

ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ
им. А.О. КОВАЛЕВСКОГО

На правах рукописи

БАЛЫЧЕВА ДАРЬЯ СЕРГЕЕВНА

УДК 574.58:62-757.7 (262.5)

**ВИДОВОЙ СОСТАВ И СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ПЕРИФИТОНА
АНТРОПОГЕННЫХ СУБСТРАТОВ
В КРЫМСКОМ ПРИБРЕЖЬЕ ЧЁРНОГО МОРЯ**

03.02.10 – гидробиология

Диссертация на соискание учёной степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
Рябушко Лариса Ивановна,
доктор биологических наук,
старший научный сотрудник

Севастополь – 2014

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	4
ВСТУПЛЕНИЕ	6
РАЗДЕЛ 1. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ПЕРИФИТОНА АНТРОПОГЕННЫХ СУБСТРАТОВ В ЧЁРНОМ МОРЕ (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)	12
РАЗДЕЛ 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	27
2.1. Материалы и методы отбора проб	33
2.2. Методы обработки материала	35
2.3. Описание экспериментов по исследованию микроводорослей перифитона стеклянных пластин при разной экспозиции в Карантинной бухте Чёрного моря	38
2.4. Перифитон антропогенных (искусственных) и некоторых природных субстратов в крымском побережье Чёрного моря	42
РАЗДЕЛ 3. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФЛОРИСТИЧЕСКОГО СОСТАВА МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ПЕРИФИТОНА АНТРОПОГЕННЫХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ СУБСТРАТОВ В КРЫМСКОМ ПРИБРЕЖЬЕ ЧЁРНОГО МОРЯ	47
3.1. Флористический состав микроводорослей перифитона антропогенных субстратов	48
3.2. Видовой состав микроводорослей перифитона антропогенных субстратов в крымском побережье Чёрного моря.....	53
3.2.1. Микроводоросли стеклянных пластин при кратко- и долговременной экспозиции (2007-2008 гг.)	74
3.2.2. Микроводоросли стеклянных пластин при разных сроках экспозиции (2010-2012 гг.)	80
3.4. Сравнительный анализ флористического состава микроводорослей природных и искусственных субстратов	105

РАЗДЕЛ 4. СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СОСТАВА, ЧИСЛЕННОСТИ И БИОМАССЫ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ПЕРИФИТОНА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ СУБСТРАТОВ В КАРАНТИННОЙ БУХТЕ	115
4.1. Микроводоросли перифитона стеклянных пластин при кратко- и долговременной экспозиции (2007 – 2008 гг.)	116
4.2. Микроводоросли перифитона стеклянных пластин при разных сроках экспозиции субстратов (2010 – 2012 гг.)	122
4.2.1. Сезонная динамика численности популяций и линейных размеров массовых видов диатомовых водорослей перифитона экспериментальных субстратов	132
4.3. Сравнительный анализ количественных характеристик микроводорослей перифитона в разные годы.....	146
РАЗДЕЛ 5. ФИТОПЕРИФИТОН – ВАЖНЫЙ ПРОДУКЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ В ПРИБРЕЖЬЕ ЧЁРНОГО МОРЯ	157
5.1. Анализ сезонных изменений продукционных характеристик фитоперифитона экспериментальных пластин в Карантинной бухте при разных сроках экспозиции	158
5.1.1. Фитоперифитон при кратко- и долговременной экспозиции (2007 – 2008 гг.)	158
5.1.2. Фитоперифитон при ежемесячной экспозиции (2010 – 2012 гг.)	162
5.2. Роль микроводорослей перифитона в функционировании микрофитобентоса крымского побережья Чёрного моря	165
ВЫВОДЫ	174
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	176
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Таксономическая структура фитоперифитона антропогенных субстратов в крымском побережье Чёрного моря	1
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Видовой состав и эколого-фитогеографические характеристики микроводорослей Чёрного моря	17
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Встречаемость микроводорослей в разных экотопах крымского побережья Чёрного моря	30

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

МВ – микроводоросли – микроскопические одноклеточные водоросли;

ДВ – диатомовые водоросли;

СМ – световой микроскоп;

Ввт – внутривидовой таксон;

РОВ – растворённое органическое вещество;

ПП – первичная продукция;

ВПП (GPP) – валовая первичная продукция;

ИФ – интенсивность фотосинтеза;

м – метр;

г – грамм;

л – литр;

см – сантиметр;

мл – миллилитр;

м³ – метр кубический;

мкм – микрометр;

тыс. – тысяча;

клк – освещённость, килолюкс;

млн – миллион;

млрд – миллиард;

экз. – экземпляры;

кл. – клетки;

ч – час;

сут – сутки

N – численность клеток микроводорослей;

B – биомасса микроводорослей;

W – сухая масса фитоперифитона

S – видовое обилие;

n – количество видов;

H – индекс Шеннона;

e – индекс Пиелу;

D_{BP} – индекс Бергера-Паркера

$T, (t)^\circ\text{C}$ – температура воды, градус Цельсия;

$S, \text{‰}$ – солёность воды, промили;

$\%$ – проценты;

ст. – станция отбора проб;

S – площадь поверхности субстрата, $\text{мм}^2, \text{см}^2$;

V – объём пробы., $\text{мл}, \text{мм}^3$;

ИнБЮМ – институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского.

ВСТУПЛЕНИЕ

Микроводоросли представляют собой важный элемент в энергетическом балансе моря, источник органического вещества и формирования кислородного режима любого водоёма, пищевой объект для многих животных пелагиали и бентали. Несмотря на ряд основных работ [25, 59-64] по изучению качественного состава и количественного распределения диатомовых водорослей перифитона стеклянных пластин в Севастопольской бухте Чёрного моря, относящихся к 50 – 70 годам XX ст., другие группы микроводорослей перифитона антропогенных субстратов, встречающиеся в крымском побережье Чёрного моря практически не изучены [98, 99]. Начиная с 2007 г. в отделе аквакультуры и морской фармакологии ИнБЮМ им. А.О. Ковалевского впервые начаты работы по исследованию сезонной динамики видового состава и количественного распределения микроводорослей с одновременным изучением первичной продукции и интенсивности фотосинтеза фитоперифитона стеклянных пластин [98, 99, 112]. Как показали исследования последних лет, микрофитобентос каменистых грунтов и искусственных субстратов в Чёрном море, производящий значительное количество автохтонного органического вещества в прибрежных участках моря, обладает высоким продукционным потенциалом [70, 83, 98, 99, 112]. Однако в связи с тенденцией увеличения температуры воды и антропогенного загрязнения прибрежных вод моря, оказывающих существенное влияние на изменение видовой и количественной структуры донных сообществ микроводорослей, а также на появление «цветения» воды и «красных приливов» в море, необходимость в исследовании первичных продуцентов морского микрофитобентоса очевидна [95, 96, 99]. Исследование видового разнообразия микроводорослей, структурно-функциональных характеристик основных компонентов морских экосистем является центральной задачей гидробиологии, особенно в связи с проблемами качества воды и охраны природных ресурсов. Кроме того, до настоящего времени наиболее исследованы в основном диатомовые водоросли микрофитобентоса Чёрного моря, в то время как зелёные,

динофитовые, золотистые, гаптофитовые и другие группы микроскопических водорослей, а также синезелёные (Cyanoprokaryota, цианобактерии), практически не охвачены изучением [98, 99]. Поэтому была обоснована необходимость в разработке современных методов изучения перифитонных микроорганизмов с выявлением видов-индикаторов, в том числе потенциально опасных видов в море, оказывающих негативное воздействие на биоту и окружающую морскую среду обитания гидробионтов.

Следовательно, изучение микроводорослей перифитона антропогенных субстратов как части микрофитобентоса, вносящих существенный вклад в кислородный баланс Чёрного моря, в его продукционную составляющую и в изменение физико-химического состава вод, в том числе и в процессы трансформации поступающих биогенных элементов в море, является теоретически и практически обоснованным.

Актуальность темы. Микроводоросли являются существенным источником органического вещества и мощным потенциалом в самоочищении водоёмов, надёжными биоиндикаторами качества водной среды, поэтому оценка их экологической роли в функционировании морских экосистем имеет важное значение. Микроводоросли перифитона антропогенных субстратов (искусственные материалы, введённые в воду человеком), являются частью фитобентоса – основного биологического и продукционного звена в прибрежных экосистемах моря [98, 99]. Изучение перифитона занимает существенное место в прикладной гидробиологии пресных вод, испытывающих сильное антропогенное влияние [86], а метод экспериментальных пластин, широко применяемый в исследовании пресноводных водоёмов, ещё недостаточно используется при изучении микроводорослей перифитона в морских акваториях [39]. Ряд работ касается изучения только диатомовых водорослей перифитона антропогенных субстратов [6-9, 83, 112]. Такие исследования дают возможность проводить сравнение полученных результатов конкретного типа субстрата в заданном временном интервале, унифицируя такие параметры экспериментов как площадь поверхности субстрата, глубина, длительность экспозиции и сопоставлять с

данными, полученными для природных субстратов и для разных морей [105, 106]. В последние годы наблюдается увеличение поступления различных искусственных материалов-загрязнителей в прибрежных водах Чёрного моря, роль которых практически не исследована. В связи с отсутствием экспериментальных натурных исследований видового состава, количественных и продукционных характеристик фитоперифитона в прибрежных участках моря, находящихся под влиянием городских сточно-бытовых вод, изучение этих показателей в рамках новых подходов и методов для оценки состояния акваторий определяет актуальность выбранной темы.

Связь работы с научными программами, планами, темами.

Диссертационная работа выполнена в соответствие с научно-исследовательскими темами отдела аквакультуры и морской фармакологии Института биологии южных морей им. А.О. Ковалевского: «Экологическая индикация импактных морских экосистем с целью рационального использования природных ресурсов» (№ ГР 0107U012020, 2008 – 2012 гг.), «Екологічні взаємодії в біотехнологічних комплексах (№ ГР 0111U001546, 2011 – 2015 гг.). В указанных темах соискатель участвовал как исполнитель.

Цель и задачи исследования. *Целью работы* является исследование видового разнообразия и структурно-функциональных характеристик сообществ микроводорослей перифитона антропогенных субстратов в крымском побережье Чёрного моря.

Для достижения указанной цели были поставлены следующие *задачи*:

- провести инвентаризацию микроводорослей перифитона антропогенных субстратов Чёрного моря;
- дать анализ эколого-флористических и фитогеографических характеристик флоры микроводорослей перифитона антропогенных субстратов в крымском побережье Чёрного моря;
- исследовать динамику видового состава, обилия видов, численности, биомассы сообществ микроводорослей перифитона экспериментальных стеклянных

пластин на модельном полигоне в Карантинной бухте Чёрного моря в зависимости от температуры воды, сезона года и длительности экспозиции субстратов;

- исследовать сезонную динамику численности популяций массовых видов диатомовых водорослей и оценить их вклад в биомассу сообществ фитоперифитона;
- сравнить полученные количественные данные микроводорослей с продукционными характеристиками фитоперифитона экспериментальных субстратов в Карантинной бухте в разные годы.

Объект исследования: морские микроводоросли перифитона антропогенных субстратов.

Предмет исследования: флористика, экология, фитогеография, сезонная динамика обилия видов, численности и биомассы микроводорослей перифитона экспериментальных пластин.

Методы исследования: метод экспериментальных пластин; диатомовый анализ; методы отбора проб антропогенных субстратов и количественной обработки проб с помощью камеры Горяева; идентификация видов с помощью микроскопии с использованием разных определителей, атласов и справочников; микрофотосъёмка объектов исследования; статистическая обработка материала. В процессе работы над диссертацией биоэтические нормы не нарушены.

Научная новизна полученных результатов. Впервые проведена инвентаризация видового состава микроводорослей перифитона антропогенных субстратов в крымском побережье Чёрного моря, составлен чек-лист, включающий 230 видов, разновидностей и форм. Лично автором обнаружено 80 видов и ввт микроводорослей, из них 20 видов впервые отмечено в перифитоне антропогенных субстратов. Выявлено 20 видов-индикаторов органического загрязнения вод и 15 потенциально опасных видов для биоты и человека и видов-возбудителей «цветения» воды в море. Одновременное изучение видового состава, количественных и продукционных характеристик фитоперифитона экспериментальных пластин позволило выявить основные тенденции сезонных и межгодовых изменений видового состава, количественный вклад отдельных компонентов и всего сообщества микроводорослей в целом в продукцию

фитоперифитона прибрежных вод Крыма Чёрного моря в зависимости от температуры воды и длительности экспозиции экспериментальных стеклянных пластин, оценить сроки и время заселения субстрата водорослями, что не всегда возможно сделать при изучении природных субстратов. Статистически достоверно установлена зависимость численности микроводорослей перифитона стеклянных пластин от сезона года методом дисперсионного анализа.

Практическое значение полученных результатов. Использование метода экспериментальных пластин позволяет учитывать и контролировать численность потенциально опасных видов, нарушающих устойчивость природных экосистем и ухудшающих среду обитания гидробионтов. Микроводоросли перифитона быстро реагируют на изменения в среде обитания, поэтому полученные при биомониторинге данные по их биологии и экологии можно широко использовать при экспресс-анализе состояния качества вод в районе марихозьяств и черноморских курортов.

Личный вклад автора. В совместных работах по исследованию видового состава, количественного распределения микроводорослей и продукционных характеристик фитоперифитона стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря с д.б.н. Л.И Рябушко и к.б.н. Ю.К. Фирсовым [83, 112] соискателю принадлежит участие в обработке первичных данных 4-х экспериментов, полученных в разные годы: при кратковременной и накопительной экспозиции пластин (2007 – 2008 гг.), при кратковременной, 3 и 6 мес., и при ежемесячной экспозиции пластин (2011 – 2012 гг.); в определении видового состава и проведении инвентаризации микроводорослей перифитона антропогенных субстратов разного типа в крымском прибрежье Чёрного моря. Автором диссертации выполнена количественная и статистическая обработка материалов, подготовлены иллюстрации. Соискатель принимал участие в обсуждении полученного материала, его обработке и написании основной части публикаций. Права соавторов не нарушены.

Апробация результатов диссертации. Основные положения диссертации были представлены на семинарах отдела аквакультуры и морской фармакологии и

объединенном семинаре отделов ИнБЮМ им. А.О. Ковалевского, отечественных и международных конференциях, симпозиумах, школах, посвящённых общим вопросам ботаники, альгологии, гидробиологии, диатомовым водорослям: VII междунар. науч.-практ. конф. молодых учёных «Pontus Euxinus-2011» (Севастополь, 2011); XII междунар. конф. диатомологов, посвящённой 120-летию со дня рождения А.И. Прошкиной-Лавренко «Диатомовые водоросли: морфология, систематика, флористика, экология, палеогеография, биостратиграфия» (Звенигород, 2011 г.); XIV з'їзд Українського ботанічного товариства (Львів, 2011), III междунар. конф. «Актуальные проблемы современной альгологии» (Киев, 2012), II междунар. науч.-практ. конф. «Биоразнообразие и устойчивое развитие», посвящённой 200-летию Никитского ботанического сада, (Симферополь, 2012 г.), XIII междунар. науч. конф. альгологов (XIII диатомовая школа) «Диатомовые водоросли: современное состояние и перспективы исследований» (Борок, 2013 г.).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 14 научных работ (4 без соавторов), в том числе 6 статей (2 – без соавторов), из них 6 – в специализированных научных изданиях, рекомендованных ВАК, 1 статья в журнале, включенном в международную наукометрическую базу данных SCOPUS; 8 работ представлены в материалах и тезисах международных и региональных конференций, симпозиумов, школ.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 193 страницах, включает введение, 5 разделов, иллюстрированных 86 рисунками и 32 таблицами, выводы, список литературы (187 источников, в т. ч. 60 – иностранных) и три приложения.

Благодарности. Автор выражает искреннюю и глубокую благодарность своему научному руководителю д.б.н. Л.И. Рябушко за поддержку, советы, ценные консультации; к.б.н. Ю.К. Фирсову, к.б.н. В.Н. Поповичеву – за совместные работы, к.б.н. В.И. Холодову – за помощь в статистической обработке результатов исследования, к.б.н. И.К. Евстигнеевой – за определение видовой принадлежности некоторых водорослей-макрофитов, О.Ю. Ерёмину – за техническую помощь.

РАЗДЕЛ 1

СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ПЕРИФИТОНА
АНТРОПОГЕННЫХ СУБСТРАТОВ В ЧЁРНОМ МОРЕ
(ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)

Микроводоросли активно заселяют природные субстраты, находящиеся в море, а также искусственные субстраты, внесённые человеком. В 1924 г. А.Л. Бенинг ввёл в гидробиологию термин «перифитон» (от греч. peri – вокруг, phyton – растение) для обозначения обрастания в пресных водоёмах искусственных (антропогенных) субстратов [10]. До этого массу организмов, наросшую на поверхности предметов, погружённых в воду, называли «наростом» или «оброслом» и относили к бентосу [146]. Бенинг считал основным экологическим признаком перифитона жизнь на субстрате в условиях, где вода более подвижна, чем на дне водоёма, и часто вдали от дна и берегов, при этом сообщество на камнях и макрофитах он относил к бентосу. Эту же точку зрения разделяет и Л.И. Рябушко [98, 99], автор монографии «Микрофитобентос Чёрного моря», считая что перифитон является частью бентоса. Позже, несмотря на то, что термин «перифитон» прочно вошёл в употребление в гидробиологии, первоначальное значение его изменилось и им стали называть обрастание на всех твёрдых субстратах, т. е. совокупность организмов, обитающих на границе раздела субстрат-вода, в том числе и на водных растениях. Но терминология, используемая для обозначения сообществ, связанных с субстратом, не устоялась и до сих пор, например, С.Ф. Комулайнен отмечает наличие для них более 30 терминов [51]. В современных научных публикациях и учебных пособиях этот термин используется для обозначения совокупности организмов, поселяющихся на любых субстратах, погружённых в воду: камни, стебли высшей водной растительности, субстраты антропогенного происхождения [40].

По мнению В.В. Халамана, до сих пор не известно ни одного вида-обрастателя животного или растительного происхождения, который бы ни встречался в донных сообществах [118]. Отсюда следует, что между видовым составом гидробионтов, обитающих в бентосе и на поверхности различных твёрдых субстратов, на водной растительности и покровах животных, различий практически нет. Границу между бентосом и обрастанием трудно провести по той причине, что её объективно не существует. Имеется градиент факторов среды, согласно которому формируются те или иные сообщества бентоса и обрастания. Поэтому любые попытки разграничить эти явления имеют, как правило, искусственный характер [118].

Следует отметить, что это мнение является достаточно спорным в отношении морских бентосных видов диатомовых водорослей. Несмотря на их приуроченность к любому типу субстратов в море, диатомовые водоросли не обладают способностью избирать субстрат [90]. Это касается в целом группы бентосных диатомовых водорослей. Однако среди них имеются виды, которые обитают на разных типах субстратов, а состав видов, обитающих на твёрдых и рыхлых грунтах, различается между собой, поскольку некоторые виды обитают в основном только на илисто-песчаных грунтах [99].

Вместе с тем, более рационально и методологически правильнее рассматривать диатомовые водоросли перифитона как часть бентоса [18, 46, 49, 94, 98, 99, 124, 168], но для того, что бы отразить встречаемость видов диатомовых водорослей в разных экотопах моря, нами использована в работе терминология, предложенная Ф.Е. Раундом [168] для бентосных диатомовых: эпифитон, эпилитон, перифитон и др. Поэтому в рамках этой терминологии мы будем рассматривать термин «перифитон» в понимании, впервые предложенном Бенингом [10], как сообщество, формируемое представителями бентоса на искусственных субстратах, введённых в воду человеком.

Одной из характеристик биотопа антропогенных субстратов являются их

специфические свойства, поскольку искусственные материалы разного типа, например, металлы, стекло, оргстекло, бетон и другие обладают присущими только им качествами [87]. Кроме того, имеет значение их непредсказуемость попадания в воду и срок пребывания в водоёме, а также их специфическая локализация в нём [10, 39, 87, 92, 157].

Как в общей, так и в прикладной гидробиологии исследования перифитона занимают существенное место. Эта группировка во многих водных экосистемах занимает ключевое положение, особенно это касается пресноводных водоёмов, испытывающих более сильное антропогенное влияние [86], в которых накапливается большое количество разнообразных антропогенных субстратов, обрастающих различными гидробионтами.

В изучении перифитона выделяют следующие наиболее важные вопросы: тонкие процессы, происходящие на разделе вода-твёрдый субстрат; исследование экоморфного состава, формирование и жизнедеятельность сообществ прикреплённых и подвижных форм; в прикладном аспекте требует дальнейших разработок проблема использования организмов обрастания для биоиндикации качества воды, ограничения обрастания, а также использования мощного потенциала самоочищения водоёмов организмами, входящими в сообщества перифитона [86].

Для решения, некоторых указанных выше вопросов, впервые в 1916 г. немецкий исследователь Е. Гентшель применил метод экспериментальных стеклянных пластин в серии исследований зооперифитона в Гамбургском порту [146]. В 1925 г. этот метод был использован Г.С. Дуплаковым при изучении пресноводного микроперифитона, который под термином «перифитон» понимал все сообщества гидробионтов, обитающих на плотном субстрате в водоёме за пределами специфического придонного слоя воды [36]. К перифитону он также относил сообщества различных предметов, введённых в воду человеком, а также макрофиты, деревянные коряги и камни.

В 1934 г. этот метод был применён Г.С. Карзинкиным также при исследовании сообществ пресноводного перифитона. Им были выявлены основные признаки биоценоза и показано, что на него влияют как отдельные факторы внешней среды, так и вся их совокупность [44]. По мнению автора, кроме обрастаний предметов, введенных в воду человеком, к перифитону относятся водные растения, камни и т. д. Спустя 20 лет метод экспериментальных пластин был также использован Н.Г. Холодным для исследования характера расположения живых нитей железобактерий с помощью покровных стёкол, закреплённых в корковой пробке [121].

Интересна модель процесса заселения субстратов различными микроорганизмами, предлагаемая М. Вахлом [183], с помощью которой можно объяснить и описать механизм последовательности обрастания чистых субстратов, происходящий на границе раздела фаз вода-твёрдое тело. Согласно этой последовательности, заселение чистой поверхности субстрата состоит из 4-х этапов, образующих частично совпадающую по времени последовательность: адсорбция макромолекул, бактериальное заселение, заселение одноклеточных водорослей и, наконец, многоклеточных эукариотов (рис. 1.1).

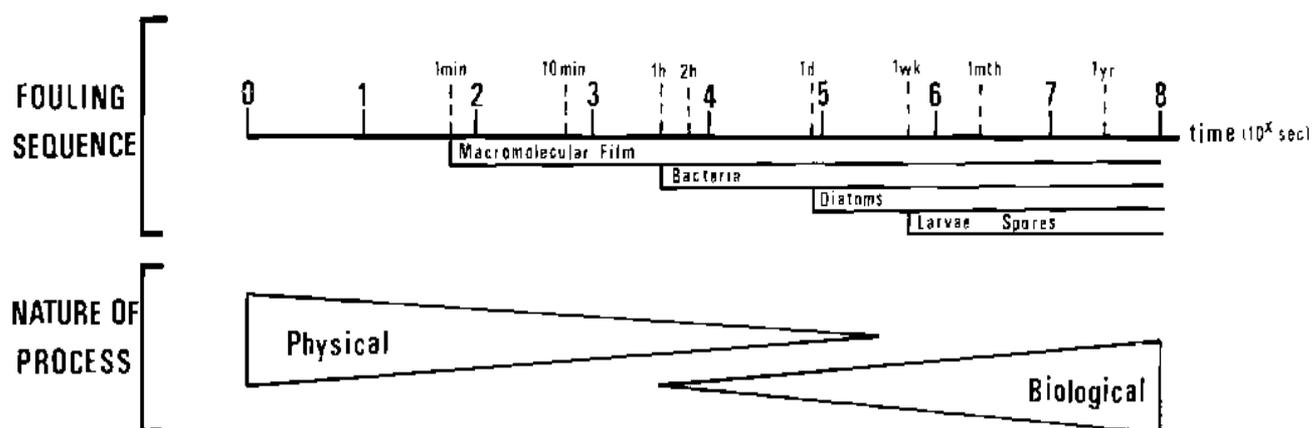


Рис. 1.1 Последовательность заселения субстратов [по: 183]

Автором показано, что адсорбция макромолекул осуществляется в течение нескольких секунд после погружения субстрата в воду, а динамическое равновесие достигается в течение нескольких часов. Первоначально при экспозиции субстраты обладают высокими значениями свободной поверхностной энергии и адсорбируют макромолекулы из морской воды (в основном гликопротеины, протеогликаны, полисахариды). При этом физические и химические свойства поверхности субстратов сводятся к тому, что низкоэнергетичные (гидрофобные) поверхности испытывают увеличение, а высокоэнергетичные (гидрофильные) поверхности – уменьшение значений их поверхностной энергии. В то время как химический состав адсорбируемой плёнки является достаточно независимым от исходной поверхности, свободная энергия субстрата оказывает основное влияние на прочность сцепления и пространственную структуру поверхностной плёнки [183]. Бактериальное заселение состоит из фазы адсорбции и адгезии. Как и на первом этапе в последовательности обрастания, бактериальная адсорбция регулируется физическими силами: Броуновское движение, электростатическое взаимодействие, сила гравитации, Ван-дер-Ваальсовы силы (рис. 1.2).

Известно, что донные диатомовые водоросли прикрепляются к субстрату с помощью секреции слизи, поэтому они могут плотно покрывать большие площади различных субстратов в море [140, 142]. Как указывали некоторые авторы, в большинстве случаев заселению искусственных субстратов диатомовыми предшествует рост бактериального слоя [25, 154]. Однако отмечены случаи, когда первыми появляются на субстратах диатомовые водоросли [98, 99, 138, 183].

В зависимости от биологической активности воды, по истечению времени от одной до нескольких недель после погружения, субстрат имеет дифференцированную и объёмную структуру сообщества [183]. Самый длительный этап начинается с заселения личинок меропланктона и спор водорослей. Это

происходит одновременно с продолжением развития микросообществ. После основных этапов обрастания сообщества продолжают непрерывно развиваться.

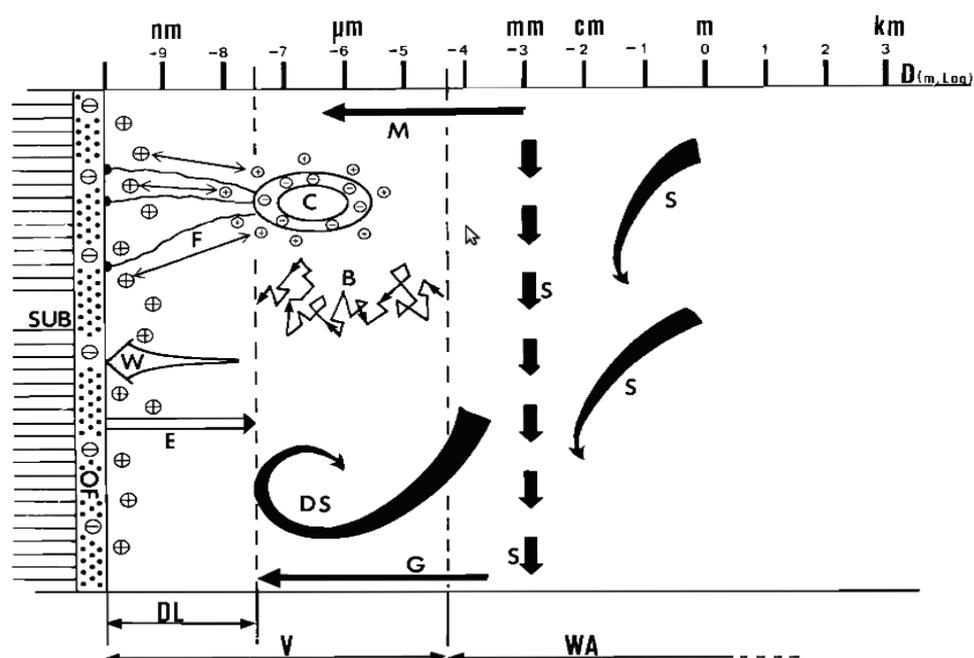


Рис. 1.2 Бактериальная адсорбция [по: 183]: доминирующие силы в зависимости от расстояния до ранее адсорбированного макромолекулярного слоя: В – Броуновское движение, С – бактериальная клетка; DL – электростатический двойной слой; DS – микротурбулентность; E – электростатическое отталкивание; F – закрепление бактериальных фибрилл к адсорбированным макромолекулам; G – гравитация (для горизонтальной поверхности); M – бактериальная подвижность; OF – органическая плёнка адсорбированных макромолекул, S – течение и микротурбулентность; SUB – субстрат, V – вязкий пограничный слой; W – Ван-дер-Ваальсовы силы; WA – граница вода-твёрдое тело

В обзорных работах авторов [38, 84] широко представлено описание разных устройств, используемых в экспериментах с различными способами крепления и расположения субстратов в зависимости от целей и задач исследования. При этом экспериментальные субстраты являются наиболее удобными модельными объектами для разнообразных наблюдений, например, при изучении микро- макрофито- и зоообрастаний [39, 45]. Наиболее часто в качестве экспериментальных субстратов и

в пресных, и в морских водоёмах широко используются различные их типы: силикатное стекло, оргстекло, асбоцемент, различные металлы (железо, сталь и др.), деревянные, пластмассовые и пластиковые, бетонные, железобетонные и керамические поверхности, а также резина, материалы из синтетических волокон и др. [2, 4-9, 13, 14, 23-25, 37, 62, 64-66, 71, 82, 84, 98, 99, 104, 112, 131, 132, 139, 152, 155, 164, 166, 175, 181, 183].

