

УДК [579:582.26/.27+582.6/.9]:581.131(28)

П.О. РОМАНЕНКО, О.О. ЯРОВИЙ

Інститут гідробіології НАН України

пр. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна

## **АСИМІЛЯЦІЯ СПОЛУК ФОСФОРУ МІКРОВОДОРОСТЯМИ ПРИ КУЛЬТИВУВАННІ НА СТІЧНИХ ВОДАХ**

Досліджено можливість використання лабораторних штамів та виділених з очисних споруд зразків водоростей для очищення стічної води від розчинених сполук фосфору. Встановлено, що *Chlorella vulgaris*, *Ch. fusca*, *Chlamydomonas reinhardtii*, *Auxenochlorella protothecoides* здатні розмножуватися в стічній воді і збільшувати біомасу, швидко асимілюючи значну кількість сполук фосфору, тому їх можна успішно використовувати для звільнення стічних вод від біогенних елементів.

*Ключові слова:* мікрородості, біогенні елементи, фосфор, стічні води

Міські стічні води є одним з вагомих джерел надходження біогенних елементів у водойми. В зв'язку з цим вчені всього світу приділяють велику увагу розробці нових і вдосконаленню існуючих методів очищення стічних вод [6]. Видалення біогенних речовин, зокрема фосфору, є першочерговим кроком у напрямку підвищення якості очищених стічних вод і найбільшою мірою відповідає завданням поліпшення екологічного стану водного середовища. Між тим, більшість комунальних очисних споруд України не розраховані на видалення біогенних елементів до необхідних нормативів [3].

В літературі широко обговорюється здатність водоростей знижувати рівень нітратного азоту до заданого рівня і можливість застосовувати цю їхню властивість для очищення стічних вод від нітратів [1, 2]. Водночас питання асиміляції сполук фосфору досліджене значно менше.

Слід зазначити, що вирощування водоростей на стічних водах може бути більш ефективне і економічно вигідне, ніж масове культивування на спеціальних середовищах, за рахунок асиміляції наявних у таких водах поживних речовин, необхідних для росту цих мікроорганізмів [1]. Оскільки стічні води можуть значно відрізнятися за кількістю та співвідношенням поживних елементів, токсичністю тощо, в кожному конкретному випадку необхідна перевірка придатності даної води для культивування водоростей.

На базі кафедри ботаніки КНУ ім. Т. Шевченка нами були проведені дослідження щодо пошуку видів мікрородостей, перспективних для очищення стічних вод від біогенних елементів, зокрема, фосфору.

### **Матеріал і методи досліджень**

Дослідження проводили на неочищеній стічній воді з Бортницької станції аерації. З колекції культур водоростей Київського національного університету імені Тараса Шевченка (Culture Collection of Algae at Kyiv University – АСКУ) було відібрано 21 штам водоростей, здатних рости в умовах, подібних до тих, що формуються у стічних водах, – висока сапробність та значний вміст біогенних елементів, в першу чергу азоту й фосфору [4]. В експериментах використовували також водорості, відібрані з очисних споруд восени 2012 р. Чисельність мікрородостей в експериментах визначали шляхом підрахунку в камері Горяєва під мікроскопом. Розчинені фосфати визначали у звільненому від клітин середовищі за допомогою загальноприйнятого методу Морфі і Райлі з використанням аскорбінової кислоти як відновника [5].

### **Результати досліджень та обговорення**

Протягом трьох тижнів культивування відмічена загибель 11 культур. Загальною рисою решти культур, що активно росли у стічній воді, був високий вміст в клітинах продуктів асиміляції (фото). Фізіологічний стан вирощених культур різнився від поганого (високий вміст мертвих клітин) до доброго. Найбільша інтенсивність росту на стічній воді спостерігалася у видів *Chlorella vulgaris* Beijerinck [Beijerinck] 1890, *Auxenochlorella protothecoides* (Krüger) Kalina &

Puncochárová 1987, *Chlamydomonas reinhardtii* P.A. Dangeard 1888 та *Chlorella fusca* Shihira & R.W. Krauss 1965.

