



УДК 582.232/275(210.5):(262.5)]

О. П. Гаркуша, м. н. с.

Одесский филиал Института биологии южных морей им А.О. Ковалевского Национальной академии наук Украины,  
Одесса, Украина

## ОСОБЕННОСТИ ОБРАСТАНИЯ МАКРОФИТОВ МИКРОВОДОРОСЛЯМИ НА ПРИМЕРЕ ОДЕССКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ (ЧЁРНОЕ МОРЕ)

Исследованы видовой состав и количественные показатели микроводорослей обрастания макрофитов с цилиндрической (*Cladophora albida* (Nees) Kutz., *Ceramium virgatum* Roth.) и пластинчатой (*Enteromorpha linza* (L.) J. Agardh.) формой таллома и физических имитантов (нейлон, полиэтилен) на глубине 0.5 и 2 м на одном из участков одесского побережья в августе 2008 г. Отмечено преобладание в количественном отношении прикреплённых диатомовых водорослей в обрастании макрофитов с цилиндрической формой таллома, в обрастании макрофитов с пластинчатой формой – цианобактерий и подвижных видов диатомовых. Количественные показатели обрастания макрофитов на несколько порядков ниже, чем искусственных субстратов. Выявлены особенности распределения микроводорослей на разных фрагментах макрофита.

**Ключевые слова:** макрофиты, обрастание, микроводоросли, Чёрное море

Водоросли-макрофиты – один из естественных субстратов для поселения микроводорослей, качественный и количественный состав которых зависит от множества биотических и абиотических факторов. Между макрофитами и микроводорослями на их поверхности устанавливается сложное биохимическое взаимодействие в результате выделения различного рода веществ, механизмы которого до настоящего времени остаются слабо изученными [7, 13]. Известно, что на количественные показатели диатомовых водорослей обрастания значительное влияние оказывают морфология субстрата [12] и гидролого-гидрохимические условия среды обитания [9, 11]. Настоящее исследование посвящено изучению качественного и количественного состава микроводорослей обрастания макрофитов с цилиндрической и пластинчатой формой таллома, а также физических имитантов в зависимости от глубины произрастания.

**Материал и методы.** В августе 2008 г. на одном из исследовательских полигонов в Одесском заливе на глубине 0.5 и 2 м соответственно в 3 и 15 м от уреза воды в течение 14 сут экспонировали установку с искусственными субстратами, имитирующими цилиндрическую (нейлон с диаметром 200, 400, 600, 800 и 1000 мкм) и пластинчатую (полиэтилен с толщиной 10, 35, 57, 65 и 90 мкм и ши-

риной 1.5 см) форму таллома макрофитов. Каждый образец искусственных субстратов через 1 см крепили к установке рядами, расстояние между которыми составляло 2 см. Все субстраты были с тремя вариантами длины – 5, 10 и 15 см. Поверхность каждого варианта субстрата (нейлона и полиэтилена) составляла 80 см<sup>2</sup>. После окончания срока экспозиции образцы длиной 10 и 15 см разрезали на фрагменты по 5 см. На данных глубинах с поверхности твёрдого субстрата (известняк) отбирали пробы водорослей-макрофитов с цилиндрической – *Cladophora albida* (Nees) Kutz. (диаметр нитей – 8 – 90 мкм, длина или высота таллома – до 20 см), *Ceramium virgatum* Roth. (150 – 800 мкм, до 7 см) и пластинчатой формой таллома *Enteromorpha linza* (L.) J. Agardh. (толщина 40 – 50 мкм, до 25 см). Талломы *C. albida* и *E. linza* разделяли на три фрагмента: нижний, средний и верхний.

Согласно методике [3], обработано 130 проб обрастания микроводорослей на макрофитах и искусственных субстратах. Численность и биомассу микроводорослей пересчитывали на площадь искусственных субстратов и на площадь поверхности талломов макрофитов, определённую расчётным методом [8]. Биомассу микроводорослей определяли подсчётом истинных объёмов клеток [2]. Для определения диатомовых водорослей готовили

постоянные препараты створок [4]. Применяли методику гипсовых шариков для измерения гидродинамики на данных глубинах отбора проб [14].

**Результаты и обсуждение.** В результате исследования в составе обрастания микроводорослей обнаружено 35 видов: 20 – на водорослях-макрофитах, 33 – на искусственных субстратах. Сходство видового состава составило 68 % (по индексу Сьёрренсена). Основу таксономического состава обрастания данных субстратов составляли виды диатомовых водорослей и цианобактерий (рис. 1).

