технология воды*. 2004. Т. 26, № 3. С. 299–305.
53. Ханхасаева С. Ц., Бадмаева С. В., Дашинажилова Э. Ц. Адсорбция анионных красителей на монтмориллоните, модифицированном полигидроксокомплексами алюминия и железа. *Химия в интересах устойчивого развития*. 2006. Т. 14, № 3. С. 311–316.
54. Хімко Р. В. Причинно-наслідкові зв'язки в екосистемах малих річок та чинники погіршення їх екологічного стану. *Участь громадськості у збереженні малих річок України*: матеріали

- загальнонаціонального семінару і Першої робочої зустрічі Української річкової мережі, WetlandsInternational. Київ, 2003. С. 20.
55. Хорунжина С. И., Поляков В. Е., Тарасевич Ю. И. Исследование физико-химических свойств цеолитов новых месторождений Сибири и Якутии и возможности их применения для очистки воды. *Химия и технология воды*. 1992. Т. 14, № 11. С. 832–838.
 56. Чиркст Д. Э., Черемисина О. В., Иванов М. В. Изотерма обмена катионов натрия и меди на железомарганцевых конкрециях. *Журнал прикладной химии*. 2009. Т. 82, № 2. С. 238–242.
 57. Ягубов А. И. Сорбционные процессы очистки сточных вод от метилена голубого на Fe(III) бентоните: экспериментальные исследования и моделирование. *Конденсированные среды и межфазные границы*. 2007. Т. 9, № 2. С. 177–181.
 58. Яновська Є. С., Золотовський І. В., Слободяник М. С. Наукові основи безвідходної технології доочищення промислових стічних вод від сумішей іонів важких металів. *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*. 2008. № 5. С. 50–54.
 59. Эйно́р Л. О. Макрофиты в экологии водоема. М., 1992. 373 с.
 60. Alkan Mahir, Kalay Buācu, Dogan Mehmet, Demirbas Ozkan. Removal of copper ions from aqueous solutions by kaolinite and batch design. *Journal of Hazardous Materials*. 2008. Vol. 153, № 1-2. P. 867–876.
 61. Davila-Rengel J.I, Solache-RiasM. Sorption of cobalt by two Mexican clinoptilolite rich tuffs zeolitic rocks and kaolinite. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 2006. Vol.270, N 2. P. 465–471.
 62. GrełaAgnieszka, Bajda Tomasz, Mikuła Janusz. Skład mineralny i właściwości teksturalne zeolitów z metakaolinu. *Przemysł chemiczny*. 2015.Т. 94, №4.С.619–622.
 63. KocaobaS., OrhanY.,AkyuzT. Kinetics and equilibrium studies of heavy metal ions removably use of natural zeolite. *Desalination*. 2007. Vol. 214, № 1-3. P. 1–10.
 64. Kyziol-Komosinska J., Rosik-Dulāwska C., Kocela A. Wtasciwosci sorpcyjne ilowneogenskich i mozliwosci ich wykorzystanie dousuwania jonow metali ciezkich ze sciekow. *Przemysl Chemiczny*. 2008.Vol. 87, № 5. P. 501–505.
 65. Microorganism spurify water. [Електронний ресурс]: <http://www.eniscuola.net/en/argomento/protista/protection-of-water/micro-organisms-purify-water/>.
 66. Sari A.,TuzenM., SoylakM. Adsorption of Pb (II) and Cr (III) from aqueous solution on Celtekclay.*Journal of Hazardous Materials*. 2007.Vol. 144, № 1–2. P. 41–46.
 67. Sziban Marina, Radetiz Bogdanka, Kevresan Zarko, Klasnja Mile. Adsorption of heavy metals from electroplating wastewater by wood saw dust. *Bioresource Technology*. 2007. Vol. 98, N 2. P. 402–409.
 68. Water Purification using Organisms [Електронний ресурс]: <http://www.puwater.com/07/water-purification-using-organisms>.
 69. Widiastuti Nurul, WuHongwei, Ang Ming, Zhang Dong-ke. The potential application of natual zeo lite for grey water teatment. *Desalination*.2008. Vol. 218, № 1-3. P. 271–280.

