

УДК 574.34+579.26+579.834.115 + 581.573.4

О.В. ГУЛАЙ, д. б. н., проф.,
Центральноукраїнський державний педагогічний університет
імені Володимира Винниченка,
вул. Шевченка, 1, Кропивницький, 25006, Україна
e-mail: ol.gulay42@gmail.com
ORCID 0000-0003-3207-1260

О.М. ЖУКОРСЬКИЙ, д. с-г. н., проф., академік-секретар відділення зоотехнії,
Національна академія аграрних наук,
вул. Михайла Омеляновича-Павленка, 9, Київ, 01010, Україна

В.В. ГУЛАЙ, к. с-г. н., доц.,
Центральноукраїнський державний педагогічний університет
імені Володимира Винниченка,
вул. Шевченка, 1, Кропивницький, 25006, Україна

Н.П. ТКАЧУК, аспірантка,
Інститут агроecології і природокористування НААН,
вул. Метрологічна, 12, Київ, 03143, Україна

ВОДОРОСТІ ЯК ПРИРОДНІ АНТАГОНІСТИ ПАТОГЕННИХ БАКТЕРІЙ У ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ (ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА МОДЕЛЬ АЛЬГО-БАКТЕРІАЛЬНИХ ВЗАЄМОДІЙ)

Досліджено алелопатичний вплив водорості *Chlorella vulgaris* на ріст культур патогенних для людини і тварин мікроорганізмів *Erysipelothrix rhusiopathiae* та *Leptospira interrogans*. В умовах експерименту виділення *Ch. vulgaris* стримували розвиток культур *E. rhusiopathiae* та *L. interrogans* в усьому діапазоні використаних розведень. Прісноводні водорості *Ch. vulgaris* є перспективним об'єктом для розробки методів санації водно-болотних угідь від патогенів, зокрема таких як *E. rhusiopathiae* та *L. interrogans*.

Ключові слова: *Chlorella vulgaris*, *Erysipelothrix rhusiopathiae*, *Leptospira interrogans*, водні екосистеми.

Проблема дефіциту ресурсів прісної води, що спостерігається у багатьох регіонах світу, щороку загострюється через зростання темпів їх споживання та стрімкий розвиток кліматичних змін. Також суттєвою проблемою є якість поверхневих вод, які часто забруднені різноманітними хімічними речовинами, що надходять у вигляді скидів промислових підприємств, змиву добрив, отрутохімікатів, стимуляторів росту рослин з

Ц и т у в а н н я: Гулай О.В., Жукорський О.М., Гулай В.В., Ткачук Н.П. Водорості як природні антагоністи патогенних бактерій у водних екосистемах (експериментальна модель альго-бактеріальних взаємодій). *Гідробіол. журн.* 2022. Т. 58. № 5. С. 19—28.

ISSN 0375-8990. Гідробіологічний журнал. 2022. 58(5)

сільськогосподарських угідь. Крім того, існує велика група біологічних забруднювачів водно-болотних угідь, що включає збудників інфекційних та інвазійних захворювань людини, тварин та рослин. Для багатьох з них водно-болотні екосистеми є середовищем існування та місцем проходження складних життєвих циклів. Враховуючи інтенсивність використання людиною водних ресурсів, контроль за біологічною безпекою поверхневих водойм є надзвичайно важливим для збереження здоров'я населення. Посиленої уваги потребують водойми, у яких уже виявлені збудники захворювань. Їх оздоровлення є одним з важливих практичних завдань. Застосування з цією метою дезінфікуючих розчинів, що широко використовуються для знезараження устаткування, виробничих приміщень і територій ферм, для водних екосистем є неприйнятним з екологічної та економічної точки зору. Насамперед зазначені дезінфектанти ефективні лише у досить високих концентраціях та за певних умов (висока температура робочих розчинів, певний рівень рН тощо). Крім того, ці речовини не мають вибіркової дії, від них загинуть не лише збудники інфекцій, але й корисні організми, що призведе до знищення всієї біоти водойми і різкого погіршення якості води. Враховуючи також високу вартість проведення подібних заходів, очевидна необхідність пошуку інших способів очищення водойм від патогенних агентів. Перспективним виглядає використання природних антагоністів збудників захворювань, особливо якщо вони є звичайними компонентами прісноводних екосистем. Розробка та застосування подібних методів потребує вичерпних даних про характер та особливості досить складних взаємодій збудників захворювань з іншими компонентами біоти. Отже, дослідження екологічних взаємодій збудників заразних захворювань людини, тварин і рослин з гідробіонтами є практично важливим напрямком, актуальність якого щороку зростає.