В настоящее время для пресноводных водоёмов разработан ряд методик, а также различных устройств для изучения микроводорослей перифитона с целью анализа качества воды [52, 186]. Кроме того, состояние водной экосистемы наиболее адекватно можно оценить и по составу диатомовых водорослей [3, 5-7, 9, 20, 27, 45, 50, 130, 169, 174, 176, 178, 184].

Водоросли, являясь автотрофами, составляют основу трофической пирамиды, а следовательно, первыми участвуют в утилизации трофического базиса экосистемы, потребляя для построения органического вещества биогенные соединения азота и фосфора. Интенсивность биогенной нагрузки отражается не только на обилии, развивающихся на этой базе водорослей, но и на их видовом составе. Изменение численности и их видового состава в зависимости от трофической базы водоёма используются в биоиндикационных методах анализа.

В последнее время антропогенная нагрузка на прибрежные водоёмы постоянно растёт, следовательно, необходимо использовать разные методы при биомониторинге водной среды. Часто оценку качества воды определяют методом химического анализа среды обитания поэлементно, что лишь косвенно может указывать на факторы, влияющие на жизнедеятельность микроводорослей и в целом на экосистемы водоёма. Однако биотестирование водной среды по биологическим объектам даёт лишь частную оценку их среды обитания, но которая существенно дополняет методы химического анализа воды.

На основе видового состава микроводорослей и их количественных показателей разработаны и достаточно широко используются различные системы

индикации пресных водоёмов, например, оценка органического загрязнения по индексу Пантле-Бука в модификации В. Сладечека [174], рН воды по Ф. Хустедту [149]. Кроме того, предложенный метод использования диатомовых водорослей в качестве индикатора солёности водоёмов [88], был затем широко использован для многих морей [4-9; 20, 26, 27, 39, 42, 43, 50, 53, 66, 74, 94, 106].

Метод экспериментальных антропогенных субстратов начали использовать достаточно давно при изучении диатомовых водорослей для целей мониторинга качества воды [185], в том числе были проведены исследования диатомовых водорослей на разных типах субстратов для целей биоиндикации загрязнения морских вод в заливе Петра Великого Японского моря [4-9]. С помощью экспериментальных субстратов разного типа (пластины из высоколегированной стали, оргстекла и древесины) авторами было показано влияние поверхности субстрата на видовой состав диатомовых водорослей и их количественные характеристики. Устанавливая субстрат в различных акваториях, авторы смогли получить сравнительные данные количественных, экологических и фитогеографических характеристик, а также показателей видового разнообразия (индекс Шеннона и Пиелу) диатомовых водорослей.

Кроме того, при параллельном проведении гидрохимических анализов воды и исследовании диатомовых водорослей на экспериментальных субстратах различного типа в заливе Петра Великого Японского моря было установлено, что в сильно загрязнённых акваториях видовой состав водорослей представляет более обеднённую флору по сравнению с относительно «чистыми» участками моря [5, 9]. При этом большинство видов-индикаторов диатомовых водорослей в загрязнённых акваториях относилось к бета- и альфа-мезосапробионтам, то есть к видам-индикаторам сильного и умеренного загрязнения вод, в то время как в относительно «чистых» акваториях были обнаружены олиго- и ксеносапробионты – виды-индикаторы характерные для более чистых вод.

Экспериментальные субстраты используют и при изучении вертикального распределения диатомовых водорослей [138]. Например, на севере Адриатического моря при экспонировании бетонных плит на разных глубинах 0; 1; 3; 7 м было показано, что летом количество видов увеличивается с глубиной [159], что было отмечено и для бентосных диатомовых водорослей Чёрного моря в этот же сезон года [60, 101, 104, 98, 99]. Приведём другой пример экспериментального изучения влияния освещённости на вертикальное распределение диатомовых на пластиковых пластинах в эстуарии реки Святого Лаврентия (Канада) [147, 148]. Сначала автор экспонировал пластины в течение трёх недель на двух глубинах 1,0 и 5,0 м, а затем те, которые экспонировались на глубине 1,0 м, переносили на глубину 5,0 м и наоборот и экспонировали еще столько же времени. Этот эксперимент позволил выявить, что при снижении интенсивности освещённости воды, многоярусное сообщество диатомовых, сформированное на пластинах, распадается, а на субстрате остаются только прикреплённые виды, а свободноживущие виды переходят в толщу воды.

Экспериментальные субстраты имеют важное значение и для изучения морского биоразнообразия, так как позволяют проводить сравнение флор в заданном временном интервале, унифицируя такие параметры эксперимента, как площадь поверхности субстрата, длительность и сезон его экспозиции, глубина. Однако для сравнения данных необходимо количественное измерение видового разнообразия с использованием различных индексов разнообразия [85, 156]. Примером использования экспериментальных пластин (стеклянных и керамических) для анализа сезонной динамики развития сообществ диатомовых водорослей в Балтийском море с помощью индексов доминирования, видового разнообразия и выровненности является работа Е. Лескинен и Ж. Сервала [152]. Авторами выявлено, что независимо от субстрата и глубины обитания, диатомовое сообщество развивалось по одинаковой схеме, то есть от неравномерного распределения видов в сообществе по численности при доминировании одного вида к более равномерному

распределению при доминировании нескольких видов.

Кроме исследования диатомовых водорослей, крайне мало работ имеется по изучению всего комплекса альгосообществ антропогенных субстратов разного типа. К ним относятся некоторые из них, выполненные в Азовском и Чёрном морях [13, 14, 41, 46, 47, 65, 78-80, 83, 110-112]. Первые исследования качественного состава зоо- и альгообрастаний перифитона Таганрогского залива принадлежат Е.М. Парталы [78, 79], изучавшей особенности формирования биоценоза обрастания гидротехнических сооружений в Азовском море в районе г. Мариуполя, которая указала 54 вида водорослей, относящихся к 5 отделам. В монографии 2006 г. автором описан комплекс фито- и зоообрастателей эпизоона морского гидроида *Carveia franciscana* (Torrey) – доминирующего вида в перифитоне гидротехнических сооружений комбината «Азовсталь». Указано около 80 видов водорослей, обнаруженных в обрастании этого вида гидроидов, из них более 60 видов микроводорослей [80]. Кроме этого, исследован видовой состав микроводорослей и систематическая структура водорослей перифитона Таганрогского залива Азовского моря [13, 14]. Автором выявлено 177 видов и ввт микроводорослей, принадлежащих к 5 отделам, 14 порядкам, 33 семействам и 65 родам и дана краткая экологическая характеристика видов.

Микрофитобентос различных природных субстратов играет важную роль в формировании первичной продукции водоёмов [11, 12, 18, 55-58, 81, 97, 98, 99, 123], поэтому метод экспериментальных пластин используется как для изучения видового и количественного распределения диатомовых водорослей, так и для оценки продукционных характеристик фитоперифитона с помощью радиоуглеродного или кислородного методов [83, 112, 124 164].

Подобный подход был использован при изучении видового состава, численности и биомассы диатомовых водорослей, а также интенсивности фотосинтеза с помощью кислородного метода у юго-восточного побережье Бразилии в работе Ф. Брандини с соавторами [164]. Для этой цели авторы

использовали стеклянные пластины, которые экспонировали в море на разных глубинах в течение года. Авторами были выявлены колебания численности и продукции диатомовых водорослей по сезонам года, величины которых уменьшались с глубиной. Одновременно проводились постоянные измерения температуры воды, солёности, прозрачности, количества осадков и гидрохимии, это позволило сделать вывод о том, что продуктивность диатомовых водорослей стеклянных пластин в основном зависит от температуры воды, когда их рост не лимитирован освещённостью и выеданием консументами. Ранее Ф. Брандини [134] было установлено, что максимальная продуктивность фитопланктона на юго-восточном побережье Бразилии ниже максимальной продуктивности диатомовых водорослей перифитона экспериментальных пластин в 4 раза. По данным А.Л. Фонеска [143], значения продуктивности перифитона буёв в этой же акватории были сравнимы с продуктивностью диатомовых экспериментальных стеклянных пластин у предыдущих авторов.

На основании проанализированных работ по исследованию фитоперифитона антропогенных субстратов разного типа в разных морях при разных подходах исследования можно сделать вывод о высоком вкладе микрофитобентоса в продукцию прибрежных зон морей. В связи с этим интересно проследить историю исследования перифитона экспериментальных субстратов в Чёрном море.

Первые работы по исследованию перифитона искусственных субстратов в Чёрном море были начаты ещё в середине XX ст. на Севастопольской биологической станции. Эти работы были посвящены в основном изучению бактериальной плёнки в Севастопольской бухте на экспериментальных субстратах с помощью метода, разработанного Н.Г. Холодным (1953), выполненного в модификации Ю.А. Горбенко (1970), который использовал в качестве экспериментального субстрата «камеру обрастания», т. е. счётную камеру Горяева, которую можно было извлекать в любое время из моря, а затем наблюдать перифитонное сообщество под микроскопом в прижизненном состоянии и

одновременно определять численность микроорганизмов. В монографии Ю.А. Горбенко (1977) достаточно детально описан процесс заселения стеклянных пластин и дальнейшее развитие микроорганизмов и их взаимодействие между собой, но основное внимание в работе было направлено на изучение бактериального перифитона. В своих исследованиях, подобно Вахлу [183], Горбенко наблюдал сходную последовательность заселения субстрата: бактерии являлись пионерными организмами обрастания, за ними появлялись простейшие и диатомовые водоросли. После них происходит массовое оседание основных организмов обрастаний: личинок усоногих раков, моллюсков, трубчатых червей и др., которые характерны для разных морей [23, 39].

С 1954 года в ИнБЮМ проводились исследования систематического состава диатомовых водорослей, их вертикального распределения, суточной и сезонной динамики сообществ, влияния бактериальной плёнки и противообрастающих красок на организмы-обрастатели с помощью экспериментальных пластин [48, 59, 62].

Следует отметить, что анализ численности и биомассы сообществ проводился в основном для массовых видов диатомовых водорослей [61]. В ходе этих исследований была зарегистрирована следующая зависимость от глубины: в холодное время года при температуре воды 6,0 – 7,0 °С, при коротком световом дне и оптимальной освещённости, максимум численности отмечен на глубине 0,5 – 1,0 м, а в поздневесенний и летний периоды при длинном световом дне, высокой освещённости и температуре воды в море 25 – 27 °С, максимум численности наблюдался на глубинах 2,0 – 3,0 и 14,0 м [60]. В связи с тем, что в более ранних работах З.С. Кучеровой отсутствовали данные по биомассе диатомовых водорослей в обрастании пластин, ею позже были показаны сезонные изменения биомассы доминирующих видов в Севастопольской бухте [64]. Следует отметить, что в отличие от работ З.С. Кучеровой [62] по изучению количественного заселения диатомовых водорослей стеклянных пластин, которые располагались в

экспериментальной установке вертикально, в наших работах при изучении микроводорослей перифитона, стеклянные пластины были ориентированы в установке горизонтально [83, 112].

Кроме стеклянных пластин, в Чёрном море были использованы и другие типы экспериментальных субстратов. Для проверки гипотезы о влиянии качества и удельной поверхности субстрата на заселение микроводорослей были проведены эксперименты по изучению видового и количественного состава микрофитоперифитона на искусственных субстратах (леска разного диаметра и пластиковая лента) с различными удельными поверхностями, имитирующими разные виды макрофитов типа «Cystoseira», «Ceramium», «Cladophora», «Ectocarpus» и «Zostera» [103]. Проведено сравнение численности диатомовых водорослей на искусственных структурах с осевым и пластинчатым типами талломов. На подобных имитационных моделях, экспонируемых в закрытой акватории бухты Круглая Чёрного моря, исследовано также влияние прибойности на численность и биомассу диатомовых, значения которых на порядок были выше по сравнению с аналогичными субстратами в открытом море, а также видовой состав микроводорослей перифитона в Казачьей бухте в мезокосме (жесткий каркас, обтянутый полиэтиленовой плёнкой, опущенный в воду) [98, 98]. Кроме того, исследована связь биологических параметров фитообрастания с морфометрическими параметрами экспериментальных структур и структурная организация сообществ диатомовых водорослей по их количественным характеристикам с помощью пластиковых стержней [82, 117].

Имеются данные по исследованию качественных и количественных характеристик макро- и микроводорослей перифитона бетонных плит, экспонированных в Севастопольской бухте [71].

Кроме Севастопольской бухты, проведены исследования фитоперифитона субстратов из керамического материала в районе Одесского залива Чёрного моря [37]. Здесь с помощью метода экспериментальных пластин выявлено влияние

освещённости на заселение искусственных субстратов макро- и микроводорослями. В данной работе были использованы пластины с шершавой поверхностью, максимально сходной со структурой бетонных гидротехнических сооружений. Пластины экспонировали в течение 110 дней с 13 вариантами ориентаций по азимуту и наклону. Авторами были получены эмпирические зависимости притока солнечной энергии от ориентации подводной поверхности субстратов. Результаты эксперимента показали, что лимитирующие величины интенсивности потоков солнечной энергии для количественного развития фитоперифитона и его продукции приходятся на вертикальные поверхности с северной составляющей, ингибирующие – на горизонтальных поверхностях, а наклонные поверхности, расположенные под углом 45° , представляют биотопы с максимальной интенсивностью функционирования водной растительности.

Следует подчеркнуть, что метод экспериментальных пластин имеет и практическое значение в зависимости от постановки задачи исследования. Так, с учётом установленных эмпирических зависимостей [37] были выявлены ориентации подводных поверхностей гидротехнических сооружений, соответствующих оптимальному притоку солнечной энергии на этапе их проектирования, что позволило перейти к инженерному решению задачи экологической оптимизации сооружений путем задания необходимых параметров конструкций. Показано, что с помощью дополнительной площади гидротехнических сооружений (метод искусственных рифов) можно повысить биологическое разнообразие и продуктивность прибрежной экосистемы моря [1]. И, наоборот, в высокопродуктивных экосистемах неконтролируемая биомасса отмерших видов-обрастателей может вызывать эвтрофирование, т. е. ухудшение качества морской среды.

На основе анализа литературных источников и приведенных примеров по исследованию перифитона антропогенных субстратов разного типа, можно утверждать, что метод экспериментальных субстратов является перспективным

для изучения морских акваторий и его применения для решения практических задач. Однако в литературе имеется всё ещё недостаточно данных по изучению качественных и количественных характеристик микроводорослей и продукционных показателей фитоперифитона антропогенных субстратов в морях Мирового океана, а также крайне слабо изучен этот вопрос в Чёрном море. Практически отсутствуют данные по сезонной динамике видового состава, количественному распределению микроводорослей перифитона, принимающих активное участие в продукционных процессах в море. Кроме того, до настоящего времени не было выявлено общее количество видов микроводорослей, встречающихся в перифитоне антропогенных субстратов Чёрного моря, а также отсутствуют сравнительные работы по одновременному изучению видового состава, сезонной динамики количественных (численность, биомасса, структурные показатели сообщества фитоперифитона) и продукционных характеристик микроводорослей перифитона экспериментальных субстратов.

РАЗДЕЛ 2

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для исследования микроводорослей перифитона антропогенных субстратов разного типа послужили пробы, собранные в 11 различных районах крымского побережья Чёрного моря (рис. 2.1).

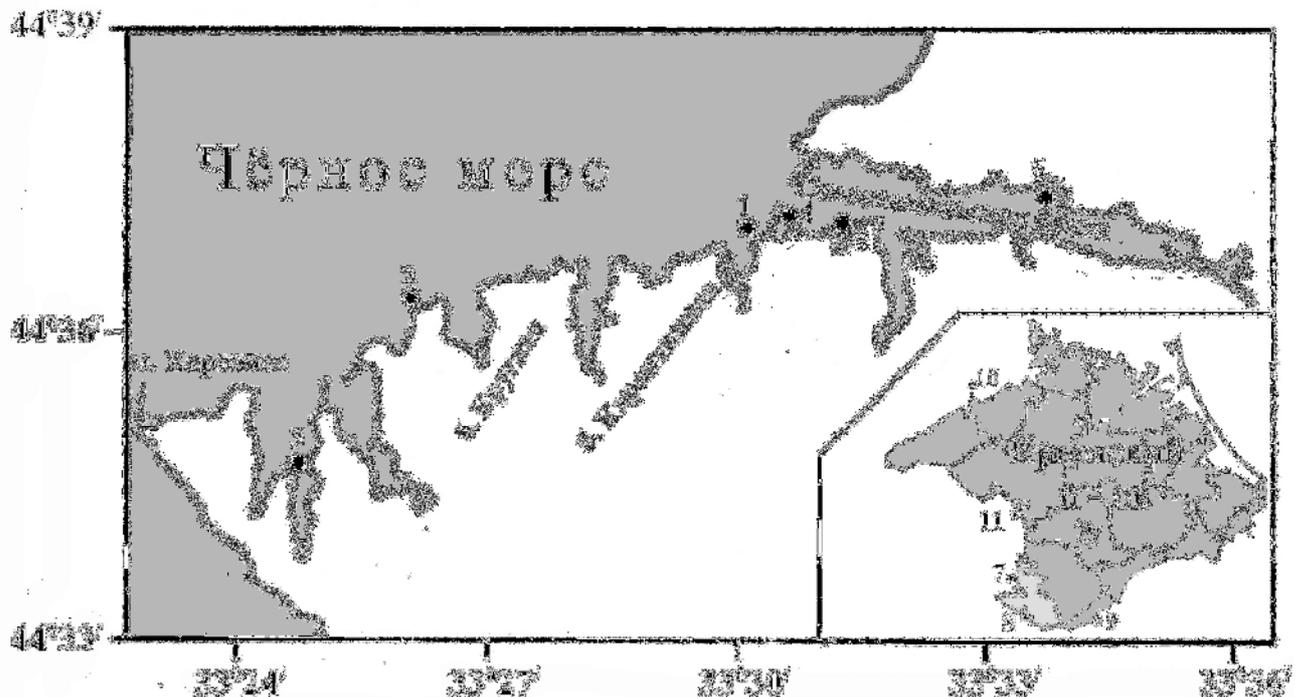


Рис. 2.1 Станции отбора проб микроводорослей различных субстратов: 1 – Карантинная бухта, 2 – мыс Песчаный, 3 – Казачья бухта, 4 – Мартынова бухта, 5 – Артиллерийская бухта, 6 – бухта Голландия; 7 – пляж Учкучевка; 8 – мыс Айя; 9 – поселок Качивели; 10 – Бакальская коса; 11 – Каламитский залив

Внесённые в море предметы активно заселяются гидробионтами, поэтому в настоящей работе отбор материала для исследования микроводорослей перифитона проводили в 2-х направлениях: 1) отбор проб перифитона с различных субстратов антропогенного происхождения, выполненных из различных искусственных материалов: полиэтилен, пластик, картон, металл,

дерево, бумага, пенопласт, веревочные фалы для выращивания мидии и устрицы и др. из разных акваторий крымского побережья Чёрного моря для анализа флористического состава микроводорослей, отмеченных на каждом типе субстрата, а также для сравнения осуществлён сбор проб природных субстратов из разных экотопов моря (табл. 2.1); 2) отбор проб с экспериментальной установки с закреплёнными стандартными предметными стёклами для исследования видового состава, количественного распределения микроводорослей и оценки продукционных показателей фитоперифитона (табл. 2.2).

В районе открытого моря пробы собраны в полосе акваторий пляжа Учкучевка (ст. № 7) ($44^{\circ}64'N$; $33^{\circ}53'E$), расположенного в 1 миле от реки Бельбек, глубина у пирса 1,9 – 3,3 м, а также у мыса Айя (ст. № 8) ($44^{\circ}26'N$; $33^{\circ}39'O$) и мыса Песчаный (ст. № 2) ($44^{\circ}36'N$; $33^{\circ}26,4'O$), который является западным входным мысом бухты Круглой (Омега) [68].

В районе Севастопольской бухты ($44^{\circ}37'N$; $33^{\circ}32'O$), простирающейся от мыса Константиновского (рис. 2.1), от обеих её берегов выступают мысы, между ними расположены бухты, в которых были собраны пробы, в том числе бухта Голландия (ст. № 6) ($44^{\circ}37'N$; $33^{\circ}33'E$), Артиллерийская бухта (ст. № 5) ($44^{\circ}36'N$; $33^{\circ}31'E$) и Мартынова бухта (ст. № 4) ($44^{\circ}37' N$; $33^{\circ}30'O$), прилегающая к Карантинной бухте [68].

В районе Севастополя пробы были собраны также в Казачьей бухте ($44^{\circ}35'N$; $33^{\circ}24'N$), которая располагается между мысом Манганари и мысом Западным, (рис. 2.1, ст. № 3). Вершина бухты разделена на две части небольшим полуостровом, отходящим от южного берега. От вершины к устью Казачья бухта ориентирована по оси юг-север и поэтому при северных ветрах её акватория подвержена сильному волновому воздействию. Берега бухты довольно высокие, но пологие и окаймлены отмелями.

На западном побережье Крымского полуострова пробы собраны в акваториях Бакальской косы (рис. 2.1, ст. № 10) ($45^{\circ}46'N$; $33^{\circ}10'O$) на глубине 0,5 м и Каламитского залива (ст. № 11) ($44^{\circ}50'N$; $33^{\circ}24'E$), который расположен между мысом Евпаторийским и мысом Лукулл [68].

**Объём материала, собранного в разных районах крымского побережья
Чёрного моря (2011 – 2014 гг.)**

Пробы перифитона разных типов антропогенных субстратов					
Дата отбора проб	Тип субстрата	Район	Глубина, м	t, °С	Кол-во проб
1	2	3	4	5	6
11.06. 2011 г.	Бутылочные стёкла	Мыс Песчаный	0,3	23,0	1
15.06.	Картон	Карантинная бухта	0	23,0	1
17.07.	Бутылочные стёкла	Мыс Айя	0,2	25,0	1
29.07.	Пластмасса	Мыс Песчаный	0,3	24,0	1
03.08.	Дерево, металл	Карантинная бухта	0	23,0	2
04.08.	Бутылочные стёкла	-«-	0	23,0	1
04.08.	Мидийный коллектор, пенопласт	Пос. Кацевели	4	24,0	4
10.08.	Дерево	Пляж Учкучевка	0	22,0	1
18 .08.	Бутылочные стёкла	Бухта Голландия	0,3	23,0	1
22 .08.	Картон	Карантинная бухта	0	22,0	1
22 .08.	Бутылочные стёкла	- «-	0	22,0	1
15.10.	Полиэтилен	- «-	0,1	15,0	1
10.10. 2012 г.	Бутылочные стёкла	Мыс Песчаный	0,1	22,0	2
28.06. 2013	-«-	Мыс Песчаный	0,1	25,0	2
Пробы микроводорослей природных субстратов					
VII-IX. 2011 г.	Створки мидии	Бухты Казачья, Мартынова; Кацевели	0,5 – 4,0	23,0 – 24,0	8
2011–2014 гг.	Камни	Бухты Карантинная, Казачья; Голландия, Бакальская коса, Каламитский залив	0,5 – 1,0	20,0 – 26,0	10
III–VIII 2011 г.	Макрофиты	Бухты Карантинная, Хрустальная, Казачья; Каламитский зал., Бакальская коса, мыс Айя, пляж Учкучевка	0,5 – 2,0	11,0 – 26,0	21
Всего:					133

Основные экспериментальные работы по изучению закономерностей формирования видового состава микроводорослей, сезонной динамики обилия их

видов, численности, биомассы, а также продукционных показателей сухой массы, валовой первичной продукции и интенсивности фотосинтеза фитоперифитона стеклянных пластин и фитопланктона проводили в закрытой части моря, отделённой молотом, на модельном полигоне в районе Карантинной бухты Чёрного моря (44°36'56.11"N; 33°30'10.45"E) (рис. 2.1, ст. № 1), которая вдаётся в берег к юго-западу от м. Константиновский (табл. 2.2). Данная акватория, открытая лишь с севера, находится под влиянием вод Карантинной бухты и хозяйственно-бытовых и сточных вод г. Севастополя [21].

Таблица 2.2

**Объём материала по изучению микроводорослей перифитона
экспериментальных субстратов в Карантинной бухте Чёрного моря
(2007 – 2008 и 2010 – 2012 гг.)**

Дата исследования	Районы	Глубина, м	t, °С	Кол-во проб
1	2	3	4	5
Эксперимент № 1, стеклянные пластины				
17 января 2007 – 21 февраля 2008 гг.	Карантинная бухта	2,0	6,0 – 28,0	18
Эксперимент № 2, стеклянные пластины				
14 февраля – 5 марта 2008 г.	Карантинная бухта	2,0	4,5 – 8,0	7
Эксперимент № 3, стеклянные пластины				
27 декабря 2010 – 23 января 2012 гг.	Карантинная бухта	2,0	7,5 – 22,5	41
Эксперимент № 4, стеклянные пластины				
27 декабря 2010 – 25 марта 2011 гг.	Карантинная бухта	2,0	11,0	1
27 декабря 2010 – 23 июня 2011 гг.	-«-	2,0	21,5	2
25 – 26 января 2012 г.	-«-	2,0	7,7	2
25 января – 6 февраля	-«-	2,0	6,5	2
Всего:				73

Экспериментальную установку располагали на глубине 2,0 м от поверхности воды и каменистого дна. На формирование видового состава микроводорослей перифитона большое влияние оказывает температура воды, которая за период проведения экспериментальных работ колебалась от 4,5°C до 28,0°C в 2007 – 2008 гг. и от 6,5°C до 22,5°C в 2011 – 2012 гг. (табл. 2.3, 2.4).

Таблица 2.3

**Динамика температуры воды в море в течение экспериментов
(2007 – 2008 и 2011 – 2012 гг.)**

Дата	Температура, °С	Дата	Температура, °С
Эксперимент № 1, 2		Эксперимент № 3, 4	
17.01.2007 г.		27.12.2010 г.	14
21.02.	8,5	26.01.2011 г.	8,0
20.03.	9,0	24.02.	7,5
08.04.	10,0	25.03.	11,0
21.05.	18,0	22.04.	11,0
21.06.	22,0	23.05.	16,5
19.07.	25,0	23.06.	22,5
21.08.	28,0	25.07.	21,5
19.09.	21,0	22.08.	22,0
22.10.2007 г.	18,0	26.09.2011 г.	21,0
20.11.	11,0	25.10.	15,0
20.12.	10,5	24.11.	9,4
22.01.2008 г.	9,0	22.12.	10,0
18.02.	4,5	23.01.2012 г.	7,7
21.02.	6,0	26.01.	7,7
25.02.	7,9	06.02.	6,5
29.02.	7,5	-	-
05.03.	8,0	-	-

Кроме температуры воды на развитие микроводорослей влияют и другие гидрологические и гидрохимические параметры среды. Наличие биогенных

веществ в морской воде имеет большое значение для количественного развития, питания и размножения диатомовых водорослей, которым также необходимы фосфаты, нитраты и кремний [19, 95, 99,]. Солёность является одним из важных факторов, влияющих на распределение морских организмов в море, в том числе на диатомовые водоросли [88].

Таблица 2.4

Колебания температуры ($t^{\circ}\text{C}$) и освещённости (E_{max}) поверхностной воды в районе экспериментальных работ в Карантинной бухте Чёрного моря в течение 2011 г. по данным В.Н. Поповичева [83]

Дата	$t^{\circ}\text{C}$	E_{max} , клк
17.01.2011 г.	9,0	24,0
28.01.	7,0	40,0
07.02.	8,0	55,0
18.02.	7,0	57,0
28.02.	6,0	31,0
14.03.	6,5	71,0
29.03.	8,0	72,0
14.04.	9,0	66,0
16.05.	15,0	98,0
09.06.	20,3	97,0
20.06.	23,5	101,0
05.07.	21,0	100,0
20.07.	25,0	94,0
08.08.	22,0	94,0
31.08.	23,0	82,0
20.09.	21,0	80,0

В районе экспериментальных работ значения солёности изменялись в диапазоне 17,65 – 17,82 ‰. Кроме этого, для бентосных водорослей важную роль играет освещённость воды, которая здесь в течение 2011 г. колебалась от 24 до 101 клк (табл. 2.4).

2.1. Материалы и методы отбора проб

Методы отбора проб микрофитобентоса различаются между собой в зависимости от типа субстрата, а перифитон экспериментальных пластин является частью этого экотопа, удобным и доступным объектом для исследований, связанных с одновременным определением видового состава и количественных характеристик, по которым можно оценить время заселения субстрата и вклад каждого компонента экосистемы в первичную продукцию водоёма [83, 98, 99, 112]. Кроме того, такой подход в изучении допускает широкую возможность проведения экспериментов под задачу исследования и полностью осуществлять за ними контроль.

Основная часть работы посвящена изучению микроводорослей перифитона с помощью метода экспериментальных пластин, который широко используется при натурных исследованиях в море. Для этой цели были выбраны стеклянные пластины (предметные стёкла), которые имеют ровную и отшлифованную поверхность, обеспечивающую полную их очистку от обрастания, одинаковую площадь, что позволяет вести точный учёт количественных данных, даёт возможность наблюдать под микроскопом прижизненное состояние сообщества микроорганизмов обрастания за определенный отрезок времени и оценить периодичность заселения субстрата, а также исследовать продукционные характеристики фитоперифитона.

Всего нами собрано и обработано более 133 проб и 243 препарата микроводорослей антропогенных субстратов (табл. 2.1). Пробы переданы в музейную коллекцию водных препаратов микроводорослей бентоса морей Мирового океана отдела аквакультуры и морской фармакологии ИнБЮМ им. А.О. Ковалевского.