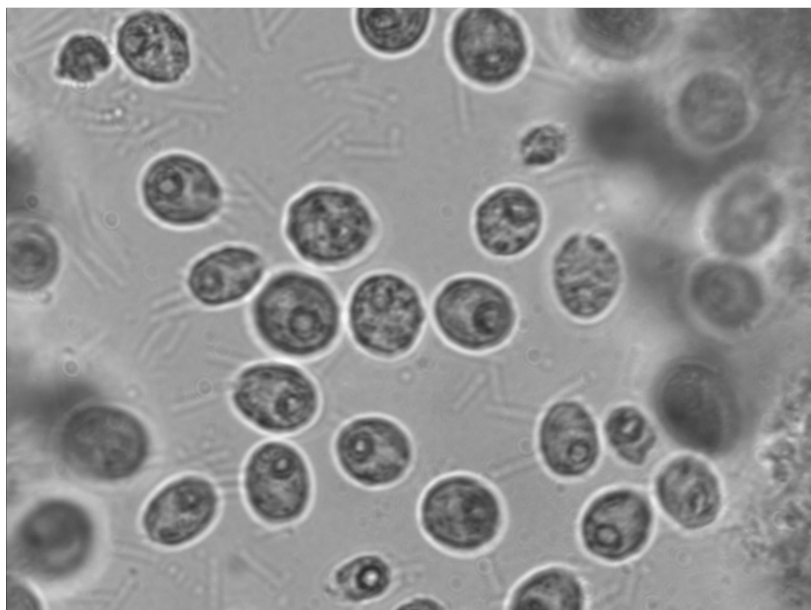


Фото. Клітини *Chlamydomonas reinhardtii* з продуктами асиміляції

При культивуванні відібраних штамів на стерилізованій стічній воді була нарощена біомаса водоростей. Надалі штами, здатні рости в таких умовах, а також зразки водоростей, відібрані з очисних споруд Бортницької станції аерації, культивували протягом 2-х тижнів у 50 мл стічної води. Результати визначення розчиненого неорганічного фосфору представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Концентрація P<sup>i</sup> (мг/дм<sup>3</sup>) у культуральному середовищі

Штам/Зразок	Початкова концентрація P <sup>i</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	Доба культивування			
		1-а	2-а	3-а	4-а
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i> 750	5,5	3,0	2,0	2,2	2,0
<i>Chlorella fusca</i> 435	5,5	0,75	0,75	0,6	0,8
<i>Chlorococcum cf. infusionum</i> 31	5,5	2,0	0,7	0,8	1,6
<i>Auxenochlorella cf. protothecoides</i> 396	5,5	1,75	1,3	1,0	2,5
<i>Chlorella vulgaris</i> 531	5,5	1,1	1,0	1,1	1,0
<i>Bracteacoccus minor</i> 506	5,5	2,8	2,2	1,7	4,5
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i> 94	5,5	2,1	1,2	2,0	3,0
<i>Chlamydomonas applanata</i> 710	5,5	0,8	1,0	0,5	1,0
<i>Coelastrum sp.</i> 282	5,5	1,3	2,2	3,0	6,0
Обростання	5,5	2,0	1,7	1,7	2,0
Поля сушки	5,5	2,6	0,6	1,5	4,5

Отримані результати свідчать про швидке зменшення концентрації неорганічного фосфору в стічній воді протягом перших 2-3-х діб культивування, очевидно, за рахунок споживання мікроводоростями, а також про деяке збільшення його кількості в наступний період (в усіх культурах, крім *Chlorella fusca*). Причиною цього міг бути токсичний вплив середовища, а також насичення клітин водоростей фосфором.

Різке зменшення концентрації розчинених фосфатів в перші 2–3 доби не корелювало лінійно зі збільшенням біомаси водоростей. Приріст кількості клітин для різних штамів становив від 20 до 50% порівняно з початковою величиною (табл. 2), тоді як зменшення вмісту фосфатів досягало 85%.

Таблиця 2

Приріст кількості клітин водоростей (тис. клітин/мл) за 3 доби культивування

Штам	Доба культивування	
	1-а	3-а
<i>Chlorella vulgaris</i> 531	10 000	16 250
<i>Chlorella fusca</i> 435	4 000	5 000
<i>Auxenochlorella cf. protothecoides</i> 396	6 000	10 250
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i> 750	10 000	15 000
<i>Bracteacoccus minor</i> 506	3 000	4 000

Вісім культур були пересіяні в більший об'єм (250 мл) стічної води для повторного культивування. Експеримент проводили протягом 4 діб. В цьому випадку зменшення концентрації розчинених фосфатів було менш виражене, порівняно з першим дослідом. Для *Chlorella fusca* зниження концентрації P<sup>3</sup> складало 80%, для інших культур – 40–60% (табл. 3).

Розбіжності в одержаних результатах, очевидно, пояснюються тим, що для першого експерименту були використані синхронізовані культури водоростей. Штами водоростей пересівалися з музейної культури на нове для них середовище, тобто всі адаптовані клітини одночасно починали життєвий цикл. При повторному, масштабному культивуванні культури водоростей перебували на популяційному плато, тобто різні клітини знаходилися на різних стадіях життєвого циклу.