Одним з важливих компонентів водно-болотних угідь є водорості, популяції яких характеризуються високою продуктивністю та здатні виділяти у середовище існування біологічно активні речовини. Саме завдяки алелопатичній активності водорості здатні здійснювати вплив на інших живих істот, у тому числі і патогенних мікроорганізмів [20], та суттєво впливати на якість природних вод. Так, наприклад, поширений вид *Chlorella vulgaris* Beijer. використовується на практиці для біологічної очистки стічних вод [9, 13, 19].

Оскільки у науковій літературі відсутні відомості щодо впливу водорості виду *Ch. vulgaris* на обрані види мікроорганізмів, метою роботи було з'ясувати можливість використання зеленої мікроводорості *Chlorella vulgaris* для очистки природних вод від збудників інфекційних захворювань небезпечних для людини і тварин *Erysipelothrix rhusiopathiae* (Migula, 1900) і *Leptospira interrogans* (Stimson, 1907) Wenyon, 1926, які поширені на всіх континентах та природних зонах планети [1, 4, 5, 10, 11, 14—17].

Бактерії *E. rhusiopathiae* — грампозитивні нерухомі тонкі, прямі чи злегка зігнуті палички довжиною 1,0—1,5 мкм, шириною 0,2 мкм, спор і капсул не утворюють. У старих культурах чи мазках з розрощень ендокар-

ду і мозкових оболонки бактерії мають вигляд довгих звивистих ниток, інколи клубків [12, 14].

Спірохети *L. interrogans* — грамнегативні тонкі спіральні-звиті, їх довжина 6—20 мкм, діаметр близько 0,1 мкм, спор і капсул не утворюють. Характерною ознакою лептоспір є їхня активна рухливість, що допомагає проникати до організму хазяїна через незначні пошкодження покривів і непошкоджені слизові оболонки, а також долати бактеріальні фільтри. Цим спірохетам притаманна досить складна внутрішньовидова структура. За сучасними даними, вид *L. interrogans* представлений понад 200 серологічними варіантами, які за ступенем антигенної спорідненості об'єднані у 23 серологічні групи [3]. Патогенні лептоспіри, що були виділені з організму людини і тварин різних видів, незважаючи на їх належність до різних серологічних груп, морфологічно не відрізняються [3].

Для обох видів патогенних мікроорганізмів доведена можливість тривалого існування в умовах прісних водойм і здатність проникати в організм людей та тварин через контакт з водою [2, 6—8, 16, 18].

Матеріали і методика досліджень

У дослідженнях використовували альгологічно чисті культури зеленої водорості *Chlorella vulgaris* Beijer. IBASU-A 189 з колекції Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України. Водорість культивували в колбах Ерленмейера об'ємом 250 см³ впродовж 7—10 діб на середовищі Фітцджеральда у модифікації Цендера та Горема за температури 22—25 °С і штучного освітлення лампами денного світла з інтенсивністю 2,5 клк і фотоперіоду 12 год.

Експерименти проводили на базі Інституту ветеринарної медицини НААН України. Лептоспір вирощували за температури 27—28 °С на поживному середовищі Терських і Кортгофа із вмістом 10 % інактивованої сироватки крові овець.

В експерименті використовували 7—14-добові культури спірохет з накопиченням 50—100 лептоспір у полі зору мікроскопа, з характерною морфологією, активною рухливістю та без ознак аутоаглоїтинації. Враховуючи, що *L. interrogans* має велику кількість серологічних варіантів, в експериментах використовували набір штамів цих мікроорганізмів, що застосовується у лабораторіях України як антиген для серологічної діагностики лептоспірозу людей та тварин (табл. 1).

Бактерії *E. rhusiopathiae* культивували на серцево-мозковому бульйоні (AES Chemunex, Франція) за температури 36,7±0,3 °С. У дослідженнях використовували чисті культури штаму ВР-2 вар. IBM, який не викликав загибель мишей у дозі зараження понад 1,0×10⁶ колоній утворювальних одиниць (КУО) бактерій на особину.

