

# ЕКОЛОГІЧНА ФІЗІОЛОГІЯ І БІОХІМІЯ ВОДНИХ РОСЛИН

---

УДК: 582.263:581.17

**Н.І. КІРПЕНКО**, д. б. н., ст. наук. співроб., пров. наук. співроб.,  
Інститут гідробіології НАН України,  
просп. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна  
**Т.О. ЛЕОНТЬЄВА**, аспірант,  
Інститут гідробіології НАН України,  
просп. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна  
e-mail: leontieva3394@gmail.com

**П.М. ЦАРЕНКО**, д. б. н., проф., член-кор. НАН України,  
Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України,  
вул. Терещенківська, 2, Київ, 01601, Україна  
e-mail: ptsar@ukr.net

## МОРФОМЕТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗЕЛЕНИХ МІКРОВОДОРОСТЕЙ В УМОВАХ КУЛЬТУРИ

---

*Проаналізовано результати дослідження мінливості розмірних характеристик та форми клітини 11 штамів зелених кокоїдних мікроводоростей з п'яти родів залежно від тривалості вирощування, температури (22—34 °C) і освітленості (1—3 (±0,5) клк) культур та використаного культурального середовища. Виявлено, що динаміка змін довжини та ширини клітин залежно від віку та стадії розвитку культур носить видоспецифічний характер, але загалом спостерігається здрібнення клітин в період найбільш інтенсивного росту та укрупнення по мірі уповільнення ростових процесів. При цьому зміни довжини і ширини клітин відбуваються не паралельно, а старіння культур часто супроводжується округленням клітин. Абіотичні чинники (температура, освітленість та склад поживного середовища) також суттєво впливають на розміри клітин мікроводоростей. Оптимальні для росту водоростей умови сприяють зростанню щільності культур, але розміри клітин мають тенденцію до зменшення.*

**Ключові слова:** мікроводорості, довжина та ширина клітин, абіотичні та біотичні чинники.

Розміри клітин мікроводоростей є однією з їхніх діагностичних ознак. Проте навіть у визначниках та зведеннях щодо різних таксономічних груп водоростей у окремих авторів однастайності щодо цього питання немає [5, 7, 12, 16—19, 22, 23]. Це дає підстави припускати, що розмірні характеристики мікроводоростей не є сталою величиною, а їхня варіабельність може бути пов'язана як з генетично зумовленими особливостями видів, так і з впливом зовнішніх чинників. Водночас кількість спеціаль-

---

Ц и т у в а н н я: [Кірпенко Н.І.], Леонт'єва Т.О., Царенко П.М. Морфометричні характеристики зелених мікроводоростей в умовах культури. *Гідробіол. журн.* 2021. Т. 57, № 1. С. 38—49.

них досліджень з цього питання обмежена і не дає однозначної відповіді, які саме чинники позначаються на морфометричних ознаках представників альгофлори і які з них обумовлюють їхню найбільшу варіабельність.

Відхилення розмірних характеристик мікроводоростей від встановлених меж та середніх значень особливо помітні за умов їхнього штучного культивування [1, 2, 8—10, 13—15, 21, 25, 29, 32—34, 36, 37]. Разом з цим, дослідження на культурах дають можливість одержати значний масив даних та виокремити реакцію водоростей на вплив того чи іншого конкретного чинника.

Мета роботи — дослідження мінливості розмірних характеристик деяких зелених кокоїдних мікроводоростей, що були отримані в низці різнопланових експериментів, з'ясування динаміки змін довжини і ширини клітин та виявлення закономірностей впливу абіотичних і біотичних чинників на ці показники.

### Матеріал і методика досліджень

Об'єктом досліджень були культури зелених мікроводоростей з колекцій Інституту гідробіології НАН України — HPDP [3] та Інституту ботаніки НАН України — IBASU-A [4, 15]: *Desmodesmus brasiliensis* (Bohlin) E. Hegewald шт. HPDP-102 та IBASU-A 274 (рис. 1, 1—3), *Desmodesmus armatus* (Chodat) E. Hegewald шт. HPDP-110, *Desmodesmus subspicatus* (Chodat) E. Hegewald & A.W.F. Schmidt шт. HPDP-103, *Messastrum gracile* (Reinsch) T.S. Garcia (= *Selenastrum gracile* Reinsch) шт. HPDP-115 (=IBASU-A 317) та IBASU-A 316 (рис. 1, 4—5), *Scenedesmus obtusus* Meyen шт. HPDP-113 та IBASU-A 296 (рис. 1, 6—8), *Monoraphidium neglectum* Heynig et Krienitz шт. HPDP-105 (= *Monoraphidium griffithii sensu*) та *Tetradesmus dimorphus* (Turpin) W.J. Wynne (= *Acutodesmus dimorphus* (Turpin) P. Tsarenko) шт. HPDP-108 та IBASU-A 296 (рис. 1, 9—11).

