

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

ЦИАНОБАКТЕРИИ И ДИАТОМОВЫЕ ВОДРОСЛИ В СООБЩЕСТВАХ РАЗЛИЧНЫХ ЭКОТОПОВ ПРИБРЕЖНОЙ АКВАТОРИИ СЕВАСТОПОЛЯ (ЧЕРНОЕ МОРЕ)

Андреева Наталья Алексеевна

кандидат биологических наук

Институт природно-технических систем,

г. Севастополь

CYANOBACTERIA AND DIATOMAL ALGAE IN DIFFERENT ECOTOPES COMMUNITIES OF THE COASTAL AREA OF SEVASTOPOL (BLACK SEA)

Andreeva Natalya

PhD in Biological Sciences

Institute of Natural and Technical Systems,

Sevastopol

DOI: 10.31618/NAS.2413-5291.2021.2.74.524

АННОТАЦИЯ

Цель данного исследования – изучить биоразнообразие и встречаемость цианобактерий и микроводорослей, а также их способность к образованию микроколоний в культивируемых образцах из различных экотопов побережья Севастополя. В работе использовался метод лабораторного культивирования. При исследовании сообществ было выявлено значительное разнообразие форм фотосинтезирующих организмов. Многие из них могли образовывать упорядоченные структуры (микроколонии), что являлось важным для существования организмов в определенных условиях.

ABSTRACT

The purpose of this investigation is to study the biodiversity and occurrence of cyanobacteria and microalgae, as well as their ability to form microcolonies in cultivated samples from various ecotopes of the Sevastopol coastal area. The method of laboratory cultivation was used in the work. The study of the communities revealed a significant variety of forms of photosynthetic organisms. Many of them could form regulated structures (microcolonies), which was important for the existence of organisms under certain conditions.

Ключевые слова: сообщества; цианобактерии; диатомовые водоросли; фитопланктон; перифитон; эпицитон; Черное море.

Keywords: algalenoses; cyanobacteria; diatoms; phytoplankton; periphyton; epilithon; Black sea.

Фотосинтезирующие организмы, входящие в состав различных морских сообществ (фитопланктона, перифитона, эпицитона), отличаются значительным морфологическим разнообразием.

Основной составляющей планктона и перифитона в природных водах являются диатомовые водоросли, количество их видов составляет величину порядка 16000 единиц. По морфологическому разнообразию форм как в фитопланктоне, так и в перифитоне, кроме диатомовых водорослей также выделяются цианобактерии.

Для существования в планктонных сообществах микроводорослям необходимо, прежде всего, обладать плавучестью. У одних это достигается за счет уплощения, образования различного рода выростов и придатков – шипов, щетинок, роговых отростков и т.д.; другие организмы, такие, как цианобактерии могут образовывать вокруг клетки богатые водой мощные слизистые оболочки [4].

Перифитонные и эпицитонные водоросли обычно произрастают на поверхности разнообразных твердых субстратов, как искусственных (сваи, причалы, лодки, плоты и т. п.), так и естественных (камни, подводные пни,

погруженные в воду отмершие ветви деревьев и кустарников и т.п.). Прикрепляясь к субстрату они могут при помощи специальных органов (подошвы, стопы, слизистых тяжей) или непосредственно слизистой поверхностью таллома.

Водоросли и цианобактерии играют важную роль в охране окружающей среды в качестве показательных организмов при разработке методов экологического мониторинга, а так же, как агенты естественных процессов очищения загрязненных вод. Однако, массовое развитие токсичных фитопланктонных цианобактерий и микроводорослей в прибрежных районах может приобрести характер экологического бедствия [9]. Это наносит вред морским гидробионтам, а также оказывает непосредственное неблагоприятное влияние на здоровье человека. Кроме того, микроводоросли и цианобактерии являются одной из составных частей биопленки, являющейся первым этапом процесса биокоррозии различных материалов в морских условиях. Формирование плёнки обрастания или ассоциаций фитопланктонных организмов обусловлено их способностью образовывать микроколонии, которые можно исследовать методом лабораторных культур.