Експерименти проводили *in vitro* за температури 18—20 °С, що відповідає умовам водних екосистем. Вплив *Ch. vulgaris* на патогенні мікроорганізми встановлювали методом біотестування. Присутність фонові та симбіотичної мікрофлори у зразках є небажаною, оскільки вносить суттєві зміни у результати досліджень, тому отримані водні розчини ви-

ділень *Ch. vulgaris* стерилізували способом, який би унеможлилював руйнування біологічно-активних речовин, найбільшою мірою цим потребам відповідав метод стерилізації водних розчинів за допомогою фільтрації через целюлозні фільтри з діаметром пор 0,2 мкм (Sartorius, Німеччина).

Дослідні зразки містили фільтрати з виділеннями *Ch. vulgaris* у розведеннях 1 : 10, 1 : 100 та 1 : 1000. Для отримання розведень фільтратів виділень та як контроль використовували стерильне поживне середовище Фітцджеральда у модифікації Цендера та Горема.

Інокуляти для контрольних і дослідних зразків відбирали з однієї культури патогенних мікроорганізмів, їх початкова щільність у пробах для кожного виду була однаковою. Дослід проводили у п'ятикратній повторюваності. Облік вмісту мікроорганізмів у зразках проводили через 24 год від початку експерименту.

Щільність популяцій спірохет *L. interrogans* визначали методом прямого підрахунку у камерах глибиною 40 мкм під мікроскопом МБИ-3 (окуляр 10×, об'єктив 20×) з конденсором темного поля ОИ-13.

Щільність популяцій бактерій *E. rhusiopathiae* визначали наступним способом: проби в об'ємі 0,1—1,0 см³ висівали на поверхню поживного агару (AES Chemunex, Франція) у чашки Петрі без розведення, а також за послідовних розведень 10⁻¹—10⁻⁸ і культивували 72 год за 36,7±0,3 °С. Підраховували колонії, що вирости, після розраховували середню кількість КУО на 1,0 см³.

Вплив виділень зеленої водорості *Ch. vulgaris* на патогенні мікроорганізми оцінювали шляхом порівняння вмісту їх клітин у досліді і контролі, при цьому вміст клітин у контрольних зразках приймали за 100%.

Результати досліджень та їх обговорення

Таблиця 1

Використані у дослідженнях серотипи *L. interrogans*

№	Серологічна група	Серологічний варіант	Штам	Умовне скорочення
1	<i>Sejroe</i>	<i>pollonica</i>	493 Poland	<i>Sejroe</i>
2	<i>Hebdomadis</i>	<i>kabura</i>	<i>Kabura</i>	<i>Hebdomadis</i>
3	<i>Tarassovi</i>	<i>tarassovi</i>	<i>Perepelicyn</i>	<i>Tarassovi</i>
4	<i>Pomona</i>	<i>pomona</i>	<i>Pomona</i>	<i>Pomona</i>
5	<i>Grippotyphosa</i>	<i>grippotyphosa</i>	<i>Moskva V</i>	<i>Grippotyphosa</i>
6	<i>Canicola</i>	<i>canicola</i>	<i>Hond Utrecht IV</i>	<i>Canicola</i>
7	<i>Icterohaemorrhagiae</i>	<i>copenhageni</i>	<i>M 20</i>	<i>Icterohaemorrhagiae</i>
8	<i>Australis</i>	<i>bratislava</i>	<i>Yez bratislava</i>	<i>Australis</i>

Фільтрати культур *Ch. vulgaris* у розведенні 1:10 виразно пригнічують *L. interrogans*, про що свідчить помітно нижчий вміст спірохет у дослідних зразках у порівнянні з контролем (табл. 2).

Зокрема, через 24 год від початку експерименту у дослідних зразках кількість клітин серотипу *Pomona* зменшилась порівняно з контролем на 74,2 %, *Australis* — на 62,8 %, *Hebdomadis* — на 43,2 %, *Canicola* — на 42,4 %, *Sejroe* — на 41,0 %, *Icterohaemorrhagiae* — на 38,2 %, *Grippotyphosa* — на 35,9 %, *Tarassovi* — на 31,9 %. Таким чином, лептоспіри різних серологічних варіантів помітно відрізнялись за чутливістю до речовин, виділених *Ch. vulgaris*. Різниця між крайніми показниками була досить суттєвою — близько 42 %.