Водорості вирощували в накопичувальній культурі з використанням середовищ Фітцджеральда (в модифікації Цендера і Горема), Болда, Тамія та Бурреллі [6], в інтервалі температур 22—34 °C та інтенсивності освітлення 1—3 ( $\pm 0,5$ ) клк, з чергуванням світлого і темного періодів 16 : 8 год.

Інтенсивність фотосинтезу визначали склянковим методом в кисневій модифікації після світлової та темної експозиції склянок з культурами впродовж 1 год [11].

В процесі культивування контролювали щільність культур та розраховували швидкість росту окремих штамів водоростей за формулою:  $\mu = \frac{N_t - N_0}{N_0 \cdot t}$ , де  $N_0$  — початкова кількість клітин,  $N_t$  — кількість клітин у певний період,  $t$  — кількість діб між вимірюваннями. Довжину і ширину клітин встановлювали за допомогою мікроскопів МБИ-3, МБИ-11, *Axio Imager 2*. Результати опрацьовані статистично.

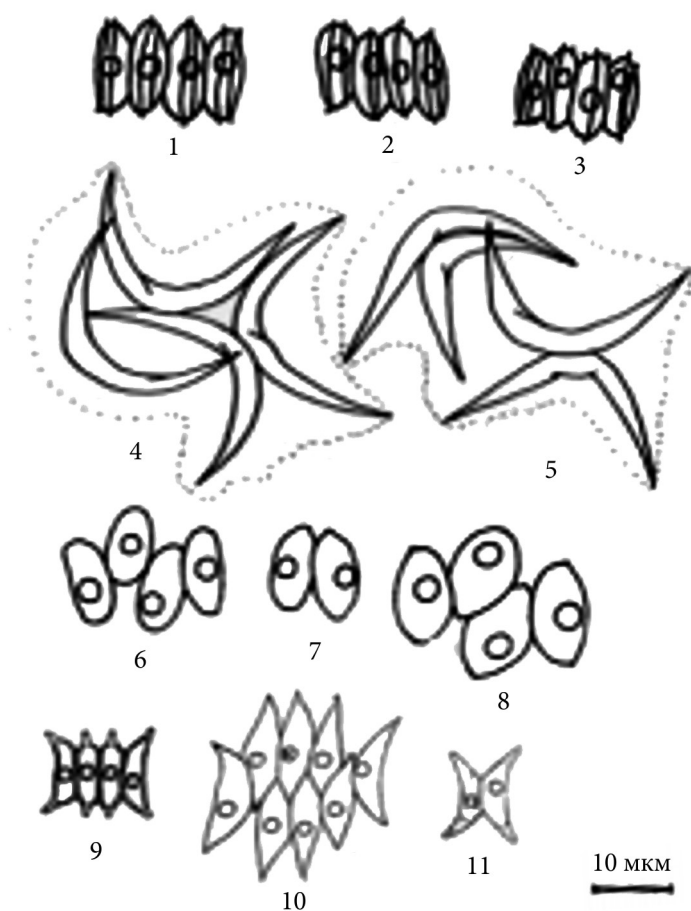


Рис. 1. Характерна форма клітин мікрowodоростей: 1—3 — *Desmodesmus brasiliensis*; 4—5 — *Messastrum gracile*; 6—8 — *Scenedesmus obtusus*; 9—11 — *Tetradesmus dimorphus*

### Результати досліджень та їх обговорення

Перш за все, розміри клітин зазнають суттєвих змін залежно від віку та стадії розвитку культур. При цьому необхідно зазначити, що довжина та ширина клітин змінюються не тільки не паралельно, але подекуди навіть різноспрямовано. Наприклад, аналіз довжини клітин *Desmodesmus brasiliensis* шт. HPDP-102 протягом 21 доби з моменту пересіву культури на свіже середовище Фітцджеральда виявив її обернений зв'язок зі швидкістю росту ( $r = -0,41$ ), тоді як ширина поступово збільшувалась впродовж усього періоду інтенсивного росту ( $r = 0,23$ ) (рис. 2).