Материалы и методы исследования. Исследования проводились в течение одиннадцати лет. Фитопланктон изучался на пяти станциях в прибрежном мелководье пяти бухт Севастополя, а перифитон и эпицитон – на трех станциях. Отбор проб для исследования фитопланктона, перифитона и эпицитона проводили ежемесячно. Перифитон исследовали методом «стёкол обрастания» (3 стекла размером 2,5х7,5 см закрепляли в резиновой трубке с прорезями на расстоянии 5 см друг от друга), установленных на двух станциях (первое стекло погружалось на глубину 10 см). Организмы перифитона и эпицитона исследовали в суспензии соскобов, а также в материале после культивирования соскобов на питательной среде. Посев осуществлялся в пробирки с 10 мл жидкой модифицированной среды Громова № 6, которая является универсальной средой для культивирования водорослей. Инкубирование образцов осуществлялось в течение 30–120 суток при естественном или искусственном освещении в светостате при комнатной температуре.

Прижизненные препараты микроводорослей изучались с использованием биологического микроскопа Levenhuk 740T при увеличении x 400. Фотографирование культур проводилось при помощи цифровой насадки с использованием компьютерной программы Levenhuk Tour View и дальнейшей обработкой изображений в программе Adobe Photoshop CS3 Extended. Таксономическую принадлежность цианобактерий и микроводорослей устанавливали при помощи определителей [2, 8].

Результаты исследования и обсуждение. В результате исследований морфологии цианобактерий и микроводорослей фитопланктона на пяти станциях в лабораторных культурах выявлено значительное разнообразие форм. В морском фитопланктоне цианобактерии считаются

редкими и представлены, в основном, колониальными и нитчатыми формами. Указывается, что разнообразные цианобактерии значительно варьируют по цитологическим признакам, хотя все они имеют однотипный метаболизм [3]. Они включают как одноклеточные, так и многоклеточные организмы. Одноклеточные, объединяясь под общей слизистой оболочкой, образуют колонии. Форма этих колоний варьирует в зависимости от ряда важных морфологических свойств, присущих виду, например, от количества осей деления клетки [7]. Цианобактерии – единственные из прокариот, способные формировать многоклеточные структуры с достаточно высоким уровнем интеграции. По строению клетки Cyanoprokaryota сходны с бактериями, но прямые филогенетические связи их маловероятны. Эти фототрофные организмы не имеют связей с другими группами растений, не дав начало каким-либо вышестоящим формам и сохранились в примитивном состоянии [5].

Нами было идентифицировано 20 форм культивируемых цианобактерий (в том числе, несколько родов порядка Oscillatoriales). Три разновидности имели неясное систематическое положение. Среди цианобактерий фитопланктона представители 9 родов в лабораторных накопительных культурах могли образовывать скопления, наподобие микроколоний. Они представлены на рисунке 1. Как видно из рисунка многие цианобактерии формировали упорядоченные структуры (бесформенные или шаровидные колонии разного размера, сарциноидные пакеты, колонии различного размера полигонально-округлой конфигурации и более сложно организованные формы). Особую группу в фитопланктонных образцах составляли гантелевидные организмы, у которых клетки могли делиться как в продольном, так и в поперечном направлении.

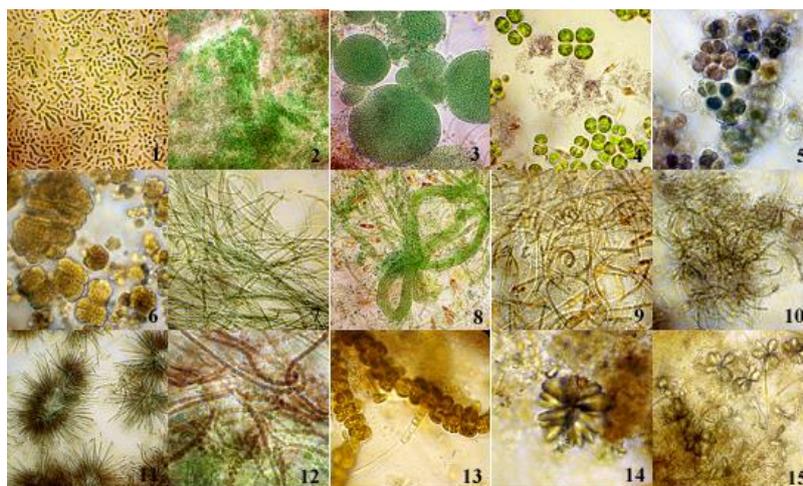


Рисунок 1. Цианобактерии фитопланктона в лабораторных культурах проб из прибрежной акватории Севастополя (Черное море)