При впливі фільтратів *Ch. vulgaris* у розведенні 1:100 також було відмічено помітне відставання темпів розвитку спірохет *L. interrogans* у порівнянні з контрольними зразками (див. табл. 2): *Pomona* — на 47,6 %, *Australis* — на 42,3 %, *Canicola* — на 29,4 %, *Hebdomadis* — на 28,8 %, *Grippotyphosa* — на 24,2 %, *Icterohaemorrhagiae* — на 23,3 %, *Sejroe* — на 21,3 %, *Tarassovi* — на 17,5 %. У цій серії експериментів різниця між мінімальними та максимальними показниками пригнічення культур лептоспір різних серотипів становила 30%.

Подальше розведення культуральних фільтратів *Ch. vulgaris* до 1 : 1000 викликало затримку росту в культурах серологічного типу *Pomona* на 30,5 % від контролю, також суттєво відставали у рості культури *Australis* і *Icterohaemorrhagiae* — відповідно на 21,8 і 19,1 %, (див. табл. 2). Помітно менш чутливими до впливу виділень виявились лептоспіри серологічних типів *Sejroe* — на 16,8 %, *Hebdomadis* — на 15,6 %, *Grippotyphosa* — на 13,5 % та *Canicola* — на 11,3 %, у той же час тип *Tarassovi*, виявились практично не чутливими (9,9 %). Різниця між крайніми показниками пригнічення культур у цій серії експериментів склала 20,6%.

Подібні результати були отримані нами в експериментах з вивчення впливу культуральних фільтратів *Ch. vulgaris* на щільність культур патогенних бактерій *E. rhusiopathiae* (табл. 3).

Найбільшою була різниця вмісту бактерій *E. rhusiopathiae* між контрольним і дослідним зразками із розведеннями виділень 1:10. При розведеннях 1 : 100 і 1 : 1000 різниця становила відповідно 41,4 і 27,3 %. Проведені розрахунки показали достовірні статистичні відмінності між цими показниками, що у свою чергу доводить здатність зелених водоростей виду *Ch. vulgaris* в експерименті пригнічувати патогенні бактерії *E. rhusiopathiae*.

Отримані експериментальні дані дають можливість зробити деякі узагальнення. Насамперед очевидно, що *Ch. vulgaris* належить до природних антагоністів патогенних мікроорганізмів *E. rhusiopathiae* та *L. interrogans*. Екологічні взаємовідносини між ними можна визначити як аменсалізм, при цьому аменсалами виступають патогенні мікроорганізми, а інгібітором — *Ch. vulgaris*. Очевидним також є й те, що використані у дослідженнях серологічні типи *L. interrogans* виявили відмінності у чут-

Таблиця 2
Щільність клітин *L. interrogans* різних серологічних варіантів ($10^6/\text{см}^3$) за дії культуральних фільтратів *Sh. vulgaris*

№ досліду	Серологічні варіанти															
	<i>Sejroe</i>			<i>Hebdomadis</i>			<i>Tarassovi</i>			<i>Rotona</i>						
	Розведення			Розведення			Розведення			Розведення						
	1:10	1:100	1:1000	К	1:10	1:100	1:1000	К	1:10	1:100	1:1000	К				
1	11,3	14,7	15,9	18,8	6,5	8,8	9,7	13,1	14,1	17,3	18,0	21,0	1,8	3,3	4,8	6,8
2	10,6	13,8	15,7	16,9	7,1	9,0	10,9	11,9	14,8	17,1	18,1	21,3	1,9	3,8	5,1	7,2
3	10,0	15,1	15,6	19,9	7,0	8,7	10,2	12,1	13,6	16,9	17,9	19,5	1,5	3,9	4,7	6,9
4	11,3	13,9	14,5	17,4	6,9	8,4	9,9	11,0	12,3	15,5	17,3	18,7	1,6	3,4	4,5	6,6
5	11,8	15,9	15,9	20,3	7,0	8,3	10,5	12,6	12,9	15,2	17,7	18,9	2,1	3,7	4,9	7,0
M	11,0	14,7	15,5	18,7	6,9	8,6	10,2	12,1	13,5	16,4	18,5	19,9	1,8	3,6	4,8	6,9
t	10,4	5,1	4,4	—	14,2	9,3	4,6	—	9,1	5,0	3,4	—	35,0	21,4	14,8	—
t _{кр}	5,0	3,5	2,4	—	5,0	3,5	2,4	—	5,0	3,5	2,4	—	5,0	3,5	2,4	—
P	<0,01	<0,01	<0,05	—	<0,01	<0,01	<0,05	—	<0,01	<0,01	<0,05	—	<0,01	<0,01	<0,05	—

