

Важливим моментом ефективного використання мікробіодоростей виявилася синхронізація їхніх культур.

1. Вебер К. Рост *Chlorella vulgaris* на сточних водах / К. Вебер, В. Вотапек, К. Ливанский, Я. Заградник, Б. Прокеп // Гидробиол. журн. – 1984. – С. 32–40.
2. Горбунова С. Ю. Динамика азота и фосфора в среде при интенсивном культивировании микроводоросли *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. Джаяган. – 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: микроводоросли, 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.,
590 ISSN 2078-2357. Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол., 2015, № 3-4 (64)

відмічено зниження різноманіття евгленових водоростей і збільшення – криптофітових і золотистих. Виявлено тенденцію до зменшення біомаси фітомікроепіфітону, що пов'язано зі змінами його домінуючого комплексу.

Ключові слова: фітомікроепіфітон, Київське водосховище, сукцесія, таксономічне різноманіття, біомаса.

У функціонуванні автотрофної ланки мілководних біоценозів одне з ключових місць належить фітомікроепіфітону – мікроскопічним водоростям, які розвиваються на підводних частинах вищих водних рослин (ВВР).

Дослідження епіфітних водоростей верхньої частини Середнього Дніпра в умовах природного гідрологічного режиму розпочато з 1945-1949 рр. Н.О. Мошковою [5]. Епіфітон Київського водосховища вивчався протягом 1976-1984 рр. Л.Є. Костиковою [2]. У подальшому майже 30 років систематичні дослідження фітомікроепіфітону Київського водосховища не проводились.

З огляду на глобальні зміни умов середовища, які реєструються в сучасний період, і, зокрема, кліматичні зміни, дослідження структурних і функціональних характеристик фітомікроепіфітону дніпровських водосховищ, в тому числі оцінка його багаторічної сукцесії, набуває все більшої актуальності.

Мета роботи: встановити закономірності багаторічної динаміки структурних і функціональних характеристик фітомікроепіфітону Київського водосховища на основі ретроспективних літературних і сучасних даних.

Матеріал і методи досліджень

Фітомікроепіфітон Київського водосховища вивчали протягом літніх періодів 2008–2014 рр. в експедиціях Інституту гідробіології НАН України. Дослідженнями охоплені мілководдя дніпровського плеса (т/з с. Нижні Жари, Теремці), озерно-річкового плеса (т/з с. Домонтово, Страхолісся) і озерного плеса (т/з с. Толокунь, Ровжі, Глібівка). Проби відбирали з домінуючих видів ВВР різних екологічних груп: повітряно-водних (очерету звичайного, рогозу вузьколистого, комиша озерного), з плаваючим листям (гличиків жовтих, латаття білого, водяного горіха плаваючого) і занурених (рдесника пронизанолистого, гребінчастого, кушира зануреного, водопериці колосистої, стрілолиста стрілолистого). Відбір, фіксацію, камеральне опрацювання проб водоростей, розрахунок їх чисельності і біомаси здійснювали відповідно до загальноприйнятих гідробіологічних методів [4].

Результати досліджень та їх обговорення

Узагальнення натурних даних, отриманих протягом 2008-2014 рр., показало, що на сьогодні фітомікроепіфітон Київського водосховища представлений 385 видами і внутрішньовидовими таксонами (в. в. т.), включаючи ті, що містять номенклатурний тип виду, з 8 відділів.

Порівняння сучасних даних із літературними за 70-80 рр. ХХ ст. дозволяє стверджувати, що на даний час таксономічне різноманіття фітомікроепіфітону водосховища залишається на високому рівні. Так, згідно з даними Л.Є. Костикової епіфітні водорості були представлені 397 в. в. т., а на даний час – 385 в. в. т. Зберігається і ранговий розподіл провідних відділів: на першому місці знаходяться діатомові водорості, на другому – зелені, на третьому – синьозелені. У той же час, відмічено тенденцію до зниження таксономічного різноманіття евгленових водоростей (з 17 до 9 в. в. т.) і збільшення різноманіття криптофітових (з 1 до 6 в. в. т.) і золотистих (з 3 до 12 в. в. т.) (табл. 1).