Тобто в період інтенсивного розмноження культури довжина клітин водорості поступово зменшувалась, тоді як зниження інтенсивності росту призвело до її значного зростання.

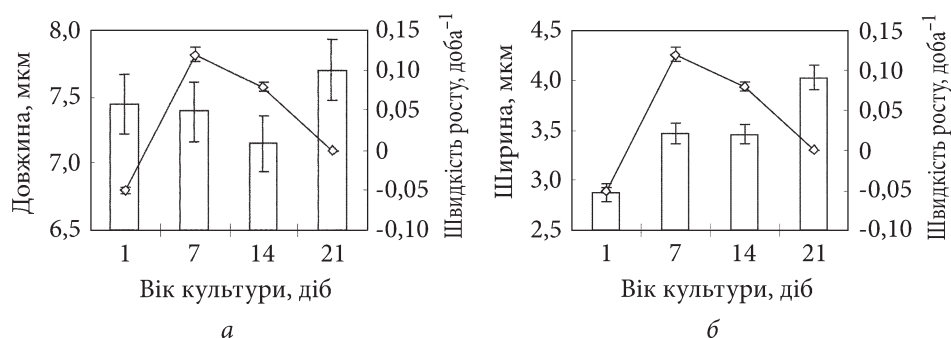


Рис. 2. Розмірні характеристики (а — довжина, б — ширина клітин) та швидкість росту культури *Desmodesmus brasiliensis* шт. HPDP-102

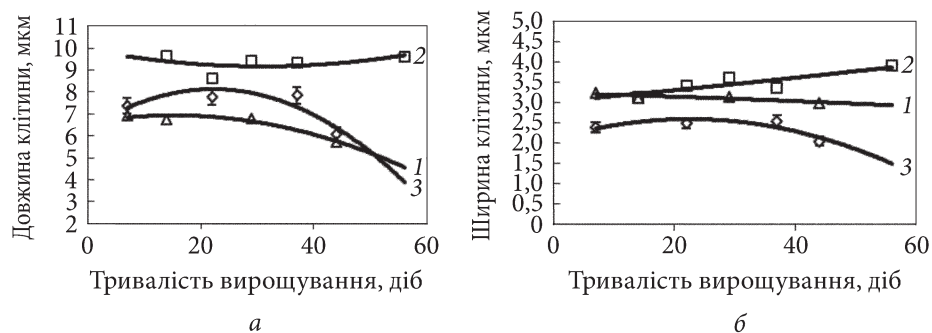


Рис. 3. Довжина (а) та ширина (б) клітин *Desmodesmus armatus* HPDP-110 (1), *D. brasiliensis* HPDP-102 (2) та *D. subspicatus* HPDP-103 (3) в процесі культивування

Водночас ширина клітин була найменшою відразу після пересіву культури на свіже середовище, помітно збільшувалась впродовж першого тижня і залишалась на тому ж рівні до 14-ої доби культивування (за екстенсивних умов). Надалі, до 21-ої доби, з уповільненням росту спостерігалось вже значне зростання ширини клітин (до 1,5 раза).

Слід зазначити, що динаміка змін розмірів клітин може відрізнятися навіть у різних видів одного роду водоростей. При цьому, наприклад, якщо для *Desmodesmus armatus* та *D. subspicatus* відмінності в основному стосувались амплітуди коливань довжини та ширини клітин, то зміни розмірів *D. brasiliensis* характеризувались також іншою спрямованістю (рис. 3).

При зменшенні інтенсивності росту і переході культур до стаціонарної фази динаміка змін розмірних характеристик може набувати подібних тенденцій, хоча і з різною амплітудою коливань. Наприклад, якщо проаналізувати зміни розмірів клітин *Scenedesmus obtusus* шт. HPDP-113 протягом 21—49 днів культивування, можна дійти висновку, що призупи-

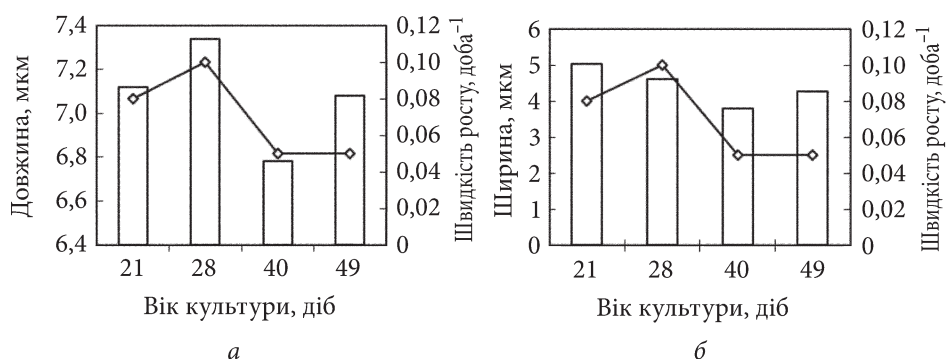


Рис. 4. Розмірні характеристики (а — довжина, б — ширина клітин) та швидкість росту культури *Scenedesmus obtusus* HPDP-113