References

1. Bakteriyi mozhut dopomogti ochishati stichni vodi vid ioniv vazhkih metaliv. [Elektronnij resurs]: <http://manyava.org/publ/19-1-0-124/>. (in Ukrainian)
 2. Belevcev A. N., Bajkova S. A., Zhavoronkova V. I. Primenenie molotogo brusita dlya ochistki vody. *Ekologiya i promyshlennost Rossii*. 2008. № 2. S. 46–47. (in Russian)
 3. Brek D. Ceolitovye molekulyarnye sita; [per. s angl. A. L. Klyachko, I. V. Mishina, V. I. Yakersova]. М.: Mir, 1976. 782 s. (in Russian)
 4. Vaganova E. S., Davydova O. A. Ocenka doochishennya vodnih ekosistem ot tyazhelyh metallov (na primere malyh rek Ulyanovskoj oblasti). *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*. 2011. Т. 13, № 5 (2). S. 147. (in Russian)
 5. Gavrilenko E. E., Zolotuhina E. Yu. Nakoplenie i vzaimodejstvie ionov medi, cinka, marganca, kadmiya, nikelya i svinca pri ih pogloshenii vodnimi makrofitami. *Gidrobiologicheskij zhurnal*. 1989. Т. 25, № 5. S. 54–61 s. (in Russian)
 6. Gerasimova V. N. Prirodnye ceolity kak adsorbenty nefteproduktov. *Himiya v interesah ustojchivogo razvitiya*. 2003. Т. 11, № 11. S. 481–488. (in Russian)
 7. Goba E. V., Stavickij S. S., Petrenko T. P., Stavickij V. V. Effektivnost razlichnyh sorbituyushih materialov dlya izvlecheniya radionuklidov iz zagryaznennoj vody. *Himiya i tehnologiya vody*. 2005. Т. 25, № 6. S. 574–584. (in Russian)
 8. Godimchuk A. Yu., Ilin A. P. Issledovanie sorbcionnyh processov na prirodnyh mineralah i ih termomodificirovannyh formah. *Himiya i tehnologiya vody*. 2004. Т. 26, № 4. S. 287–298. (in Russian)
- 82 ISSN 2078-2357. Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол., 2019, № 4 (78)