Подібна закономірність – зменшення частки евгленових водоростей та збільшення золотистих – встановлена для фітопланктону Київського водосховища і є характерною особливістю сукцесії не тільки дніпровських, а і й інших рівнинних водосховищ [3].

Багаторічна динаміка структурної організації фітомікроепіфітону Київського водосховища¹

Періоди	Таксономічне різноманіття ²									Облігатні епіфіти	Факультативні епіфіти
	Cyanophyta	Euglenophyta	Dinophyta	Cryptophyta	Chrysoophyta	Bacillariophyta	Xanthophyta	Chlorophyta	Σ		
1976–1984 рр.	$\frac{40}{10}$	$\frac{17}{4}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{1}{*}$	$\frac{3}{1}$	$\frac{178}{45}$	$\frac{5}{1}$	$\frac{149}{38}$	397	13%	87%
2008–2014 рр.	$\frac{55}{14}$	$\frac{9}{2}$	$\frac{3}{*}$	$\frac{6}{2}$	$\frac{12}{3}$	$\frac{153}{40}$	$\frac{6}{2}$	$\frac{141}{37}$	385	12%	88%
K_S	0,48	0,46	0,29	0,28	0,13	0,66	0,36	0,52	0,56	0,71	0,54

Примітки: 1 – дані за 1976–1984 рр. отримані Л.Є. Костиковою [2];

2 – над рискою – кількість в. в. т. даного відділу, під рискою – % від загальної кількості в. в. т.; * – частка представників даного відділу < 1%;

K_S – коефіцієнт видової подібності Серенсена.

Проведено порівняльний аналіз видового складу фітомікроепіфітону Київського водосховища у 70-80 рр. ХХ ст. і на даний час за коефіцієнтом подібності Серенсена (K_S). Коефіцієнт, розрахований для загальних списків видів, дорівнює 0,56, отже за 40-річний період у різноманітті водоростей обростань відбулись досить суттєві зміни. Якщо розрахувати коефіцієнт окремо для кожного відділу, видно, що найбільшою сталістю характеризується видовий склад діатомових водоростей ($K_S = 0,66$), а найбільших змін зазнало різноманіття золотистих ($K_S = 0,13$).

З огляду на те, що до фітомікроепіфітону ми відносили всі види водоростей, які на момент відбору проб зустрічалися на ВВР, інтерес представляє оцінка співвідношення видів, типових для обростань, (облігатних епіфітів) та евритопних видів (факультативних епіфітів). Для відокремлення облігатних епіфітів, ми використали підхід В.Г. Девяткіна, який вважає, що основною особливістю водоростей, типових для обростань, є гетерополярність у будові їхніх клітин або колоній. Припускається, що гетерополярність, яка часто пов'язана з відсутністю або редукцією рухливості, є більш корисною для життя на твердому субстраті, ніж на частинках м'якого ґрунту, які часто змінюють своє положення в просторі, і до типово епіфітних форм можуть бути віднесені представники родів: *Cocconeis*, *Achnanthes*, *Cymbella*, *Rhoicosphenia*, *Characium*, *Oedogonium*, *Stigeodinium*, *Cladophora*, *Spirogyra*, *Ulothrix* [1].

У списку видів фітомікроепіфітону, наведеному Л.Є. Костиковою [2], частка факультативних епіфітів (бентосних, планктонних форм) була значно більшою, ніж облігатних епіфітів (87% і 13% відповідно). Протягом майже 40 років таке співвідношення залишається сталим і складає 88% і 12% відповідно.

Для встановлення особливостей багаторічної сукцесії облігатних і факультативних епіфітів було розраховано коефіцієнт Серенсена окремо для кожної групи. Для облігатних епіфітів коефіцієнт становив 0,71, а для факультативних – 0,54, отже, можна зробити висновок, що основні зміни у видовому складі фітомікроепіфітону відбувались за рахунок факультативних епіфітів, а склад облігатних епіфітів зберігався досить постійним, що можна пояснити більшою інертністю останніх.

