

УДК: 574.64: 582.266.3

## **ВПЛИВ ДЕТЕРГЕНТІВ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ФОТОСИНТЕЗУ ВОДРОСТЕЙ-МАКРОФІТІВ ЧОРНОГО МОРЯ**

**О.Б. Куцин, Ф.П. Ткаченко**

**Одеський національний університет**

*Досліджено вплив детергентів на інтенсивність фотосинтезу (ІФ) деяких зелених Chlorophyta (*Cladophora vagabunda*, *Enteromorpha intestinalis*) та червоних Rhodophyta (*Ceramium rubrum*, *Porphyra leucosticta*) водоростей-макрофітів Чорного моря. Встановлено, що детергенти в межах їх гранично допустимої концентрації (ГДК) (100 мкг/л), виявляють в основному стимулюючу дію по відношенню до ІФ досліджуваних водоростей. Зі збільшенням концентрації детергентів – процес фотосинтезу гальмується. Більша інтенсивність фотосинтезу спостерігалась*

у зелених водоростей, що мають досконалу пігментну систему, а менша – у червоних. Встановлену чутливість показника ІФ водоростей-макрофітів до різного рівня забруднення детергентами можна використовувати в оцінці екологічного стану водойм.

**Вступ.** За даними багатьох дослідників [4,8] в останні десятиліття спостерігається погіршення екологічного стану водного середовища Чорного моря. Негативний вплив антропогенного фактору в деяких районах моря має катастрофічні для біоти наслідки, зокрема в районі філофорного поля Зернова.

Одним із найбільш розповсюджених забруднювачів Чорного моря є синтетичні миючі засоби (СМЗ), основною діючою речовиною яких є детергенти - поверхнево-активні речовини (ПАР) [1]. За багатьма даними [3, 13], разом зі стічними водами у Чорне море потрапляє велика кількість токсичних речовин і серед них 20 тис. т. детергентів. А як відомо, [7, 11], особливості будови й функціонування бентосних водоростевих угруповань безпосередньо пов'язані з гідрохімічними параметрами водного середовища. Серед забруднювачів найбезпечнішими вважаються синтетичні побутові детергенти й особливо аніонні, які мають особливі фізико-хімічні властивості. Побутові детергенти відрізняються значною стабільністю до розкладу в зовнішньому середовищі. Більшість синтетичних миючих засобів мають у своїй сполуці ПАР, які важко руйнуються під впливом життєдіяльності мікробів і в зв'язку з цим можуть зберігатися в природній воді досить тривалий час. [16, 2].

При наявності у водоймі піни ПАР погіршується аерація води, наслідком чого є уповільнення процесів самоочищення й пригнічення життєдіяльності гідробіонтів [15, 17, 18]. Граничні концентрації ПАР коливаються від 0,1 до 3 мг/л, що пов'язано з різною хімічною структурою сполук.

Відомо, що водорості відіграють важливу роль в охороні навколишнього середовища як індикаторні організми при проведенні екологічного моніторингу, а також як активні природні фільтратори [7]. Але даних, стосовно механізму дії побутових детергентів на фізіолого-біохімічні процеси в клітинах водоростей-макрофітів та здатності водоростей відображати рівень забруднення морського середовища синтетичними ПАР дуже обмаль [8].

У зв'язку з цим метою даного дослідження було визначити характер впливу детергентів на водорості-макрофіти за показником інтенсивності фотосинтезу (ІФ), як одного з найважливіших фізіологічних показників їх функціонування. А також з'ясувати можливість використання цього показника макрофітів при проведенні екологічного моніторингу стану Чорного моря.

**Матеріали й методи.** Матеріалом наших досліджень були найбільш розповсюджені зелені (*Cladophora vagabunda* (L.) Hoek, *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link.) та червоні водорості-макрофіти (*Ceramium rubrum* (Huds.) Ag. і *Porphyra leucosticta* Thur).

Водорості відбирали в Одеські затоці Чорного моря у період їх активного росту. Ідентифікацію видів водоростей проводили за відомим визначником А.Д. Зинойої [6].