Для постановки экспериментов в море по изучению видового состава, численности, биомассы, структурных показателей сообщества микроводорослей и оценки продукционных показателей фитоперифитона стеклянных пластин был выбран постоянный полигон в Карантинной бухте Чёрного моря на станции № 1

(рис. 2.1) [98, 112]. Совместно с сотрудниками отдела аквакультуры и морской фармакологии Института биологии южных морей им. А.О. Ковалевского под руководством д.б.н. Л.И. Рябушко была проведена серия экспериментов: два годовых эксперимента с разными сроками экспозиции пластин в Карантинной бухте (табл. 3.1) – долговременная от 1 до 13 мес. в 2007 – 2008 гг. (№ 1) [98, 99, 112], ежемесячная экспозиция пластин в течение 2010 – 2012 гг. (№ 3), включая сроки экспозиции 3 и 6 мес. (№ 4) и два эксперимента со сроком экспозиции до 20 сут (№№ 2, 3) [2, 66, 83, 129].

Экспериментальная установка, которую закрепляли на бетонной площадке мола на дне бухты, представляла собой массивную металлическую конструкцию, обеспечивающую устойчивость во время волновой активности. На установке закрепляли кассеты со стеклянными пластинами, каждая размером 70 x 28 мм с площадью поверхности 1960 мм² (рис. 2.2).



Рис. 2.2 Вид установки с экспериментальными стеклянными пластинами

Кассеты были установлены горизонтально, поскольку такая их ориентация обеспечивает лучшую и одинаковую освещённость всех пластин и находятся в относительно одинаковых гидродинамических условиях [98, 112], к тому же горизонтальные поверхности могут удерживать большее количество материала, чем вертикальные почти в 6 – 115 раз [51].

На протяжении экспериментальных работ в Карантинной бухте проводили

измерения температуры воды. За период с 2007 по 2008 гг. температура варьировала от 6 до 28°C, а в 2011 – 2012 гг. – от 7,5 до 22,5°C (табл. 2.3).

2.2. Методы обработки материала

Для определения видового состава и количественных показателей микроводорослей и продукционных показателей фитоперифитона стеклянных пластин при каждой съёмке отбирали по три стекла. После извлечения их из кассеты, с нижней части пластин удаляли обрастание, затем размещали в чашки Петри с морской водой, взятой в районе проведения эксперимента. Макрофотосъёмку пластин осуществляли непосредственно на пластинах, простоявших соответствующий срок в море, с помощью фотоаппаратов Sony DSC-P200 и Canon A-640. Затем пластины предварительно изучали в прижизненном состоянии водорослей и производили микрофотосъёмку в световом микроскопе «Axioskop 40» С. Zeiss с помощью программы AxioVision Rel. 4.6, которая позволяет снимать размеры объектов, а также при увеличении снимка увидеть и подсчитать соответствующие тонкие структуры панцирей диатомовых водорослей.

Далее микроводоросли счищали с пластин стеклянной лопаточкой и производили смыв, добавляя немного морской воды. Полученную суспензию, после просмотра пробы в чашке Петри, сливали в ёмкость для хранения, обрабатывали этиловым спиртом (из расчёта 2 мл 96 % спирта на 100 мл пробы) и этикетировали.

Из суспензии с пластин, полученной после соскоба микроводорослей, готовили водные препараты, которые изучали и фотографировали в световом микроскопе при его увеличениях 10×20, 10×40. Для каждой пробы изготавливали постоянные препараты по методикам, описанным в [31] и проводили определение видов диатомовых водорослей с помощью иммерсионного объектива (10×100) с использованием масла С. Zeiss с $n = 1,518$.

Для анализа качественного состава использовали классификационную систему, разработанную Ф.Е. Раундом с соавторами [169] с дополнениями [98], видовую принадлежность микроводорослей определяли по литературным источникам, определителям, справочникам [27, 32-34, 53, 54, 90, 95, 99, 127, 128, 153], а экологическую и фитогеографическую характеристики микроводорослей использовали монографию Л.И. Рябушко [99], а также международную альгобазу [145].

Для количественной оценки сообществ микроводорослей полученные после очистки пластин смывы переливали в мерный цилиндр с целью определения объёма пробы для пересчёта численности клеток на единицу площади поверхности субстрата. Перед количественным учётом микроводорослей в камере пробу интенсивно взбалтывали, добиваясь более равномерного распределения водорослей во всем объёме пробы. После этого с помощью пипетки быстро извлекали каплю материала и переносили в камеру Горяева объёмом $0,9 \text{ мм}^3$ под покровное стекло. Подсчёт клеток микроводорослей осуществляли в световом микроскопе «БИОЛАМ Л-212» при увлечениях $10 \times 2,5 \times 20$, $10 \times 2,5 \times 40$ в трёх повторях, просматривая всю камеру полностью.

Общую численность (N , кл·см⁻²) микроводорослей определяли расчётным методом по формуле [99, 104]:

$$N = n V / S V_k,$$

где n – число клеток в камере Горяева; V – объём пробы, мл; V_k – объём камеры Горяева, равный $0,0009$ мл.

Биомассу (B , мг·см⁻²) микроводорослей рассчитывали по формуле [99, 104]:

$$B = h V b / S V_k,$$

где b – сумма биообъёмов клеток в камере Горяева, в мкм³; h – удельный вес микроводорослей, равный для бентосных диатомовых $1,2 \cdot 10^{-9}$ мг·мкм⁻³, остальных – $1 \cdot 10^{-9}$ мг·мкм⁻³ [76]; V – объём пробы, мл; V_k – объём камеры Горяева, мл.

Для определения численности диатомовых водорослей на поверхности *Mytilus galloprovincialis* Lam. площадь поверхности раковин мидии (S , см²) определяли по формуле [72]:

$$S = 0,956 L^{2,085},$$

где L – расстояние от макушки до заднего края (высота) раковины, см.

Объём каждой клетки рассчитывали по её размерам и форме методом геометрического подобия с использованием поправочного коэффициента, равного отношению высоты клетки к меньшему из размеров её створки [16].

Сравнение видового состава по двум экспериментам и по сезонам года осуществляли с помощью индекса флористического сходства Чекановского-Сёренсена [176]:

$$K_s = 2 C / (A + B)$$

где C – число общих видов для сравниваемых списков, A , B – число видов в каждом из списков.

Для анализа структуры видового разнообразия использовали индекс Шеннона-Вивера (H) [171, 172], показывающий насколько равномерно распределены значимости видов по численности:

$$H = - \sum n_i / \log_2 (n_i / N),$$

где n_i – оценка значимости каждого вида; N – сумма оценок значимости. Оценку значимости видов проводили на основе данных по их численности.

Для структурной оценки видового разнообразия использовали индекс выровненности Пиелу (e) видов в сообществе [161]:

$$e = H / \log_2 n,$$

где H – индекс Шеннона-Вивера; n – число видов.

Относительную значимость доминирующих видов находили с помощью индекса доминирования Бергера-Паркера [133]:

$$D_{BP} = N_{\max} / N,$$

где N_{\max} – число особей самого обильного вида, N – суммарное число организмов.

Для всех указанных параметров (N , B , S , e , H , D_{BP}) находили средние значения для каждого срока экспозиции стеклянных пластин, которые рассчитывали, исходя из 9 подсчётов: три повторности на каждой из 3-х пластин. Для этих средних величин находили среднеквадратичное отклонение. Результаты наблюдений, полученные в ходе эксперимента 2010 – 2012 гг. по изучению

межсезонных колебаний численности микроводорослей перифитона стеклянных пластин, были обработаны по схеме однофакторного дисперсионного анализа [126]. При этом уровень значимости доверительной вероятности принят $\alpha = 5 \%$.

2.3. Описание экспериментов по исследованию микроводорослей перифитона стеклянных пластин при разной экспозиции в Карантинной бухте Чёрного моря

При исследовании сезонной динамики видового состава, численности и биомассы микроводорослей использовали экспериментальные стеклянные пластины, которые экспонировали на модельном полигоне в Карантинной бухте при разной длительности (эксперименты № № 1-4) (рис. 2.3-2.8). Ниже приведём краткое описание каждого эксперимента. Для качественной и количественной обработки отбирали по 3 экз. пластин каждый месяц (рис. 2.3).

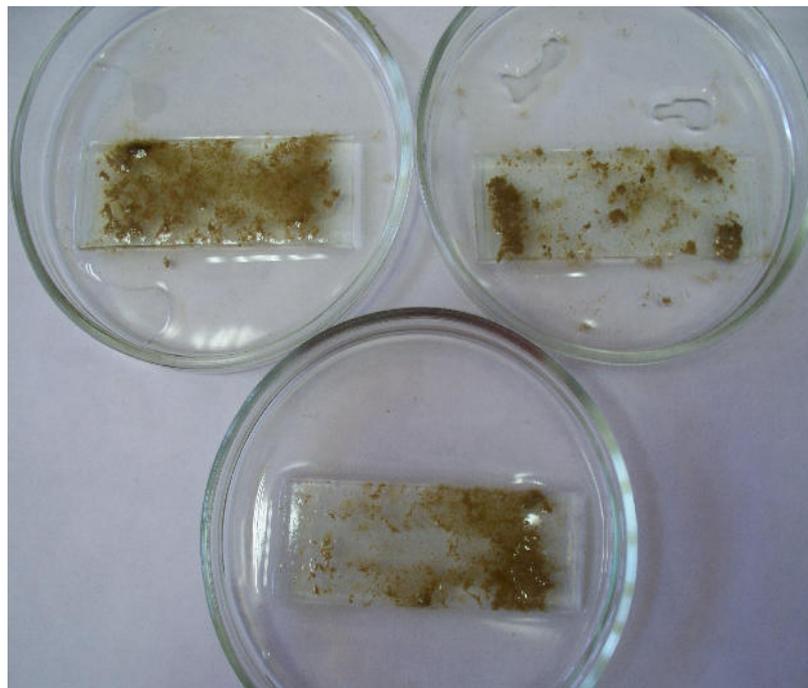


Рис. 2.3 Фитообрастания стеклянных пластин при их экспозиции с марта по апрель 2011 г. в Карантинной бухте Чёрного моря

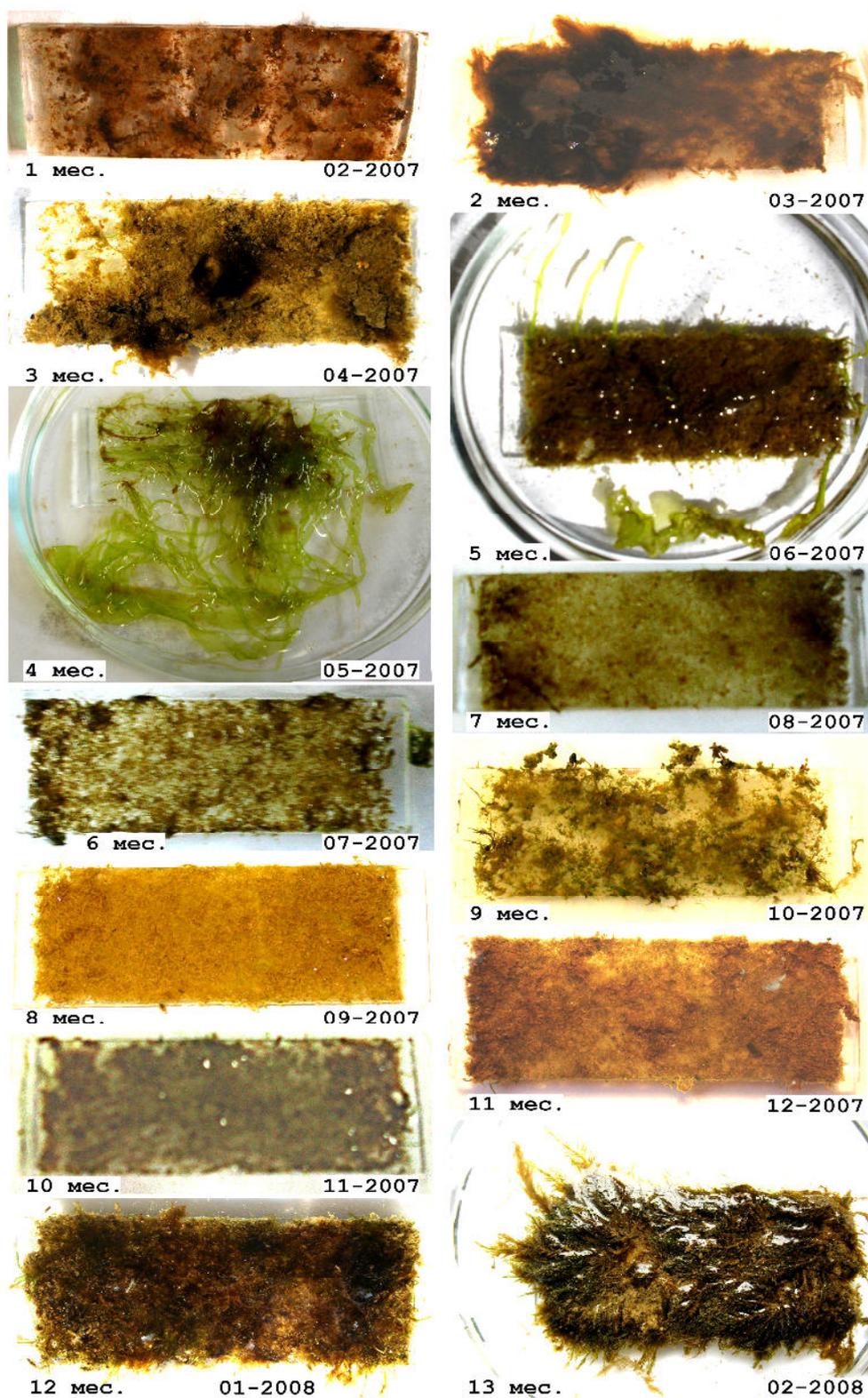


Рис. 2.4 Обрастание стеклянных пластин микро- и макроводорослями при долговременной экспозиции (от 1 до 13 мес.) в течение 2007 – 2008 гг. в Карантинной бухте Чёрного моря [по: 112]

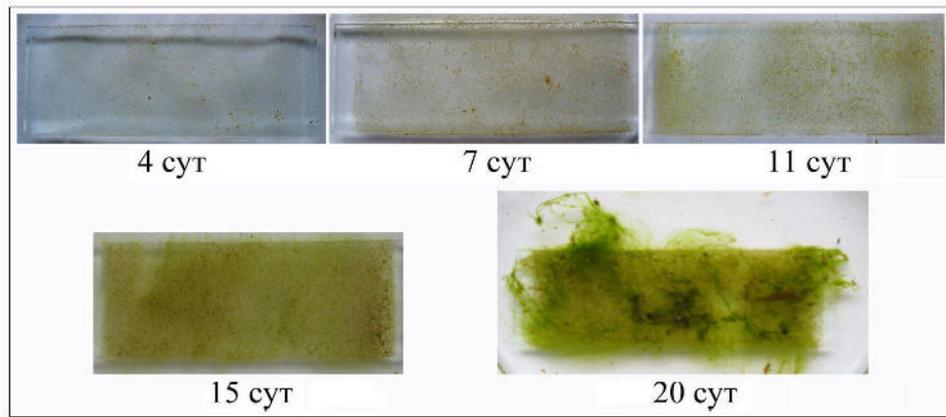


Рис. 2.5 Фитообрастания стеклянных пластин при кратковременной экспозиции (февраль-март 2008 г.) в Карантинной бухте Чёрного моря [по: 112]

Эксперименты № 1 и № 2 проводили при накопительных сроках экспозиции стеклянных пластин в течение 13 месяцев с января 2007 по февраль 2008 гг. (эксперимент № 1), но при этом пробы отбирали ежемесячно от даты постановки опыта (рис. 2.4). Для сравнения с экспериментом № 1, в феврале-марте 2008 г. был поставлен эксперимент № 2, когда пластины пребывали под водой при кратковременной экспозиции: 4, 7, 11, 15 и 20 суток (рис. 2.5).

В дальнейшем подобные работы были продолжены с декабря 2010 г. по февраль 2012 гг.

Эксперименты № 3 и № 4 проводили при ежемесячных сроках экспозиции с декабря 2010 г. по январь 2012 гг. (эксперимент № 3) (рис. 2.6) и при кратковременной экспозиции в январе-феврале 2012 г. (рис. 2.7) и при длительной экспозиции с декабря по март (3 мес.) и с января по июнь (6 мес.) (рис. 2.8)

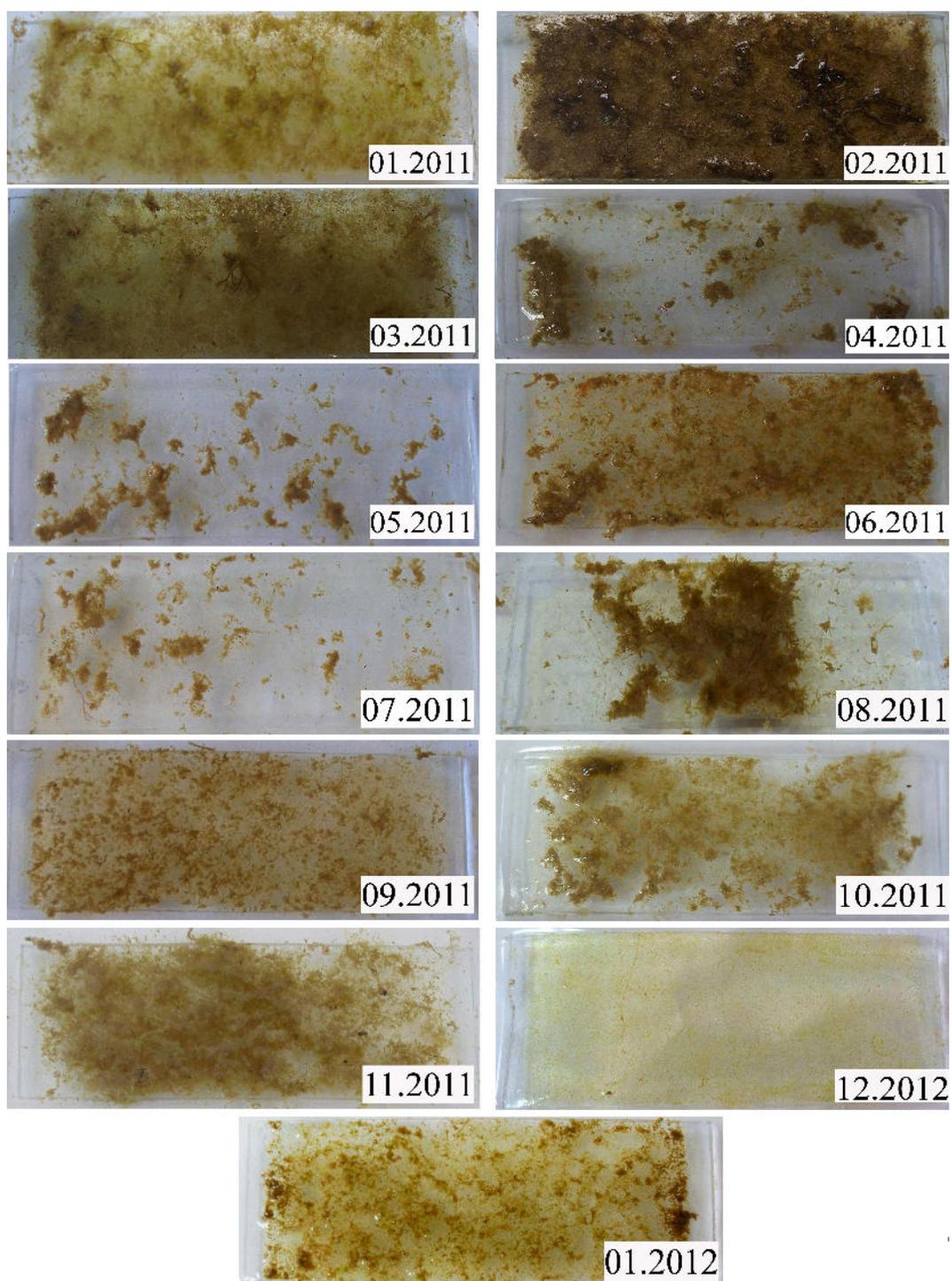


Рис. 2.6 Обрастание стеклянных пластин микро- и макроводорослями при ежемесячной экспозиции (от 1 до 13 мес.) в течение 2011 – 2012 гг. в Карантинной бухте Чёрного моря

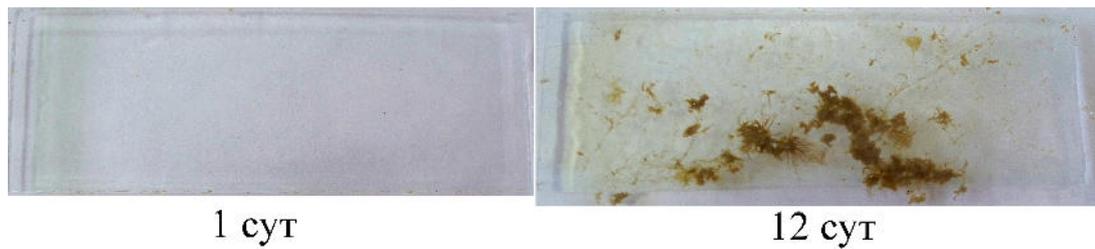


Рис. 2.7 Обрастание стеклянных пластин при сроке экспозиции с 25 по 26 января 2012 г. (1 сут) и с 25 января по 6 февраля 2012 г. (12 сут) в Карантинной бухте Чёрного моря

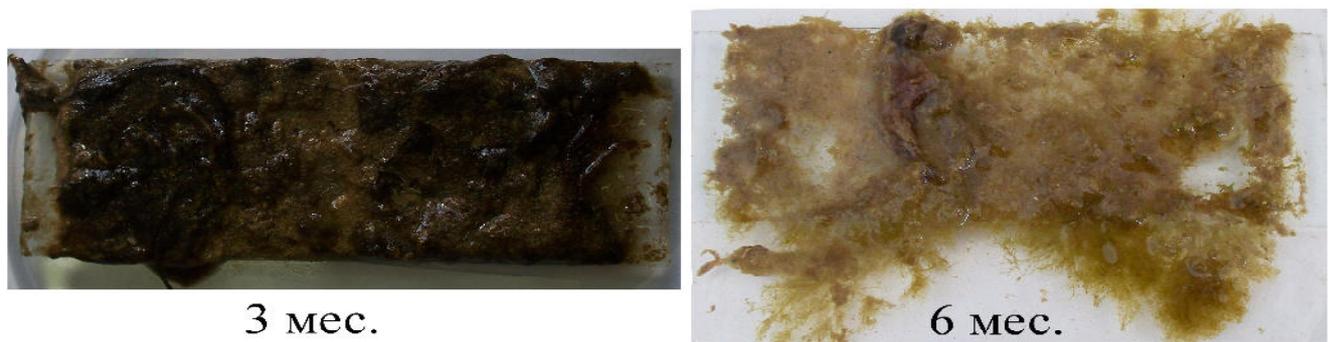


Рис. 2.8 Фитообрастания стеклянных пластин при экспозиции с декабря 2010 по март 2011 гг. (3 мес.) и с декабря 2010 по июль 2011 г. (6 мес.) в Карантинной бухте Чёрного моря

2.4. Перифитон антропогенных (искусственных) и некоторых природных субстратов в крымском прибрежье Чёрного моря

Для сравнения видового состава микроводорослей перифитона экспериментальных стеклянных пластин в 2011 – 2013 гг. были собраны пробы с разного типа субстратов антропогенного происхождения и некоторых природных субстратов, например, талломы и листья донной растительности, створки мидии из разных районов крымского прибрежья Чёрного моря на станциях №№ 2, 6 – 9 (рис. 2.1).

Антропогенные субстраты представляли собой бутылочные стёкла, пластмассовые поверхности (пластик, пенопласт, полиэтилен), фрагменты

деревянных, картонных, бумажных субстратов и металлических конструкций, фрагменты веревочных фалов коллектора с прикрепленной мидией (табл. 3.1, рис. 2.9 – 2.11), собранные в море в разные сезоны вблизи станции проведения экспериментальных работ, а также в других районах крымского побережья Чёрного моря (рис. 2.1).

Измеряли размеры поверхности субстратов и вычисляли их площади методом геометрического подобия. Всего собрано и обработано 11 качественных и 6 количественных проб.



Рис. 2.9 Пробы перифитона из разных стеклянных материалов, собранных в разные сезоны 2011 – 2013 гг. на литорали крымского побережья Чёрного моря: мыс Песчаный и Золотой пляж Балаклавы на глубине 0,1 – 0,3 м

Кроме антропогенных субстратов, собраны пробы водорослей-макрофитов родов *Callithamnion* Lyngbye, *Ceramium* Roth, *Cladophora* Kützing, *Cystoseira* C. Agardh, *Ulva* Linnaeus (рис. 2.10).

В прижизненном состоянии макроводорослей при увеличениях микроскопа 10×10, 10×20, 10×40 осуществляли микрофотосъёмку, обитающих на них микроводорослей. После этого с поверхности талломов счищали микроводоросли для определения их видового состава.



Рис. 2.10 Фотография фрагмента зелёной водоросли-макрофита, обитающей в Карантинной бухте Чёрного моря в районе экспериментальной установки со стеклянными пластинами

При расчёте численности микрофитов, обитающих на фрагменте листа морской травы *Zostera marina* L. (рис. 2.11), площадь макрофита рассчитывали как сумму площадей двух его поверхностей при размере фрагмента 6,5×0,5 см. Всего собрано и обработано 21 проба микроводорослей эпифитона донной растительности.



Рис. 2.11 Фрагмента листа *Zostera marina* L. с микроводорослями, Чёрное море

Пробы эпилитона отбирали ручным способом с глубины 0,5 м на станциях №№ 1, 3, 6, 10, 11 (рис. 2.1). Образцы представляли собой небольшие камни, которые после отбора помещали в полиэтиленовые мешки или пластмассовые бутылки с широким горлом с добавлением придонной воды. В лаборатории с каждого камня делали соскоб с помощью скребка или щетки, производили смыв, добавляя немного придонной воды. Суспензию соскобов, после просмотра пробы в чашке Петри, сливали в емкость для хранения, обрабатывали фиксатором и этикетировали. Всего собрано более 10 проб эпилитона.

При изучении видового состава и количественных характеристик диатомовых водорослей на поверхности мидии *M. galloprovincialis* (рис. 2.12) использовали друзы, раковины, биссусы моллюска с подвесной культуры морской фермы в районе посёлка городского типа Кацивели (рис. 2.1, ст. № 9) и Мартыновой бухты (см. рис. 2.1, № 4). Всего собрано и обработано 6 проб.



а



б

Рис. 2.12. Друзы мидии (а) *Mytilus galloprovincialis* Lam. и после их снятия с коллектора (б) в Чёрном море

Таким образом, в разделе показаны основные районы исследования микроводорослей антропогенных и некоторых природных субстратов крымского побережья Чёрного моря. Описана методика отбора и обработки проб микроводорослей антропогенных и природных субстратов, а также постановка экспериментов при разных сроках экспозиции стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря по изучению закономерностей формирования видового состава микроводорослей и количественного их распределения по сезонам разных лет в зависимости от температуры воды и длительности пребывания субстрата под водой. Приведенные методы отбора и обработки материала позволяют сравнить данные в одни и те же месяцы разных лет при разных сроках экспозиции и выявить влияние температуры на качественный и количественный состав микроводорослей.

РАЗДЕЛ 3

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФЛОРИСТИЧЕСКОГО СОСТАВА
МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ПЕРИФИТОНА АНТРОПОГЕННЫХ И
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ СУБСТРАТОВ В КРЫМСКОМ ПРИБРЕЖЬЕ
ЧЁРНОГО МОРЯ

Флористический состав микроводорослей морского перифитона антропогенных субстратов разного типа исследован недостаточно полно и всё ещё ограничен изучением в основном диатомовых водорослей в крымском прибрежье Чёрного моря [25, 48, 49, 59-64, 71, 82, 103, 117]. Информация о других группах микроводорослей, кроме диатомовых водорослей, встреченных в перифитоне экспериментальных субстратов в Одесском заливе ограничена указанием 4 видов *Cyanoprokaryota* [37]. Однако в работах практически отсутствуют списки видов, кроме списка диатомовых водорослей, включающего 159 видов и ввт, который приведен в диссертации З.С. Кучеровой (1973) для стеклянных пластин Севастопольской бухты, который не был опубликован.

В последующие годы были продолжены работы в Карантинной бухте Чёрного моря по экспериментальному изучению связей фитообрастаний между диатомовыми водорослями и искусственными субстратами, в том числе с применением модулей, имитирующих некоторые виды макрофитов, с учётом морфометрических параметров экспериментальных субстратов [82, 103, 117].

В связи с отсутствием работ по различным аспектам изучения микроводорослей перифитона антропогенных субстратов в Чёрном море, в 2007 г. в отделе аквакультуры и морской фармакологии ИнБЮМ были начаты исследования видового

состава, количественных и продукционных характеристик фитоперифитона экспериментальных стеклянных пластин *in situ* на постоянном полигоне в закрытой части моря близ Карантинной бухты при разной длительности их экспозиции [98, 99], которые были продолжены в 2010 – 2012 гг. [2, 66, 83, 112, 129].

Кроме того, в 2011 г. совместно с сотрудниками ИнБЮМ Ю.Н. Фирсовым и В.Н. Поповичевым были продолжены исследования продукционных характеристик перифитона экспериментальных стеклянных пластин при ежемесячной экспозиции, а также продукции фитопланктона и некоторых гидролого-гидрохимических параметров среды в районе наблюдений в Карантинной бухте [83]. Ниже остановимся подробно на анализе флористических, экологических и фитогеографических характеристик микроводорослей перифитона антропогенных субстратов разного типа в крымском побережье Чёрного моря, включая экспериментальные субстраты.