9. Gomonaj V. I., Milovich S. S., Gorayevskij L. Yu., Gomonaj P. V. Zastosuvannya sokirnickogo KL dlya ochistki vodi vid ioniv midi (II). Ekotehnologii i resursosberezenie. 2003. № 3. S. 55–57. (in Russian)
10. Goncharik V. P., Chernysh I. G., Kozhara L. I. Ispolzovanie rakushnyaka dlya obezvrezhivaniya sernokislyh hrom- i zhelezosoderzhashih promyshlennyh stokov. Himicheskaya tehnologiya. 1989. № 1. S. 93–96. (in Russian)
11. Goncharuk V. V. Vliyanie adsorbcionnoj ochistki na molekulyarno-dinamicheskoe sostoyanie vody. Himiya i tehnologiya vody. 2005. T. 7, № 6. S. 528–539. (in Russian)
12. Goncharuk V. V. Konceptiya vybora perednya pokazatelej i ih normativnyh znachenij dlya opredeleniya gigienicheskikh trebovanij i kontrolya za kachestvom pitevoj vody v Ukraine. Himiya i tehnologiya vody. 2008. Spec. vyp., chast II. S. 52–111. (in Russian)
13. Goncharuk V. V. Poslednie unikalnye dostizheniya v nauke o vode. Himiya i tehnologiya vody. 2015. T. 37, № 1. S. 3–4. (in Russian)
14. Goncharuk V. V., Pshinko G. N., Timoshenko T. G. Obesftorivanie prirodnyh vod filtrovaniam cherez glaukonit, obrabotannyj solyami alyuminiya. Himiya i tehnologiya vody. 2008. T. 30, № 6. S. 615–626. (in Russian)
15. Dubyna D., Gejny S., Groudova Z. i dr. Makrofity – indykatory izmenenij prirodnoj sredy. K.: Naukova dumka, 1993. – 434 s. (in Russian)
16. Yevtyuhov S. A., Berezyuk V. G. Izuchenie sorbcionnyh svojstv prirodnyh alyumosilikatov. (glina, suglinok, ceolit). Zhurnal prikladnoj himii. 2003. T. 76. № 9. S. 1454–1457. (in Russian)
17. Zapolskij A. K. Vodopostachannya, vodovidvedennya ta yakist vodi. K.: Visha shkola, 2005. 671 s. (in Ukrainian)
18. Kadukin A. I., Krasinceva V. V., Romanova G. I., Tarasenko L. V. Akkumulyaciya zheleza, marganca, cinka, medi i hroma u nekotoryh vodnih rastenij. Hidrobiologicheskij zhurnal. 1982. T. 18, № 1. S. 79–82.
19. Kelcev N. V. Osnovy adsorbcionnoj tehniki. M.: Himiya, 1984. 592 s. (in Russian)
20. Kobasa I. M., Cimbalyuk V. V. Prirodnij mineralbazaltovij tuf: sklad, vlastivosti ta vikoristannya. Chernivci: Cherniveckij nacionalnij universitet, 2016. 200 s. (in Ukrainian)
21. Kokin K. A. O roli pogruzhennyh makrofitov v samoochisheni zagryaznennyh vod. – Tr. VGBO, 1963. T. 14. (in Russian)
22. Korelyakova I. L. Rastitelnost Kremenchugskogo vodohranilisha. K.: Naukova dumka, 1977. 198 s. (in Russian)
23. Krotkevich P. G. Rol rastenij v ohrane vodoemov. Novoe v zhizni, nauke i tehnike. Ser., Biologiya. M. : Znanie. 1982. № 3. S. 64–69.
24. Kulskij L. A. Teoreticheskie osnovy i tenologii kondicionirovaniya vody. K. Naukova dumka, 1971. 500 s. (in Russian)
25. Kurilov O. V. Hidrobiologiya, konspekt lekcij. Ch. II. Odesa, 2009. S. 202. (in Russian)
26. Lihareva O. B., Ivanov M. G., Matern A. I. Povyshenie sorbcionnoj aktivnosti opoki termicheskim i himicheskim modifitsirovaniam. Himiya v interesah ustojchivogo razvitiya. 2008, № 16. S. 415–420. (in Russian)
27. Loginova E. V., Lopuh P. S. Hidroekologiya: kurs lekcij. Minsk: BGU, 2011. 300 s. (in Russian)
28. Madzhd S. M. Dosvid ekspluataciyi gidrofitnih sporud v Ukrayini ta sviti. Naukoyemni tehnologiyi. 2016. № 2. S. 228. doi: 10.18372/2310-5461.30.10569 (ua). (in Ukrainian)
29. Madzhd S. M. Ocinka tehnogenogo vplivu aviapidpriyemstv na stan vodojm. Ekologichna bezpeka ta prirodokoristuvannya: zb.nauk. prac / M-vo osviti i nauki Ukrayini, Kiyiv: Nac. un-t bud-va i arhit., NAN Ukrayini, In-t telekomunikacij i global. inform. prostoru. K., 2014. Vip. 14. S. 104. (in Ukrainian)
30. Malovaniy M. S., Odnorig Z. S., Guzova I. O. Modifikaciya prirodnyh ceolitiv ta perspektivi yih vikoristannya. Himichna promislolist Ukrayini. 1999. № 5. S. 10–12. (in Ukrainian)
31. Metodi ochishennya vodi.[Elektronnij resurs]: <http://www.npblog.com.ua/index.php/ekologiya/metodi-ochishennya-vodi.html>]. (in Ukrainian)
32. Merezhko A. I., Shkodko T. I. Rol vysshej vodnoj rastitelnosti v procesah samoochishennya vodoemov ot hlororganicheskikh pesticidov. Hidrobiologicheskij zhurnal. 1980. T. 16, № 4.S. 113–114. (in Russian)
33. Mihyeyev O. M., Madzhd S. M., Semenova O. I., Dmitruha T. I. Adaptaciya gidrofitnoyi sistemi dlya ochistki stichnih vod pidpriyemstv civilnoyi aviatsiyi. Himiya i tehnologiya vodi. 2015. № 3. S. 574–581. (in Ukrainian)
34. Miheev A. N., Ovsyannikova L. G., Madzhd S. M., Lapan O. V. Razrabotka tehnologi dekontaminacii vodnih obektov ot radionuklidov i himicheskogo zagryazneniya. Biotehnologiya HHI : Vseukr. nauk.-prakt. konf., 22 kvitnya 2016 r. : tezi dop. Kiyiv: NTUU «KPI», 2016. S. 155. (in Russian)
35. Nikulin A. S., Varyushina G. P. Sorbcionnye materialy dlya ochistki stochnykh vod ot tyazhelyh metallov. Vodoochistka. 2007. № 6. S. 44–45. (in Russian)