В процесі роботи вивчався вплив двох типів детергентів, що відрізнялися за хімічним складом: "Лотос" та "Е", з концентраціями 100, 500 та 1000 мкг/л. Використані концентрації детергентів відповідали реальним, які відмічаються

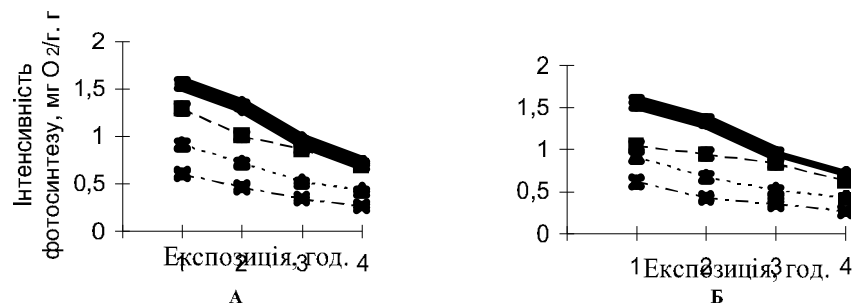
в досліджуваних природних водах [18, 96]. Контрольні рослини експонували в чистій морській воді.

Інтенсивність фотосинтезу (ІФ) визначали за методом Вінклера [10].

**Результати та обговорення.** В процесі дослідів нами було встановлено, що найбільш високий показник ІФ у досліджених водоростей спостерігався в ранковий час у всіх варіантах досліду при експозиції 1 година. Під впливом детергентів і зі збільшенням експозиції (3 і 4 години) ступінь впливу детергенту на водорості залежав як від його концентрації, так і від толерантності досліджуваних видів до даного поллютанту.

СМЗ "Лотос" при концентрації 100 мкг/л у *C. vagabunda* через 1 годину експозиції знижував ІФ на 17 % від контролю, через 3 години на 9 %, а через 4 години на 4 % (рис. 1 А). Зі збільшенням концентрації детергенту спостерігалось зниження показника ІФ. Через 4 години експозиції детергент із концентрацією 1000 мкг/л знизив ІФ *C. vagabunda* в порівнянні з контролем на 63 % ( $P \leq 0,05$ ) (рис. 1 А).

У *E. intestinalis* невелика концентрація СМЗ "Лотос" (100 мкг/л) виявила стимулюючу дію на ІФ водорості. Так, через 1 годину експозиції ІФ *E. intestinalis* в даному варіанті досліду була на 32 % вищою, ніж у контролі ( $P \leq 0,05$ ) (рис. 2 А). Але зі збільшенням часу експонування (до 4 годин) й підвищенням концентрації детергенту до 1000 мкг/л інтенсивність процесу фотосинтезу різко знижувалася і склала лише 23 % від аналогічного показника у контрольних рослин ( $P \leq 0,05$ ).



Примітка: тут та на рисунках 1-5.: —●— контроль —■— 100 мкг/л  
 ---▲--- 500 мкг/л ---×--- 1000 мкг/л

Рис. 1. Вплив різних концентрацій детергентів "Лотос" (А) і "Е" (Б) на інтенсивність фотосинтезу *Cladophora vagabunda*

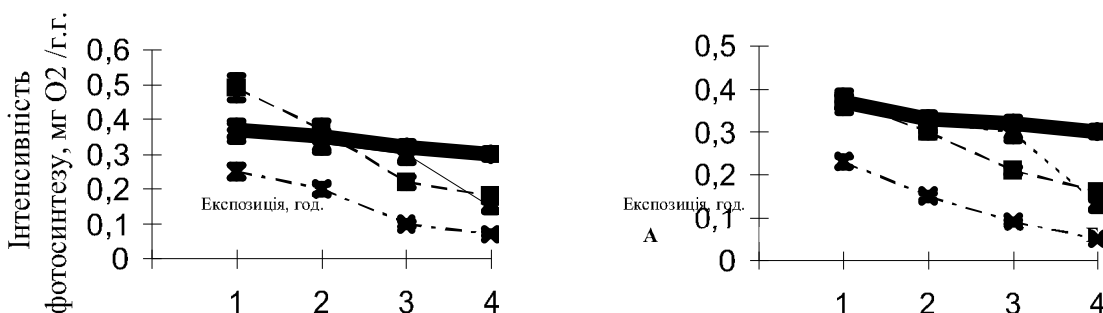


Рис. 2. Вплив різних концентрацій детергентів "Лотос" (А) і "Е" (Б) на інтенсивність фотосинтезу *Enteromorpha intestinalis*

Детергент "Е" спричиняв більш токсичну дію, ніж СМЗ "Лотос" на ІФ вивчених зелених водоростей. Так, наприклад, зі збільшенням часу експозиції (4 години) й підвищенням концентрації поллютанту до 1000 мкг/л показник ІФ у *C. vagabunda* зменшився на 65 % (рис.1. Б) а в *E. intestinalis* - на 83 % від контролю (рис. 2. Б).