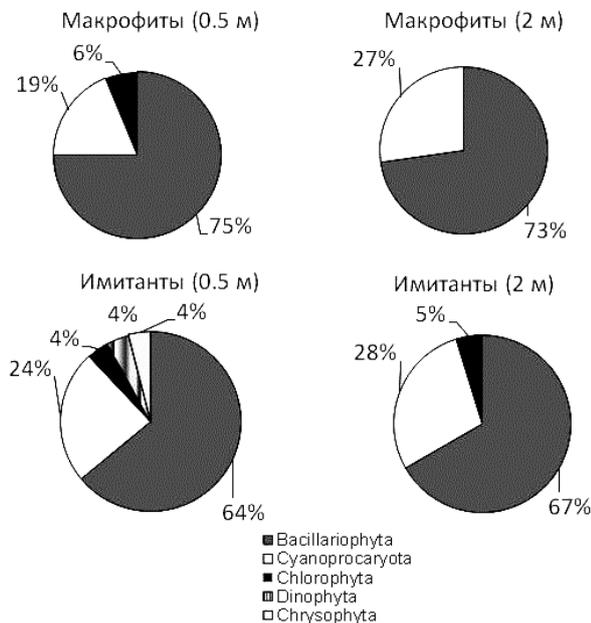


Рис. 1 Таксономический состав микроводорослей обрастания

Fig. 1 Taxonomic composition of microalgae of the fouling

Значительных отличий в количестве видов на разной глубине не отмечено: на 0.5 м в обрастании макрофитов зарегистрировано 16 видов, на 2 м – 11 видов, в обрастании искусственных субстратов – соответственно 25 и 21.

Видовой состав микроводорослей, обрастающих *E. linza* на 0.5 и 2 м, не отличался. В составе обрастания *C. virgatum* с 2 м глубины присутствовали крупноклеточные виды *Gyrosigma spencerii* (Quekett) Griff. et Hentf. и *Pleurosigma angulatum* (J. T. Quekett) W. Sm., которые постоянно встречались в обрастании полиэтилена на данных глубинах. Отличий в видо-

вом составе обрастания искусственных субстратов на глубине 0.5 и 2 м не обнаружено.

На глубине 0.5 м в обрастании макрофитов с цилиндрической формой таллома – *C. albida* и *C. virgatum* – по численности и биомассе преобладали диатомовые водоросли, в основном прикрепленные, а в обрастании *E. linza* с пластинчатой формой – цианобактерии и подвижные виды диатомовых. В составе обрастания *C. virgatum* с глубины 2 м преобладали цианобактерии. В обрастании искусственных субстратов в количественном отношении преобладали прикрепленные диатомовые водоросли. Возможно, превалирование в количественном отношении цианобактерий в обрастании макрофитов, по сравнению с искусственными субстратами, связано с выделением в качестве экзосметаболитов различных веществ.

В составе обрастания исключительно искусственных субстратов на данных глубинах выявлена зелёная водоросль *Pringsheimiella scutata* (Reinke) Marschew. с диаметром пластин от 40 до 190 мкм. Однако известно, что *P. scutata* – водоросль с эпифитным слоевищем в виде дисковидных пластин – обитает на камнях, водных растениях и водорослях в северо-западной части Чёрного моря и лиманах [5].

В среднем численность и биомасса микроводорослей обрастания макрофитов с цилиндрической формой таллома значительно выше, чем на макрофите с пластинчатой формой (табл. 1).

Табл. 1 Количественные показатели микроводорослей на исследованных субстратах (приведены средние значения и стандартные ошибки)

Table 1 Quantity indices of microalgae on the explored substrates (average values and standard errors are presented)

Субстрат	Численность, кл. · см <sup>-2</sup>	Биомасса, 10 <sup>-3</sup> мг · см <sup>-2</sup>
цилиндрический		
<i>C. albida</i>	256 ± 33	0.53 ± 0.04
<i>C. virgatum</i>	592 ± 62	9.48 ± 0.35
нейлон	135288 ± 10640	739 ± 113
пластинчатый		
<i>E. linza</i>	7.0 ± 2.6	0.050 ± 0.006

---

полиетилен	$10547 \pm 816$	$60 \pm 5$
------------	-----------------	------------

По сравнению с искусственными субстратами, количественные показатели обрастания макрофитов на несколько порядков ниже.

Наши результаты согласуются с полученными ранее данными по диатомовым водорослям [12]. Авторами цитируемой работы установлено, что количественные показатели диатомовых на искусственных субстратах пластинчатого типа на порядок меньше, чем на субстратах осевого типа, а также отмечена сходная тенденция в распределении диатомовых на макрофитах с пластинчатым и цилиндрическим талломом.