36. Ovcharenko F. D., Sherbatiyuk N. Ye., Tarasevich Yu. I. Sorbcijni vlastivosti Zakarpatskogo KL. Dopovidi AN URSSR. Seriya B.1974. № 11. S. 1026–1029. (in Ukrainian)
37. Oksiyuk O. P., Merezhko A. I., Volkova T. F. Ispolzovanie vysshih vodnih rastenij dlya uluchsheniya kachestva vody i ukrepleniya beregov kanalov. Vodnye resursy. 1978. № 4. S. 97–104. (in Russian)
38. Orazova S. S. Effektivnost ispolzovaniya prirodnyh sorbentov Vostochnogo Kazahstana v ochildke vody ot ionov tyazhelyh metallov (Su²⁺). Izvestiya Tomskogo politehnicheskogo universiteta. Seriya: Matematika i mehanika. Fizika. 2007. T. 311, № 2. S. 250–252. (in Russian)
39. Pavlov M. P., Kutepov B. I., Patrikeev V. A. Tehnologiya prigotovleniya vysokoeffektivnyh ceolitsoderzhashih adsorbentov na osnove prirodnyh alyumosilikatov. Himicheskaya tehnologiya. 2007. T. 1. S. 230–233. (in Russian)
40. Panchenko A. O. Vstanovlennyya roli gidrofitnih sistem u vidnovlenni yakosti stichnih vod pidpriyemstva aviacijnoyi galuzi. Ekologichna bezpeka derzhavi: zb. nauk. prac. Ministerstvo osviti i nauki Ukrayini. NAU, 2016. S. 23–24. (in Ukrainian)
41. Petrov E. G., Zaikin A. E. Glubokaya ochildka hromsoderzhashego stoka alyumosilikatnym sorbentom. Vodospabzhenie i sanitarnaya tehnika. 2006. № 10. S. 33–35. (in Russian)
42. Petrus R., Malovaniy M., Varchol J. Tehnologiya ochishnennyya stokiv z zastosuvannyam prirodnyh dispersnyh sorbentiv. Himichna promislolist Ukrayini. 2003. № 2. S. 20–22. (in Ukrainian)
43. Proskurko A. I. Mineralnye resursy Ukrainy. Ohrana i racionalnoe ispolzovanie. Lvov.: Vysha shkola, 1989. 180 s. (in Russian)
44. Ratushnyak A. A. Ocenka roli soobshestv makrofitov v formirovanii kachestva vody milkovodij Kujbyshevskogo vodohranilisha. Ekologicheskaya himiya. 2002. T. 11, № 2. S. 133–139. (in Russian)
45. Ratushnyak A. A., Andreeva M. G. Fiziologo-biohimicheskije osobennosti ekzometabolizma makrofitov v sezonnoj dinamike i ego rol v formirovanii kachestva vody. Ekologicheskaya himiya. 2001. T. 10, № 10(4). S. 217–232. (in Russian)
46. Romanenko V. D., Krot Yu. G., Kirizij T. Ya., Koval I. M., Kipnis L. S., Potrohov O. S., Zinkovskij O. G., Lekonceva T.I. Prirodni i shtuchni bioplato. Fundamentalni ta praktichni aspekti. K. : Naukova dumka, 2012. 155 s. (in Ukrainian)
47. Sadchikov A. P. Rol pribrezhno-vodnoj rastitelnosti v samoochishenii vodoemov. [Elektronnij resurs]: http://www.moip.msu.ru/wp-content/uploads/2011/07/rol_pribrezhno-vodnoi_rastitelnosti.pdf. (in Russian)