3.1. Флористический состав микроводорослей перифитона антропогенных субстратов

В связи с тем, что до настоящего времени в литературе отсутствовали сведения об общем количестве видов, обнаруженных в перифитоне антропогенных субстратов в крымском побережье Чёрного моря, первоначально была проведена работа по инвентаризации видового состава микроводорослей, указанных у разных авторов [25, 62-64, 71, 37, 98, 99]. В соответствии с подходами, использованными при инвентаризации видового состава микроводорослей Чёрного и Азовского морей [95, 96, 102], в дальнейшем с учётом собственных данных, нами был подготовлен общий список микроводорослей перифитона искусственных субстратов Чёрного моря, в

настоящее время включающий 230 видов и ввт (Приложение А, Б). При изучении экспериментальных стеклянных пластин в 2007 – 2008 гг. обнаружено 103 вида и ввт микроводорослей [112], за период 2010 по 2014 гг. исследования соискателем обнаружено 80 видов и ввт [66, 83, 129], из них 20 видов микроводорослей впервые отмечено в Чёрном море для перифитона антропогенных субстратов различного типа (Приложение А, Б).

Анализ таксономического состава по общему списку микроводорослей антропогенных субстратов (230 вид и ввт) показал, что все таксоны принадлежат к 5 отделам, 8 классам, 37 порядкам, 61 семейству, 94 родам (Приложение А). По количеству видов преобладает отдел Bacillariophyta (204 видов и ввт, или 89 %) (рис. 3.1), что согласуется с данными, указанными для всего микрофитобентоса Чёрного моря [96, 98, 99]. По нашим данным, кроме диатомовых водорослей, представители Cyanoprokaryota, Dinophyta, Chlorophyta и Haptophyta составляют в сообществе перифитона антропогенных субстратов Чёрного моря всего 11 % всех видов.

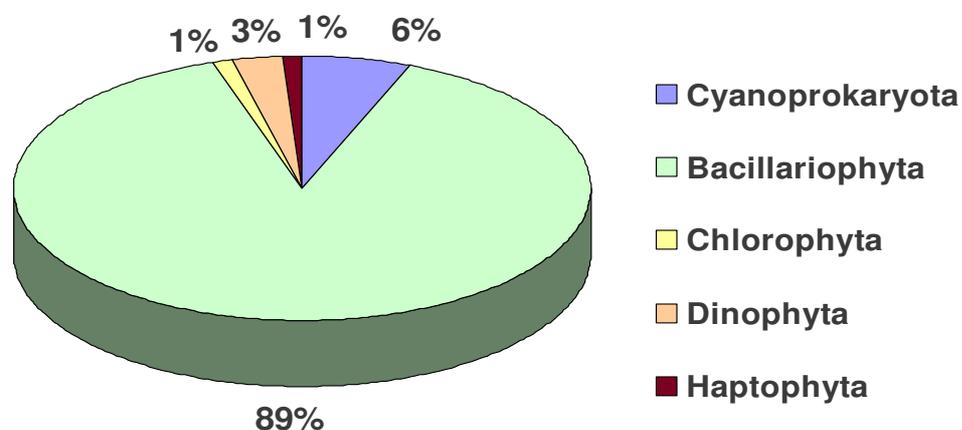


Рис. 3.1 Процентное соотношение количества видов по отделам микроводорослей перифитона антропогенных субстратов в крымском побережье Чёрного моря

Таксономическая структура отдела Bacillariophyta перифитона антропогенных субстратов представлена тремя классами: Coscinodiscaceae (27 видов и ввт), Fragilariaceae (30), Bacillariophyceae (147) (табл. 3.1).

Таблица 3.1

**Таксономическая структура диатомовых водорослей перифитона
антропогенных субстратов Чёрного моря**

Класс	Порядок	Семейство	Род	Кол-во ВИДОВ И ВВТ
Coscinodiscaceae	9	15	18	27
Fragilariaceae	7	7	14	30
Bacillariophyceae	9	22	42	147

В микрофитобентосе морей наиболее обильно представлен видами класс Bacillariophyceae, так как в него входят в основном бентосные виды и виды-обрастатели, для которых необходим субстрат для прикрепления. В этом классе наибольшее количество видов принадлежит родам *Nitzschia* (15 видов), *Amphora* (12 видов), *Cocconeis* (11 видов); из класса Fragilariaceae доминирует род *Licmophora* (8 видов), представителями которого являются только виды-обрастатели. Класс Coscinodiscaceae представлен в основном планктонными, или бентопланктонными видами рода *Coscinodiscus* (4), осевшими на субстрат или какую-то часть жизни, проводящих на поверхности субстрата.

Некоторые виды микроводорослей впервые нами были встречены при исследовании образцов искусственных (антропогенных) субстратов в прибрежье Чёрного моря (Приложение Б), но которые ранее были указаны другими авторами для природных субстратов. Для перифитона искусственных субстратов, как правило, состоящих из твёрдых поверхностей, характерны донные организмы, имеющие

органы прикрепления. Кроме типичных видов-обрастателей, встречаются бентопланктонные виды, слабо связанные с субстратом, обитающие и в толще воды, и на дне водоёмов, а также планктонные виды, осевшие на субстрат в период шторма или взмучивания вод. Характеристика микроводорослей по приуроченности их к местообитанию показала, что в перифитоне антропогенных субстратов кроме бентосных (70 %) и бентопланктонных (7 %), 23 % относится к планктонным видам (рис. 3.2). Значительный процент планктонных видов в перифитоне антропогенных субстратов особенно часто наблюдается на малых глубинах в прибрежных участках морей, либо в период отмирания фитопланктона, либо при усилении антропогенного загрязнения морских акваторий [9, 99, 106, 112].

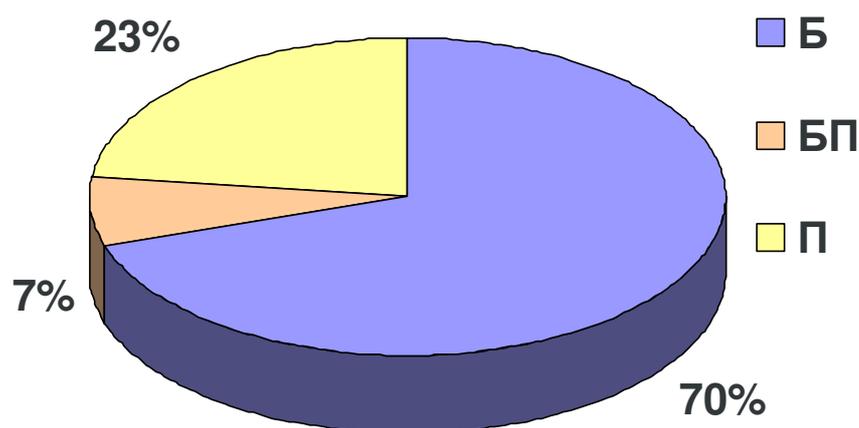


Рис. 3.2 Процентное соотношение видов микроводорослей по их приуроченности к местообитанию в перифитоне Чёрного моря: Б – бентосные, БП – бентопланктонные, П – планктонные виды

Одним из важнейших факторов в распределении гидробионтов в море, в частности, диатомовых водорослей, является солёность воды [90, 99]. Этот фактор широко используют при характеристике флоры диатомовых водорослей по их отношению к солёности воды. Анализ флоры микроводорослей перифитона антропогенных субстратов крымского побережья Чёрного моря показал, что преобладают морские виды (58 %) со значительной долей солоноватоводно-морских (26 %) и при незначительном вкладе (7%) видов пресноводного комплекса (рис. 3.3).

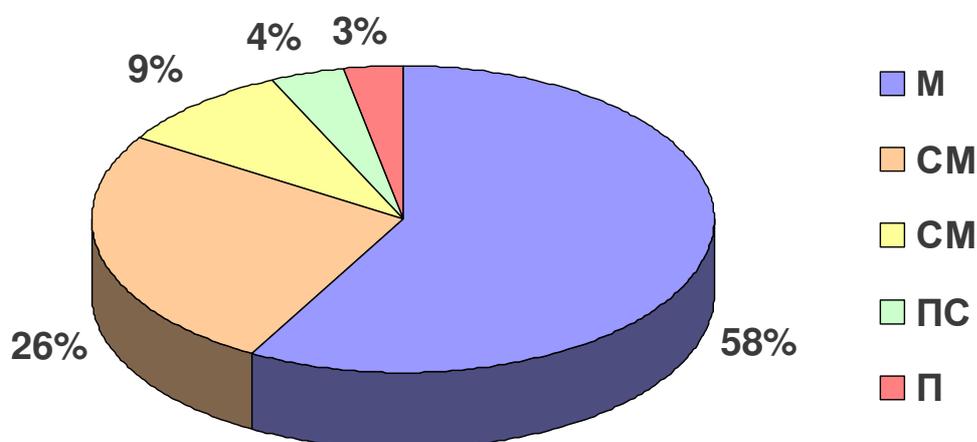


Рис. 3.3 Процентное соотношение экологических элементов флоры микроводорослей перифитона в побережье Чёрного моря: М – морской, СМ – солоноватоводно-морской, С – солоноватоводный, П – пресноводный, ПС – пресноводно-солоноватоводный

С экологической характеристикой флоры тесно связана фитогеография видов, то есть ареал их распространения в различных акваториях Мирового океана. Анализ флоры микроводорослей перифитона антропогенных субстратов в крымском побережье Чёрного моря показал, что здесь преобладают бореально-тропические

(23 %), бореальные (20 %) элементы флоры со значительным вкладом видов-космополитов (19 %) (рис. 3.4), что ранее отмечено для микрофитобентоса Чёрного моря [99].

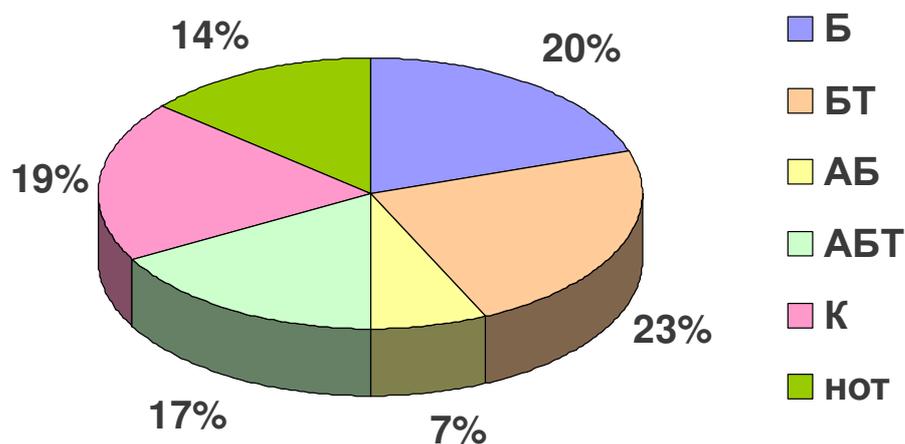


Рис. 3.4 Процентное соотношение фитогеографических элементов флоры микроводорослей перифитона в прибрежье Чёрного моря: Б – бореальный, АБ – аркто-бореальный, БТ – бореально-тропический, АБТ – аркто-бореально-тропический, К – космополит, нот – нотальный

3.2. Видовой состав микроводорослей перифитона антропогенных субстратов в крымском прибрежье Чёрного моря

В результате исследования видового состава микроводорослей антропогенных субстратов разного типа в 11 районах крымского прибрежья Чёрного моря за период 2007 – 2008 и 2010 – 2014 гг. обнаружено 136 видов и ввт микроводорослей, которые

относятся к 5 отделам, 8 классам, 33 порядкам, 52 семействам и 76 родам в том числе представители Bacillariophyta (109 вида и ввт), Cyanoprokaryota (15 видов), Dinophyta (8 видов), Chlorophyta (3 вида) и Haptophyta (1 вид) (табл. 3.2).

Таблица 3.2

**Таксономическая структура микроводорослей перифитона в крымском
прибрежье Чёрного моря**

Отделы	Класс	Порядок	Семейство	Род	Вид и ввт
Суанопрокарыота	1	5	9	9	15
Bacillariophyta	3	20	34	57	109
Chlorophyta	2	2	2	3	3
Dinophyta	1	5	6	6	8
Haptophyta	1	1	1	1	1
Всего:	8	33	52	76	136

Из общего списка видов водорослей, обнаруженных нами, в перифитоне экспериментальных стеклянных пластин в Карантинной бухте при разных сроках их экспозиции за весь период исследования (2007 – 2008 и 2010 – 2012 гг.) обнаружено 126 видов и ввт микроводорослей, из них 103 – диатомовых. При изучении видового состава микроводорослей перифитона антропогенных субстратов в крымском прибрежье были выявлены виды, являющиеся новыми для флоры Чёрного моря и крымского прибрежья, либо впервые указанные для перифитона моря. Ниже остановимся на общей характеристике некоторых из них.

Новые виды для крымского побережья Чёрного моря

Синезелёные водоросли (отдел Cyanoprokryota)

За период (2007 – 2012 гг.) изучения микроводорослей перифитона стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря, кроме диатомовых водорослей, указанных ранее разными авторами, впервые на искусственных субстратах были отмечены виды цианобактерий (Приложение Б).

Spirulina breviarticulata (Setchell et Gardner) Geitler 1932

(= *Arthrospira breviarticulata* Setchell et Gardner 1918)

Трихомы длинные, перешнурованные, 14,5 – 16,0 мкм шириной, изогнутые пополам в форме узла так, что концы их встречаются друг с другом, образуют на всём своём протяжении более или менее правильную, но сильно вытянутую спираль, при этом обе изогнутые половинки трихома иногда спирально переплетаются друг с другом (рис. 3.5, 3.6).

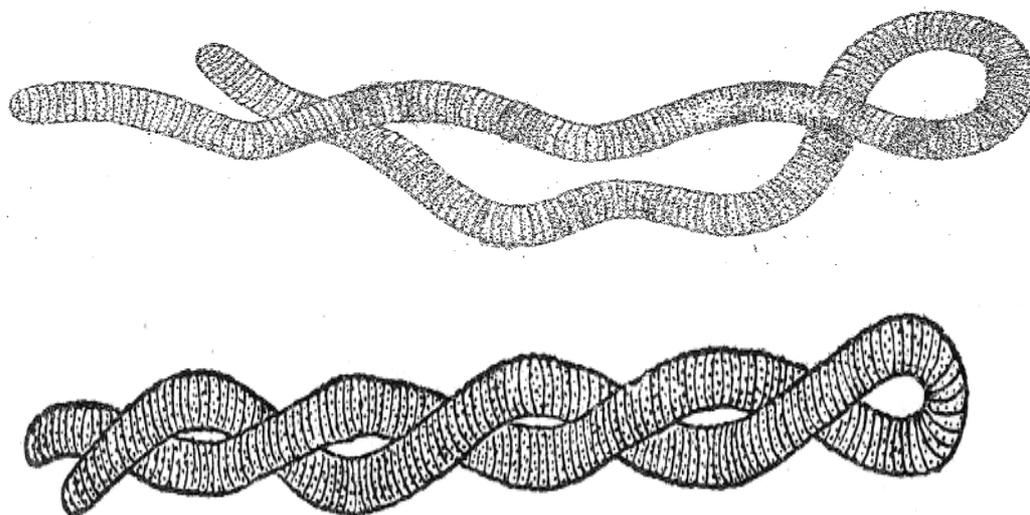


Рис. 3.5 Вид *Spirulina breviarticulata* (из: [54], по Setchell et Gardner, 1918)

Клетки вида очень короткие, достигающие длины 2,5 – 3,5 мкм. Поперечные перегородки хорошо заметные. Апикальные клетки сильно выпуклые, без утолщённого внешнего слоя оболочки [54]. Окраска протопластов варьирует от светлосинезелёной до тёмнозелёной, иногда даже до фиолетовой [73]. Встречается вид на прибрежных скалах, бетонных стенах и эпифитно на макрофитах. Впервые указан в Чёрном море в Новороссийском порту [73]. По общему распространению вид известен в Северной Америке: Калифорнийское побережье, г. Сан-Франциско, у берегов Румынии [54, 136].

В крымских водах Чёрного моря вид впервые встречен Л.И. Рябушко в Карантинной бухте в перифитоне стеклянных пластин при сроке экспозиции (17.01 – 21.05. 2007 г.) на глубине 2 м от поверхности дна при температуре воды 18°C (рис. 3.6). Размеры: ширина трихома 14,6 – 15,2 мкм. Встречаемость в пробах – часто.

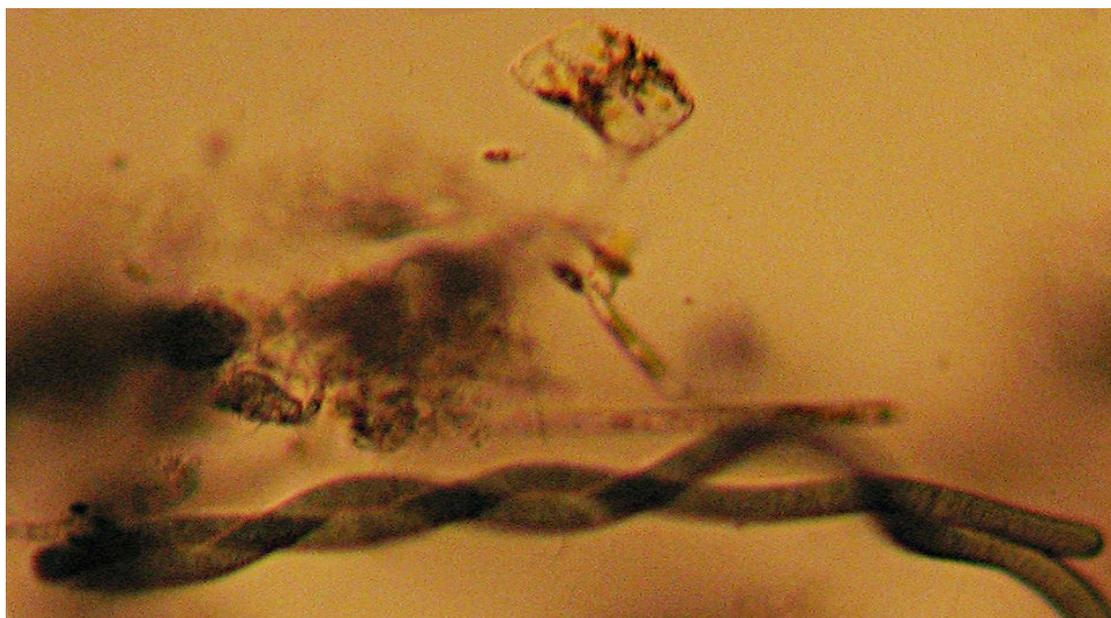


Рис. 3.6 Вид *Spirulina breviarticulata* на поверхности стеклянной пластины в Карантинной бухте Чёрного моря, май 2007 г. (фото Л.И. Рябушко)

Phormidium nigroviride (Thw. ex Gomont) Anagn. et Komárek 1988

(= *Oscillatoria nigro-viridis* Thw. ex Gomont 1892; *O. insidiosa* Crouan 1860)

Вид имеет трихомы оливкового цвета, 7 – 11 – (12) мкм ширины, почти прямые, ломкие, у поперечных перегородок перешнурованные, на концах утончающиеся, тупые, иногда изогнутые (рис. 3.7, 3.8). Поперечные перегородки гранулированные. Клетки 3 – 5 – (6) мкм длины, которая обычно составляет 1/2 – 1/4 ширины. Апикальные клетки почти головчатые, с выпуклой, слегка утолщённой оболочкой [54]. Вид морской, встречается на скалах, стенах, балках и эпифитно на водорослях. Впервые в Чёрном море указан в Новороссийской бухте в северо-западной части и в порту [73].

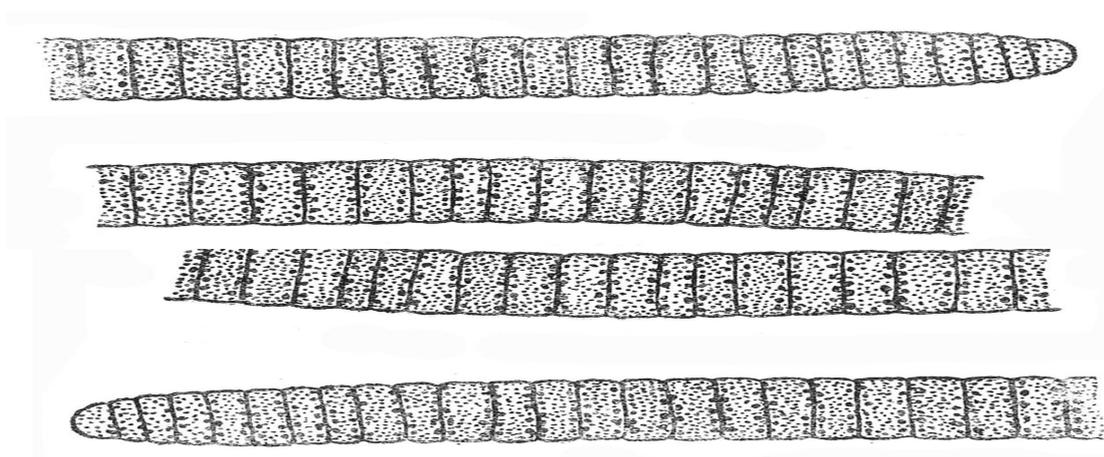


Рис. 3.7. *Phormidium nigroviride* по: [54].

Вид впервые встречен Л.И. Рябушко в перифитоне стеклянных пластин в Карантинной бухте при сроке их экспозиции (17.01 – 21.08. 2007 г.) на глубине 2 м от поверхности дна при температуре воды 28°C (рис. 3.8). Численность достигала 120,6 тыс. кл·см⁻². Размеры: трихомы однорядные, ширина 12,1 – 13,5 мкм, длина 75 – 250 мкм; длина клетки 4 – 5 мкм.

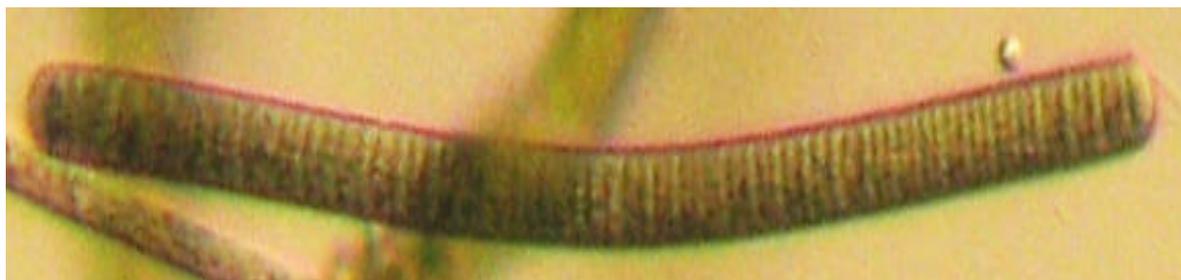


Рис. 3.8 Вид *Phormidium nigroviride* на поверхности стеклянной пластины в Карантинной бухте, август 2007 г. (фото Л.И. Рябушко)

Phormidium sp. 1

Вид впервые встречен Л.И. Рябушко в крымских водах Чёрного моря в акватории близ Карантинной бухты в мае и августе 2007 г. на глубине 2 м от поверхности дна в перифитоне стеклянных пластин при сроках экспозиции (17.01 – 21.05. 2007 г., $t = 18^{\circ}\text{C}$); трихомы однорядные шириной 18,5 мкм (рис. 3.9) и (17.01 – 21.08. 2007 г., $t = 28^{\circ}\text{C}$); трихомы однорядные шириной 14,0 мкм (рис. 3.10).



Рис. 3.9 Вид *Phormidium* sp. 1 на поверхности стеклянной пластины в Карантинной бухте, май 2007 г. (фото Л.И. Рябушко)



Рис. 3.10 *Phormidium* sp. 1 на поверхности стеклянной пластины в Карантинной бухте, август 2007 г. (фото Л.И. Рябушко)

Phormidium sp. 2

Вид впервые встречен Л.И. Рябушко в крымских водах Чёрного моря в Карантинной бухте в перифитоне стеклянных пластин при сроке экспозиции (17.01 – 21.08. 2007 г., $t = 28^{\circ}\text{C}$) (рис. 3.11).



Рис. 3.11 *Phormidium* sp. 2 на поверхности стеклянной пластины в Карантинной бухте, август 2007 г. (фото Л.И. Рябушко)

Новые виды для вод Чёрного моря

Pseudocapsa sphaerica (Proschk-Lavr.) Kovačik 1988

(= *Мухосарцина сферика* Proschk-Lavr. 1951)

Впервые вид описан А.И. Прошкиной-Лавренко (1951) из Азовского моря, а затем обнаружен Л.И. Рябушко в феврале 2007 г. в массе в Чёрном море (рис. 3.12)

на экспериментальных стеклянных пластинах в акватории близ Карантинной бухты, простоявших в течение (17.01 по 02. 2007 г.) при температуре воды 7,7°C [98, 99].

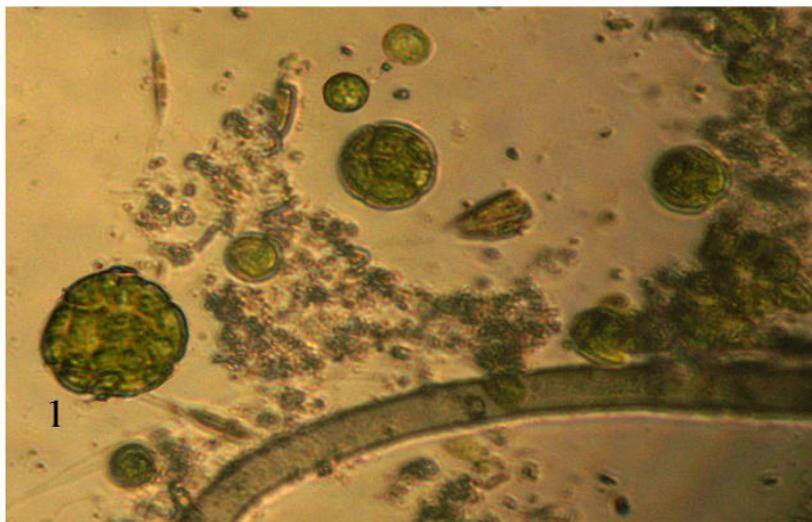


Рис. 3.12 Колонии *Pseudocapsa sphaerica* на поверхности стеклянной пластины в Карантинной бухте Чёрного моря, февраль 2007 г. (фото Л.И. Рябушко)

***Myxohyella lutea* (Setchell et Gardner) Geitler 1925**

(= *Chlorogloea lutea* Setchell et Gardner 1918)

Слоевища *M. lutea* различной величины, обычно распространяются на поверхности растения-хозяина в виде подушечек, достигающих 100 мкм толщины (по нашим данным 108 мкм), состоящих из прямостоячих клеточных рядов или неправильных клеточных скоплений (рис. 3.13, 3.14). Клетки 0,9 – 1,5 мкм ширины, сплюснутые более или менее квадратные, конечные клеточки до 4 мкм длины, содержимое клеток бледно-желтовато-зелёное. Оболочки бесцветные [54].

Вид морской, указан как эпифит на поверхности красной водоросли *Iridea minor* J. Agardh ([54] по: Setchell et Gardner, 1937), ещё слабо изучен, известен только на Калифорнийском побережье Сев. Америки. Впервые обнаружен нами в Чёрном море в Карантинной бухте в перифитоне стеклянных пластин при сроке экспозиции

в море (с 27 декабря 2010 по 25 марта 2011 гг.) на глубине 2 м от поверхности дна при температуре воды 11°C (рис. 3.14).

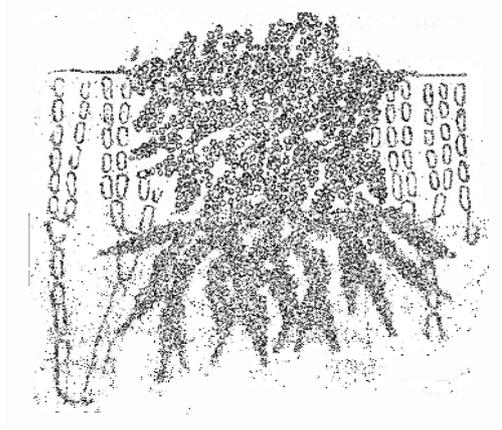


Рис. 3.13 Вид *Muxohyella lutea* [из: 54, по Setchell et Gardner, 1925]

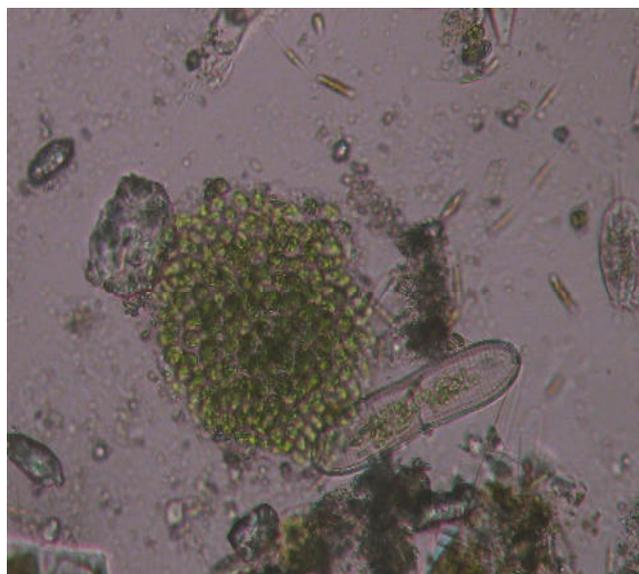
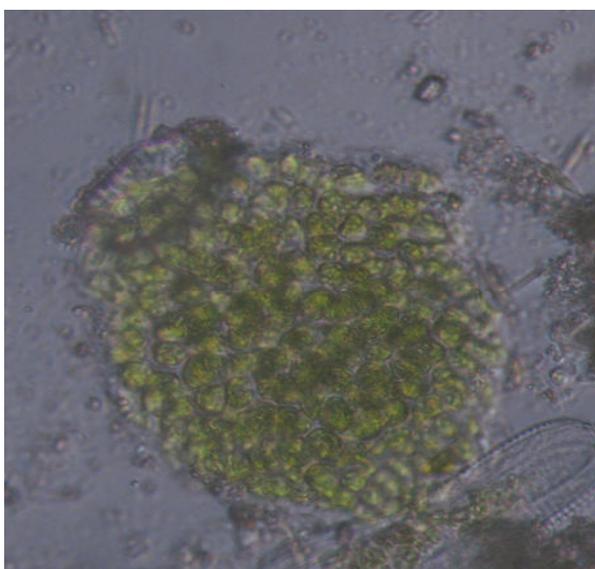


Рис. 3.14 Вид *Muxohyella lutea* на поверхности стеклянной пластины в Карантинной бухте Чёрного моря, март 2011 г. (фото Д.С. Балычевой)

Зелёные водоросли (отдел Chlorophyta)

При экспозиции экспериментальных стеклянных пластин в Карантинной бухте (2007 – 2012 гг.), вид зелёной микроскопической водоросли, идентифицированной нами как *Phycopeltis arundinacea* (Montagne) De Toni, впервые встречен ещё в 2007 г., но часто и в массе отмечен в основном в 2011 г. (рис. 3.11), а также на осколках бутылочных стёкол, обнаруженных у мыса Песчаного бухты Круглой, круглогодично встречался в прибрежье моря (рис. 3.15 – 3.17), новый вид для вод Чёрного моря [109].