нення активного розмноження культури (40—49 доби) супроводжувалось поступовим збільшенням як довжини, так і ширини клітин (рис. 4).

Проте довжина клітин за цей проміжок часу зросла лише на  $0,3 \pm 0,03$  мкм, тоді як ширина — на  $0,49 \pm 0,05$  мкм. Отже, у період старіння культури клітини збільшувались більше у ширину, ніж у довжину, тобто округлювались. Така специфіка морфологічних змін клітини властива представникам різних родів кокоїдних зелених водоростей [1, 15, 26, 29, 31, 34, 37].

Розмірні характеристики клітин водоростей істотно залежать від середовища, на якому їх вирощують [39]. Наприклад, порівняння розмірів клітин *Tetradesmus dimorphus* (= *Acutodesmus dimorphus*) шт. HPDP-108 та IBASU-A 296) при вирощуванні на середовищах Фітцджеральда, Болда, Тамія і Бурреллі показує, що найкрупніші клітини за середніми показниками як довжини, так і ширини виростили на середовищі Болда та Бурреллі, а дрібніші — на середовищі Фітцджеральда і Тамія (табл. 1).

Таблиця 1

Розмірні характеристики клітин *Tetradesmus dimorphus* при вирощуванні на різних середовищах (25 °С, 32—33-я доба культивування)

Середовища	Довжина, мкм		Ширина, мкм	
	межі коливань	середні значення	межі коливань	середні значення
Фітцджеральда	11,35—14,35	12,58±0,16	3,81—5,79	4,56±0,08
Болда	11,87—17,76	14,94±0,24	4,64—7,02	5,50±0,12
Тамія	7,09—17,04	12,78±0,50	3,25—6,06	4,69±0,18
Бурреллі	10,83—15,41	14,66±0,36	4,86—6,49	5,49±0,15

Ці результати співпадають з аналогічними літературними даними [29], які отримані для *Tetradesmus obliquus* (Turpin) M.J. Wynne, ізольованого з водойм Туреччини, та *Nannochloropsis oculata* і *Chlorella vulgaris*, які вирощували в якості продуцентів біомаси [27].

Цікаво зазначити, що попри дуже близькі середні показники розмірів клітин *T. dimorphus* на середовищах Болда та Бурреллі, на першому з них межі коливань цих величин у 1,3—1,5 разів більші, ніж на другому.

Водночас на середовищі Тамія межі коливань показників довжини та ширини були ще більшими, що свідчить про значну неоднорідність культури *T. dimorphus* за цих умов. Висока варіабельність розмірних характеристик клітин цієї водорості особливо помітна при порівнянні їхньої довжини, мінімальні і максимальні величини якої відрізнялись більше ніж удвічі (див. табл. 1).

На відміну від *T. dimorphus*, *Monoraphidium neglectum* за показниками як довжини, так і ширини клітин найбільших розмірів досягав на середовищі Фітцджеральда, а найменших — на середовищі Болда (табл. 2).

Водночас на середовищі Болда збільшувались коливання обох розмірних характеристик *Monoraphidium neglectum*, і різниця між мінімальними та максимальними розмірами перевищувала такі ж показники культури, одержані на середовищі Фітцджеральда. Найдрібніші клітини цього штаму були зафіксовані на середовищі Тамія (див. табл. 2).

Дослідження показують, що різні види мікроводоростей демонструють видоспецифічні особливості формування морфометричних характеристик залежно від середовища існування. Порівняння розмірів клітин *Desmodesmus brasiliensis* HPDP-102 та IBASU-A 274, *Messastrum gracile* HPDP-115 та IBASU-A 316 і *Scenedesmus obtusus* HPDP-113 та IBASU-A 296, вирощених на середовищах Фітцджеральда і Тамія, показало, що на стаціонарній фазі розвитку культур для штамів *D. brasiliensis* та *Sc. obtusus* найбільша середня довжина і ширина клітин зафіксована на середовищі Бурреллі, тоді як для *M. gracile* за цих умов вона була найменшою (табл. 3).