Продовження табл. 2

№ досліду	Серологічні варіанти															
	<i>Gyrodactylus</i>			<i>Samicola</i>			<i>Icterohaemorrhagiae</i>			<i>Australis</i>						
	Розведення			Розведення			Розведення			Розведення						
	1:10	1:100	1:1000	К	1:10	1:100	1:1000	К	1:10	1:100	1:1000	К	1:10	1:100	1:1000	
1	9,4	11,7	12,3	13,9	9,5	11,2	14,8	14,8	14,4	18,0	19,7	23,5	8,8	13,8	17,9	23,4
2	10,2	12,3	14,1	15,2	8,3	9,8	12,1	16,2	14,9	18,4	19,2	25,1	9,2	12,9	19,6	22,4
3	9,4	9,9	11,3	14,6	8,1	10,4	13,9	15,7	14,5	17,7	18,4	24,9	8,1	13,0	18,5	20,7
4	8,6	11,1	13,7	15,4	8,7	11,5	14,3	15,5	14,3	17,5	18,8	22,4	8,5	13,3	18,1	24,1
5	9,5	10,7	12,2	14,4	9,3	11,0	12,6	14,1	13,9	17,8	18,1	20,6	8,7	14,1	17,0	25,8
M	9,4	11,1	12,7	14,7	8,8	10,8	13,5	15,3	14,4	17,9	18,8	23,3	8,7	13,4	18,2	23,3
t	14,2	7,21	3,4	—	14,2	9,40	2,7	—	10,5	6,4	5,1	—	16,8	11,9	5,3	—
t _{кр}	5,0	3,5	2,4	—	5,0	3,5	2,4	—	5,0	3,5	2,4	—	5,0	3,5	2,4	—
P	<0,01	<0,01	<0,05	—	<0,01	<0,01	<0,05	—	<0,01	<0,01	<0,05	—	<0,01	<0,01	<0,05	—

Примітка. К — середне арифметичне; t — коефіцієнт Стьюдента; t_{кр} — критичне значення коефіцієнту Стьюдента; P — рівень вірогідності.

Таблиця 3

Вміст *E. rhusiopathiae* ($\times 10^6$ КУО/см³) за дії культуральних фільтратів *Ch. vulgaris*

№ досліджу	Розведення			К
	1 : 10	1 : 100	1 : 1000	
1	4,4	6,9	8,5	12,4
2	4,3	7,2	9,0	11,9
3	4,8	6,5	7,7	12,0
4	5,1	7,3	7,6	10,2
5	5,5	6,4	8,8	10,7
6	4,9	6,1	9,2	11,7
<i>M</i>	4,8	6,7	8,5	11,5
<i>t</i>	15,5	10,9	6,2	—

П р и м і т к а. *M* — середнє арифметичне; *t* — коефіцієнт Стьюдента, $t_{кр} = 4,59$, $P < 0,001$.

ливості до алелопатичного впливу з боку *Ch. vulgaris*. За зниженням чутливості серологічні типи розміщуються наступним чином: *Pomona*, *Australis*, *Canicola*, *Hebdomadis*, *Grippotyphosa*, *Icterohaemorrhagiae*, *Sejroe*, *Tarassovi*. Це вказує на значну екологічну пластичність виду *L. interrogans* і його значні адаптаційні можливості, що також підтверджується майже повсюдним поширенням лептоспірозу — на усіх континентах, крім Антарктиди.