Відміни в реакції водоростей спостерігалися при вивченні впливу детергентів на ІФ окремих представників іншої домінуючої групи автотрофів Одеської затоки - червоних водоростей *Ceramium rubrum* і *Porphyra leucosticta*. Так, при дії детергенту "Лотос" у концентраціях 500 і 1000 мкг/л вже через 1 годину експонування показник ІФ *C. rubrum* знизився стосовно контролю на 20 і 46 %, відповідно ( $P \leq 0,05$ ). Зі збільшенням часу тестування до 4 ч. ІФ знижувалася і складала (при концентрації 1000 мкг/л) усього лише 50 % від аналогічного рівня контрольних рослин (рис.3.А).

Показник ІФ у водорості, що знаходилася в розчині з детергентом "Е" з концентрацією 100 мкг/л був вищий, ніж у варіанті з детергентом "Лотос" і перевищував контроль у перші 3 години на 9 %. Однак високі концентрації даного СМЗ (500 і 1000 мкг/л) виявилися більш токсичними, ніж у варіанті зі СМЗ "Лотос".

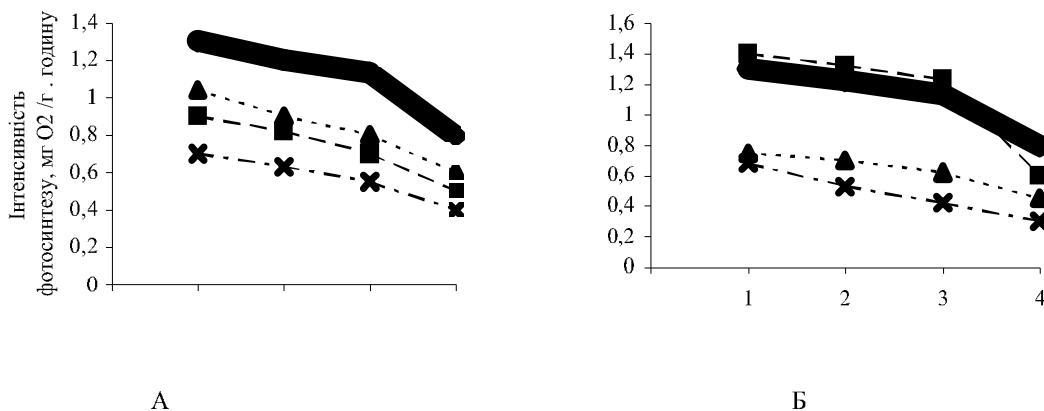


Рис. 3. Вплив детергентів "Лотос" (А) і "Е" (Б) на інтенсивність фотосинтезу *Ceramium rubrum*

Так вже через 1 годину експонування детергент "Е" при концентраціях 500 і 1000 мкг/л знижував інтенсивність фотосинтезу *C. rubrum* на 42 і 47 % відповідно, в порівнянні з контрольними рослинами ( $P \leq 0,05$ ). Зі збільшенням часу тестування до 4-х годин ІФ даної водорості знизилася на 62 % від контролю (рис. 3. Б) і на 25 % від аналогічного показника у варіанті з детергентом "Лотос".

Під впливом детергентів "Лотос" і "Е" в концентрації 100 мкг/л, на червону водорість *Porphyra leucosticta* через 1 годину експонування її показник ІФ не відрізнявся від контрольних рослин. З підвищенням же концентрації детергентів до 1000 мкг/л і збільшенням часу тестування до 4 годин ІФ у *Porphyra leucosticta* знижувалася на 86 і 78 %, відповідно, від контролю (рис.4. А і Б) ( $P \leq 0,05$ ).