Таксономический статус вида

Отдел Chlorophyta A. Pascher 1914

Подотдел Tetraphytina T. Cavalier-Smith

Класс Ulvophyceae K.R. Mattox & K.D. Stewart 1978

Порядок Trentepohliales Chadeffaud ex R.H. Thompson & D.E. Wujek 1997

Семейство Trentepohliaceae Hansgirg A. 1886

Род *Phycopeltis* Millardet 1870

***Phycopeltis arundinacea* (Montagne) De Toni 1889**

(Basionym: *Phyllactidium arundinaceum* Montagne 1846)

Морфология вида. Растение образует оранжевые или жёлто-коричневые дисковидные слоевища, заметные даже невооружённым глазом, особенно на стеклянных поверхностях в виде точек (рис. 3.15), формируя округлые, чётко ограниченные диски диаметром от 0,5 до 1500 мкм, тесно по бокам прижатые дихотомическими филаментами к субстрату [141]. Там, где два слоевища соединяются вместе, они не нарастают друг на друга [162], а соединяются плотно на краях и далее рост в этом направлении прекращается (рис. 3.16).



Рис. 3.15 Заселение стеклянной пластины диатомовыми водорослями и массовое развитие *Ph. arundinacea* в феврале 2012 г. (фото Д.С. Балычевой)

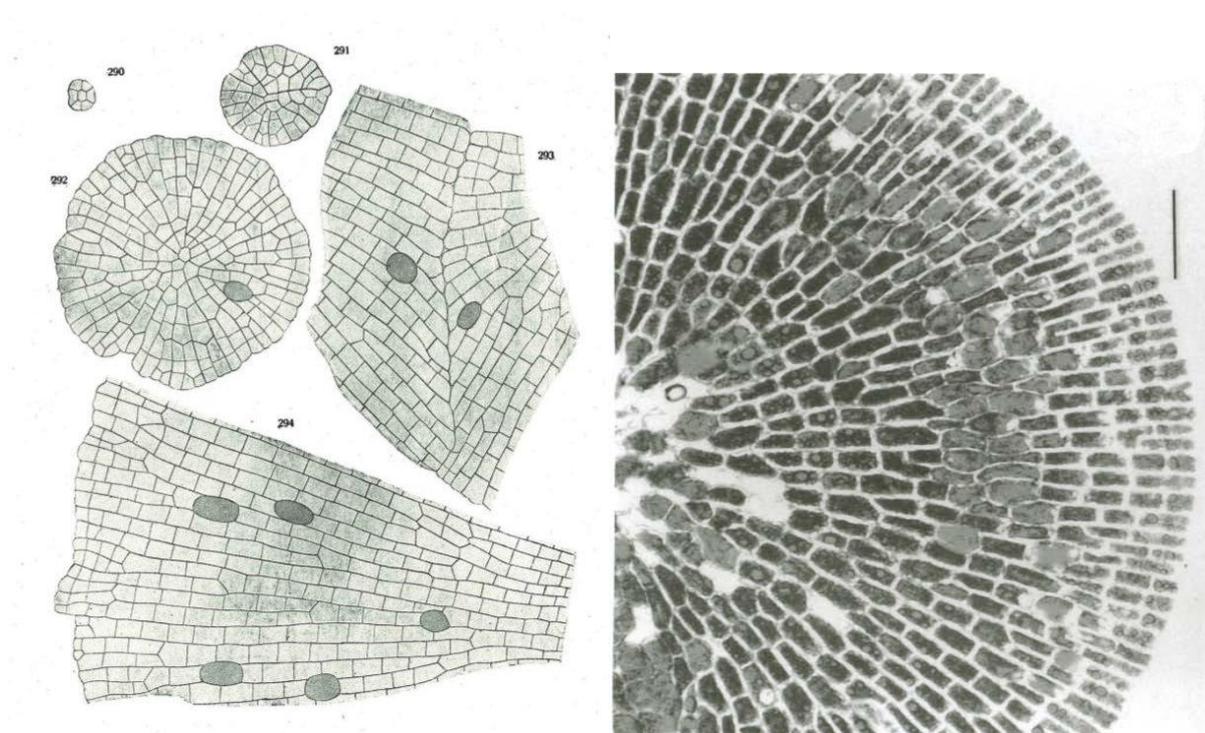


Рис. 3.16а, б Зелёная водоросль *Phycopeltis arundinacea* (Mont.) De Toni: : а – (из: Printz, 1921, Pl. XI, Fig. 290 – 294): рис. 290 – очень молодое слоевище из 7 клеток; рис. 291 – 292 – молодые слоевища, последнее – с диском спорангия; рис. 293 – края двух дисков в контакте друг с другом; рис. 294 – структура взрослого слоевища, ряды клеток дихотомически разветвлённые с дисками спорангий; б – фрагмент слоевища *Ph. arundinacea* с дисками гаметангий, СМ из: [167]

Микрофотографии вида (рис. 3.17), образующего мозаичную и живописную картину на поверхности стеклянных пластин в море, выполнены в световом микроскопе в прижизненном состоянии водоросли.

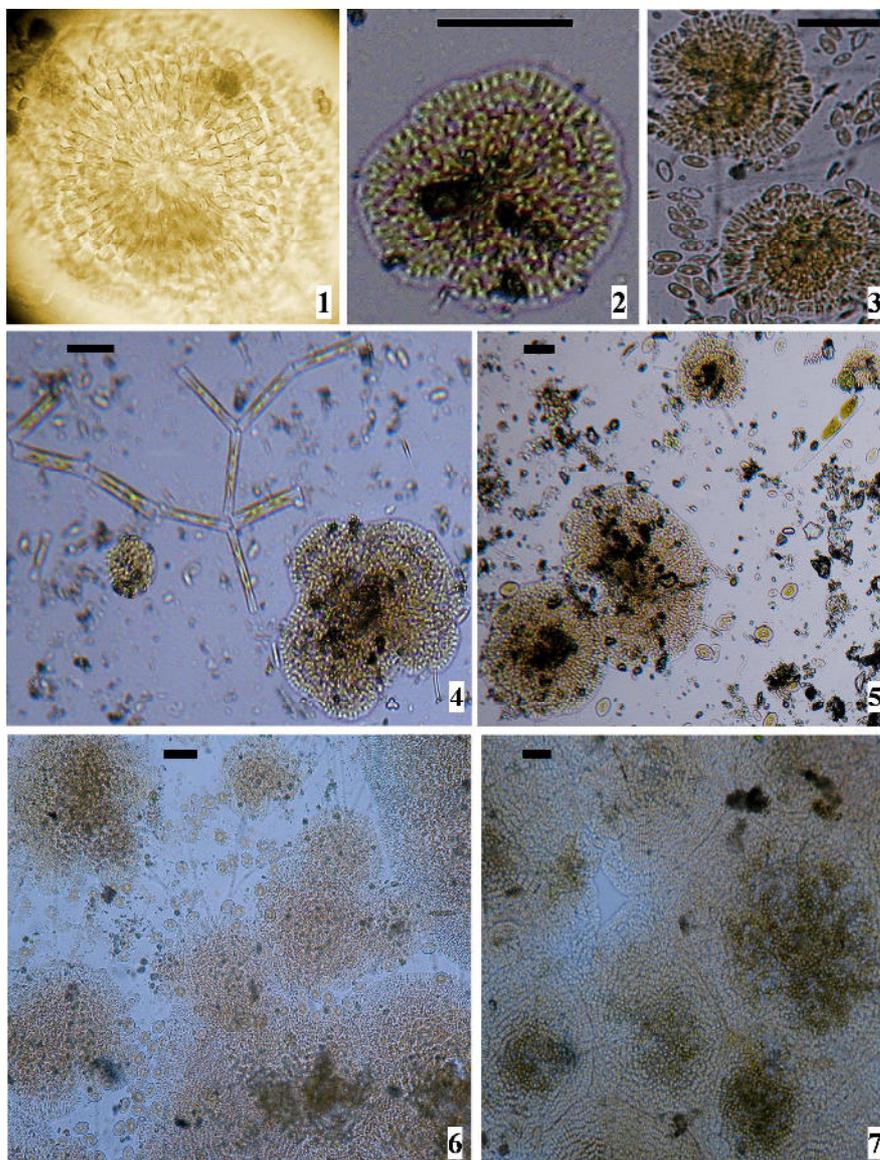


Рис. 3.17 Колонии *Phycopeltis arundinacea* (1 – 7) вместе с диатомовыми водорослями *Neosynedra provincialis* (4) и *Cocconeis scutellum* (3, 5, 6) на поверхности стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря в разные сезоны 2011 г., шкала 10 мкм (фото Д.С. Балычевой)

При рассмотрении в световом микроскопе, вид имеет характерное правильное расположение клеток в радиальных рядах (рис. 3.16, 3.17, 1). Это наблюдается уже в молодых и маленьких дисках. По отношению к окружности ряды клеток делятся дихотомически, и таким образом формируется однослойный цельный диск без дыр и разрывов. Край слоевища ровный и сплошной, всегда лишённый долей, нет тенденции к разрушению на отдельные нити. Слоевища растут так плотно, что невооружённым глазом диски сливаются вместе в одно целое образование протяженностью до нескольких см².

Экология вида. Вид субаэральный и морской, эпифитный и эпибентосный. Встречается как эпифит на поверхности листьев многолетних и сосудистых растений и мхов, на бамбуке, твердой и гладкой поверхности которого он формирует характерный налёт тусклого серо-зелёного цвета (при высушивании), отмечен на листьях смородины, ежевики, вишни, тиса, плюща *Hedera helix* Linnaeus, падуба *Ilex aquifolium* Linnaeus, папоротника *Blechnum spicant* (Linnaeus) Roth, на хвое пихты. Указан во влажных местообитаниях и в лесах Ирландии, находящихся под влиянием атлантических осадков [167, 180], а также отмечен у берегов ЮАР со стороны Атлантического и Индийского океанов [162].

В Чёрном море *Ph. arundinacea* встречался круглогодично независимо от температуры воды (7,7 до 22°C) в море на глубине от 0,2 до 2,0 м, достигая высокой численности в зимний период (табл. 3.3).

Длина клеток *Ph. arundinacea* из Чёрного моря составляла 8,5 – 9,0 мкм, ширина 3,6 – 5,1 мкм, отношение длины к ширине – 1,7 – 2,4. Диаметр слоевища зависит от возраста водоросли и варьирует от 35 до 448 мкм.

Таблица 3.3

**Количественные характеристики *Phycopeltis arundinacea* (Mont.) De Toni
перифитона стеклянных субстратов в крымских водах Чёрного моря**

Дата отбора проб	Место отбора проб	Субстрат	$t, ^\circ\text{C}$	Средние размеры, мкм		$N,$ кл·см ⁻²	$B,$ мг·см ⁻²
				Длина/ширина клетки	d		
25.03.2011	Карантинная бухта	ЭСП	8,0	-	-	-	-
11.07.2011	Мыс Песчаный	БС	21,0	-	-	-	-
22.08.2011	Карантинная бухта	ЭСП	22,0	-	447,7	595	0,516
26.09.2011	-«-	-«-	21,0	-	440	270	0,197
25.10.2011	-«-	-«-	15,0	9,0/4,9	-	-	-
24.11.2011	-«-	-«-	9,4	8,9/4,5	110	611	0,028
22.12.2011	-«-	-«-	10,0	8,5/5,1	35,2	540	0,002
23.01.2012	-«-	-«-	7,7	8,5/3,6	125,6	942	0,047
10.10.2012	Мыс Песчаный	БС	22,0	-	-	-	-

Примечание. БС – бутылочные стёкла; ЭСП – экспериментальные стеклянные пластины; N – численность и B – биомасса вида; d – диаметр слоевища.

Первая находка в Чёрном море расширяет сведения об его экологии, так как в большинстве литературных источников указывается на наземное местообитание вида. Если даже предположить, что споры рассматриваемого растения случайно попали с суши в морскую среду, то очевидно, что в море вид нашёл благоприятные условия для своего обитания.

Этот вид широко встречается в разных странах, о чём свидетельствуют литературные данные, приведенные ниже.

Общее распространение. Вид бореальный и нотально-тропический. Указан как космополит тропических, субтропических и умеренных экосистем [152]. Наземные местообитания: Алжир, Британия, Бангладеш, Вьетнам, южная Германия, Индия, Индонезия, Ирландия, Испания, Малазия, Франция, Французская Гвиана, Суматра, Ява, США, Южная и Западная Африка. На наш взгляд [109], вид как-то связан с влиянием морских осадков, т. к. в лесах Ирландии, находящихся под влиянием атлантических дождей, этот вид широко обнаружен во влажных местообитаниях [167, 180], а также отмечен на побережье бухты Салданья и порта Дурбан ЮАР со стороны Атлантического и Индийского океанов [160, 162, 163].

Анализ литературных источников так же показал, что вид имеет практическую значимость. У видов рода *Phycopeltis* выделено специфическое высокомолекулярное вещество спорополленин – устойчивый природный биополимер, покрывающий наружные стенки спор и пыльцы растений, резистентный к микробиологической, химической и физической деградации, позволяющий изучать морфологию и микроструктуры палиноморф (микроскопических остатков, извлекаемых из геологических пород), широко используемого в науке палинологии [135, 144, 150]. Известно также, что это уникальное вещество имеет важное практическое применение, может значительно снижать уровень тяжёлых металлов в организме человека и предотвращать старение кожи. Учитывая экологические условия обитания вида на суше и в море, можно рекомендовать использовать водоросль для мониторинга качества морской среды.

В связи с тем, что при исследовании перифитона антропогенных субстратов выявлено, что водоросли отдела *Vacillariophyta* преобладают по количеству видов (85 % всей флоры), поэтому более подробно остановимся на анализе флоры этой группы водорослей. Так, на антропогенных субстратах (фрагменты коллекторов с обрастанием мидии и устрицы, полиэтилена, картона, деревянных конструкций,

бутылочных стёкол и др. нами обнаружено 103 вида, принадлежащих к 3 классам (Bacillariophyceae, Coscinodiscaceae, Fragilariaceae), 20 порядкам, 34 семействам, 57 родам (табл. 3.2). По количеству видов доминируют представители родов *Gyrosigma* Hass. (6 видов) *Navicula* Bory (6 видов), *Nitzschia* Hass. (9), *Amphora* Ehrenb. (6), *Licmophora* Ehrenb. (7). Из них к видам-обрастателям относятся в основном представители последнего рода. Во все сезоны года преобладали диатомовые водоросли, встречаемость которых представлена в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Встречаемость диатомовых водорослей в перифитоне стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря по сезонам разных лет

Видовой состав	Стеклянные пластины							
	2007 – 2008 гг.				2010 – 2011 гг.			
	Зима	Весна	Лето	Осень	Зима	Весна	Лето	Осень
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Achnanthes brevipes</i>	+	+	+	-	-	-	-	-
<i>A. longipes</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>A. pseudogroenlandica</i>	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Amphora bigibba</i>	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>A. hyalina</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>A. obtusa</i>	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>A. ostrearia</i>	-	-	-	-	+	+	+	-
<i>A. parvula</i>	+	+	+	-	-	-	-	-
<i>A. proteus</i>	+	+	+	-	-	-	-	-
<i>Ardissonaea crystallina</i>	+	+	+	-	-	+	+	+
<i>Bacillaria paxillifera</i>	+	-	+	+	+	+	+	-
<i>Berkeleya micans</i>	-	+	-	-	-	-	+	+
<i>B. rutilans</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Caloneis liber</i>	+	-	-	-	+	-	+	-
<i>Campylodiscus fastuosus</i>	-	-	-	-	-	+	-	+
<i>Carinasigma rectum</i>	+	+	-	+	-	+	+	-

Продолж. табл. 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Cerataulina pelagica</i> *	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Climaconeis inflexa</i> *	-	+	-	-	-	-	+	+
<i>Cocconeis costata</i>	+	+	+	-	-	-	-	-
<i>C. distans</i>	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>C. scutellum</i>	+	+	+	-	+	+	+	+
<i>Coscinodiscus jonesianus</i> *	-	+	+	-	+	+	+	+
<i>Cylindrotheca closterium</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Diploneis bombus</i>	-	-	-	-	-	+	+	+
<i>D. smithii</i>	+	-	+	-	-	-	-	-
<i>D. suborbicularis</i>	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Entomoneis gigantea</i>	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>E. paludosa</i>	-	+	+	-	-	+	+	+
<i>Falacia pygmaea</i>	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Falcula media</i> var. <i>subsalina</i>	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Fragilariopsis</i> cf. <i>cylindrus</i>	-	+	+	-	-	-	-	-
<i>Gomphonemopsis pseudexigua</i>	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Grammatophora angulosa</i>	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Gr. marina</i>	+	+	-	-	-	-	+	-
<i>Gyrosigma balticum</i>	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>G. fasciola</i> var. <i>prolongatum</i>	-	-	-	-	+	+	+	+
<i>G. macrum</i>	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>G. prolongatum</i> var. <i>closterioides</i>	-	+	+	-	-	-	-	-
<i>G. tenuissimum</i>	-	+	+	-	-	-	-	-
<i>Halamphora coffeiformis</i>	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Haslea ostrearia</i>	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>H. subagnita</i>	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Licmophora abbreviata</i>	+	+	+	-	+	+	+	+
<i>L. dalmatica</i>	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>L. ehrenbergii</i>	+	+	+	-	-	-	+	+
<i>L. flabellata</i>	+	+	+	-	+	+	+	+
<i>L. gracilis</i>	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>L. paradoxa</i>	+	+	-	-	-	-	-	-

Продолж. табл. 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Lyrella lyra</i>	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>L. nebulosa</i>	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Lyrella</i> sp.	-	+	+	-	-	-	-	-
<i>Mastogloia pusilla</i>	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Melosira moniliformis</i> var. <i>moniliformis</i>	+	+	+	-	+	+	-	+
<i>M. moniliformis</i> var. <i>subglobosa</i>	+	-	+	-	-	-	-	-
<i>M. nummuloides</i>	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula ammophila</i> var. <i>intermedia</i>	+	+	+	-	-	-	-	-
<i>N. directa</i>	-	-	+	-	-	-	+	-
<i>N. distans</i>	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>N. ramosissima</i>	-	+	-	-	+	+	+	+
<i>N. pennata</i> var. <i>pontica</i>	-	+	+	-	-	-	-	-
<i>Navicula</i> sp. 1	-	+	+	-	-	-	-	-
<i>Navicula</i> sp. 2	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula</i> sp. 3	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula</i> sp. 4	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula</i> sp. 5	-	-	-	-	+	+	-	-
<i>Neosynedra provincialis</i>	-	+	-	-	-	-	+	+
<i>Nitzschia hybrida</i> f. <i>hybrida</i>	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>N. hybrida</i> f. <i>hyalina</i>	+	+	+	-	+	+	+	+
<i>N. longissima</i>	+	+	-	-	-	-	+	+
<i>N. rupestris</i>	-	+	+	-	-	-	-	-
<i>N. sigma</i> var. <i>intercedens</i>	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>N. sigmoidea</i>	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>N. tenuirostris</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Nitzschia</i> sp. 1	+	+	+	+	-	-	-	-
<i>Nitzschia</i> sp. 2	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Odontella aurita</i>	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Parlibellus delognei</i>	-	+	+	-	+	+	+	+
<i>P. rhombicus</i>	-	+	-	-	-	-	-	-

Продолж. табл. 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Placoneis climentis</i>	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Pleurosigma angulatum</i>	-	+	+	-	-	-	-	-
<i>Pl. elongatum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Psammodictium panduriforme</i>	-	+	-	-	-	-	+	+
<i>Pseudo-nitzschia calliantha</i>	-	+	+	-	-	-	-	-
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> *	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Proboscia alata</i> **	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Proschkinia complanatoides</i>	-	+	+	-	-	-	-	-
<i>Rhabdonema arcuatum</i>	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Rhoicosphenia marina</i>	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Seminavis ventricosa</i>	+	-	+	+	-	-	-	+
<i>Skeletonema costatum</i> *	+	-	+	-	-	-	-	-
<i>Stauroneis simulans</i>	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Striatella delicatula</i>	+	-	-	+	-	-	+	+
<i>S. unipunctata</i>	+	+	+	+	+	+	-	+
<i>Surirella fustuosa</i>	-	+	-	-	-	+	+	-
<i>Tabularia fasciculata</i>	+	+	+	-	+	+	+	+
<i>T. tabulata</i>	+	-	-	-	+	+	+	-
<i>Thalassiosira eccentrica</i> *	-	-	-	-	+	+	-	-
<i>Th. parva</i> *	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Thalassiosiphysa hyalina</i> *	-	-	+	-	+	-	+	-
<i>Trachyneis aspera</i>	-	+	+	+	-	-	+	-
<i>Tryblionella marginulata</i>	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Undatella lineolata</i>	-	+	-	-	-	+	+	+
<i>U. quadrata</i>	-	+	+	-	+	+	-	-
Всего по сезонам года:	41	63	50	14	26	31	42	38
Всего по годам:	86				55			

Примечание. (*) – виды фитопланктона, осевшие на субстрат.

Количество видов, обнаруженное течение эксперимента 2007 – 2008 гг., колебалось от 14 до 63 при среднем значении за год – 42 вида, а в 2010 – 2012 гг. – от 26 до 38 при среднем значении – 34 вида. Максимальное количество видов в 2007 – 2008 гг. отмечено весной и летом, а в 2010 – 2012 гг. – в летне-осенний сезон.

Диатомовые водоросли являются признанными индикаторами качества водоёмов [3, 69, 99, 169, 174], но из-за слабой изученности их индикационных характеристик они ещё недостаточно используются для морских вод [6-9 26, 99]. Ранее для микрофитобентоса Чёрного моря было выделено 30 видов микроводорослей – индикаторов органического загрязнения вод [99]. В Карантинной бухте на антропогенных субстратах нами указано 20 видов диатомовых водорослей – индикаторов органического загрязнения вод, по которым в литературе известна информация (табл. 3.5), из них 14 видов относится к β -мезосапробионтам и 3 вида – к олиго-альфа-мезосапробионтам – видам-индикаторам умеренно загрязнённых вод, единично встречены α -мезосапробионты – индикаторы значительного органического загрязнения, а также олиго- и ксеноолигосапробионты – индикаторы чистых вод. По отношению видов к показателю рН морской воды отмечено 16 видов – алкалифилов и 3 вида – индифферентных. Кроме того, по отношению видов к температурному фактору воды, выявлено 36 эвритермных видов, широко встречающихся в морях Мирового океана.

Однако известно, что микроводоросли могут оказывать отрицательное действие на качество воды и обитателей водоёма, например, при катастрофически быстром росте их биомассы в локальных акваториях, это может привести к массовой гибели рыб [95, 96, 97].

Таблица 3.5

**Биоиндикационные характеристики некоторых видов диатомовых водорослей
перифитона стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря**

Таксон	<i>S</i>	<i>T</i>	<i>A</i>
1	2	3	4
<i>Achnanthes brevipes</i>	β	эвр	алк
<i>A. longipes</i>	β	эвр	алк
<i>A. hyalina</i>	β	эвр	алк
<i>A. proteus</i>	β	эвр	алк
<i>Ardissonaea crystallina</i>	β	эвр	алк
<i>Bacillaria paxillifera</i>	σ - α	эвр	инд
<i>B. rutilans</i>	-	эвр	алк
<i>Caloneis liber</i>	-	эвр	алк
<i>Cocconeis costata</i>	-	эвр	алк
<i>C. distans</i>	-	-	алк
<i>C. scutellum</i>	β	эвр	алк
<i>Cylindrotheca closterium</i>	β	эвр	алк
<i>Diploneis smithii</i>	-	эвр	алк
<i>Entomoneis paludosa</i>	-	эвр	алк
<i>Grammatophora angulosa</i>	-	эвр	-
<i>Gr. marina</i>	β	эвр	алк
<i>Halamphora coffeiformis</i>	-	эвр	алк
<i>Licmophora abbreviata</i>	β	эвр	алк
<i>L. flabellata</i>	β	эвр	алк
<i>L. paradoxa</i>	-	эвр	алк
<i>Melosira moniliformis</i> var. <i>moniliformis</i>	σ - α	эвр	алк
<i>M. moniliformis</i> var. <i>subglobosa</i>	σ - α	эвр	алк
<i>M. nummuloides</i>	-	эвр	алк
<i>Navicula directa</i>	-	эвр	алк
<i>N. ramosissima</i>	-	эвр	алк
<i>Nitzschia hybrida</i> var. <i>hybrida</i>	-	эвр	алк
<i>N. hybrida</i> f. <i>hyalina</i>	β	эвр	алк
<i>N. sigmoidea</i>	σ	-	-
<i>Odontella aurita</i>	-	эвр	-
<i>Pleurosigma angulatum</i>	-	эвр	-

1	2	3	4
<i>Pl. elongatum</i>	-	эвр	-
<i>Rhabdonema arcuatum</i>	-	эвр	-
<i>Seminavis ventricosa</i>	β	эвр	алк
<i>Striatella unipunctata</i>	-	эвр	алк
<i>Tabularia fasciculata</i>	α	эвр	инд
<i>T. tabulata</i>	β - α	эвр	инд
<i>Trachyneis aspera</i>	β	эвр	алк
<i>Undatella lineolata</i>	β	эвр	-

Примечание. Список обозначений и сокращений по [3] с изменениями и дополнениями [99]. *T* – температурная приуроченность – (эвр – эвритермный); (–) – информация отсутствует; *S* – зона самоочищения по Пантле-Буку в модификации Сладчека [174] с индивидуальными индексами каждой из групп сапробионтов: β -бетамезосапробионт, β - α – бета-альфамезосапробионт, α – альфамезосапробионт α – олиго-альфамезосапробионт; *A* – группы индикаторов ацидификации: инд – индифферент; алк – алкалофил.

На антропогенных субстратах в крымском побережье Чёрного моря нами зарегистрировано 15 потенциально опасных видов, способных продуцировать токсины и вызывать «цветение» воды или красные приливы в море.

3.2.1. Микроводоросли стеклянных пластин при кратко- и долговременной экспозиции (2007 – 2008 гг.). За период исследования фитоперифитона экспериментальных стеклянных пластин с января 2007 по февраль 2008 гг. обнаружено 86 видов и ввт диатомовых водорослей (табл. 3.4). Преобладали в основном бентосные виды (65 %) со значительным вкладом планктонных (23 %), осевших на поверхность стёкол (рис. 3.18).

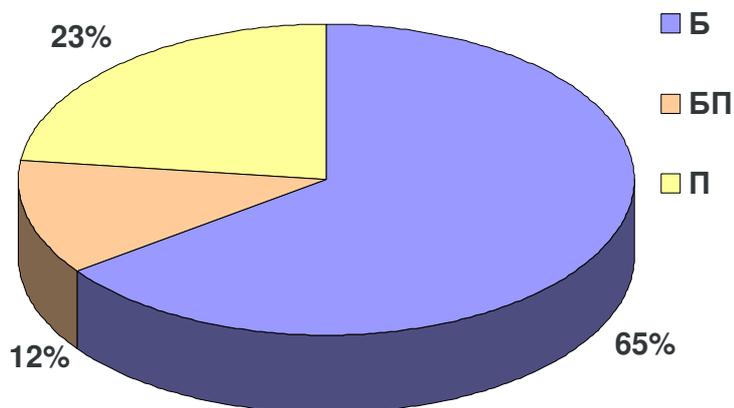


Рис. 3.18 Процентное соотношение видов микроводорослей по их приуроченности к местообитанию в перифитоне крымского побережья Чёрного моря: Б – бентосные, БП – бентопланктонные, П – планктонные виды

В Чёрном море наиболее распространенными являются морские виды, в т.ч. они преобладали и в крымском побережье (57 %), также значительный процент составляли солоноватоводно-морские формы (42 %), вклад пресноводного комплекса незначителен (1 %) (рис. 3.19). По фитогеографической принадлежности среди элементов флоры преобладали виды-космополиты (26 %) и бореальные виды (24 %) (рис. 3.20).

В сообществе микроводорослей перифитона выявлено 8 круглогодичных массовых видов диатомовых водорослей, из них отмечены колониальные – *A. longipes*, *Berkeleya rutilans*, *S. unipunctata* и одиночноживущие формы – *A. hyalina*, *Cylindrotheca closterium* (Ehrenb.) Reim. et Lewin, *N. tenuirostris*, *Pleurosigma elongatum* W. Smith, *Nitzschia* sp. 1.