1 – *Synechococcus*; 2,3 – *Microcystis*; 4,5 – *Cyanosarcina*; 6 – *Chroococciopsis*; 7,8 – *пор. Oscillatoriales*; 9 – *Leptolyngbya*; 10 – *Schizothrix*; 11 – *Gloeostrictia*; 12,13 – неидентифицированные цианобактерии из порядка *Stigonematales*; 14,15 – гантелевидные

При многократном делении у них образовывались микроколонии в виде «цветка». Эти микроколонии или распались на отдельные гантелевидные клетки, или сливались в конгломераты округлой конфигурации, которые вместе формировали плотный слой или кристаллоподобные образования. [1, 6].

В перифитоне на «стёклах обрастания» и в естественном обрастании (эпилитоне) на камнях из зоны прибрежного мелководья за весь период исследования было выявлено 12 и 10 форм цианобактерий соответственно. Среди них

представители 10 родов в перифитоне и 7 – в эпилитоне (с частотой встречаемости 0,1–11,0% и 0,2–15,3% соответственно) образовывали микроколонии, причём их формы в этих условиях были более разнообразны, чем в фитопланктоне (рис. 2). Здесь, также как и в фитопланктоне, обнаруживался *Microcystis*, который и в данном случае формировал два вида колоний и две разновидности бесформенных колоний, различающихся по окраске. Осцилляториевые также занимали первое место по распространённости.

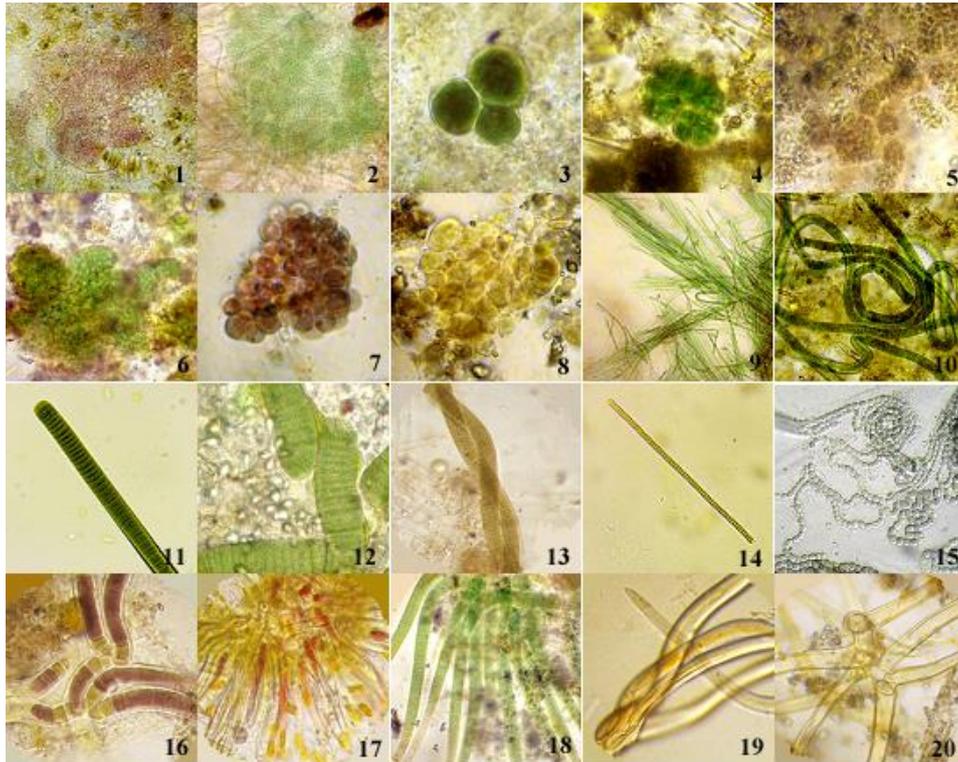


Рисунок 2. Цианобактерии перифитона и эпилитона в лабораторных культурах проб из прибрежной акватории Севастополя (Черное море)