Нами выявлены отличия в заселении микроводорослями макрофитов с цилиндрической формой таллома: обрастание на *C. virgatum* было в 2 раза больше по численности и в 5 раз по биомассе, чем на *C. albida*. Этот факт может быть связан с диаметром, длиной талломов, физиологическим состоянием или же с метаболизмом данных видов макрофитов, которые относятся к разным систематическим группам – красных и зелёных водорослей.

При изучении диатомовых водорослей черноморских макрофитов [6] отмечено, что интенсивность обрастания верхних и нижних фрагментов таллома различна: верхние фрагменты подвержены действию морских волн, срывающих значительную часть диатомовых обрастаний, нижняя часть таллома менее подвержена волнению, поэтому численность диатомовых на ней значительно выше.

Наши исследования показали, что интенсивность обрастания микроводорослями разных фрагментов макрофита (нижний, средний и верхний) отличается в зависимости от формы таллома. Так, на макрофите с цилиндрической формой – *C. albida* – микроводоросли распределялись по всему таллому практически равномерно: численность достигала соответственно 213, 244 и 310 кл.·см<sup>-2</sup>, биомасса – 443, 525 и 628 · 10<sup>-6</sup> мг·см<sup>-2</sup>, 99 % которой составляли диатомовые. На макрофите с пластинчатой формой – *E. linza* – более всего обрастали средний и верхний фрагменты талло-

ма: соответственно 2, 17, 5 кл.·см<sup>-2</sup> и 8, 16 и 59 · 10<sup>-6</sup> мг·см<sup>-2</sup>, на диатомовые приходилось 25, 6 и 79 % биомассы, на цианобактерии – 75, 94 и 21 %.

Обрастание макрофитов микроводорослями на глубине 0.5 и 2 м в количественном отношении не отличалось, а на искусственных субстратах численность была выше на 2 м (рис. 2). Характер распределения микроводорослей на разных фрагментах искусственных субстратов также зависел от глубины. На 2 м микроводоросли распределялись равномерно по субстрату, на 0.5 м в наименьшей степени заселялись образцы нейлона длиной 5 см и в наибольшей – образцы полиэтилена длиной 5 см и нижние 5-сантиметровые части образцов длиной 10 и 15 см. Тенденция распределения биомассы микроводорослей не отличалась от численности. Зависимости количественных показателей обрастания от диаметра и толщины искусственных субстратов не выявлено.

С глубиной связаны такие факторы, как гидродинамика и освещённость, которые могут оказывать влияние на развитие микроводорослей. В результате применения методики гипсовых шариков определено, что интенсивность растворения гипса на глубине 0.5 м в 1.4 раза больше, чем на 2 м. Известно, что на 0.5 м освещённость в 2 раза выше [1]. Таким образом, тот факт, что количественные показатели микроводорослей на искусственных субстратах на 0.5 м на несколько порядков ниже, чем на 2 м, может свидетельствовать о влиянии гидродинамики на небольшой глубине.

Различия в обрастании 5-сантиметровых фрагментов нейлона и полиэтилена на 0.5 м, возможно, связаны с разной подвижностью (гибкостью) данных субстратов в водной среде. Например, для искусственных рифов с жёстким закреплением осевых структур установлено, что наиболее эффективно одноклеточными водорослями заселяются конструкции с высотой 4 – 10 см, а расширение обрастаемой поверхности за счёт увеличения длины не приводит к увеличению биомассы водорослей [10].