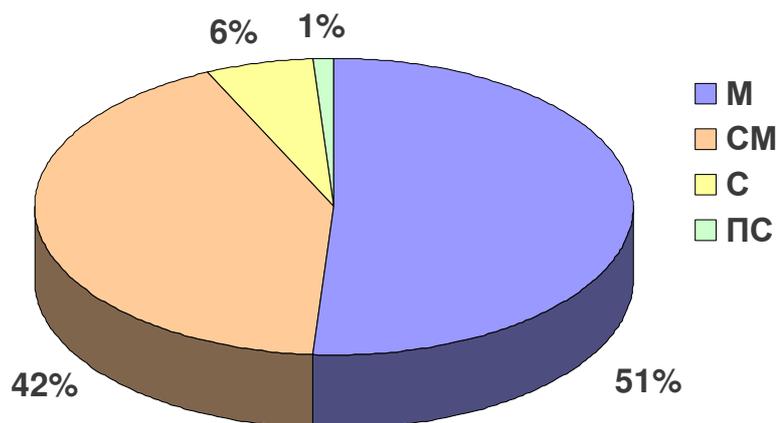


Рис. 3.19 Процентное соотношение экологических элементов флоры микроводорослей перифитона перифитона стеклянных пластин в 2007 – 2008 гг.: М – морской, СМ – солоноватоводно-морской, С – солоноватоводный, П – пресноводный, ПС – пресноводно-солоноватоводный

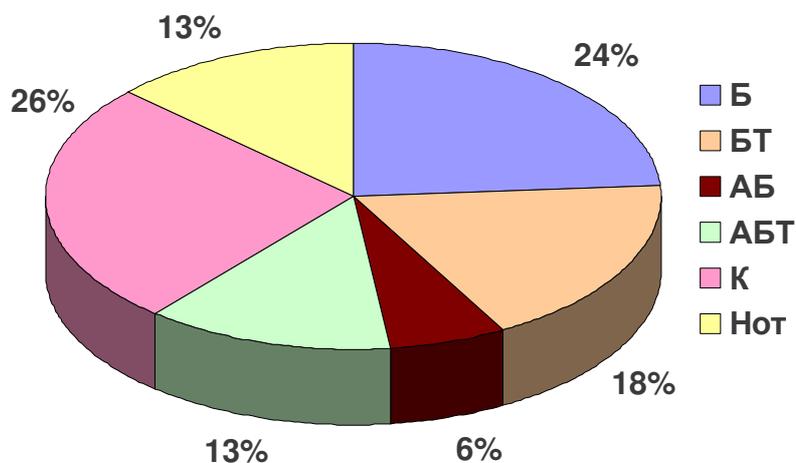


Рис. 3.20 Процентное соотношение фитогеографических элементов флоры микроводорослей перифитона стеклянных пластин в 2007 – 2008 гг: Б – бореальный, АБ – аркто-бореальный, БТ – бореально-тропический, АБТ – аркто-бореально-тропический, К – космополит, нот – нотальный

В зависимости от сезона года и состава водорослей, обнаруженных в перифитоне Карантинной бухты, изменялся внешний вид обрастаний стеклянных пластин (см. рис. 2.4). С января по февраль 2007 г. со сроком экспозиции в один месяц на стеклянных пластинах были обнаружены только диатомовые водоросли. В марте при двухмесячной накопительной экспозиции стёкол в море, помимо диатомовых водорослей, на субстрате отмечены представители зелёных, бурых и красных водорослей-макрофитов родов *Sphacelaria* Lyngb., *Polysiphonia* Grev., *Ulothrix* Kütz., *Chaetomorpha* Kütz., *Ulva* L., *Cladophora* Kütz., *Enteromorpha* Link., талломы которых, в свою очередь, заселялись микроводорослями, образуя на стеклянных пластинах макроформы обрастания, видимые невооруженным глазом с толщиной слоя более 2 см [99].

В апреле с увеличением температуры воды в море обычно наблюдается спад развития колоний диатомовых водорослей, что характерно и для природных субстратов Чёрного моря [99-101]. В мае – июне микрофитообрастания стеклянных пластин выражены слабее, чем зимой и ранней весной. При этом колонии некоторых видов диатомовых разрушаются, а увеличивается количество панцирей и одиночных клеток диатомей, покинувших колонии, количество которых сокращается. В это время на экспериментальных субстратах, так же как и на природных, несмотря на доминирование диатомовых, встречаются колонии цианобактерий, а общее обрастание пластин увеличивается за счёт водорослей-макрофитов, особенно некоторых видов зелёных водорослей, которые довольно обильно обрастают колониальными видами диатомовых водорослей родов *Striatella* C. Agardh, *Licmophora*, *Achnanthes* Bory и др. [107]. Так, в мае в массе отмечены колонии и одиночные клетки *L. flabellata*, *C. closterium*, а также представители Cyanoprokaryota: виды *Oscillatoria bonnemaisonii* и *Spirulina tenuissima*, указанные впервые К.Н. Декенбахом (1902) для Балаклавской бухты Чёрного моря [30]. Летом и осенью

заметно снижается обрастание стеклянных пластин диатомовыми водорослями, происходит смена состава доминирующих видов, появляются в массе колонии цианобактерий родов *Phormidium* Kütz. ex Gomont, *Lyngbya* C. Agardh ex Gomont, *Pseudocapsa* Erseg., *Spirulina* Turpin ex Gomont, а колониальные виды диатомей сменяются одиночноживущими родов *Cylindrotheca* и *Nitzschia*.

Из динофлагеллят наиболее часто отмечен вид *Prorocentrum lima* (Ehrenb.) Dodge. В октябре-ноябре 2007 г. наблюдалось снижение количества видов диатомовых водорослей, но увеличение частоты встречаемости колоний цианобактерий, в том числе *Phormidium nigroviride* (Thw. ex Gomont) Anagn. et Komárek (рис. 3.7, 3.8), указанный ранее на скалах и в эпифитоне водорослей-макрофитов в Новороссийской бухте и Сиваше [54].

В декабре при дальнейшем снижении температуры воды в море на поверхности пластин наблюдается вновь обилие колоний диатомовых и цианобактерий, а также поселения многоклеточных водорослей-макрофитов родов *Cystoseira*, *Enteromorpha*, *Sphacelaria*, *Cladophora*, *Polysiphonia*, *Ulothrix*, которые являются особенно привлекательными для заселения их колониальными диатомовыми водорослями родов *Licmophora* C. Agardh, *Berkeleya* Grev., *Melosira* C. Agardh, вместе образующие сложно-структурированный многоярусный слой.

На пластинах, простоявших в море 13 мес., в феврале при температуре воды в море 6°C преобладали колонии диатомовых *Berkeleya rutilans*, *Licmophora flabellata*, *Achnanthes longipes*, *Striatella unipunctata* и в массе цианобактерия *P. sphaerica* (рис. 3.12).

Для сравнения результатов обрастания стеклянных пластин длительного срока экспозиции (до 13 мес.) были проведены эксперименты на пластинах, простоявших в море с кратковременным сроком экспозиции 4, 7, 11, 15 и 20 сут (см. рис. 2.5).

В Карантинной бухте в феврале-марте 2008 г. уже на 4 сутки и последующие (7, 11, 15 и 20 сут) стеклянные пластины начинают достаточно активно заселять одиночные и колониальные виды диатомовых водорослей, которые вместе с бактериями за очень короткое время образуют первичную пленку для последующего заселения макро- и мейобентосными организмами [99]. Кроме диатомовых довольно часто встречаются зелёные водоросли [107], в том числе вид *Ph. arundinacea* (рис. 3.17), который интенсивно колонизировал чистые от обрастания стёкла, простоявшие в море с 25 октября по 24 ноября 2011 г., при снижении температуры воды в море от 15 до 9,4°C.

Исследования показали, что несмотря на едва заметный налёт обрастания на стеклянных пластинах, простоявших в море с 14 по 18 февраля 2008 г., субстрат уже активно заселялся колониями диатомовых водорослей *Licmophora abbreviata*, *L. flabellata*, *A. longipes*, *B. rutilans*, *S. unipunctata*, *Parlibellus delognei*, *Tabularia fasciculata*, а также колониями бентопланктонных видов *Melosira moniliformis* и *Bacillaria paxillifera*, что характерно и для природных субстратов Чёрного моря [99].

На стеклах, простоявших в море 7 и 11 сут, видовой состав практически не изменялся, но кроме диатомовых, отмечены зооспоры, проростки и нити зелёных водоростей-макрофитов родов *Ulothrix*, *Cladophora*, *Ceramium*, *Cystoseira* и др., вытесняя в конце февраля и начале марта диатомовые водоросли. Однако последние, избегая сильного их затенения макрофитами, активно заселяют сами многоклеточные водоросли, образуя многоярусность заселения субстрата [99]. Подобная картина наблюдалась и на 20 сут при значительном вкладе зелёных водорослей-макрофитов.

3.2.2. Микроводоросли стеклянных пластин при разных сроках экспозиции (2010 – 2012 гг.). Для сравнения с предыдущими исследованиями были проведены эксперименты по изучению микроводорослей перифитона стеклянных пластин в той же бухте при суточной и ежемесячной экспозиции. За этот период обнаружено 55 видов и ввт Bacillariophyta (табл. 3.4). Выявлено 12 круглогодичных видов, из них колониальные формы *A. longipes*, *B. rutilans*, *L. abbreviata*, *L. flabellata* Agardh, *Navicula ramosissima* (Agardh) Cleve, *Tabularia fasciculata* (C. Agardh) Will. et Round и одиночноживущие *C. closterium*, *N. tenuirostris* Mereschk., *Amphora hyalina* Kütz., *P. elongatum*, *Gyrosigma fasciola* (Ehrenb.) J.W. Griff. et Henfr., *Nitzchia hybrida* f. *hyalina* Proschk.-Lavr.

Анализ экологических характеристик диатомовых водорослей фитоперифитона стеклянных пластин в течение годового цикла их развития показал, что в сообществе наблюдались как бентосные (56 %) и бентопланктонные (15 %), так и планктонные (29 %) формы (рис. 3.21). По отношению видов к солёности воды в бухте морские виды составляли 58 %, а солоноватоводно-морские виды – 35 %. Другие группы представлены меньшим количеством, из них солоноватоводные составляли 5 % и пресноводно-солоноватоводные формы – 2 % (рис. 3.22).

В фитогеографической структуре флоры микроводорослей высок процент видов с космополитным типом ареала (23 %), бореальные и бореально-тропические элементы составляют по 21 %, наименьший вклад вносят аркто-бореальные и аркто- бореально-тропические (18 %) (рис. 3.23).

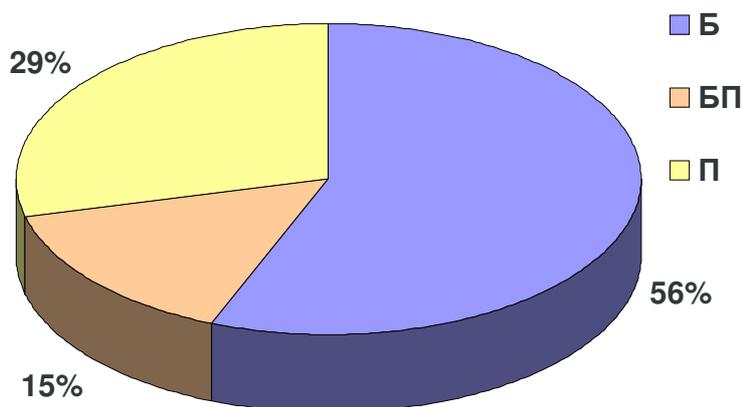


Рис. 3.21 Процентное соотношение видов микроводорослей по их приуроченности к местообитанию в перифитоне стеклянных пластин 2010 – 2012 гг: Б – бентосные, БП – бентопланктонные, П – планктонные виды

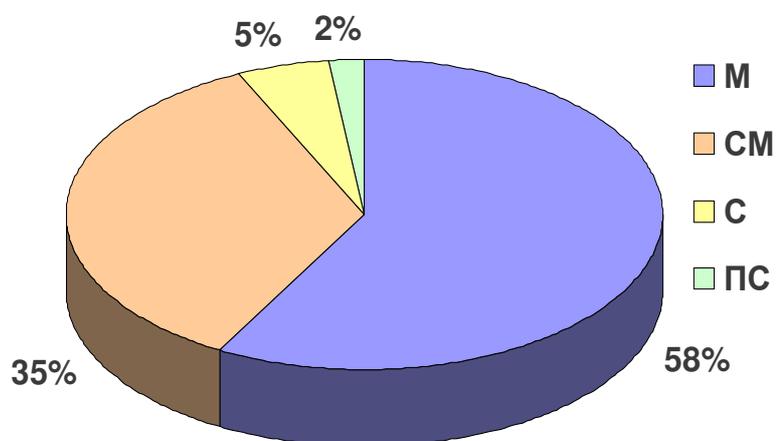


Рис. 3.22 Процентное соотношение экологических элементов флоры микроводорослей перифитона стеклянных пластин в 2010 – 2012 гг.: М – морской, М – солоноватоводно-морской, С – солоноватоводный, ПС – пресноводно-солоноватоводный, П – пресноводный вид

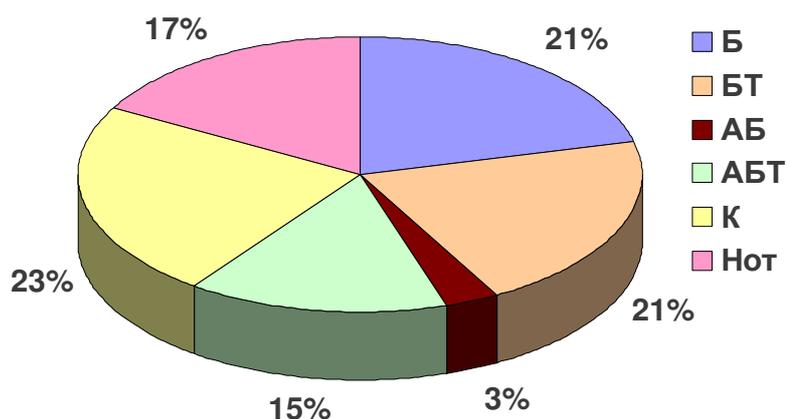


Рис. 3.23 Процентное соотношение фитогеографических элементов флоры микроводорослей перифитона стеклянных пластин в 2010 – 2012 гг: Б – бореальный, АБ – аркто-бореальный, БТ – бореально-тропический, АБТ – аркто-бореально-тропический, К – космополит, нот – нотальный вид

В первый месяц экспозиции стеклянных пластин с декабря 2010 по январь 2011 гг. температура воды в море снижалась почти в два раза (от 14 до 8°C), при этом наблюдалось обильное обрастание субстрата колониями диатомовых водорослей и некоторыми видами водорослей-макрофитов (рис. 3.24). В феврале-марте на пластинах визуально отмечено самое обильное обрастание (рис. 3.25, 3.26), подобное обрастание наблюдалось на стёклах до апреля с неизменным вкладом в сообщество диатомовых водорослей. В течение первых трёх месяцев экспозиции стеклянных пластин наблюдалось обильное их обрастание прикреплёнными колониальными видами диатомовых водорослей – типичных обрастателей субстратов – *A. longipes*, *S. unipunctata*, *L. flabellata*, *L. abbreviata*, *B. rutilans* и одиночноживущими видами *N. hybrida* f. *hyalina*, *A. hyalina*, *Pl. elongatum*, а также были отмечены бентопланктонные и планктонные виды, оседающие на поверхность стеклянных пластин из толщи воды (рис. 3.27).



Рис. 3.24 Обрастание стеклянной пластины при сроке экспозиции в море с 27 декабря 2010 по 26 января 2011 г.



Рис. 3.25 Обрастание стеклянной пластины при сроке экспозиции в море с 26 января по 24 февраля 2011 г.



Рис. 3.26 Обрастание стеклянной пластины при сроке экспозиции в море с 24 февраля по 25 марта 2011 г.

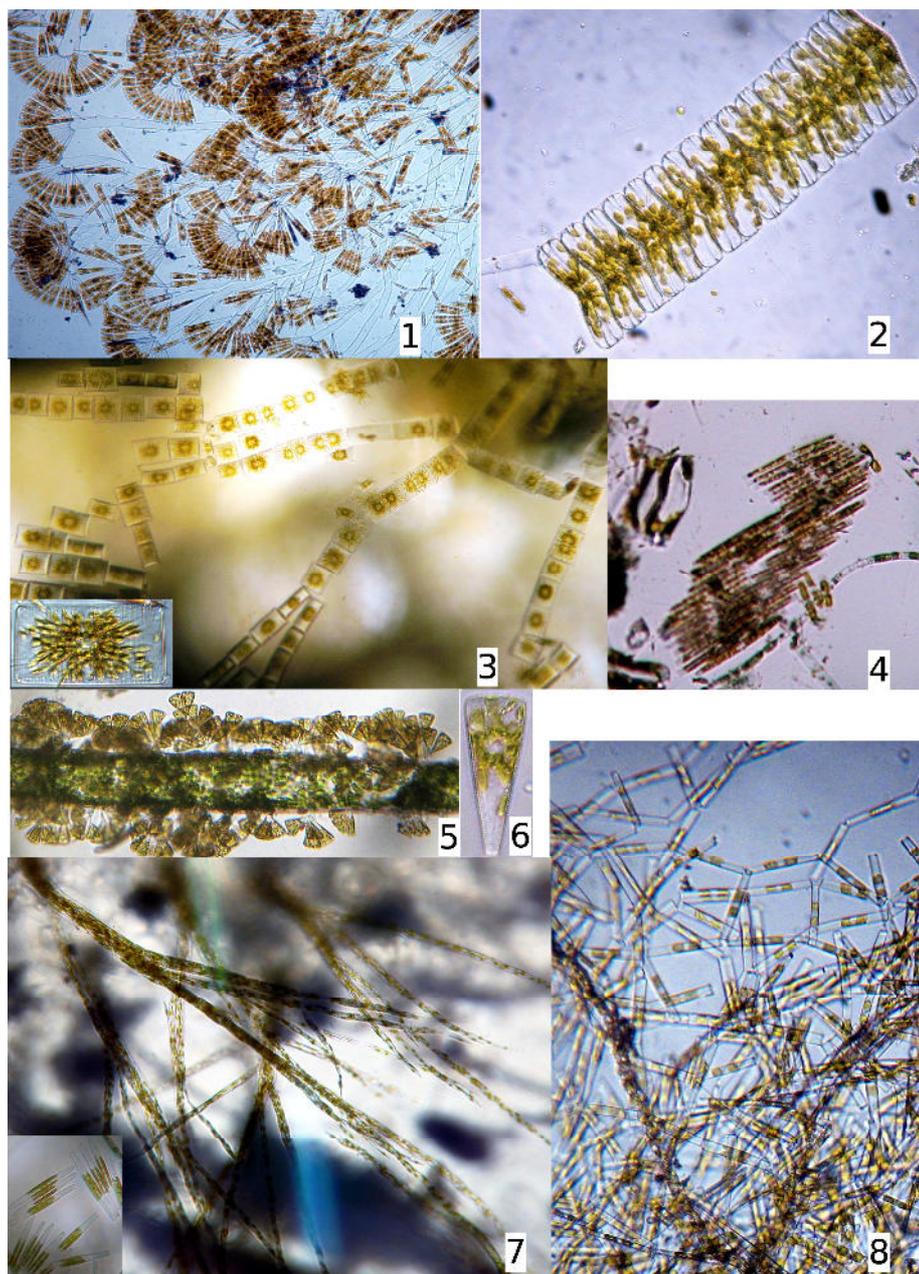


Рис. 3.27 Фото колониальных видов диатомовых водорослей в прижизненном состоянии на поверхности экспериментальных стеклянных пластин в 2010 – 2012 гг.: 1 – *Licmophora flabellata*, 2 – *Achnanthes longipes*, 3 – *Striatella unipunctata* (колонии и отдельная клетка), 4 – *Bacillaria paxillifera*, 5 – колонии *Licmophora abbreviata*, аселившие таллом макрофита 6 – клетка *L. abbreviata*, 7 – *Berkeleya micans*, 8 – *Neosynedra provincialis*

В апреле – мае с увеличением температуры воды в море (10 – 18°C) особых изменений в составе видов не наблюдалось, но отмечена тенденция сокращения колониальных видов, разрушения их колоний и увеличения количества одиночно живущих видов, при этом пластины визуальнo были менее обросшими, чем в предыдущие месяцы (рис. 3.28, 3.29).



Рис. 3.28 Обрастание стеклянной пластины при сроке экспозиции в море с 25 марта по 22 апреля 2011 г.



Рис. 3.29 Обрастание стеклянной пластины при сроке экспозиции в море с 22 апреля по 23 мая 2011 г.

С марта по июль единично отмечены представители динофитовых (рис. 3.30) и зелёных микроводорослей.

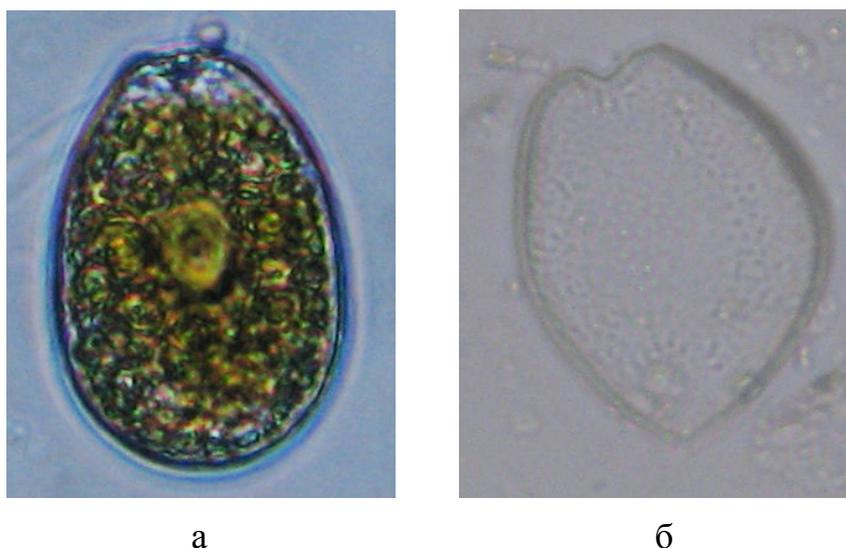


Рис. 3.30 Динофитовые водоросли, наиболее часто встречающиеся в перифитоне экспериментальных пластин: а – *Prorocentrum lima*, б – *Prorocentrum micans*

Летом при увеличении температуры воды до 22°C на пластинах (рис. 3.31 – 3.33) увеличивается количество одиночноживущих видов диатомовых водорослей родов *Amphora*, *Gyrosigma*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Pleurosigma* (рис. 3.34), а также в массе встречаются колонии видов *Berkeleya micans* (Lyngb.) Grun. (рис. 3.27, 7), *B. rutilans*, *Neosynedra provincialis* (Grun.) Will. et Round, *Parlibellus delognei*. Вид *N. provincialis* (рис. 3.27, 8) встреченный нами на стеклянных пластинах, ранее был указан для вод Чёрного моря на поверхности раковин мидии и в эпифитоне цистозеры соответственно в бухтах Казачьей и Средецкой, а также на каменистых грунтах Карантинной бухты [99]. В тёплое время года наряду с диатомовыми водорослями отмечены представители других групп водорослей: чаще встречались динофитовые *Prorocentrum lima* и *P. micans* (рис. 3.30), отмечено обилие цианобактерий *Spirulina tenuissima*, *Chamaecalyx swirenkoi* (Schirschov) Komárek & Anagnost. и видов родов *Lyngbya*, *Phormidium* (рис. 3.35), развивающихся более активно, чем в другие сезоны года, а также слоевища зелёной водоросли *Phycopeltis arundinacea* (Montagne) De Toni (рис. 3.17, 3.34).



Рис. 3.31 Обрастание стеклянной пластины при сроке экспозиции в море с 23 мая по 23 июня 2011 г.



Рис. 3.32 Обрастание стеклянной пластины при сроке экспозиции в море с 23 июня по 25 июля 2011 г.



Рис. 3.33 Обрастание стеклянной пластины при сроке экспозиции в море с 25 июля по 22 августа 2011 г.

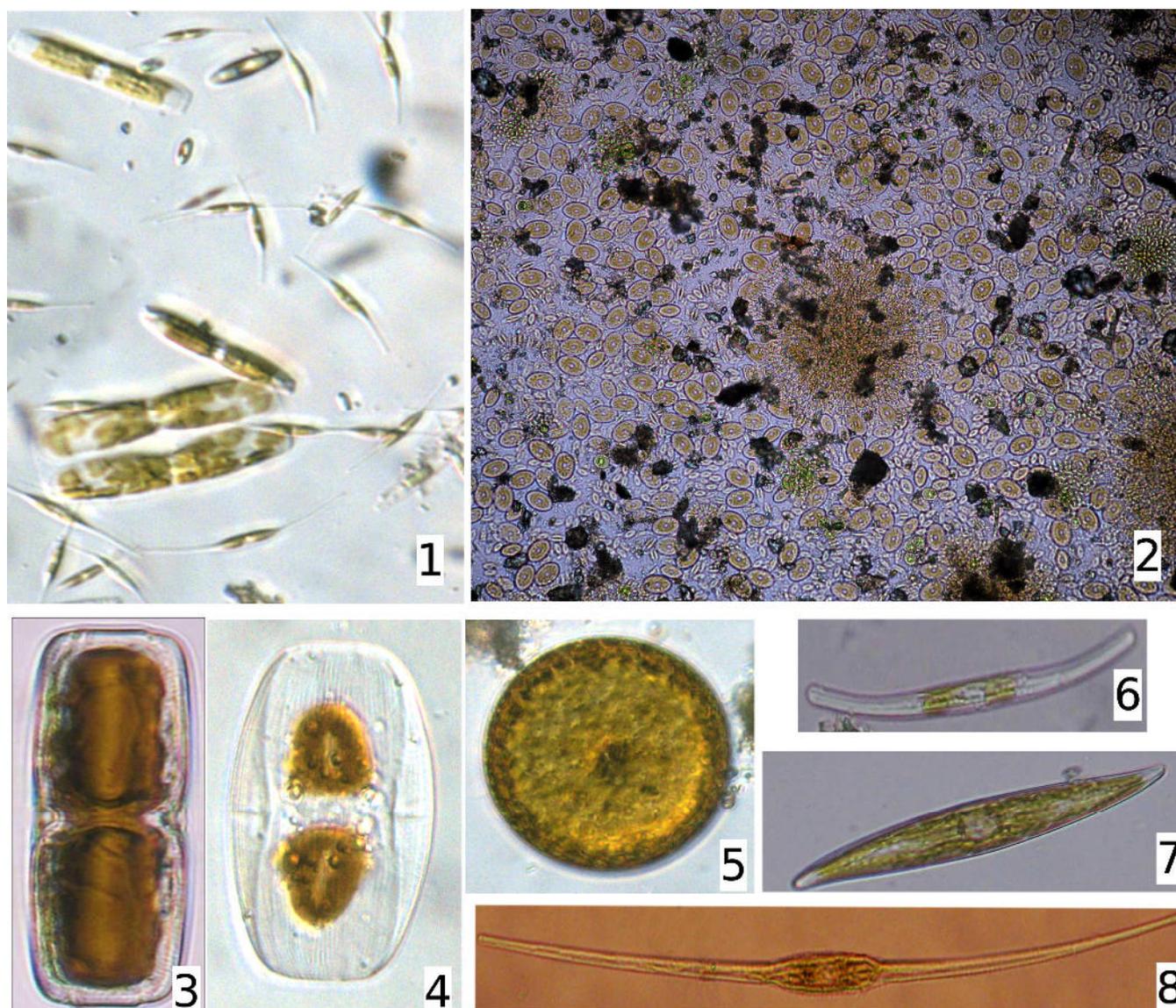


Рис. 3.34 Микрофотографии одиночноживущих видов диатомовых водорослей в прижизненном состоянии на поверхности экспериментальных стеклянных пластин 2010 – 2012 гг.: 1 – *Nitzchia hybrida* f. *hyalina*, *Cylindrotheca closterium*, *Udantella lanceolata*, 2 – *Cocconeis scutellum* и слоевища зелёной водоросли *Phycopeltis arundinacea*, 3 – *Trachyneis aspera*, 4 – *Amphora ostrearia*, 5 – *Coscinodiscus jonesianus*, 6 – *Climaconeis inflexa*, 7 – *Pleurosigma elongatum*, 8 – *Nitzschia longissima*

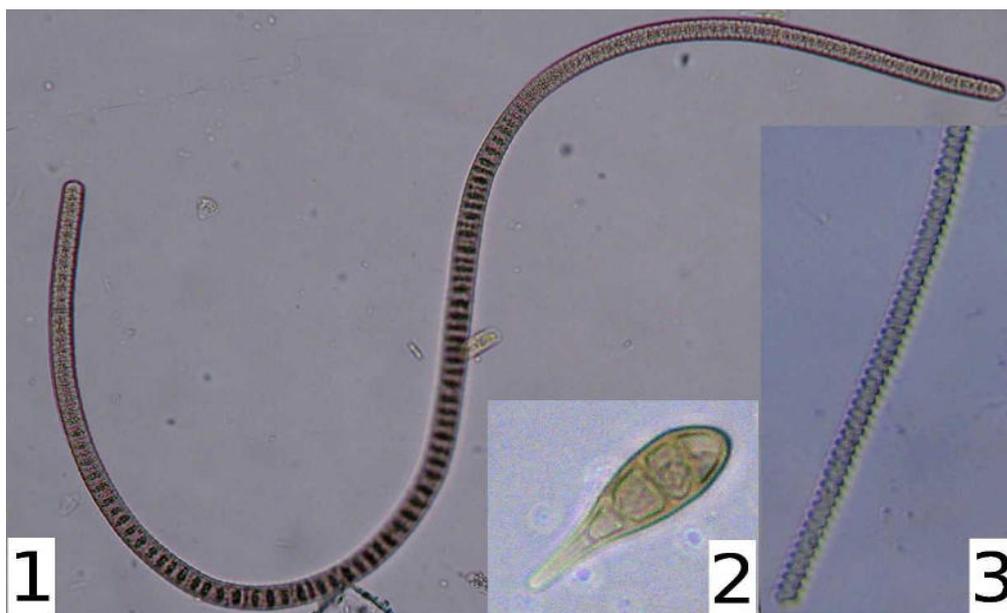


Рис. 3.35 Микрофотографии некоторых видов Суанорокаryota в прижизненном состоянии на поверхности экспериментальных стеклянных пластин в 2010 – 2012 гг.: 1 – *Phormidium nigroviride*, 2 – *Chamaecalyx swirenkoi*, 3 – *Spirulina tenuissima*

В сентябре – октябре (рис. 3.36, 3.37) при снижении температуры воды до 15°C отмечено массовое развитие колоний *N. provincialis*, а также вида *Nitzschia longissima* Grun. (рис. 3.34, 8), а в октябре – различных видов Суанорокаryota (рис. 3.35). В октябре наблюдалось многоярусное заселение стеклянных пластин диатомовыми водорослями, характерное для стеклянных пластин при длительной их экспозиции [112]. Это те же виды *C. closterium*, *N. tenuirostris*, *N. ramosissima*, а также *Achnanthes* и *Licmophora*, прикрепленные к субстрату и к талломам водорослей-макрофитов с помощью слизистых «ножек», образующие древовидные колонии, между которыми отмечены клетки свободноживущего вида *N. longissima*.