Таблиця 3

Концентрація P<sup>3</sup> (мг/дм<sup>3</sup>) в культуральному середовищі протягом повторного культивування

Штам	Початкова концентрація	Доба культивування			
		1-а	2-а	3-а	4-а
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i> 750	5,4	3,5	3,5	3,8	4,5
<i>Chlorella fusca</i> 435	5,4	2,7	1,0	1,0	1,0
<i>Chlorococcum cf. infusionum</i> 31	5,4	3,0	1,4	2,0	2,4
<i>Auxenochlorella cf. protothecoides</i> 396	5,4	2,6	1,5	2,8	3,0
<i>Chlorella vulgaris</i> 531	5,4	4,3	2,6	3,1	2,7
<i>Bracteacoccus minor</i> 506	5,4	5,6	2,5	2,6	3,7
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i> 94	5,4	4,0	2,2	3,0	3,5
<i>Chlamydomonas applanata</i> 710	5,4	3,3	2,2	2,3	2,9

## Висновки

З досліджених штамів водоростей з колекції АСКУ половина зберігала життєздатність при вирощуванні на стічній воді у якості поживного середовища. Загальний стан культур різнився, проте у клітинах всіх штамів спостерігалось посилене накопичення продуктів асиміляції (крохмаль, олія).

*Chlorella vulgaris*, *Auxenochlorella protothecoides*, *Chlamydomonas reinhardtii* та *Chlorella fusca* можуть бути успішно використані для очищення стічних вод від біогенних елементів, оскільки при культивуванні на стічній воді зберігають здатність розмножуватися і збільшувати біомасу, при цьому швидко і в значній кількості асимілюючи сполуки фосфору.

Важливим моментом ефективного використання мікродоростей виявилася синхронізація їхніх культур.

1. Вебер К. Рост *Chlorella vulgaris* на сточных водах / К. Вебер, В. Вотапек, К. Ливанский, Я. Заградник, Б. Прокеш // Гидробиол. журн. – 1984. – С. 32–40.
2. Горбунова С. Ю. Динамика азота и фосфора в среде при интенсивном культивировании микродоросли *Dunaliella salina* / С. Ю. Горбунова, А. С. Лелеков, А. Б. Боровков // Экология моря. – 2007. – Вып. 74. – С. 21–24.
3. Жмур Н. С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. / Н. С. Жмур. – Л.: Химия, 1984. – 185 с.
4. Костіков І. Ю. Ботаніка. Водорості та гриби / І. Ю. Костіков, В. В. Джаган. – К.: Арістей, 2006. – 208 с.
5. Лурье Ю. Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод / Ю. Ю. Лурье – М.: Химия, 1984. – 448 с.
6. Математические модели контроля загрязнения воды / Под ред. А. Джеймса. – М.: Мир, 1981. – 472 с.

П.О. Романенко, А.А. Яровой

Институт гидробиологии НАН Украины, Киев

#### АССИМИЛЯЦИЯ СОЕДИНЕНИЙ ФОСФОРА МИКРОВОДОРОСЛЯМИ ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ НА СТОЧНЫХ ВОДАХ

Исследована возможность использования лабораторных штаммов и отобранных из очистных сооружений образцов водорослей для очистки сточной воды от растворенных соединений фосфора. Установлено, что *Chlorella vulgaris*, *Ch. fusca*, *Chlamydomonas reinhardtii* и *Auxenochlorella protothecoides* могут успешно использоваться для очистки сточных вод от биогенных элементов, так как сохраняют способность размножаться и увеличивать биомассу, при этом быстро и в значительном количестве ассимилируют соединения фосфора.

Ключевые слова: микродоросли, биогенные элементы, фосфор, сточные воды

P.O. Romanenko, O.O. Iarovyj

Institute of Hydrobiology of NAS of Ukraine, Kyiv

#### PHOSPHORUS ASSIMILATION BY MICROALGAE CULTIVATED ON WASTEWATER

The possibility of using different strains of algae and samples of algae from wastewater treatment plant to clean wastewater from dissolved phosphorus compounds was investigated. It was found that *Chlorella vulgaris*, *Ch. fusca*, *Chlamydomonas reinhardtii* and *Auxenochlorella protothecoides* can be successfully used for cleaning wastewater from biogenic elements. They can grow fast and in large amount assimilate phosphorus compounds.

Keywords: microalgae, nutrients, phosphorus, wastewater

УДК [574.586:581.526.3](282.247.32)

Н.Є. СЕМЕНЮК

Институт гідробіології НАН України,  
пр. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна

#### **БАГАТОРІЧНА ДИНАМІКА ФІТОМІКРОЕПІФІТОНУ КИЇВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА**

Досліджено закономірності багаторічної динаміки фітомікроепіфітону Київського водосховища. Показано, що на даний час його таксономічне різноманіття зберігається на високому рівні і нараховує 385 видів і різновидів з 8 відділів. Порівняно з 70–80 рр. XX ст.,