Водночас, якщо для *M. gracile* довжина клітин на середовищах Фітцджеральда й Тамія була практично однаковою, то ширина клітин на середовищі Тамія помітно перевищувала показники культури, яка росла на середовищі Фітцджеральда (див. табл. 3).

Таблиця 2

Розмірні характеристики клітин *Monoraphidium neglectum* при вирощуванні на різних середовищах (22 °С, 1,1 клк, 32—33-я доба культивування)

Середовища	Довжина, мкм		Ширина, мкм	
	межі коливань	середні значення	межі коливань	середні значення
Фітцджеральда	21,21—34,05	27,24±0,37	3,09—6,11	4,08±0,12
Болда	20,17—34,05	25,38±0,52	1,84—5,37	3,74±0,13
Тамія	20,01—31,47	24,12±0,48	1,65—4,52	3,51±0,12

Таблиця 3  
Довжина і ширина клітин (мкм) та їхнє співвідношення у культурах зелених мікроводоростей на різних середовищах (35-а доба культивування)

Види водоростей	Середовище Фітцджеральда			Середовище Тамія			Середовище Бурреллі		
	довжина	ширина	співвідношення	довжина	ширина	співвідношення	довжина	ширина	співвідношення
<i>Desmodesmus brasiliensis</i>	8,95±0,5	3,5±0,2	2,56	9,94±0,8	3,51±0,3	2,83	11,6±2,8	5,2±1,0	2,23
<i>Messastrum gracile</i>	34,18±3,1	3,5±0,3	9,77	34,18±3,1	3,94±0,2	8,67	32,51±3,2	3,3±0,5	9,85
<i>Scenedesmus obtusus</i>	7,55±0,6	3,75±0,3	2,01	8,51±0,5	4,84±0,4	1,76	11,23±3,4	5,21±1,2	2,16

Примітка. Розміри клітин на середовищах Фітцджеральда і Тамія наведено для штамів з колекції HPDR, на середовищі Бурреллі — з колекції IBASU-A.

Таким чином, зміни розмірів клітин залежно від культурального середовища неоднозначні для різних видів водоростей. Збільшення клітин *D. brasiliensis* відбувалось за рахунок їхнього видовження, а *M. gracile* та *Sc. obtusus* — округлення, про що може свідчити співвідношення довжини до ширини, яке певною мірою характеризує «ступінь округлості» клітин (див. табл. 3).

Результати експериментів свідчать, що розміри клітин суттєво залежать від таких абіотичних чинників, як температура та освітленість. Якщо порівняти розміри клітин *Desmodesmus brasiliensis* при вирощуванні культури на середовищі Фітцджеральда (табл. 4), стає помітно, що загалом клітини дрібнішають із збільшенням температури.

Протилежну закономірність щодо впливу температурного чинника, а саме зростання розмірів клітин за підвищення температури, виявлено при вивченні морфометричних показників *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Bréb. та *Scenedesmus intermedius* Chodat, однак за умов барботації культури 1 % CO<sub>2</sub> [24, 28, 35]. Разом з цим, в літературі відзначена також залежність розмірних характеристик окремих видів р. *Scenedesmus / Desmodesmus* не лише від температури та інсоляції, а і від їхньої штамової приналежності та географічного чинника [20, 26, 35].

Проте доцільно зазначити, що за температури 28 °C суттєво посилились коливання показників довжини, а при 31 °C — ширини клітин, що загалом проявилось у збільшенні частки дрібніших клітин. Певно, діапазон 28—31 °C є деякою мірою критичним для культури *Desmodesmus brasiliensis*. Це підтверджує розраху-

нок швидкості її росту: із зростанням температури від 22 до 28 °С середньодобова швидкість росту культури ( $\mu$ ) збільшилась з 2,27 до 3,11 доба<sup>-1</sup>, а за температур 31—34 °С діапазон цього показника становив 2,26—2,90 доба<sup>-1</sup>. Інтенсивність фотосинтезу *Desmodesmus brasiliensis* шт. HPDP-102 була максимальною за 25 °С і суттєво знижувалась зі збільшенням температури (рис. 5).

Слід зазначити, що інші дослідники також дійшли висновку, що для представників Scenedesmaceae (наприклад, *Scenedesmus obtusus* XJ-15 та *Desmodesmus communis* DCDA-3) оптимальною для росту є температура 25 °С [30, 38].