Аналіз багаторічної динаміки кількісного різноманіття фітомікроепіфітону виявив тенденцію до зниження його біомаси в сучасний період, порівняно з 70-80 рр. ХХ ст. Так, наприклад, на рогозі вузьколистому за ретроспективними даними біомаса водоростей обростань складала 0,09-80,20 мг/г сирової маси рослин, а за сучасними даними – 0,02-15,40 мг/г

сирої маси рослин. На рдеснику пронизанолистому біомаса водоростей знизилась з 1,08-239,86 мг/г сирої маси рослин до 0,64–17,53 мг/г сирої маси рослин (табл. 2).

Таблиця 2

Багаторічна динаміка кількісного різноманіття та індексу Шеннона фітомікроепіфітону на рогозі вузьколистому і рдеснику пронизанолистому в Київському водосховищі^{1,2}

Періоди	Рогоз вузьколистий			Рдесник пронизанолистий		
	B , мг/г сирої маси	$B_{\max}/B_{\text{серед.}}$	H_B	B , мг/г сирої маси	$B_{\max}/B_{\text{серед.}}$	H_B
1976–1984 рр.	$\frac{0,09-80,20}{10,99 \pm 6,60}$	7	$\frac{2,0-4,4}{2,8 \pm 0,6}$	$\frac{1,08-239,86}{67,14 \pm 30,00}$	4	$\frac{2,2-3,3}{2,8 \pm 0,6}$
2008–2014 рр.	$\frac{0,02-15,40}{2,34 \pm 1,38}$	7	$\frac{1,1-3,1}{2,3 \pm 0,4}$	$\frac{0,64-17,53}{6,17 \pm 1,24}$	3	$\frac{3,0-4,1}{3,6 \pm 0,3}$

Примітки: 1 – дані за 1976–1984 рр. отримані Л.С. Костиковою [2]; 2 – над ризкою – межі коливань, під ризкою – середні показники

Зниження біомаси пов'язано зі змінами в структурі домінуючого комплексу фітомікроепіфітону, зокрема зі зниженням частки зелених нитчастих водоростей з родів *Oedogonium*, *Cladophora* тощо. Наприклад, на рогозі вузьколистому у 1976-1980 рр. частка виду *Oedogonium sp.* складала 20-69% [2], а в 2008-2014 рр. – 3-28%; на рдеснику пронизанолистому в 1980 р. – 64% [2], а в 2008-2014 рр. – лише 1-4%. Це узгоджується з літературними джерелами. Показано [6], що на сучасному етапі сукцесії Київського водосховища відбувається значне зниження первинної продукції і біомаси нитчастих водоростей.

Встановлено, що не зважаючи на зниження загальної біомаси фітомікроепіфітону, співвідношення між її максимальними і середніми показниками ($B_{\max}/B_{\text{серед.}}$) на сьогодні залишається досить постійним: 7 для епіфітону на рогозі вузьколистому і 3–4 для епіфітону на рдеснику пронизанолистому. На високому рівні зберігається індекс Шеннона (H_B): 2,3-2,8 для обростань рогозу і 2,8-3,6 для рдесника (див. табл. 2). Все це свідчить про те, що фітомікроепіфітон можна розглядати як досить стабільне угруповання, яке протягом багаторічної сукцесії зберігає свою структуру в динамічній рівновазі зі змінами умов зовнішнього середовища.

Висновки

Оцінка багаторічної динаміки фітомікроепіфітону Київського водосховища на основі ретроспективних літературних і сучасних даних показала, що на сьогодні його таксономічне різноманіття зберігається на високому рівні – 385 в. в. т., порівняно з 397 в. в. т. у 70-80 рр. ХХ ст. Відмічено зниження таксономічного різноманіття евгленових водоростей і збільшення різноманіття криптофітових і золотистих.

Порівняно з ретроспективними даними, виявлено тенденцію до зменшення біомаси фітомікроепіфітону, що пов'язано зі змінами у його домінуючому комплексі. Встановлено, що співвідношення між максимальною і середньою біомасою водоростей та індекс Шеннона практично не змінились.

Отже, фітомікроепіфітон є досить стабільним угрупованням, яке протягом багаторічної сукцесії зберігає свою структуру.