Рис. 3.36. Обрастание стеклянной пластины при сроке экспозиции в море с 22 августа по 26 сентября 2011 г.

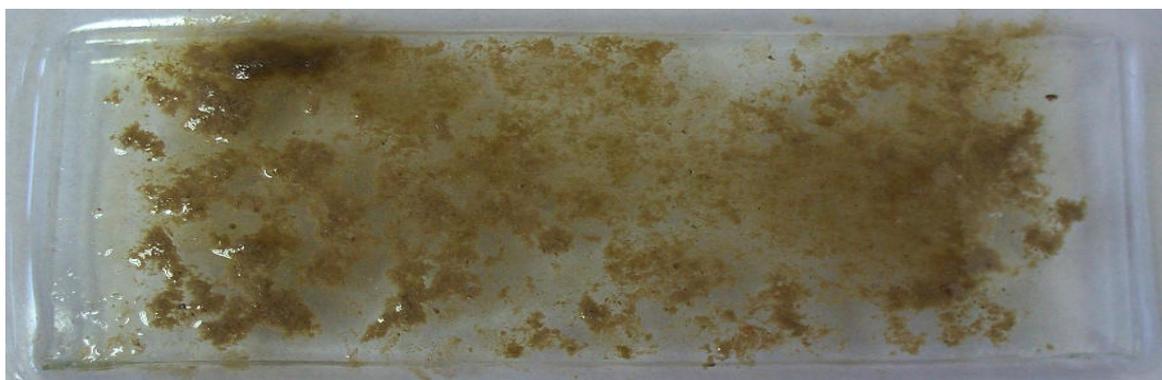


Рис. 3.37. Обрастание стеклянной пластины при сроке экспозиции в море с 26 сентября по 25 октября 2011 г.

В ноябре-декабре при дальнейшем снижении температуры воды в море до 9°C, снова наблюдалось активное развитие колониальных видов диатомовых водорослей, при этом количество колоний возрастало. В ноябре сообщество микроводорослей перифитона имеет сходный характер с зимне-весенним сезоном, что объясняется близкими значениями температуры воды (рис. 3.38).

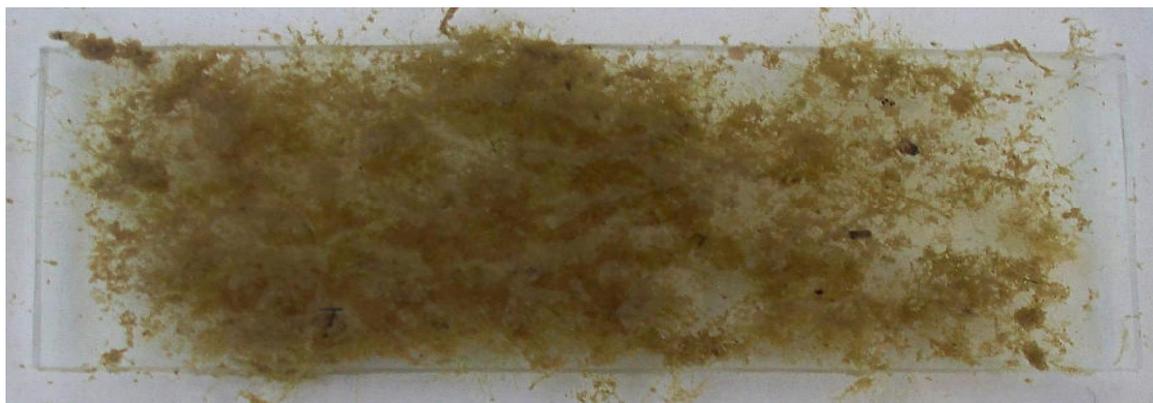


Рис. 3.38 Обрастание стеклянной пластины при сроке экспозиции в море с 25 октября по 25 ноября 2011 г.

В декабре 2011 г. при температуре воды 10°C, которая на 4°C была ниже, чем в декабре 2010 г., зарегистрировано необычное массовое развитие одиночноживущего прикреплённого вида *Cocconeis scutellum* Ehrenb. (рис. 3.34, 2), встречающегося в основном на водорослях-макрофитах в летне-осенний сезон. Зимой отмечены в массе колонии цианобактерии *P. sphaerica* (рис. 3.12), развитие которой наблюдалось и в феврале 2008 г. при $t = 6^\circ\text{C}$. Несмотря на активное развитие колониальных видов диатомовых водорослей, поверхность пластин была почти полностью покрыта слоевищами зелёной водоросли *Ph. arundinacea*, которые в виде отдельных точек можно наблюдать на стёклах даже невооруженным глазом (рис. 3.39).



Рис. 3.39 Обрастание стеклянной пластины при сроке экспозиции в море с 25 ноября по 22 декабря 2011 г.

В январе 2012 г. температура воды в море ($7,7^{\circ}\text{C}$) была близкой к 2011 г. (8°C), поэтому в сообществе микроводорослей на пластинах (рис. 3.40) преобладали те же виды *C. scutellum*, *N. provincialis*, *Ph. arundinacea* и др., которые были ранее зарегистрированы в летне-осенний сезон. При этом *C. scutellum* и *Ph. arundinacea* относятся к круглогодичным видам, а вид *N. provincialis*, как было отмечено ранее, характерен в большей степени для летнего сезона.



Рис. 3.40 Обрастание стеклянной пластины при сроке экспозиции в море с 22 декабря 2011 г. по 23 января 2012 г.

Для сравнения качества обрастания стеклянных пластин при разных сроках экспозиции, в том числе при ежемесячном отборе проб, были проведены эксперименты на пластинах в феврале 2012 г. в течение 1 и 12 сут, 3 и 6 месяцев (рис. 3.41 – 3.44). Известно, что уже в первые сутки экспозиции стеклянных пластин в море в зависимости от времени года одновременно с простейшими оседают диатомовые водоросли [25, 99, 138]. Это подтверждают и наши экспериментальные данные. В феврале 2012 г. ($t = 7,7^{\circ}\text{C}$) при экспозиции пластин в течение суток (рис. 3.41) нами обнаружено 15 видов диатомовых водорослей. При 12 суточной экспозиции пластин ($t = 6,5^{\circ}\text{C}$) отмечено 13 видов, большинство из которых – колониальные формы. Однако, несмотря на то, что диатомея *N. provincialis* встречается в Чёрном море в основном в тёплое время года, на пластинах было

отмечено необычное массовое скопление её колоний, образующие макроформы, видимые даже невооружённым глазом и напоминающие нитчатые водоросли-макрофиты (рис. 3.42).



Рис. 3.41 Обрастание стеклянной пластины при сроке экспозиции в море с 25 по 26 января 2012 г.



Рис. 3.42 Обрастание стеклянной пластины при сроке экспозиции в море с 25 января по 6 февраля 2012 г.

Стеклянные пластины, простоявшие в море в течение 3-х и 6-месяцев (рис. 3.43, 3.44), были полностью покрыты микро- и макроводорослями с примесью детрита.



Рис. 3.43 Обрастание стеклянной пластины при сроке экспозиции в море с 25 января по 25 марта 2011 г.

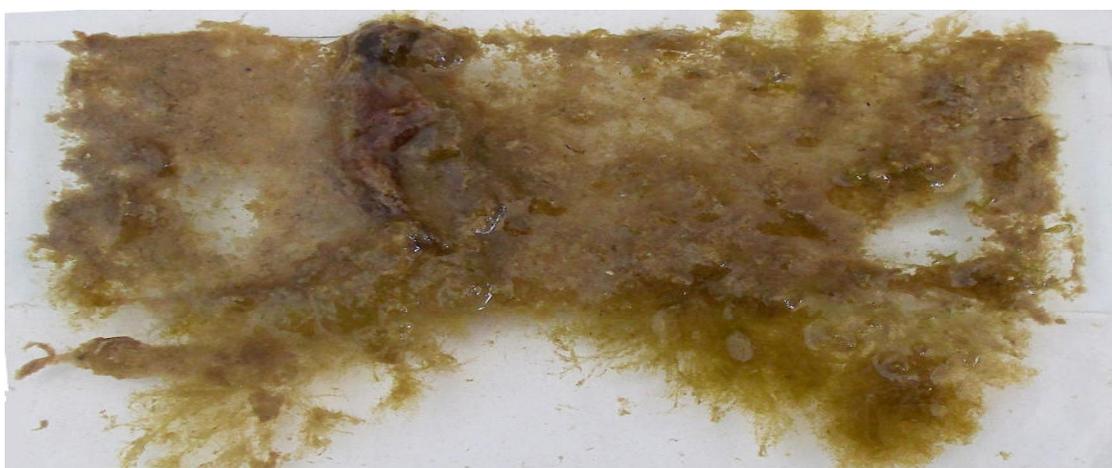


Рис. 3.44 Обрастание стеклянной пластины при сроке экспозиции в море с 25 января по 25 июля 2011 г.

Сообщество микроводорослей стеклянных пластин, сформированное с января по март, по составу водорослей имело 30 % сходство с пластинами, экспонированными в течение месяца с февраля по март. Все поверхности пластин были обильно заселены диатомовыми и водорослями-макрофитами родов *Ceramium*, *Cladophora*, *Sphacelaria*, *Polysiphonia*. На других пластинах, простоявших в море 6 мес. с января по июль (рис. 3.44), зарегистрирован 41 вид и ввт микроводорослей, из

них 35 видов диатомовых, 3 вида динофитовых, один вид зелёных микроводорослей и 2 вида цианобактерий, температура воды в море при отборе проб достигала 21,5°C. Кроме колоний *B. micans*, обилие которых характерно для июльских проб, в массе отмечены *Coscinodiscus jonesianus* (Grev.) Ostenf., *Haslea ostrearia* (Gail.) Simonsen, *C. closterium*, *L. abbreviata*, *L. flabellata*, *N. tenuirostris*, *N. provincialis*, *N. ramosissima*, *A. hyalina*, то есть виды типичные не только для данного сезона, но и для всех предыдущих месяцев. На пластинах, простоявших в море 6 мес. в июле 2007 и 2011 гг. индекс сходства видового состава Чекановского-Сёренсена составлял 40 %.

Следует отметить, что при исследовании микроводорослей поверхности стеклянных пластин, наряду с ними были обнаружены многие виды водорослей-макрофитов, которые необходимо учитывать при анализе продукционных характеристик фитоперифитона, для оценки вклада отдельных компонентов сообществ, поэтому приведем видовой состав макрофитов, обнаруженных в период экспериментальных работ (табл. 3.6). Всего выявлено 16 видов, из них 13 – в течение эксперимента 2007 – 2008 гг., 7 видов – в 2010 – 2012 гг. Кроме этого, для сравнения видового состава экспериментальных стеклянных пластин нами были исследованы микроводоросли антропогенных субстратов разного типа (табл. 3.7) и некоторых типов природных субстратов (табл. 3.8): поверхность мидии *Mytilus galloprovincialis* и 6 видов водорослей-макрофитов из разных районов крымского побережья Чёрного моря.

На пяти типах искусственных субстратов обнаружено 57 видов и ввт микроводорослей (табл. 3.7), в том числе 4 вида диатомовых водорослей *Cerataulina pelagica*, *Diatoma vulgare*, *Licmophora hastata*, *Lyrella hennedyii*, *Nitzschia holsatica* и 3 вида цианобактерий *Oscillatoria miniata*, *O. rupicola*, *Lyngbya* sp., которые не были отмечены в перифитоне стеклянных пластин (Приложение Б).

Таблица 3.6

**Встречаемость водорослей-макрофитов * в перифитоне стеклянных
пластин в Карантинной бухте Чёрного моря в разные годы**

Таксон	2007 – 2008 гг.	2010 – 2012 гг.
Chlorophyta		
<i>Cladophora albida</i> (Nees) Kütz.	+	+
<i>Cl. laetevirens</i> (Dillw.) Kütz.	+	-
<i>Ulothrix implexa</i> (Kütz.) Kütz.	+	+
<i>Ulothrix tenuissima</i> Kütz.	+	-
<i>Ulva intestinalis</i> L.	+	-
<i>U. rigida</i> C. Agardh	+	-
<i>Ulva</i> sp.	-	+
Phaeophyta		
<i>Cystoseira barbata</i> (Stakchause) C. Agardh	+	-
<i>Sphacelaria cirrosa</i> (Roth) Agardh	+	+
<i>Punctaria latifolia</i> Grev.	+	-
<i>Callithamnion corymbosum</i> (J.E. Smith) Lyngb.	+	-
<i>Ceramium diaphanum</i> (Lightfoot) Roth	-	+
<i>Ceramium virgatum</i> Roth	+	+
<i>Kylinia</i> sp.	+	-
<i>Polysiphonia elongata</i> (Huds.) Harv.	+	-
<i>Polysiphonia subulifera</i> (C. Agardh) Harv.	-	+
Всего:	13	7

(*) – определение видов выполнено И.К. Евстигнеевой.

Наибольшее количество видов отмечено на фрагментах бутылочных стёкол (37), наименьшее – на фрагментах картона (14), что, вероятно, указывает на короткий срок их пребывания в море, на пластмассовых поверхностях найдено 25 видов и ввт микроводорослей, на мидийных коллекторах – 24, на фрагментах деревянных конструкций – 30 видов (табл. 3.7).

Таблица 3.7

**Видовой состав микроводорослей перифитона искусственных субстратов
разного типа в крымском прибрежье Чёрного моря, 2011 – 2012 гг.**

Таксон	Типы фрагментов искусственных субстратов				
	I	II	III	IV	V
1	2	3	4	5	6
Отдел Cyanoprokaryota					
<i>Chamaecalyx swirenkoi</i>	-	+	-	+	-
<i>Lyngbya</i> sp.	-	+	-	-	-
<i>Oscillatoria miniata</i>	-	-	-	+	-
<i>Phormidium rupicola</i>	+	-	-	-	-
<i>Pseudocapsa sphaerica</i>	+	+	-	-	-
<i>Spirulina tenuissima</i>	+	+	-	-	-
Отдел Bacillariophyta					
<i>Achnanthes brevipes</i>	-	-	-	+	-
<i>A. longipes</i>	-	-	-	+	-
<i>Amphora hyalina</i>	+	+	+	+	+
<i>A. ostrearia</i>	+	-	-	-	+
<i>Bacillaria paxillifera</i>	-	-	+	+	-
<i>Berkeleya rutilans</i>	+	-	-	-	-
<i>Caloneis liber</i>	+	-	+	+	-
<i>Carinasigma rectum</i>	-	-	-	+	-
<i>Cerataulina pelagica</i> *	+	-	-	-	-
<i>Climaconeis inflexa</i> *	+	-	-	-	-
<i>Cocconeis scutellum</i>	+	+	+	-	+
<i>Coscinodiscus jonesianus</i>	+	-	+	+	+
<i>Cyclotella choctawhatcheeana</i> *	-	-	-	+	-

Продолж. табл. 3.7

1	2	3	4	6	7
<i>Cylindrotheca closterium</i>	+	+	+	+	-
<i>Diatoma vulgare</i> *	-	+	+	+	-
<i>Entomoneis paludosa</i>	+	-	-	+	-
<i>Falcula media</i> var. <i>subsalina</i>	-	-	-	-	+
<i>Grammatophora marina</i>	+	+	+	-	-
<i>Gyrosigma fasciola</i>	-	+	-	+	-
<i>Halamphora coffeiformis</i>	-	-	+	-	-
<i>Haslea ostrearia</i>	-	+	-	-	-
<i>Licmophora abbreviata</i>	+	+	-	+	+
<i>L. dalmatica</i>	+	-	+	+	+
<i>L. ehrenbergii</i>	+	+	-	-	-
<i>L. flabellata</i>	-	+	-	+	-
<i>L. hastata</i>	+	-	+	-	+
<i>Lyrella hennedyii</i>	-	-	+	-	-
<i>Melosira moniliformis</i> var. <i>subglobosa</i>	-	-	-	+	-
<i>Navicula directa</i>	+	-	-	+	+
<i>N. distans</i>	+	-	-	-	-
<i>N. pennata</i> var. <i>pontica</i>	+	-	-	-	-
<i>N. ramosissima</i>	+	+	+	+	+
<i>Neosynedra provincialis</i>	+	+	-	+	-
<i>Nitzschia acicularis</i>	+	-	-	-	-
<i>N. holsatica</i>	-	-	+	-	-
<i>N. hybrida</i> f. <i>hyalina</i>	+	+	+	+	-
<i>N. longissima</i>	-	+	-	-	-
<i>N. sigma</i> var. <i>intersedens</i>	+	-	-	-	-

Продолж. табл. 3.7

1	2	3	4	6	7
<i>N. sigmoidea</i>	-	+	-	-	-
<i>N. tenuirostris</i>	+	-	+	-	-
<i>Parlibellus delognei</i>	+	-	+	+	-
<i>Pleurosigma elongatum</i>	-	-	-	+	-
<i>Psammodictyon panduriforme</i>	-	+	-	+	+
<i>Seminavis ventricosa</i>	+	-	-	-	-
<i>Striatella delicatula</i>	+	+	+	-	-
<i>St. unipunctata</i>	+	+	+	+	-
<i>Tabularia fasciculata</i>	+	+	+	+	+
<i>T. tabulata</i>	+	-	+	+	+
<i>Thalassiosira hyalina</i> *	-	-	-	+	-
<i>Thalassiosira eccentrica</i> *	+	-	-	-	-
<i>Trachyneis aspera</i>	+	+	+	+	-
<i>Undatella lineolata</i>	+	+	+	-	+
Отдел Dinophyta					
<i>P. lima</i>	-	-	+	-	-
<i>P. micans</i> *	+	-	-	-	-
Всего:	37	25	23	30	14

Примечание. I тип – бутылочные стёкла, II тип – пластмассовые поверхности, III тип – часть мидийного коллектора, IV – фрагменты деревянных конструкций, V – фрагменты картонных субстратов.

Следует заменить, что кроме экспериментальных стеклянных пластин из Карантинной бухты, на бутылочных стёклах, собранных в районе пляжей у мыса

Песчаный близ г. Севастополя (см. рис. 2.1, № 2), встречались в массе талломы зелёной водоросли *Ph. arundinacea* (рис. 3.17).

В эпифитоне 6 видов водорослей-макрофитов и морской травы *Z. marina* из 7 районов исследования (см. разд. 2) обнаружено 42 вида и ввт микроводорослей, 13 из которых обнаружены на поверхности талломов *Callithamnion*, 4 – на *Ceramium*, 26 – на *Cystoseira*, а наибольшее количество видов (39) отмечено в эпифитоне *Cladophora* (табл. 3.8).

Многие виды микроводорослей и макрофитов были обнаружены и на антропогенных субстратах. К ним относятся колониальные формы диатомовых водорослей родов *Licmophora*, *Tabularia*, видов *S. unipunctata*, *N. ramassisima*, а также эти виды отмечены в эпифитоне некоторых видов донной растительности, чаще всего и в массе обнаружен вид *C. scutellum*. Особенно обильно этот вид встречался в эпифитоне *Ulva rigida* и зостеры *Z. marina* [99, 100, 168], однако ранее считалось, что *U. rigida* слабо или совсем не обрастает диатомовыми водорослями [95, 168]. Из других отделов водорослей на талломах макрофитов чаще всего встречался прикрепленный вид Cyanoprokaryota – *Chamaecalyx swirenkoi*.

Кроме макрофитов, исследованы микроводорослей на раковинах мидии *Mytilus galloprovincialis*, на которых обнаружено 24 вида и ввт диатомовых, а также динофлагеллята *Prorocentrum lima* (табл. 3.8). Все обнаруженные виды были отмечены и в перифитоне антропогенных субстратов. Как и стеклянные пластины, раковины мидии активно обрастают водорослями-макрофитами. Из диатомовых водорослей в эпизооне мидии чаще всего встречались типичные виды-обрастатели рода *Licmophora*, которые активно заселяют не только раковины, но и растущие на них талломы макроводорослей.

Таблица 3.8

**Видовой состав микроводорослей эпифитона макрофитов и эпизоона мидии в
крымском побережье Чёрного моря (2011 – 2012 гг.)**

Таксон	Водоросли-макрофиты						<i>Zostera marina</i>	Мидия
	I	II	III	IV	V	<i>Polysiphonia subulifera</i>		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Отдел Cyanoprokaryota								
<i>Chamaecalyx swirenkoi</i>	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Pseudocapsa sphaerica</i>	-	-	+	-	+	-	-	-
<i>Spirulina tenuissima</i>	-	-	-	+	-	-	-	-
Отдел Bacillariophyta								
<i>Achnanthes longipes</i>	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Amphora hyalina</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>A. ostrearia</i>	-	-	+	-	-	-	-	+
<i>A. proteus</i>	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Ardissonaea crystallina</i>	+	-	+	+	-	-	-	+
<i>Bacillaria paxillifera</i>	-	-	+	-	+	-	-	-
<i>Berkeleya rutilans</i>	-	-	+	+	-	-	+	-
<i>Caloneis liber</i>	+	-	+	-	-	+	+	+
<i>Campylodiscus fastuosus</i>	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Carinasigma rectum</i>	-	-	+	-	+	-	-	+
<i>Climaconeis inflexa</i>	-	-	+	+	-	-	-	-
<i>Cocconeis scutellum</i>	-	-	+	+	+	-	+	+
<i>Coscinodiscus jonesianus</i>	-	-	+	+	+	-	-	-
<i>Cylindrotheca closterium</i>	-	+	+	+	+	-	+	+
<i>Diatoma vulgare</i>	-	-	+	-	-	-	-	-

1	2	3	5	4	5	6	7	8
<i>Diploneis bombus</i>	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Entomoneis paludosa</i>	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Grammatophora angulosa</i>	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Gr. marina</i>	+	-	-	+	+	-	-	-
<i>Gyrosigma fasciola</i>	+	-	+	-	-	-	-	-
<i>Halamphora coffeiformis</i>	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Haslea ostrearia</i>	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Hyalodiscus scoticus</i>	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Licmophora abbreviata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>L. dalmatica</i>	+	-	+	+	+	-	-	+
<i>L. ehrenbergii</i>	-	-	+	-	+	+	-	-
<i>L. flabellata</i>	-	-	+	+	+	-	+	-
<i>L. hastata</i>	-	-	+	+	-	-	-	-
<i>Navicula directa</i>	-	-	+	+	-	-	-	-
<i>N. distans</i>	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>N. pennata</i> var. <i>pontica</i>	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>N. ramosissima</i>	+	-	+	+	+	-	+	-
<i>Neosynedra provincialis</i>	-	-	+	+	+	-	-	+
<i>Nitzschia holsatica</i>	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>N. hybrida</i> f. <i>hyalina</i>	-	-	+	-	-	-	+	-
<i>N. tenuirostris</i>	-	-	+	+	-	-	+	-
<i>Parlibellus delognei</i>	-	-	+	-	+	-	-	+
<i>Pleurosigma elongatum</i>	+	-	+	+	-	+	-	-
<i>Psammodictyon panduriforme</i>	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Seminavis ventricosa</i>	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Striatella delicatula</i>	+	-	+	+	+	-	-	+

1	2	3	5	4	5	6	7	8
<i>St. unipunctata</i>	-	-	+	+	+	+	+	+
<i>Tabularia fasciculata</i>	+	+	+	-	+	-	+	+
<i>T. tabulata</i>	+	-	+	+	+	-	+	+
<i>Thalassiophysa hyalina</i>	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Trachyneis aspera</i>	-	-	+	+	-	+	-	+
<i>Undatella lineolata</i>	-	-	+	+	+	-	-	-
Отдел Dinophyta								
<i>Prorocentrum lima</i>	-	-	+	+	+	-	-	+
<i>P. micans</i>	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Polykrikos schwartzii</i>	-	-	-	-	-	+	-	-
Всего:	13	4	39	26	22	12	13	24
Итого:	54							

Примечание. Водоросли-макрофиты родов: I – *Callithamnion*, II – *Ceramium*, III – *Cladophora*, IV – *Cystoseira*, V – *Ulva*.

Ранее при изучении мидии из Севастопольской бухты З.С. Кучеровой (1961) на её поверхности указано 53 вида и ввт диатомовых водорослей [59], из которых 10 видов являются общими с видами, найденными нами на раковинах мидии с устрично-мидийной плантации Кацевели. В эпизооне мидии *M. galloprovincialis* из Казачьей бухты в течение 1995 – 1996 гг. обнаружено 108 видов и ввт микроводорослей, в том числе 101 вид и ввт Bacillariophyta [99]. В указанных выше работах, независимо от районов исследования, видовой состав на раковинах мидии имеет много общего с сообществами естественных и искусственных субстратов в море.

При сравнении видового состава микроводорослей, обнаруженных на разных типах субстратов, собранных одновременно в одних и тех же районах крымского побережья Чёрного моря, коэффициент сходства Чекановского-Сёренсена показал следующее. Наибольшее сходство видов ($K_S = 90 \%$) отмечено для разных природных субстратов: бутылочные стёкла, раковины мидии, водоросли-макрофиты, найденных в районе на пляже в бух. Голландия (табл. 3.9). Достаточно близкое сходство видов (около 60 %) независимо от времени года отмечено для экспериментальных стеклянных пластин и водорослей-макрофитов из Карантинной бухты.

Таблица 3.9

Коэффициент сходства Чекановского-Сёренсена (K_S) видового состава микроводорослей между субстратами различного типа, 2011 г.

Дата отбора проб	Район	Сравниваемые типы субстратов	K_S , %
22.04	Карантинная бухта	ЭСП / водоросли-макрофиты	57
22.08	-«-	-«-	63
17.07	Мыс Айя	I тип / водоросли-макрофиты	55
04.08	Мидийная плантация пос. Кацивели	II тип / друзы мидий	61
18.08	Пляж бухты Голландия	I тип / раковины моллюсков / водоросли-макрофиты	90

Примечание. Типы субстратов: ЭСП – экспериментальные стеклянные пластины; I тип – бутылочные стёкла, II тип – часть мидийного коллектора.

Сходство видов микроводорослей, обнаруженных на природных и искусственных субстратах, составляет в среднем 65 % (табл. 3.9). Коэффициент

сходства видового состава микроводорослей, обнаруженных на фрагментах мидийного коллектора и на друзьях мидий с устрично-мидийной плантации в акватории пос. Кацивели на глубине 4 м, также достигал 60 % (табл. 3.9). На данных субстратах были обнаружены и потенциально-опасные виды микроводорослей такие, как диатомея *Halamphora coffeiformis* и динофлагеллята *Pr. lima*.

3.4. Сравнительный анализ флористического состава микроводорослей природных и искусственных субстратов

Анализ сезонной динамики видового состава диатомовых водорослей стеклянных пластин экспериментов разных лет показал, что наибольшее количество видов (86 видов и ввт) зарегистрировано при накопительном сроке экспозиции пластин в море в 2007 – 2008 гг., а при ежемесячной их экспозиции в 2010 – 2012 гг. отмечено 56 видов и ввт (табл. 3.10), поскольку длительное нахождение субстрата под водой способствует увеличению видового разнообразия водорослей за счёт многоярусности их заселения [99].

Несмотря на разные сроки экспозиции стеклянных пластин в море при долговременной экспозиции наибольшее число видов отмечено весной и летом, соответственно 63 и 50, а при ежемесячной экспозиции – летом и осенью соответственно 42 и 38 (табл. 3.10). В целом выявлено, что наибольшее количество видов на пластинах отмечено в весенне-летний сезон. Сопоставление экологических данных микроводорослей перифитона антропогенных субстратов Чёрного моря (по приуроченности видов к местообитанию, по отношению их к солёности воды в море) выявило, что основу сообществ микроводорослей перифитона составляют бентосные виды (70 %), а также отмечены бентопланктонные (7 %) и планктонные виды (23 %),

характерные и для природных субстратов. По солёности преобладают морские виды (58 %) со значительной долей солоноватоводно-морских (26 %) при незначительной доле видов пресноводного комплекса (7 %), что в целом характерно для микрофитобентоса Чёрного моря [99]. По фитогеографической принадлежности преобладают бореальные (20 %) и бореально-тропические (23 %) формы с высоким процентом видов-космополитов (19 %), а их процентное соотношение менялось в зависимости от года постановки эксперимента.