Важливим є той факт, що навіть за найбільшої концентрації речовин, виділених *Ch. vulgaris*, не відмічено загибелі культур патогенних мікроорганізмів, а лише їх пригнічення. Зниження чутливості культур *E. rhusiopathiae* та *L. interrogans* із збільшенням розведення культуральних фільтратів *Ch. vulgaris* пояснюється кратним зниженням концентрації біологічно-активних речовин (БАР). Ці умови експерименту певним чином моделюють природні процеси, адже у водоймах концентрація БАР поступово знижується при віддаленні від місць концентрації водоростей.

Звичайно, дані, отримані *in vitro*, не можна беззастережно переносити на природні умови, проте інформація отримана в умовах лабораторії однозначно вказує на потенційну можливість використання водорості *Ch. vulgaris* з метою санації водно-болотних угідь від патогенних мікроорганізмів, зокрема *E. rhusiopathiae* та *L. interrogans*.

Висновки

В умовах експерименту виділення водорості *Ch. vulgaris* стримували розвиток культур патогенних мікроорганізмів *E. rhusiopathiae* та *L. interrogans* в усьому діапазоні використаних розведень.

Використані в експериментах серотипи патогенних лептоспір виявили різну чутливість до аделопатичного впливу з боку *Ch. vulgaris*, що пояснюється значною екологічною пластичністю цього виду патогенних мікроорганізмів.

Між збудниками інфекційних захворювань людини і тварин та прісноводною водорістю *Ch. vulgaris* формується екологічна взаємодія типу аменсалізм.

Прісноводні водорості *Ch. vulgaris* слід вважати перспективними для розробки методів санації водно-болотних угідь від патогенних мікроорганізмів, зокрема таких як *E. rhusiopathiae* та *L. interrogans*.

Список використаної літератури

1. Alinaitwe L., Kankya C., Namanya D. et al. *Leptospira* seroprevalence among Ugandan slaughter cattle: comparison of sero-status with renal *Leptospira* infection. *Front Vet Sci*. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2020.00106/full>.
2. Benacer D., Woh P.Y., Mohd Zain S.N. et al. Pathogenic and saprophytic *Leptospira* species in water and soils from selected urban sites in Peninsular Malaysia. *Microbes Environ*. 2013. N 28. P. 135—140.
3. Bierque E. A., Thibeaux R., Girault D. et al. Systematic review of *Leptospira* in water and soil environments. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227055>.
4. Boyd A.S., Ritchie C., Fenton J.S. Cutaneous *Erysipelothrix rhusiopathiae* (erysipeloid) infection in an immunocompromised child. *Pediatr Dermatol*. 2014. N 31. P. 232—235.
5. Brooke C.J., Riley T.V. *Erysipelothrix rhusiopathiae*: bacteriology, epidemiology and clinical manifestations of an occupational pathogen. *J. Med. Microbiol*. 1999. N 48. P. 789—799.
6. Casanovas-Massana A., Pedra G.G., Wunder E.A. et al. Quantification of *Leptospira interrogans* survival in soil and water microcosms. *Appl Environ Microbiol*. <https://doi.org/10.1128/AEM.00507-18>
7. Chaiwattananarungruengpaisan S., Suwanpakdee S., Sangkachai N. et al. Potentially pathogenic *Leptospira* species isolated from waterfall in Thailand. *Jpn. J. Infect. Dis*. 2018. N 71. P. 65—67.
8. Escandon-Vargas K., Bustamante-Rengifo J.A., Astudillo-Hernandez M. Detection of pathogenic *Leptospira* in ornamental water fountains from urban sites in Cali. *Colombia. Int. J. Environ Health Res*. 2019. N 29. P. 107—115.
9. Farooq A., Amin U. K., Abdullah Y. The potential of *Chlorella vulgaris* for wastewater treatment and biodiesel production. *Pakistan J. of Botany*. 2013. N 45. P. 461—465.
10. Ma X-J., Gong X-Q., Xiao X. et al. Detection of *Leptospira interrogans* in Hedgehogs from Central China. *Vector Borne Zoonotic Diseases*. 2020. Vol. 20, N 6. P. 427—431.
11. Mahtab M., Khan F., Azam M. et al. Molecular characterization and phylogenetic analysis of human pathogenic *Leptospira* species circulating in a tertiary care hospital of Western Uttar Pradesh in India. *Pathog Glob Health*. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/20477724.2019.1685196?journalCode=ypgh20>.
12. Marinou K.A., Papatsiros V.G., Gkotsopoulos E.K. et al. Exposure of extensively farmed wild boars (*Sus scrofa scrofa*) to selected pig pathogens in Greece. *Vet Q*. 2015. N 35. P. 97—101.
13. Mohseni A., Kube M., Fan L., Roddick A. F. Potential of *Chlorella vulgaris* and *Nannochloropsis salina* for nutrient and organic matter removal from municipal wastewater reverse osmosis concentrate. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32382902/>