48. Smirnova N. N. Ekologo-fiziologicheskije osobennosti kornevoj sistemy pribrezhno-vodnyh rastenij. Gidrobiologicheskij zhurnal. 1989. T. 25, № 6. S. 60–61. (in Russian)
49. Stolberg V. F., Ladyzhenskij V. N., Spirin A. I. Bioplato — effektivnaya malozatratnaya ekotehnologiya ochildki stochnyh vod. Ekologiya dovkillya ta bezpeka zhittyediyalnosti. 2003. № 3. S. 32. (in Russian)
50. Tarasevich Yu. I. Prirodnye sorbenty v processah ochildki vody. K.: Naukova dumka, 1981. 302 s. (in Russian)
51. Tarasevich Yu. I. Vysokodispersnye adsorbenty. Zhurnal vsesoyuznogo himicheskogo obshestva im. D. I. Mendeleeva. 1989. № 2. S. 61–68. (in Russian)
52. Tarasevich Yu. I., Serdobolskij V. E., Doroshenko V. E. Ochildka vody ot anionnyh krasitelej pri pomoshi polusinteticheskogo sorbenta na osnove montmorillonita i osnovnyh solej alyuminiya. Himiya i tehnologiya vody. 2004. T. 26. № 3. S. 299–305. (in Russian)
53. Hanhasaeva S. C., Badmaeva S. V., Dashinamzhilova E. C. Adsorbciya anionnyh krasitelej na montmorillonite, modifitsirovannom poligidroksokompleksami alyuminiya i zheleza. Himiya v interesah ustojchivogo razvitiya. 2006. T. 14. № 3. S. 311–316. (in Russian)
54. Himko R. V. Prichinno-naslidkovi zv'yazki v ekosistemah malih richok ta chinniki pogirshennyya yih ekologichnogo stanu. Uchast gromadskosti u zberezhenni malih richok Ukrayini. Materiali zagalnonacionalnogo seminaru i Pershoi robochoyi zustrichi Ukrayinskoyi richkovoyi merezhi, WetlandsInternational. Kiyiv, 2003. S. 20. (in Ukrainian)
55. Horunzhina C. I., Polyakov V. E., Tarasevich Yu. I. Issledovanie fiziko-himicheskijh svojstv ceolitov novih mestorozhdenij Sibiri i Yakutii i vozmozhnosti ih primeneniya dlya ochildki vody. Himiya i tehnologiya vody. 1992. T. 14, № 11. S. 832–838. (in Russian)
56. Chirkst D. E., Cheremisina O. V., Ivanov M. V. Izoterma obmena kationov natriya i medi na zhelezomargancevyh konkretacijah. Zhurnal prikladnoj himii. 2009. T. 82, № 2. S. 238–242. (in Russian)
57. Yagubov A. I. Sorbcionnye processy ochildki stochnyh vod ot metilena golubogo na Fe(III) bentonite: eksperimentalnye issledovaniya i modelirovanie. Kondensirovannyye sredy i mezhfaznye granicy. 2007. T. 9, № 2. S. 177–181. (in Russian)
58. Yanovska Ye. S., Zolotovskij I. V., Slobodyanik M. S. Naukovi osnovi bezvidhodnoyi tehnologii doochishennyya promislovyh stichnyh vod vid sumishej ioniv vazhkih metaliv. Ekologiya dovkillya ta bezpeka zhittyediyalnosti. 2008. № 5. S. 50–54. (in Ukrainian)
59. Ejnor L. O. Makrofity v ekologii vodoema. M., 1992. 373 s. (in Russian)
- 84 ISSN 2078-2357. Nauk. zap. Ternop. naц. ped. un-tu. Ser. Biol., 2019, № 4 (78)