Як свідчать одержані дані, ІФ *Porphyra leucosticta* також характеризувалася обернено пропорційною залежністю між часом експонування і впливом

різних концентрацій детергентів. Але дана водорість виявилася менш стійкою до дії забруднювачів, ніж інші тестовані водорості-макрофіти.

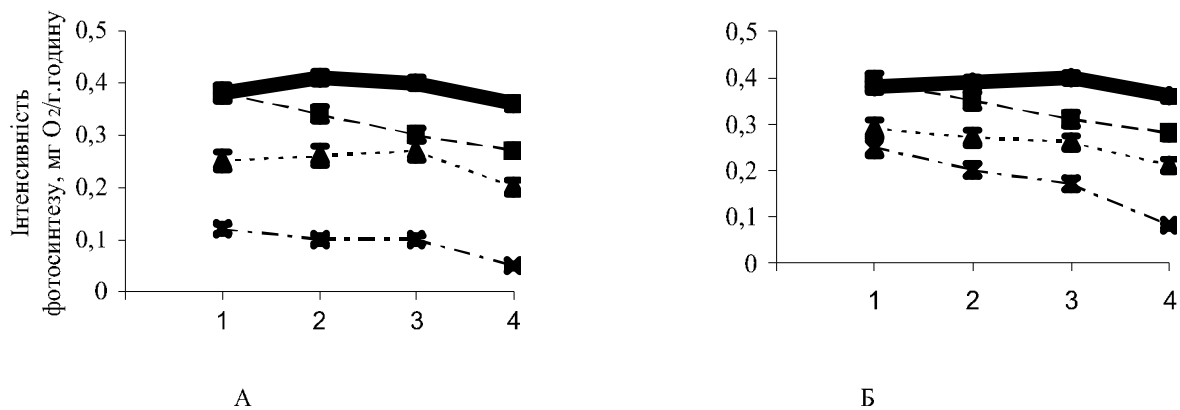


Рис. 4. Вплив детергентів "Лотос" (А) і "Е" (Б) на інтенсивність фотосинтезу *Porphyra leucosticta*

### Висновки

Наші дослідження ІФ у водоростях доводять, що детергенти зі збільшенням концентрації пригнічують фотосинтетичну активність пігментної системи водоростей, незалежно від їх видової приналежності. Це в значній мірі доповнює наявну з цього питання інформацію [9].

Необхідно відмітити, що досліджені нами види водоростей за показником ІФ виявили видову специфічність. У цілому він був більш інтенсивним у зелених водоростей, що мали найбільш досконалу пігментну систему.

Використання показника ІФ водоростей-макрофітів дозволяє не лише визначити токсичність присутніх у воді детергентів, але й оцінити індикаторну роль водоростей-макрофітів при складанні прогностичних оцінок розвитку та продуктивності організмів.

### Література

1. *Абрамзон А.А.* Поверхностно-активные вещества. Свойства и применение / А.А. Абрамзон – Л.: Химия, 1975. – 245 с.
2. *Волощенко О.И.* Гигиеническое значение ПАВ/ О. Волощенко, И. Мудрый. – К.: Здоровье, 1991. – 238 с.
3. Задачи Госинспекции охраны Черного моря в решении экологических проблем Черного моря/ С.К. Долинский, В.П. Савусин, Е.Г. Патлатюк [и др.] // Экологические проблемы Черного моря: Сб. науч. ст. – Одесса: ОЦНТЭИ. – 1999. – С. 3-11.
4. *Зайцев Ю.П.* Экологическое состояние шельфовой зоны Черного моря у побережья Украины (обзор)/ Ю. П. Зайцев // Гидробиол. журн. – 1992. – Т. 28, № 4 – С. 3-18.
5. *Зайцев Ю.П.* Введение в экологию Черного моря./ Ю.П. Зайцев. - Одесса: «Эвен», 2006. – 224с.
6. *Зинова А.Д.* Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР / А.Д. Зинова. – Наука. – 1967. – 398 с.
7. *Калугина-Гутник А. А.* Влияние загрязненности воды на структуру донных фитопланктонов Черного моря / Калугина-Гутник А.А. // Биологическое самоочищение и формирование качества воды. — М.: Наука, 1975 б. – С.105-106.