Цікаві результати одержано при аналізі змін розмірів клітин *Desmodesmus brasiliensis* за різної освітленості (табл. 5).

В середньому найменші показники як довжини, так і ширини клітин були зафіксовані в культурі, вирощеній за освітленості  $2,0 \pm 0,5$  клк. За такого режиму помітно звужувались також межі коливань обох розмірних характеристик, тобто культура була більш однорідною.

Водночас за освітленості 1,0 та 3,0 клк середні значення ширини клітин були практично однаковими, але середня довжина клітин за нижчої інтенсивності освітлення була меншою. Проте за цих умов суттєво зростала різниця між мінімальними і максимальними показниками розмірів клітин, порівняно з їхньою величиною за середньої освітленості.

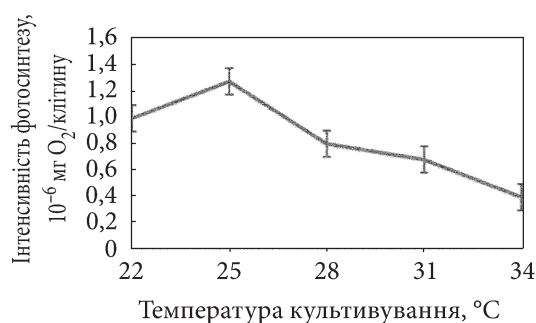


Рис. 5. Інтенсивність фотосинтезу *Desmodesmus brasiliensis* шт. HPDP-102 залежно від температури культивування (28-а доба, середовище Фітцджеральда)

Таблиця 4

Розмірні характеристики клітин *Desmodesmus brasiliensis* за різної температури культивування (1,1 клк, 29-а доба культивування)

Температура, °С	Довжина, мкм		Ширина, мкм	
	межі коливань	середні значення	межі коливань	середні значення
25 °С	8,41—15,31	11,54±0,26	4,37—8,79	6,42±0,17
28 °С	6,57—14,35	11,37±0,22	3,85—9,20	6,36±0,17
31 °С	8,24—11,87	10,33±0,18	3,23—7,10	5,07±0,18
34 °С	8,55—12,45	10,27±0,20	3,81—8,87	5,23±0,23



Таблиця 5

Розмірні характеристики клітин *Desmodesmus brasiliensis* шт. HPDP-102 при різній інтенсивності освітлення (середовище Фітцджеральда, 25 °С, 29-а доба культивування)

Освітленість, клк	Довжина, мкм			Ширина, мкм		
	межі коливань	$\Delta$	середні значення	межі коливань	$\Delta$	середні значення
1,0±0,5	8,41—15,31	6,90	11,54±0,26	4,37—8,79	4,42	6,42±0,17
2,0±0,5	9,10—13,20	4,10	11,23±0,12	4,01—7,34	3,33	5,74±0,11
3,0±0,5	9,48—14,44	4,96	12,18±0,24	4,17—8,02	3,85	6,45±0,19

Примітка.  $\Delta$  — абсолютна похибка вимірювання.

При цьому найбільшою варіабельністю розмірів характеризувалась культура за найнижчої освітленості.

Таким чином, результати експериментальних досліджень підтверджують суттєву варіабельність розмірних характеристик клітин мікродоростей та їхню залежність від низки біотичних та абіотичних чинників.

### Висновки

Розміри клітин мікродоростей залежать від таких біотичних чинників, як вік та стадія розвитку культури. Динаміка змін довжини та ширини клітин носить видоспецифічний характер або проявляє штамову залежність, але загалом спостерігається здрібнення клітин протягом періоду найінтенсивнішого росту та укрупнення по мірі уповільнення ростових процесів. Разом з цим зміни довжини і ширини клітин відбуваються не паралельно і інколи різноспрямовано, а старіння культур і несприятливі впливи часто супроводжуються округленням клітин та формуванням сферичної форми, характерної для «хлорелоїдної» стадії росту.

На розміри клітин мікродоростей суттєво впливають також абіотичні чинники — температура, освітленість та склад поживного середовища. Оптимальні для росту водоростей умови сприяють збільшенню щільності культур, але не розмірів їхніх клітин. Загалом, як зазначали й інші дослідники [27], за оптимальних для росту водоростей умов розміри їхніх клітин мають тенденцію до зменшення.