14. Ngugi J.N., Fèvre E.M., Mgode G.F. et al. Seroprevalence and associated risk factors of leptospirosis in slaughter pigs; a neglected public health risk, Western Kenya. <https://bmcvetres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12917-019-2159-3>
15. Opriessnig T., Forde T., Shimoji Y. *Erysipelothrix* Spp.: Past, present, and future directions in vaccine research. *Front Vet. Sci.* 2020. N 7. P. 174.
16. Philip N., Bahtiar A. N., Ramli S.N.A. et al. *Leptospira interrogans* and *Leptospira kirschneri* are the dominant *Leptospira* species causing human leptospirosis in Central Malaysia. <https://journals.plos.org/plosntds/article?id=10.1371/journal.pntd.0008197>.
17. Piredda I., Ponti N. M., Palmas B. et al. Molecular typing of pathogenic *Leptospira* species isolated from wild Mammal Reservoirs in Sardinia. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33924303>.
18. Romero-Vivas C.M., Thiry D., Rodriguez V. et al. Molecular serovar characterization of *Leptospira* isolates from animals and water in Colombia. *Biomedica*. 2013. N 33. P. 179—184.
19. Shrikant B. R., Madaan S. Cultivation and potential application of microalgae in treatment of pesticide manufacturing effluent. <https://www.researchgate.net/publication/347997771>.
20. Zhukorskyi O. M., Tkachuk N. P., Hulai O. V., Hulai V. V. Experimental ecological research on the relationships of pathogenic microorganisms with algae. *Agr. Sci. and Practice*. 2019. Vol. 6, N 3. P. 56—62.

Надійшла 15.02.2022

O. V. Hulai, Doctor of Biology, Prof.,
Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State Pedagogical University,
Shevchenko Str., 1, Kropyvnytskyi, Ukraine, 25006
e-mail: ol.gulay42@gmail.com
ORCID 0000-0003-3207-1260

O. M. Zhukorskiy, Doctor of Sciences in Agriculture, Prof.,
Academician-secretary of Zootechnics Department,
National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine,
Omelianovycha-Pavlenka Str., 9, Kyiv, Ukraine 01010
ORCID 0000-0001-5381-8517

V. V. Hulai, PhD (Agriculture), Ass. Prof.,
Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State Pedagogical University
Shevchenko Str., 1, Kropyvnytskyi, Ukraine, 25006

N. P. Tkachuk, Graduate student,
Institute of Agroecology and Environmental Management of National Ukrainian
Academy of Agrarian Sciences
Metrologichna Str., 12, Kyiv, Ukraine, 03143

ALGAE AS NATURAL ANTAGONISTS OF PATHOGENIC BACTERIA IN WATER ECOSYSTEMS (EXPERIMENTAL MODEL ALGAL-BACTERIAL RELATIONSHIPS)

The experiments examined the allelopathic effect of the common species of freshwater alga *Chlorella vulgaris* on the growth of cultures of pathogenic microorganisms *Erysipelothrix rhusiopathiae* and *Leptospira interrogans* — common pathogens in humans and animals, In experimental samples inhibition of development of cultures of pathogenic microorganisms in all range of dilutions of allocations of *Chlorella vulgaris* — 1 : 10, 1 : 100, 1 : 1000 was noted.

Freshwater alga *Ch. vulgaris* is promising for the remediation of wetlands from pathogenic microorganisms, in particular such as *E. rhusiopathiae* and *L. interrogans*.

Keywords: *Chlorella vulgaris*, *Erysipelothrix rhusiopathiae*, *Leptospira interrogans*, water ecosystems.