1. Девяткин В. Г. Динамика развития альгофлоры обрастаний в Рыбинском водохранилище / В. Г. Девяткин // Флора и растительность водоемов бассейна Верхней Волги. – Рыбинск: Ин-т биологии внутренних вод АН СССР, 1979. – С. 78–108.
2. Костикова Л. Е. Эпифитон Днепра и его водохранилищ / Л. Е. Костикова // Растительность и бактериальное население Днепра и его водохранилищ. – К.: Наукова думка, 1989. – С. 48–76.
3. Майстрова Н. В. Різноманітність фітопланктону Київського водосховища / Н. В. Майстрова // Укр. ботан. журн. – 2009. – Т. 66, № 2. – С. 220–233.

4. *Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод* / О. М. Арсан, О. А. Давидов, Т. М. Дьяченко [та ін.]; за ред. В. Д. Романенка. – К.: ЛОГОС, 2006. – 408 с.
5. *Мошкова Н. А.* Донная прибрежная альгофлора верхней части Среднего Днепра и ее хозяйственное значение : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. биол. наук: специальность 03.00.05 – Ботаника / Н. А. Мошкова. – Киев, 1953. – 15 с.
6. *Цапліна К. М.* Функціональна роль макрофітів в екосистемі Київського водосховища / К. М. Цапліна, М. І. Лінчук // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т. 3 (20). – С. 159–163.

Н.Е. Семенюк

Институт гидробиологии НАН Украины, Киев

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ФИТОМИКРОЭПИФИТОНА КИЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Исследованы закономерности многолетней динамики фитомикроэпифитона Киевского водохранилища. Показано, что в настоящее время его таксономическое разнообразие сохраняется на высоком уровне и насчитывает 385 видов и разновидностей из 8 отделов. По сравнению с 70–80 гг. XX ст., отмечено снижение разнообразия эвгленовых водорослей и увеличение – криптофитовых и золотистых. Выявлена тенденция к уменьшению биомассы фитомикроэпифитона, связанная с изменениями его доминирующего комплекса

Ключевые слова: фитомикроэпифитон, Киевское водохранилище, сукцессия, таксономическое разнообразие, биомасса

N.I.e. Semeniuk

Institute of Hydrobiology of NAS of Ukraine, Kyiv

LONG-TERM CHANGES OF PHYTOMICROEPIPHYTON IN THE KYIV WATER RESERVOIR

The paper considers the patterns of phytomicroepiphyton's long-term changes in the Kyiv water reservoir. Its taxonomic diversity has been shown to remain high and include 385 species and varieties from 8 divisions. Compared with 70-80th of the XXth century, Euglenophyta have reduced, and Cryptophyta and Chrysophyta have increased in diversity. At present phytomicroepiphyton biomass tends to decrease, which is related to changes in the dominant species complex.

Keywords: phytomicroepiphyton, Kyiv water reservoir, succession, taxonomic diversity, biomass

УДК [591.148:574.52:556(262.5)]

И.М. СЕРИКОВА, Ю.Н. ТОКАРЕВ, В.И. ВАСИЛЕНКО, В.Ф. ЖУК

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского

пр. Нахимова, 2, Севастополь, 299011, АР Крым

ВЛИЯНИЕ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ПОЛЯ БИОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ В ОСЕННИЙ ПЕРИОД

По данным, полученным в 76-ом рейсе НИС «Профессор Водяницкий» (18-28 сентября 2013 г.) проанализирована пространственная изменчивость поля биолюминесценции, а также изменчивость термохалинных полей по четырем разрезам, выполненным в водных массах с различной антропогенной нагрузкой. Показан широкий диапазон варьирования биофизических и гидрофизических параметров, который обусловлен не только различной антропогенной нагрузкой в районе исследований, но и сложившимся гидрологическим режимом. Получена обратная зависимость интенсивности поля биолюминесценции от плотности вод. Это свидетельствует о том, что основной пул в суммарный эффект свечения вносили мелкоклеточные виды светящихся водорослей.

Ключевые слова: поле биолюминесценции, термохалинная структура вод, динофитовые водоросли, Черное море