1,2,3 – *Microcystis*; 4,5 – *Chroococidiopsis*; 6 – *Merismopedia*; 7,8 – *Pleurocapsa*; 9–13 – *nos. Oscillatoriales*; 14 – *Spirulina*; 15 – *Anabaena*; 16 – *Tolypothrix*; 17 – *Gloeotrichia*; 18 – *Calothrix*; 19,20 – лентообразные

Среди них особенно выделялась *Spirulina* имеющая неветвящиеся многоклеточные трихомы в форме спирали. На субстрате организм может образовывать скопления за счёт переплетающихся нитей. В то же время, в перифитоне и эпилитоне отсутствовали *Cyanosarcina*, *Leptolyngbya*, *Schizothrix* и представители порядка *Stigonematales*, а также сформированные гантелевидные организмы. В обрастаниях (особенно на камнях) часто встречались цианобактерии рода *Pleurocapsa*, которые в исследованных нами образцах эпилитона образовывали или клеточные агрегаты или более сложные псевдофиламентные клеточные сообщества. Среди представителей порядка *Nostocales* в перифитонных сообществах были выявлены четыре формы, принадлежащие к родам *Anabaena*, *Tolypothrix*, *Gloeotrichia* и *Calothrix*. Все

они являлись многоклеточными нитчатыми организмами, у которых наблюдалась клеточная дифференциация.

Самыми распространёнными микроводорослями в прибрежной акватории Чёрного моря являются диатомовые водоросли (*Bacillariophyta*). Это совершенно особая группа одноклеточных организмов, имеющая исключительно коккоидный тип структуры тела, а их форма зависит исключительно от строения панциря. В фитопланктоне было обнаружено 18 систематических единиц из отдела *Bacillariophyta*, но только представители четырёх родов в лабораторных культурах могли образовывать своеобразные микроколонии (рис. 3). Встречаемость их в зависимости от формы колебалась в пределах 7,2–19,1 %.

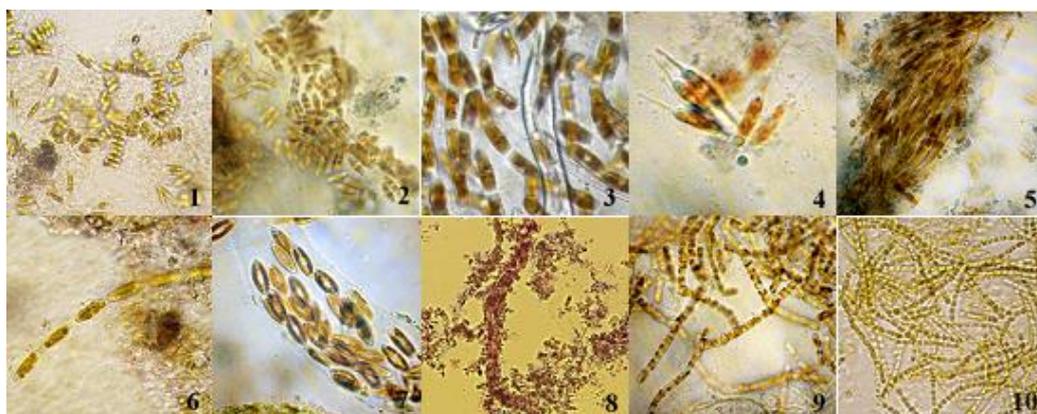


Рисунок 3. Диатомовые водоросли фитопланктона в лабораторных культурах проб из прибрежной акватории Севастополя (Черное море)

1–3 – *Pinnularia*; 4, 5 – *Cylandrotheca*; 6–8 – *Navicula*; 9, 10 – *Melosira*

Все диатомовые, образующие определенные группировки в культурах при посеве образцов воды на питательную среду, относились к двум классам: Pennatorphuseae (пеннатные) и Centrophuseae (центрические). Доминирующими являлись пеннатные, которые включали представителей трех родов: *Pinnularia*, *Cylandrotheca* и *Navicula*; к центрическим относился род *Melosira*. Клетки представителей родов *Pinnularia* и *Navicula* покрыты слизистым слоем, поэтому в определенных условиях (например, в фитопланктоне) могут быть собраны в лентовидные или иной конфигурации колонии. Отмечено, что *Navicula* была самыми распространёнными среди планктонных диатомей (19,1%). У *Melosira* колонии, не имеющие общей

слизи, образуют нити, в которых клетки соединяются всей поверхностью створок.