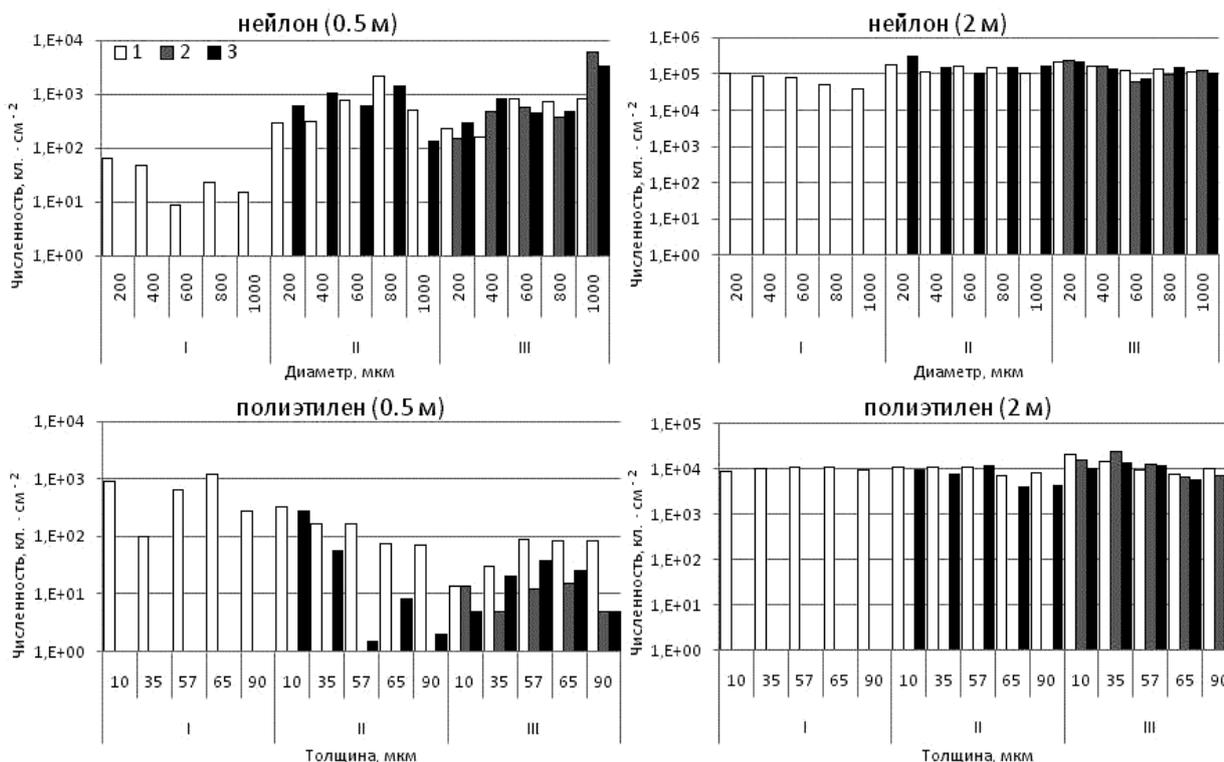


Рис. 2 Распределение микроводорослей на искусственных субстратах: 1 – нижний, 2 – средний и 3 – верхний 5-сантиметровые фрагменты; I, II, III – длина субстрата, соответственно, 5, 10 и 15 см

Fig. 2 Distribution of microalgae on the artificial substrates: 1 – lower, 2 – middle and 3 – the upper 5 cm fragments; I, II, III – a substrate length 5, 10 and 15 cm, accordingly

**Выводы. 1.** На Одесском побережье Чёрного моря в составе обрастания водорослей-макрофитов обнаружено 20 видов микроводорослей, в обрастании искусственных субстратов (физических имитантов формы таллома) – 33 вида. На исследованных субстратах видовой состав микроводорослей представлен в основном диатомовыми водорослями и цианобактериями. С увеличением глубины количество видов незначительно уменьшалось. В видовом составе обрастания макрофита с пластинчатой формой и искусственных субстратов на разных глубинах отличий не обнаружено. Зелёная водоросль *Pringsheimiella scutata* обростала исключительно искусственные субстраты. **2.** Среди обрастания макрофитов с цилиндрической формой таллома и искусственных субстратов в количественном отношении преобладали прикреплённые диатомовые водо-

росли, в обрастании макрофитов с пластинчатой формой – цианобактерии и подвижные виды диатомовых. **3.** Количественные показатели обрастания макрофитов на несколько порядков ниже, чем искусственных субстратов. **4.** Интенсивность обрастания макрофитов на разных глубинах не отличалась, искусственных субстратов – значительно выше на 2 м. **5.** Распределение микроводорослей на разных фрагментах макрофита отличалось в зависимости от формы таллома, на искусственных субстратах – от глубины и подвижности самого субстрата в водной среде. **6.** Обрастание макрофитов по сравнению с искусственными субстратами (имитантами формы таллома) имеет ряд особенностей, что, вероятно, связано с ростом, скоростью метаболизма и прижизненным выделением различного рода веществ.