8. Куцин О.Б. Біотестування токсичності побутових детергентів з використанням макроводорості *Cladophora vagabunda* (L.) Ноек // Вісник Одеського державного університету. – 2001. – Т.6, Вип. 1. – С. 34–41.
9. Лукьянова О.Н., Шмидт Т.Я. Концентрация каротиноидов у морских беспозвоночных в условиях загрязнения / О.Н. Лукьянова, Т.Я. Шмидт // Биология моря. – 1993. – № 2. – С. 92-101.
10. Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике / Отв.ред. ак. АН УССР А.В. Топачевский. — К.: Наук. думка, 1975. – 247 с.
11. Мінічева Г.Г. Морфофункціональні основи формування морського фітобентосу: Автореф. дис. ... д-ра біол. наук: 03.00.17./ Г.Г. Мінічева. Ін-т біол. півден. морів. – Севастополь, 1998. – 32 с.
12. Паршикова Т.В. Влияние поверхностно-активных веществ на функционирование фотосинтетического аппарата хлореллы/ Т.В. Паршикова, В.В. Веселовский, Т.В. Веселова [и др.] // Альгология. – 1994. – Т.4, № 1. – С. 38-46.
13. Паршикова Т.В. Опыт получения мутантов *Anabaena* PCC 7120 (Cyanophyta) устойчивых к действию поверхностно-активных веществ/ Т.В. Паршикова // Альгология. – 2002. – Т. 12, № 4. – С. 399-407.
14. Пульц О. Пути пополнения пищевых ресурсов за счет использования водорослей/ О. Пульц // Альгология. – 2000. – Т. 10, № 3. – С. 341 - 349.
15. Ставская С. С. Биологическое разрушение анионных ПАВ/ Ставская С. С.– К.: Наук. думка, 1981. – 114 с.
16. El-Fouly M.M. Studies on fat accumulation in *Chlorella* and *Scenedesmus*/ M.M. El-Fouly [et al.] // Arch. Hydrobiol. suppl. – 1985. – V. 75, № 3. – P. 439–457.
17. Ghatak D.B.; Konar S.K. Chronic effects of combination on a plankton benthic organisms and water quality/ D.B. Ghatak, S.K. Konar // Environ.ecol. – 1992. – V. 10, № 3. – P. 524-531.
18. Ilyin Y.P The Black Sea coastal waters pollution in the period of 1990 – 2000 on monitoring materials of Ukrainian marine hydrometeorological units/ Y.P Ilyin [et al.] // The Black Sea ecological problems. International symp.: col. scient. art.– Odessa: SCSEIO.– 2000. – P. 91-98.

Исследовано влияние детергентов на интенсивность фотосинтеза (ИФ) зеленых Chlorophyta (*Cladophora vagabunda*, *Enteromorpha intestinalis*) и красных Rhodophyta (*Ceramium rubrum*, *Porphyra leucosticta*) водорослей-макрофитов Одесского залива Черного моря. Установлено, что при влиянии низкой концентрации (100 мкг/л), которая является предельно допустимой концентрацией, детергенты оказывают в основном стимулирующее действие на ИФ исследуемых водорослей, а при увеличении концентрации – подавляют процесс фотосинтеза, не зависимо от их видовой принадлежности. У исследуемых видов водорослей относительно действия детергентов было выявлено по показателю ИФ видовую специфичность. Более интенсивно процесс фотосинтеза наблюдался у зеленых водорослей, которые имеют более совершенную пигментную систему.

Установлено, что показатель ИФ водорослей-макрофитов можно использовать при оценке экологического состояния водоемов.

The article is dedicated to the research of the influence of detergents on intensity of photosynthesis (IPh) of green Chlorophyta (*Cladophora vagabunda*, *Enteromorpha intestinalis*) and red Rhodophyta (*Ceramium rubrum*, *Porphyra leucosticta*) weeds-macrophytes in Odessa bay of the Black Sea. There has been determined that by influence of low concentration (100 mkg/l) which is extremely permissible, detergents have a stimulating impact on IPh of the investigated weeds but by increase of concentration detergents put down the process of photosynthesis in spite of their specific belonging. According to the index of IPh specific belonging of the investigated kinds of the weeds about detergents effect has been revealed. More intensively the process of photosynthesis has been observed in green weeds with more perfect pigmental system.

There has been ascertained that the index of IPh of weeds-macrophytes can be used by estimation of ecological condition of reservoirs.