Колониальные формы диатомовых обитают также и в обрастаниях (перифитоне и эпицитоне), образуя налёт на поверхности субстратов. Следует отметить, что диатомовая флора перифитона и эпицитона отличается значительно бóльшим разнообразием по сравнению с фитопланктоном. Всего в результате наших исследований в данных сообществах было выявлено 25 форм Bacillariophyta, среди которых способностью к образованию микроколоний в перифитоне и эпицитоне обладали представители 14 и 13 родов соответственно. Встречаемость таких форм в перифитоне колебалась в пределах 0,1–8,8%, а в эпицитоне – 0,6–18,3%. Некоторые из них представлены на рисунке 4.

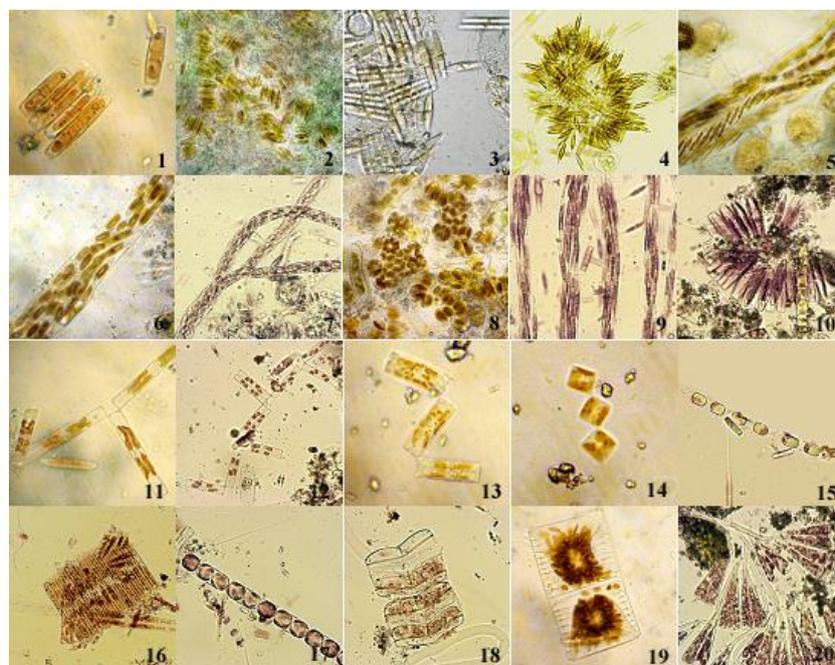


Рисунок 4. Диатомовые водоросли в соскобах перифитона и эпицитона прибрежной акватории Севастополя (Черное море)

1–3 – *Pinnularia*; 4–7 – *Navicula*; 8 – *Amphora*; 9 – *Nitzschia*; 10 – *Synedra*; 11, 12 – *Thalassionema*; 13 – *Grammatophora*; 14 – *Diatoma*; 15 – *Skeletonema*; 16 – *Bacillaria*; 17 – *Melosira*; 18 – *Achnanthes*; 19 – *Striatella*; 20 – *Licmophora*

Здесь, как и в фитопланктоне присутствовали представители родов *Pinnularia* и *Navicula*. Их встречаемость в перифитоне «стёкол обрастания» составляла величину 5,9 и 8,8% соответственно. В эпицитоне *Pinnularia* обнаруживалась в 13,6 случаев, а *Navicula* – в 18,3, являясь доминирующей формой. *Melosira*, обнаруженная в обрастаниях, в отличие от фитопланктона, была представлена видами с более крупными клетками, образующими цепочки различной длины. Встречаемость её в перифитоне и эпицитоне за весь период исследования была невелика – всего 1,0 и 0,8% соответственно. Это связано с периодичностью присутствия данной водоросли в альгоценозах (в основном поздней осенью и зимой). В составе обрастателей часто обнаруживались *Amphora* и *Nitzschia*. Некоторые диатомовые в обрастаниях образовывали цепочковидные колонии разнообразной формы. Так, у родов *Thalassionema*, *Grammatophora* и *Diatoma* (рис.4) при соединении клеток в колонии попеременно разными углами прямоугольного панциря образовывались зигзаговидные цепочки. Представители рода *Bacillaria*, встречающиеся в перифитоне и эпицитоне, были представлены лентовидными колониями, в которых клетки соединялись друг с другом всей поверхностью створок.