1. *Большаков В. Н.* Освітленість біля берегозахисних споруд Одеси // Наук. зап. Тернопільського нац. пед. університету ім. Володимира Гнатюка. Сер.: біол. – 2010. – № 3 (44). – С. 20 – 22.
2. *Брянцева Ю. В., Лях А. М., Сергеева А. В.* Расчет объемов и площадей поверхности одноклеточных водорослей Черного моря. – Севастополь, 2005. – 25 с. (Препр. / НАН Украины. Институт Биологии Южных морей).
3. *Водоросли. Справочник* // Вассер С. П., Кондратьева Н. В. и др. – К.: Наук. думка, 1989. – С. 176 – 177.
4. *Диатомовые водоросли СССР.* – Л.: Наука, 1974. – 1,– 116 с.
5. *Зинова А. Д.* Определитель зелёных, бурых и красных водорослей южных морей СССР. – М.-Л.: Наука, 1967. – 397 с.
6. *Кучерова З. С.* Динамика диатомовых обрастаний на черноморских макрофитах // Биология моря. – Киев: Наук. думка, 1970. – Вып. 18. – С. 114 – 122.
7. *Кучерова З. С.* Влияние эктокринов макрофитов на развитие эпифитных диатомовых // Биология моря. – Киев: Наук. думка, 1970. – Вып. 18. – С. 123 – 133.
8. *Миничева Г. Г., Зотов А. Б., Косенко М. Н.* Методические рекомендации по определению морфофункциональных показателей одноклеточных и многоклеточных форм водной растительности. – Одесса, 2003. – 31 с.
9. *Прошкина-Лавренко А. И.* Диатомовые водоросли бентоса Чёрного моря. – М.- Л.: Изд. АН СССР, 1963. – 243 с.
10. *Празукин А. В.* Формирование фитообрастаний на искусственных рифовых конструкциях // Альгология. – 2001. – 11, № 1. – С. 57 – 69.
11. *Раилкин А. И.* Распределение диатомовых водорослей на продольно обтекаемых плоских поверхностях // Ботанич. журн. – 1991. – 76, № 11. – С. 1522 – 1527.
12. *Рябушко Л. И., Завалко С. Е.* Микрофитообрастания искусственных и природных субстратов в Черном море // Ботанич. журн. – 1992. – 77, № 5. – С. 33 – 39.
13. *Телитченко М. М., Остроумов С. А.* Введение в проблемы биохимической экологии: Биотехнология, сельское хозяйство, охрана среды. – М.: Наука, 1990. – 288 с.
14. *Хайлов К. М., Завалко С. Е., Ковардаков С. А.* и др. Изготовление и применение гипсовых структур для регистрации физико-химического взаимодействия тела с движущейся водой в мелкомасштабном пространстве // Экология моря. – 1988. – Вып. 30. – С. 83 – 90.

Поступила 17 ноября 2011 г.

**Особливості обростання макрофітів микроводоростями на прикладі одеського узбережжя (Чорне море).**

**О. П. Гаркуша.** Наведені результати дослідження видового складу і кількісних показників микроводоростей обростання макрофітів з циліндричною (*Cladophora albida* (Nees) Kutz., *Ceramium virgatum* Roth.) і пластинчатою (*Enteromorpha linza* (L.) J. Agardh.) формою талому і фізичних імітантів (нейлон, поліетилен) на глибині 0,5 і 2 м на одній із ділянок одеського узбережжя у серпні 2008 року. Відмічено переважання в кількісному відношенні прикріплених діатомових водоростей в обростанні макрофітів з циліндричною формою талому, в обростанні макрофітів з пластинчатою формою – ціанобактерій і рухливих видів діатомових. Встановлено, що кількісні показники обростання макрофітів на декілька порядків нищі, ніж штучних субстратів. Виявлені особливості розподілу микроводоростей на різних фрагментах макрофіта.

**Ключові слова:** обростання, макрофіти, микроводорості, Чорне море

**Features of microalgal fouling of seaweeds on the example of Odessa coast (the Black Sea). O. P. Garkusha.**

The results of research of the species composition and quantity indices of microalgal of seaweed's fouling with the cylindrical (*Cladophora albida* (Nees) Kutz., *Ceramium virgatum* Roth.) and lamellar (*Enteromorpha linza* (L.) J. Agardh.) form of thallus and artificial substrates (nylon, polyethylene) on depth of 0.5 and 2 m from one of sites of the Odessa coast in August, 2008 have been presented. The prevalence in a quantitative sense attached diatoms in the fouling of seaweeds with the cylindrical form of thallus and the mobile diatoms and cyanobacteriae in the fouling of seaweeds with the lamellar form has been shown. It is established that quantity indices of seaweed's fouling on some orders of values more low than artificial substrates. The features of microalgal distribution on the different fragments of seaweed have been revealed.

**Keywords:** fouling, seaweeds, microalgae, Black Sea