60. Alkan Mahir, Kalay Buācu, Dogan Mehmet, Demirbas Ozkan. Removal of copper ions from aqueous solutions by kaolinite and batch design. *Journal of Hazardous Materials*. 2008. Vol. 153, № 1-2. P. 867–876.
61. Davila-Rengel J.I, Solache-RiasM. Sorption of cobalt by two Mexican clinoptilolite rich tuffs zeolitic rocks and kaolinite. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 2006. Vol.270, N 2. P. 465–471.
62. GrelaAgnieszka, Bajda Tomasz, Miłuła Janusz. Skład mineralny i właściwości teksturalne zeolitów z metakaolinu. *Przemysł chemiczny*. 2015.T. 94, №4.S.619–622.
63. KocaobaS., OrhanY.,AkyuzT. Kinetics and equilibrium studies of heavy metal ions removably use of natural zeolite. *Desalination*. 2007. Vol. 214, № 1-3. P. 1–10.
64. Kyziol-Komosinska J., Rosik-Dulāwska C., Kocela A. Wtasciwosci sorpcyjne ilowneogenskich i mozliwosci ich wykorzystanie dousuwania jonow metali ciezkich ze sciekow. *Przemysl Chemiczny*. 2008.Vol. 87, № 5. P. 501–505.
65. Microorganism spurfify water. [Електронний ресурс]: <http://www.eniscuola.net/en/argomento/protista/protection-of-water/micro-organisms-purify-water/>.
66. Sari A.,TuzenM., SoylakM. Adsorption of Pb (II) and Cr (III) from aqueous solution on Celtekclay.*Journal of Hazardous Materials*. 2007.Vol. 144, № 1–2. P. 41–46.
67. Sziban Marina, Radetiz Bogdanka, Kevresan Zarko, Klasnja Mile. Adsorption of heavy metals from electroplating wastewater by wood saw dust. *Bioresource Technology*. 2007. Vol. 98, N 2. P. 402–409.
68. Water Purification using Organisms [Електронний ресурс]: <http://www.puwater.com/07/water-purification-using-organisms>.
69. Widiastuti Nurul, WuHongwei, Ang Ming, Zhang Dong-ke. The potential application of natural zeolite for grey water treatment. *Desalination*.2008. Vol. 218, № 1-3. P. 271–280.

¹S. Matiuk, ²V. Gribinko

¹Lesya Ukrainka Eastern European national university, Ukraine

²Ternopil Volodymyr Hnatiuk National pedagogical university, Ukraine

THE USE OF NATURAL AND ADSORPTION SUBSTANCES FOR CLEANING OF NATURAL AND SEWER WATERS

The article deals with the use of biological agents (microorganisms, plants and fish) in the systems of the natural and water treatment which can be organization formed as natural ecosystems as a bioplateau and managed as after composition and duration of functioning.

It is shown that quality and perspective material in the processes of cleaning of drinkable and sewer waters are natural mineral sorbents. Their value is determined by high porosity, largeness of and absorption properties, by possibility sorbents the substances of inorganic and organic origin, by a capacity for a regeneration. Charts of cleaning of drinkable and sewer waters, where the modified basaltic tuffs come forward in quality of filter sorbent, are expedient and economically advantageous, and simplicity of apparatus registration allows their introduction on water-purifying building.

Key words: water, contamination, microorganisms, plants, mineral.

Надійшла 27.11.2019.