Некоторые формы диатомовых формируют слизистую подошву, которая прикрепляется к субстрату. Такая конфигурация колоний была отмечена нами у *Licmophora*, *Achnanthes* и *Striatella*, а у представителей рода *Synedra* клетки сидели пучками непосредственно на слизистой подошве.

Заключение. Было установлено, что цианобактерии и диатомовые водоросли в сообществах мелководья бухт Севастополя характеризовались значительными вариациями в формах микроколоний. В фитопланктоне микроколонии в лабораторных культурах образовывали 9 форм цианобактерий из 20, а частота их встречаемости колебалась в пределах 2,0–12,2%. Наиболее распространёнными были цианобактерии порядка Oscillatoriales. Цианобактерии, содержащиеся в фитопланктоне, могли образовывать слизистые микроколонии различной формы, обладающие повышенной плавучестью, что способствовало поглощению максимального количества солнечной энергии. В перифитоне и эпицитоне способность к образованию микроколоний наблюдалась у 10 и 7 родов, встречающихся с частотой 0,1–11,0% и 0,2–15,3% соответственно.

Среди представителей отдела Bacillariophyta в фитопланктоне было обнаружено 18 систематических единиц, но только представители четырёх родов в лабораторных культурах могли образовывать микроколонии. Встречаемость их в зависимости от формы колебалась в пределах 7,2–19,1%. В обрастаниях было выявлено 25 форм Bacillariophyta, среди которых 14 и 13 родов в перифитоне и эпицитоне соответственно обладали способностью к формированию определённых структур. Частота их встречаемости за весь период исследования была в пределах 0,1–8,8% и 0,6–18,3%.

Список литературы

1. Андреева Н.О., Остапчук Т.В., Лискун О.В. Морські гантелеподібні мікроорганізми в екосистемі прибережних вольєрів з дельфінами (Севастополь, бухта Козача) // Тези доп. XIII з'їзду ТМУ ім. С.М. Виноградського. Ялта. – 2013. – Ст. 27.
2. Гуслияков Н.Е., Загордонец О.А., Герасимюк В.П. Атлас диатомовых водорослей бентоса северо-западной части Черного моря и прилегающих водоемов. Киев: Наукова думка, 1992. – 110 с.
3. Пиневиц А.В. Парадоксы биоразнообразия, филогении и систематики цианобактерий // Вестник Московского университета. Сер. 16. Биология. – 2008. – № 1. – Ст. 23–27.
4. Садчиков А.П. Планктонные и бентосные водоросли. 2015. Режим доступа к изд.: <http://viperson.ru/articles/planktonnye-i-bentosnye-vodorosli>
5. Систематика низших растений: курс лекций. Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2009. – 138 с.
6. Смирнова Л.Л., Андреева Н.А. Микроорганизмы необычной гантелевидной формы из морских донных отложений, загрязненных соединениями восстановленной серы // Экология моря. – 2009. – Вып. 79. – Ст. 79.
7. Anagnostidis K., Pantazidou A. Marine and aerophytic Cyanosarcina, Stanieria and Pseudocapsa (Chroococcales) species from Hellas (Greece) // Algological Studies. – 1991. – 64. – P. 141–157.
8. Komárek J., Anagnostidis K. Cyanoprokaryota. 1. Chroococcales. Heidelberg; Berlin: Spektrum, Akad. Verl., 1998. – 543 p.
9. Metcalf J.S., Codd G.A. The status and potential of cyanobacteria and their toxins as agents of bioterrorism // Handbook on cyanobacteria. Nova Science Publishers. – 2009. – Ch. 8. – P. 259–281.