### Список використаної літератури

1. Андреева В.М. Род *Chlorella*. Морфология, систематика, принципы классификации. Л.: Наука, 1975. 112 с.
2. Антоненко С.П., Догадина Т.В., Комаристая В.П. Изменчивость морфометрических признаков *Dunaliella salina* в условиях культуры. *Экология моря*. 2010. № 81. С. 5—12.
3. Білоус О.П., Незбрицька І.М., Ключенко П.Д., Кірпенко Н.І. Колекція культур мікродоростей HPDP. К., 2018. 36 с.

4. Борисова О.В., Царенко П.М., Коніщук М.О. Колекція культур мікроводоростей IBASU-A. К., 2014. 110 с.
5. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Вип. 5. К.: Вид-во АН УРСР, 1953. 440 с.
6. Вассер С.П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П. Водоросли: справочник / под ред. С.П. Вассера. Киев: Наук. думка, 1989. 608 с.
7. Кондратьева Н.В. Добова мінливість лінійних розмірів вегетативних клітин деяких планктонних видів анабен. *Укр. ботан. журн.* 1979. № 27 (4). С. 462—467.
8. Кондратьева Н.В. Сучасний стан питання про внутрішньовидову мінливість лінійних розмірів синьо-зелених водоростей. *Там само.* 1974. № 31 (5). С. 545—554.
9. Масюк Н.П. Морфология, систематика, экология, географическое распространение рода *Dunaliella* Теод. и перспективы его практического использования. Киев: Наук. думка, 1973. 244 с.
10. Матвиенко А.М., Краснощек Г.П. О морфологических особенностях однорогого педиаструма (*Pediastrum simplex* Meуen). *Уч. зап. Харьков. гос. ун-та.* 1963. № 141 (2). С.72—75.
11. Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике. Киев: Наук. думка, 1975. 247 с.
12. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 13. Л.: Наука, 1980. 248 с.
13. Паламар-Мордвинцева Г.М., Костлан Н.В. Про явища, які супроводжують культуру хлорели при вирощуванні її на сечовині. *Укр. ботан. журн.* 1964. № 21 (3). С. 36—41.
14. Паламар-Мордвинцева Г.М., Бурлакина Н.П. Мінливість деяких ознак *Cosmarium subtumidum* Nordst. в умовах культури. *Там само.* 1973. №30 (4). С. 489—496.
15. Троицкая О.В. К морфологии и систематике протококковых водорослей. I. Наблюдения над морфологическими изменениями протококковых водорослей. *Тр. Ботан. ин-та АН СССР.* 1933. сер. 2, I. С. 115—224.
16. Царенко П.М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР. Киев: Наук. думка, 1990. 208 с.
17. Эргашев А.Э. Определитель протококковых водорослей Средней Азии. Хлорококковые Chlorococcales. Кн. 2. Ташкент: Фан, 1979. 384 с.
18. Algae of Ukraine: Diversity, Nomenclature, Taxonomy, Ecology and Geography. Vol. 3. Chlorophyta. Ruggell: Gantner Verlag Gantner, 2011. 511 p.
19. Algae of Ukraine: Diversity, Nomenclature, Taxonomy, Ecology and Geography. Vol. 4. Charophyta. Ruggell: Gantner Verlag Gantner, 2014. 703 p.
20. Barinova S., Tsarenko P., Nevo A. Algae from experimental pools on the Dead Sea coast, Israel. *Israel. J. Plant Sci.* 2004. № 52(4). P. 265—275.
21. Borisova E.V., Tsarenko P.M. Microalgae Culture Collection of Ukraine (IBASU-A). *Nova Hedwigia.* 2004. N 79. С. 127—134.
22. Brunthaler J. Protococcales. In: A.Pascher. Die Süßwasserflora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Jena, 1915. Bd. 5. S. 53—205.
23. Chodat R. Monographies d'algues en culture pure. *Matériaux pour la Flore Cryptogamique Suisse.* 1913. N 4. P. 1—266.
24. Hegewald E. Hochtemperaturstämme in der Gattung *Scenedesmus* Sektion *Desmodesmus*. *Arch. Hydrobiol.* 1984. N 67. P. 441—446.
25. Hegewald E. Taxonomisch-morphologische Untersuchung von *Scenedesmus* Iso-laten aus Stammsammlungen. *Ibid.* 1982. N 60 (4), S. 375—406.
26. Hegewald E., An S., Tsarenko P.M. Revision of *Scenedesmus intermedius* Chod. (Chlorophyta, Chlorococcales). *Algological Studies.* 1998. N 88. P. 67—104.
27. Juneja A., Ceballos R. M., Murthy G. S. Effects of Environmental Factors and Nutrient Availability on the Biochemical Composition of Algae for Biofuels Production: A Review. *Energies.* 2013. N 6 (9). P. 4607—4638.

28. Komárek J., Ružička J. Effect of temperature on the growth and variability of *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb. *Studies in Phycology*. Prague: Akad. Publ. House of the Czech. Acad. Sci., 1969. P. 262—292.
29. Komárková-Legnerová, J.. The systematics and ontogenesis of the genera *Ankistrodesmus* Corda and *Monoraphidium* gen. nov. *Studies in Phycology*. Prague: Acad. Publ. House of the Czech. Acad. Sci., 1969. P. 75—144.
30. Ling Xia, Shaoxian Song, Chunxiang Hu. High temperature enhances lipid accumulation in nitrogen-deprived *Scenedesmus obtusus* XJ-15. *J. Appl. Phycol.* 2016. N 28. P. 831—837.
31. Pröschold T., Darienko T. The green puzzle *Stichococcus* (Trebouxiophyceae, Chlorophyta): New generic and species concept among this widely distributed genus. *Phytotaxa*. 2020. N 441(2). P. 113—142.
32. Řehakova H. Die Variabilität der Arten der Gattung. *Oocystis*. *Studies in Phycology*. Prague: Acad. Publ. House of the Czech. Acad. Sci., 1969. P. 145—196.
33. Soeder C. J., Schulze G., Thiele D. Einfluß verschiedener Kulturbedingungen auf das Wachstum in Synchronkulturen von *Chlorella fusca* Sh. et Kr. *Arch. Hydrobiol.* 1967. N 33. S. 127—171.
34. Sulek J. Taxonomische Übersicht der Gattung *Pediastrum* Meyen. *Studies in Phycology*. Prague: Academia Publishing House of the Czechoslovak Academy of Sciences, 1969. S. 197—261.
35. Tsarenko P.M., Hegewald E. Variability of *Scenedesmus intermedius* Chod. (Chlorococcales, Chlorophyta) in culture. *Intern. J. on Algae*. 1999. N 1. P. 19—35.
36. Tsarenko P.M., Hegewald E., Krienitz L. LM and SEM. Studies on *Scenedesmus* of Lake Tollense (Baltic Lake District, Germany). *Algological Studies*. 1996. N 82. P. 13—36.
37. Tsarenko P.M., Hegewald E., Braband A. *Scenedesmus*-like algae of Ukraine. 1. Diversity from water bodies in Volyn Polissia. *Ibid.* 2005. N 118. P. 1—45.
38. Vanags J., Kunga L., Dubencovs K. et al. Influence of light intensity and temperature on cultivation of microalgae *Desmodesmus communis* in flasks and laboratory-scale stirred tank photobioreactor. *Latvian J. Physics and Technical Sci.* 2015. N 2. P. 59—70.
39. Yalçın Duygu D. Growth kinetics of *Scenedesmus obliquus* strains in different nutrient media. *LimnoFish*. 2019. N 5(2). P. 95—103.

Надійшла 04.09.2020

**N.I. Kirpenko**, Doctor of Biology, Senior researcher, Leading Researcher  
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,  
12 Geroyiv Stalingrada Ave, Kyiv, 04210, Ukraine

*T.O. Leontieva*, Graduate student  
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,  
12 Geroyiv Stalingrada Ave, Kyiv, 04210, Ukraine  
e-mail: leontieva3394@gmail.com

*P.M. Tsarenko*, Doctor of Biology, Prof., Head of Department,  
M.G. Kholodny Institute of Botany of the NAS of Ukraine,  
2 Tereshchenkivska St., Kyiv, 01601, Ukraine  
e-mail: ptsar@ukr.net

#### MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF GREEN MICROALGAE IN CULTURE

The variability of the dimensional characteristics of 11 strains of green coccoid microalgae of five genera depending on the duration of exposure, temperature (22—34 °C), light conditions (1—3 ( $\pm 0,5$ ) kLx), and also on the composition of cultural medium, was investigated. It has been found that the dynamics of cell length and width depending on culture age and stage of its development are species specific. At the same time, cell downsizing was registered during the period of the most intensive culture growth, whereas cell enlargement was observed during the period of culture growth slowdown. In this case, cell length and its width changed not simultaneously. Culture aging was often accompanied by cell rounding. Abiotic factors (temperature, light, and nutrient medium composition) also significantly influenced cell dimensions of microalgae. Under optimal conditions, the density of algal cultures increased, whereas cell dimensions decreased.

**Keywords:** *microalgae, cell length and width, abiotic and biotic factors.*