Таблица 3.10

Количество видов диатомовых водорослей, обнаруженных в перифитоне стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря по сезонам года

Сезон года	2007 – 2008 гг.	2011 – 2012 гг.	Всего
	Количество видов диатомовых водорослей		
Зима	41	26	48
Весна	63	31	67
Лето	50	42	70
Осень	14	38	44
Итого:	85	54	103

Сравнение видового состава диатомовых водорослей по результатам двух экспериментов с помощью коэффициента Чекановского-Сёренсена выявило 60 % его сходство, что можно объяснить близкими условиями обитания водорослей. Минимальные количество и сходство видов отмечены осенью (табл. 3.10, 3.11), особенно в ноябре 2007 г., когда был отмечен мощный шторм. Если сравнивать видовой состав по сезонам двух годовых экспериментов, то наибольшее сходство

видов наблюдается весной (50 %) (табл. 3.11), когда на пластинах активно развиваются колониальные виды диатомовых водорослей.

Таблица 3.11

Коэффициент сходства видов Чекановского-Сёренсена (K_s) диатомовых водорослей перифитона стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря по сезонам разных лет

Сезоны года	I (2007 – 2008 гг.)	II (2011 – 2012 гг.)	I / II	K_s
	K_s		Сезоны года	
Зима – весна	0,59	0,81	Зима I / II	0,4
Весна – лето	0,61	0,67	Весна I / II	0,5
Лето – осень	0,35	0,74	Лето I / II	0,4
Осень – зима	0,44	0,54	Осень I / II	0,3

Сравнение видового состава диатомовых водорослей двух экспериментов между сезонами 2007 и 2011 гг. показало, что коэффициент сходства видов между зимой и весной в 2007 г. составлял 59 %, а в 2011 г. – достигал наибольшего сходства (81 %) (табл. 3.11), так как в это время наиболее активно развиваются колониальные виды диатомовых водорослей, являющиеся основным компонентом сообществ перифитона стеклянных пластин, что характерно и для микрофитобентоса Чёрного моря [99]. Для весны и лета такого разделения не наблюдается, коэффициент сходства имеет близкие значения, так как зимне-весеннее время колониальные формы начинают разрушаться ещё в апреле из-за раннего

потепления воды в море, но его представители не исчезают и летом обрастают талломы макрофитов, встречающихся на стеклянных пластинах.

Нами отмечено, что на пластинах при ежемесячной экспозиции для лета и осени коэффициент Чекановского-Сёренсена выше (74 %), чем при накопительной экспозиции 2007 г. (35 %) (табл. 3.11). Для осени и зимы обоих лет наблюдалось близкое сходство видов, а смена видового состава в перифитонном сообществе стеклянных пластин в Карантинной бухте происходит постепенно.

Кроме сезонных различий видового состава перифитона стеклянных пластин двух экспериментов, следует отметить различия в составе массовых видов. Например, диатомея *Berkeleya rutilans*, встречавшаяся в эксперименте № 1 обильно, то при ежемесячной экспозиции пластин в 2011 – 2012 гг. отмечена в сообществе круглогодично, но единично. Другой вид данного рода *B. micans* в 2011 г. отмечен в массе на протяжении всего лета, образуя огромные сноповидные колонии, а в 2007 г., наоборот, зарегистрирован единично. Осенью 2011 г. диатомея *N. longissima* отмечена как массовый вид, а в 2007 г. встречалась единично в зимне-весенний сезон. В ноябре 2011 г. отмечены в массе колонии *N. provincialis*, которые образовывали плотный слой на стёклах.

Кроме сравнительного анализа видового состава перифитона экспериментальных стеклянных пластин проведено сравнение этих данных с природными экотопами крымского побережья Чёрного моря: эпилитон, эпифитон и эпизоон (Приложение В). Общий список микроводорослей природных и искусственных субстратов, составленный по собственным и литературным данным, включает 341 вид и ввт, которые принадлежат к 9 отделам, из них наиболее многочисленным является отдел Bacillariophyta (278 видов и ввт) (Приложение В, табл. 3.12).

Таксономическая структура микроводорослей по разным экотопам крымского побережья Чёрного моря

Экотопы Таксоны	Перифитон *	Эпилитон**	Эпифитон **	Эпизоон **	Всего
Cyanoprokaryota	15	12	7	1	28
Bacillariophyta	204	127	237	111	278
Dinophyta	8	12	7	2	15
Ochromytha	-	1	1	-	1
Cryptophyta	-	1	-	-	1
Harptophyta	1	1	2	2	2
Euglenophyta	-	3	-	-	3
Chrysophyta	-	2	-	-	2
Chlorophyta	3	16	-	-	17
Итого:	230	175	254	116	341

Примечание. (*) – (Приложение Б); (**) – [99].

В эпилитоне, как наиболее изученном экотопе Чёрного моря, отмечены представители всех отделов водорослей, включающих 175 видов и ввт. Наибольшее количество микроводорослей (254 вида и ввт) зарегистрировано в эпифитоне макрофитов [99], включая эпифитон 14 видов зелёных водорослей-макрофитов [107], в перифитоне антропогенных субстратов указано 230 видов и ввт микроводорослей.

Для всех указанных экотопов Чёрного моря было выявлено 27 общих массовых видов диатомовых водорослей. Коэффициент сходства видов при сравнении флор разных экотопов составлял не менее 46 %, однако наибольшее количество общих

видов отмечено для перифитона и эпифитона ($K_S = 69 \%$), а минимальное – для перифитона и эпизоона ($K_S = 46 \%$) (табл. 3.13).

Таблица 3.13

**Коэффициент сходства Чекановского-Сёренсена (K_S) видового состава
микроводорослей в различных экотопах Чёрного моря
(по собственным и литературным данным)**

Сравниваемые экотопы моря	$K_S, \%$
Перифитон / эпипитон	54
Перифитон / эпифитон	69
Перифитон / эпизоон	46
Эплитон / эпифитон	64
Эпизоон / эпипитон	63
Эпизоон / эпифитон	60

Кроме флористического состава микроводорослей крымского побережья Чёрного моря проведено сравнение эколого-фитогеографических элементов флоры указанных экотопов. По отношению видов к солёности воды в море процентное соотношение элементов сходно (табл. 3.14), отличия отмечены только для микроводорослей эпипитона, где было обнаружено наибольшее количество пресноводных видов (8 %) по сравнению с другими экотопами моря.

В результате уточнения ряда характеристик фитогеографических элементов флоры микроводорослей по литературным источникам проведен анализ характеристик флор в разных экотопов моря, который показал близкое сходство

между субстратами, для которых характерны виды бореального и бореально-тропического комплекса с высоким вкладом видов-космополитов (19 %) (табл. 3.14).

Таблица 3.14

**Экологические и фитогеографические элементы флоры микроводорослей
в различных экотопах Чёрного моря**

Элементы флоры диатомовых водорослей	Экотопы исследования			
	Перифитон	Эпилитон	Эпифитон	Эпизоон
Экологические элементы флоры, %				
Морские	58,0	54,0	60,0	58,0
Солоноватоводно-морские	27,0	25,0	27,0	29,0
Солоноватоводные	9,0	7,0	5,0	8,0
Пресноводно-солонатоводные	4,0	6,0	5,0	4,0
Пресноводные	2,0	8,0	3,0	1,0
Фитогеографические элементы флоры, %				
Бореальные	20,0	28,0	18,0	21,0
Бореально-тропические	23,0	21,0	14,0	17,0
Аркто-бореальные	7,0	6,0	9,0	6,0
Аркто-бореально-тропические	17,0	12,0	17,0	21,0
Космополиты	19,0	21,0	23,0	21,0
Нотальные	14,0	12,0	19,0	14,0

Учитывая отсутствие сравнительных данных по изучению микроводорослей перифитона экспериментальных искусственных субстратов из разных морей, поэтому ниже представлены данные сравнительного анализа видового состава диатомовых водорослей перифитона антропогенных субстратов, близких по их типу (стеклянные пластины для Карантинной бухты Чёрного моря и пластины из

оргстекла для бухты Рында Японского моря) из двух географически изолированных морей за исследуемый период (с июня по октябрь 2007 и 2000 гг., соответственно) [106].

Всего обнаружено 82 вида и ввт Bacillariophyta, из них отмечено 40 % общих видов. Из общего количества видов 21 – является β -мезосапробионтом, из них в Карантинной бухте (15) и бух. Рында (18), характеризующие качество воды как умеренно-эвтрофные, типичные для указанных бухт морей умеренных широт [8, 100]. В бух. Рында зарегистрировано больше алколифильных видов, встречающихся в водах с щелочной средой ($pH = 8,44$), чем в Карантинной бухте, что подтверждают данные гидрохимии бух. Рында [8]. В целом во флоре диатомовых водорослей двух бухт преобладают бентосные формы, однако в перифитоне экспериментальных пластин отмечены и бентопланктонные виды, встречающиеся в планктоне и бентосе морей, и планктонные, осевшие на субстрат из толщи воды, количество которых для каждой из бухт превышает 10 %.

Несмотря на разницу в солёности воды двух морей: в Японском море (33,7 – 34,3 ‰) в два раза выше, чем в Чёрном море (17 ‰), основной вклад вносят морские и солоноватоводно-морские виды, но процентное соотношение их разное: в бух. Рында составляет 63:26, то есть бóльшая часть из них является морскими, а в Карантинной бухте – 53:43, вклад которых лишь на 10 % больше, чем солоноватоводно-морских форм. Анализ процентного соотношения видов диатомовых водорослей по фитогеографической принадлежности показал близкое сходство для двух бухт: преобладают космополиты и бореально-тропические виды – в Карантинной бухте, их соотношение составляет 36:21, в бухте Рында – 34:26, соответственно, что, в целом, свидетельствует о сходстве видового состава перифитона экспериментальных пластин из стекла и оргстекла в летне-осенний период для Чёрного и Японского морей. В развитии бентосных диатомовых

водорослей перифитона антропогенных субстратов, указанных морей, отмечены как общие черты сходства, так и различия, характерные для морей умеренных широт [99, 100, 106].

Сравнение флоры диатомовых водорослей перифитона экспериментальных стеклянных пластин из Карантинной бухты Чёрного моря с другими морями разных широт показало следующее. Из 99 видов диатомовых водорослей, обнаруженных в перифитоне керамических и стеклянных пластин из Балтийского моря, лишь 17 % являются общими с Чёрным морем [152]. Из 58 видов диатомовых водорослей, обнаруженных в перифитоне стеклянных пластин в прибрежье Южной Бразилии (бух. Паранагуа) [164], сходство с Карантинной бухтой составляет 9 %. Из 156 видов *Vacillariophyta*, обнаруженных на бетонных плитах в Адриатическом море, общее количество видов с Карантинной бухтой является наибольшим и составляет 25 % [159]. Здесь указаны виды диатомовых, которые широко встречаются в Чёрном море на природных и антропогенных субстратах такие, как *A. brevipes*, *A. longipes*, *B. rutilans*, *C. scutellum*, *C. closterium*, *L. abbreviata*, *N. ramosissima*, *St. unipunctata*, *T. tabulata*, которые относятся к широкому ареалу их географического распространения, неприхотливы к условиям среды, что позволяет им круглогодично встречаться в морях умеренных широт. Однако при изучении диатомовых перифитона экспериментальных стеклянных стержней в мелководных болотах и солончаках испанского побережья Средиземного моря видовое сходство с Карантинной бухтой составило всего 7 %, то есть меньше, чем с Адриатическим морем, что свидетельствует о несходстве условий среды указанных акваторий.

Таким образом, в результате инвентаризации видового состава микроводорослей перифитона антропогенных субстратов в Чёрном море по собственным и литературным данным зарегистрирован 230 видов и ввт, в т. ч. 204 вида и ввт *Vacillariophyta*. За период исследования (2010 – 2013 гг.) обнаружено 80

видов и ввт микроводорослей, из них 20 видов (в т. ч. 14 – Bacillariophyta) впервые отмечено для фитоперифитона антропогенных субстратов Чёрного моря. В перифитоне экспериментальных стеклянных пластин на модельном полигоне в Карантинной бухте за 2007 – 2008 и 2010 – 2012 гг. обнаружено 136 видов и ввт микроводорослей (в т. ч. 103 вида и ввт Bacillariophyta). Впервые в фитоперифитоне антропогенных субстратов обнаружено два новых вида для вод Чёрного моря – массовый вид *Phycopeltis arundinacea* (Chlorophyta) и вид *Muxohyella lutea* (Cyanoprokaryota). Выявлены основные тенденции сезонных и межгодовых изменений видового состава, круглогодичных и массовых видов диатомовых водорослей перифитона экспериментальных стеклянных пластин в зависимости от длительности пребывания субстрата в море. Количество видов и ввт диатомовых водорослей, обнаруженных по сезонам года: зима – 48, весна – 67, лето – 70, осень – 44. Для антропогенных и природных субстратов крымского побережья Чёрного моря выявлено 27 общих видов диатомовых водорослей с коэффициентом сходства Чекановского-Сёренсена не менее 46 %.

РАЗДЕЛ 4

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СОСТАВА, ЧИСЛЕННОСТИ И БИОМАССЫ
МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ПЕРИФИТОНА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ
СУБСТРАТОВ В КАРАНТИННОЙ БУХТЕ

При изучении микрофитобентоса важную роль играют данные по составу видов и количественным характеристикам: численность (N) и биомасса (B) популяций микроводорослей и всего сообщества в целом. С помощью этих показателей можно оценить количественный вклад каждого отдельного компонента в общую структуру сообщества любого экотопа в море, в том числе перифитона экспериментальных субстратов. Одновременное изучение качественных и количественных данных сезонной динамики видового состава сообществ микроводорослей с помощью прямых наблюдений позволяет выявить роли отдельных компонентов сообществ микроводорослей и их вклад в биологическую составляющую прибрежных экосистем моря [2, 66, 98, 106, 112, 129]. Кроме того, оценка количественной структуры сообществ микроводорослей с привлечением некоторых математических индексов (H , e , D) – мер биоразнообразия – позволяет наиболее полно представить эколого-флористический комплекс водорослей перифитона антропогенных субстратов в море [2, 129].

Однако для Чёрного моря имеется недостаточно данных по сезонной динамике количественного распределения как сообществ диатомовых водорослей, так и всего комплекса микроводорослей, встречающихся в перифитоне экспериментальных субстратов. Для выявления закономерностей сезонной динамики численности, биомассы и структуры сообществ микроводорослей с учётом их видового состава на чистых субстратах при разных сроках их экспозиции, были проведены долговременные (накопительные) до 13 месяцев и

кратковременные (ежемесячные, суточные, 3-х и 6 мес.) эксперименты на модельном полигоне в районе Карантинной бухты.

4.1. Микроводоросли перифитона стеклянных пластин при кратко- и долговременной экспозиции (2007 – 2008 гг.)

Исследование микроводорослей перифитона стеклянных пластин проводили при долговременной (накопительной) экспозиции в море с нарастающим сроком от 1 до 13 месяцев за период с января 2007 по февраль 2008 гг. Температура воды в районе проведения экспериментов изменялась от 6,0 до 28°C (табл. 4.1). Известно, что температура воды является одним из важных экологических факторов, влияющих на развитие водорослей, причем не только на видовую структуру, но и на состав доминирующих видов, количественные показатели сообществ микроводорослей и продукционные показатели фитоперифитона, а также от сроков экспозиции экспериментальных субстратов в море [112]. Рассмотрим более подробно сезонную динамику и структуру сообществ микроводорослей экспериментальных пластин при разных сроках их экспозиции в зависимости от температуры воды в море (табл. 4.1).

В течение года отмечено 14 массовых видов микроводорослей, из них 11 видов принадлежат к диатомовым водорослям: *Achnanthes longipes*, *Berkeleya rutilans*, *Licmophora abbreviata*, *L. flabellata*, *Melosira moniliformis*, *Parlibellus delognei*, *Striatella unipunctata*; *Amphora hyalina*, *Cylindrotheca closterium*, *Nitzschia hybrida* f. *hyalina*, *N. tenuirostris* и 3 вида цианобактерий *Pseudocapsa sphaerica*, *Spirulina tenuissima*, *Phormidium nigroviride*. Выявлено 12 доминирующих видов диатомовых водорослей, из них 6 видов по численности и 9 – по биомассе (табл. 4.2).

В течение первого месяца экспозиции стеклянных пластин в море в феврале 2007 г. ($t = 8,5^\circ\text{C}$) субстрат активно заселялся диатомовыми водорослями с основным вкладом по численности и биомассе диатомеи *N. hybrida* f. *hyalina* (степень доминирования по численности составляла 64 %), а также субдоминанта сообщества *B. rutilans* ($N = 169,8 \cdot 10^3$ кл·см⁻² и $B = 0,053$ мг·см⁻²) (табл. 4.2).

Структурные показатели сообщества диатомовых водорослей составляли $H = 2,19$, $e = 0,61$ (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Динамика обилия видов (S), численности (N), биомассы (B) и структурных показателей по индексам Шеннона (H), Пиелу (e), Бергера-Паркера (D_{BP}) сообществ микроводорослей перифитона стеклянных пластин при долговременной экспозиции в Карантинной бухте Чёрного моря (2007 – 2008 гг.)

Срок экспозиции субстрата	$t, ^\circ\text{C}$	$N \cdot 10^3, \text{ кл} \cdot \text{см}^{-2}$		$B, \text{ мг} \cdot \text{см}^{-2}$		S	H	e	$D_{BP}, \%$
		МВ	ДВ	МВ	ДВ				
17.01-21.02.07	8,5	169,8	169,8	0,053	0,053	12	2,19	0,61	64
17.01-20.03	9,0	2180,8	2180,8	0,543	0,543	13	0,97	0,26	87
17.01-08.04	10,0	885,7	861,9	0,224	0,224	34	2,83	0,56	34
17.01-21.05	18,0	914,4	875,7	0,131	0,131	11	2,26	0,65	10
17.01-21.06	22,0	331,6	305,4	0,149	0,148	16	3,67	0,94	11
17.01-19.07	25,0	401,5	388,9	0,176	0,175	18	3,37	0,81	12
17.01-21.08	28,0	210,5	54,8	0,021	0,019	16	2,94	0,73	16
17.01-19.09	21,0	121,9	112,8	0,132	0,013	8	2,19	0,73	57
17.01-22.10	18,0	89,7	69,8	0,012	0,004	7	2,01	0,67	61
17.01-20.11	11,0	26,9	23,5	0,002	0,002	4	1,38	0,87	50
17.01-20.12	10,5	412,6	402,9	0,119	0,115	16	3,01	0,75	37
17.01-22.01.08	9,0	977,2	970,2	0,466	0,466	18	2,72	0,66	49
17.01-21.02	6,0	2072,4	2072,4	0,516	0,516	16	3,32	0,83	37

Примечание. МВ – микроводоросли, ДВ – диатомовые водоросли.

В марте при 2-х мес. экспозиции стеклянных пластин (17.01. 2007 – 20.03. 2007 гг.) при $t = 9^\circ\text{C}$ зарегистрирован максимум численности $2180,8 \cdot 10^3 \text{ кл} \cdot \text{см}^{-2}$ и биомассы $0,543 \text{ мг} \cdot \text{см}^{-2}$ сообщества (табл. 4.1) в основном за счёт колоний видов родов *Listophora* и *Berkeleya* при доминировании *B. rutilans*, составлявшего по численности 87 %. В это время индексы Шеннона (0,97) и Пиелу (0,26) имеют низкие значения. В апреле на пластинах, простоявших в море с января по апрель, наблюдается постепенное снижение численности микроводорослей при максимальном количестве обнаруженных видов ($S = 34$), вследствие чего наблюдалось увеличение значений индекса Шеннона (2,83) (табл. 4.1, 4.2).

**Доминирующие виды микроводорослей по численности (N) и биомассе (B)
перифитона стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря
(2007 – 2008 гг.)**

Дата и срок экспозиции	Доминирующие виды по численности	$N \cdot 10^3$, кл·см ⁻²	Доминирующие виды по биомассе	B, мг·см ⁻²
17.01-21.02.07	<i>Nitzschia hybrida f. hyalina</i>	108,0	<i>Nitzschia hybrida f. hyalina</i>	0,03
17.01-20.03	<i>Berkeleya rutilans</i>	1891,0	<i>Berkeleya rutilans</i>	0,37
17.01-08.04	<i>Nitzschia tenuirostris</i>	297,0	<i>Achananthes longipes</i>	0,029
17.01-21.05	<i>Licmophora flabellata</i>	90,5	<i>Licmophora flabellata</i>	0,089
17.01-21.06	<i>Cylindrotheca closterium</i>	36,0	<i>Striatella unipunctata</i>	0,04
17.01-19.07	<i>Amphora hyalina</i>	48,4	<i>Achananthes longipes</i> <i>Licmophora flabellata</i>	0,025 0,025
17.01-21.08	<i>C. closterium</i>	32,9	<i>Phormidium nigroviride</i>	0,308
17.01-19.09	<i>N. tenuirostris</i>	64,9	<i>Spirulina tenuissima</i>	0,118
17.01-22.10	-«-	54,8	<i>Phormidium nigroviride</i>	0,006
17.01-20.11	-«-	13,4	<i>Bacillaria paxillifera</i>	0,001
17.01-20.12	<i>C. closterium</i>	152,9	<i>Achananthes longipes</i>	0,014
17.01-22.01.08	<i>B. rutilans</i>	483,6	<i>Striatella unipunctata</i>	0,106
17.01-21.02	<i>L. flabellata</i>	771,0	<i>L. abbreviata</i>	0,118

В мае – июне с повышением температуры воды до 18°C при экспозиции субстратов в море от 6 до 8 мес. происходит существенная перестройка сообщества микроводорослей за счёт снижения численности диатомовых водорослей от $875,7 \cdot 10^3$ до $388,9 \cdot 10^3$ кл·см⁻² (табл. 4.1). При этом значения индекса Пиелу возрастают и достигают максимума (0,94) в июне. Это можно объяснить очень низкими значениями индекса Бергера-Паркера для доминирующих видов ($D_{BP} = 10 - 12 \%$), а также равномерным распределением значимостей по численности остальных видов сообщества. Об этом свидетельствуют и высокие значения индекса Шеннона (2,26 – 3,67), максимум которых отмечен так же в июне. В это время на пластинах встречаются в основном крупноклеточные виды диатомовых водорослей, а также всё чаще появляются динофлагелляты и цианобактерии, вследствие чего значения биомассы (0,131 – 0,176 мг·см⁻²) микроводорослей остаются высокими.

В августе при максимальной температуре воды в море (28°C) численность диатомовых водорослей значительно снижалась, что характерно для Чёрного моря [99], при доминировании бентопланктонного вида *C. closterium* при $D_{BP} = 16\%$. В это время отмечено обильное развитие представителей Cyanoprokaryota, по биомассе доминировал *Phormidium nigroviride* (табл. 4.2). Индексы видового разнообразия ($H = 2,94$) и выровненности ($e = 0,73$) по-прежнему имели высокие значения.

В сентябре-октябре общая численность сообщества микроводорослей продолжает снижаться, при этом отмечено снижение биомассы диатомовых водорослей, однако при низкой численности по биомассе доминировали два вида цианобактерий *Spirulina tenuissima* и *Ph. nigroviride*. В течение осени по численности доминирует диатомея *N. tenuirostris* с высокими значениями индекса $D_{BP} = 57$ и 61% (табл. 4.1). Минимальные значения обилия видов ($S = 4$), численности ($26,9 \cdot 10^3$ кл. $\cdot\text{см}^{-2}$) и биомассы ($0,002$ мг $\cdot\text{см}^{-2}$) микроводорослей отмечены в ноябре при $t = 11^{\circ}\text{C}$ на пластинах, простоявших в море 10 мес. (17.01 – 20.11.2007 г.). Следует отметить, что в это время, несмотря на сильный шторм до 8 баллов, зарегистрированный 11.11.2007 г., когда волна поднималась на высоту до 11 м, установка с пластинами уцелела [95].

В феврале 2008 г. на пластинах, простоявших в море 13 мес., зарегистрирован второй пик численности ($2072,4 \cdot 10^3$ кл. $\cdot\text{см}^{-2}$) и биомассы ($0,466$ мг $\cdot\text{см}^{-2}$) микроводорослей, близкий по количественным характеристикам с мартом 2007 г. (табл. 4.1). Однако в феврале по сравнению с мартом, отмечены различия в структуре сообщества микроводорослей, индексы составляли $H = 3,32$ и $e = 0,83$ при доминировании диатомеи *L. flabellata* (при $D_{BP} = 37\%$).

Для сравнения с данными, полученными при изучении динамики и структурных показателей сообществ микроводорослей перифитона стеклянных пластин при длительной экспозиции проведен анализ пластин, простоявших в море с февраля по март 2008 г. в течение 4, 7, 11, 15 и 20 сут при близких значениях температуры воды в море от $4,5$ до $7,5^{\circ}\text{C}$ (табл. 4.3).

При сравнении состава доминирующих видов на 3-х, одновременно отобранных пластинах, но при одинаковых сроках их экспозиции в море, в феврале 2008 г. выявлено, что на этих пластинах доминируют разные виды диатомей (индекс Бергера-Паркера составлял около 50 %) – *B. rutilans* и *L. abbreviata* – при сроке экспозиции пластин 4 сут; *C. closterium* и *B. rutilans* – на пластинах в течение 7 сут (табл. 4.4).

Таблица 4.3

Количественные показатели микроводорослей перифитона стеклянных пластин при кратковременной экспозиции (от 4 до 20 сут) в Карантинной бухте Чёрного моря, 2008 г.

Дата экспозиции	Срок экспозиции, сут	$t^{\circ}\text{C}$	S	$N \cdot 10^3$, кл·см ⁻²	B , мг·см ⁻²
14.02 – 18.02	4	4,5	5	49,3	0,042
-«-	-«-	-«-	8	3,3	0,002
-«-	-«-	-«-	3	18,5	0,010
14.02 – 21.02	7	6,0	12	76,7	0,008
-«-	-«-	-«-	9	42,4	0,005
-«-	-«-	-«-	8	198,0	0,034
14.02 – 25.02	11	7,9	15	280,7	0,243
14.02 – 29.02	15	7,5	-	-	-
14.02 – 05.03	20	8,0	15	119,0	0,346

Анализ количественных значений сообщества диатомовых водорослей в перифитоне стеклянных пластин, простоявших в море в течение 4 – 20 сут показал, численность варьировала (от 3,3 до 280,7)·10³ кл·см⁻², а биомасса – от 0,002 до 0,346 мг·см⁻² (табл. 5.3). Уже на 4 сут при температуре воды 4,5°С были отмечены первые поселенцы из отдела Bacillariophyta [99]. Средняя численность сообщества диатомовых водорослей составляла 23,7·10³ кл·см⁻² при доминировании *B. rutilans* и *L. abbreviata* при соответствующих значениях индекса $D_{BP} = 41$ и 50 % (табл. 4.4). На 7 сут при $t = 6^{\circ}\text{C}$ численность сообщества микроводорослей заметно возрастала ($N = 198,0 \cdot 10^3$ кл·см⁻² и $B = 0,118$ мг·см⁻²) при доминировании диатомеи *M. moniliformis* (62,8·10³ кл·см⁻²). На 11 сут при $t = 7,9^{\circ}\text{C}$ наблюдалось увеличение численности до 275,3·10³ кл·см⁻² и биомассы

сообщества до $0,034 \text{ мг}\cdot\text{см}^{-2}$ при доминировании *B. rutilans* ($111,2\cdot 10^3 \text{ кл}\cdot\text{см}^{-2}$) и *M. moniliformis* ($62,8\cdot 10^3 \text{ кл}\cdot\text{см}^{-2}$). На 20 сут ($t = 8^\circ\text{C}$) численность $119,0\cdot 10^3 \text{ кл}\cdot\text{см}^{-2}$ и биомасса ($0,346 \text{ мг}\cdot\text{см}^{-2}$) микроводорослей достигали своего максимума при массовом развитии колоний цианобактерий. Доля доминирующего вида *L. abbreviata* по индексу Бергера-Паркера (D_{BP}) составляла 20 % (табл. 4.4).

Таблица 4.4

Структурные показатели микроводорослей перифитона стеклянных пластин при кратковременной экспозиции стеклянных пластин (от 4 до 20 сут) в Карантинной бухте Чёрного моря, 2008 г.

Дата экспозиции пластин	<i>H</i>	<i>e</i>	Доминирующие виды	$N\cdot 10^3, \text{ кл}\cdot\text{см}^{-2}$	$D_{BP}, \%$
14.02 – 18.02	1,38	0,59	<i>Berkeleya rutilans</i>	24,6	50
«	2,53	0,84	<i>Licmophora abbreviata</i>	7,0	41
«	1,46	0,92	«	8,9	50
14.02 – 21.02	0,95	0,26	<i>Cylindrotheca closterium</i>	39,6	20
«	2,62	0,83	<i>Berkeleya rutilans</i>	14,1	33
«	1,83	0,61	«	35,6	62
14.02 – 25.02	2,63	0,67	«	111,2	40
14.02 – 05.08	2,25	0,58	<i>Licmophora abbreviata</i>	4,9	20

При сравнении состава доминирующих видов, обнаруженных на 3-х одновременно отобранных пластинах в феврале 2008 г. при одинаковых сроках их экспозиции в море, выявлено, что на этих пластинах доминируют разные виды диатомовых водорослей: при сроках экспозиции пластин в течение 4 суток доминировали *B. rutilans* и *L. abbreviata* с индексом D_{BP} около 50 %, а в течение 7 суток – *C. closterium* и *B. rutilans* с индексом доминирования около 40 % (табл. 4.4). Подобную ситуацию можно объяснить зимним развитием диатомового комплекса, когда одновременно в массе развиваются многие виды, использующие чистый субстрат для своего заселения, что отличается от сформировавшегося сообщества диатомовых водорослей при более длительных сроках экспозиции субстрата, на котором в большем количестве появляются водоросли-макрофиты, которые, в свою очередь, заселяющиеся диатомовыми водорослями [112].

Анализ количественной структуры сообществ микроводорослей перифитона стеклянных пластин при кратковременной экспозиции показал, что обилие видов достигало 15, а значения индекса видового разнообразия не превышали $H = 2,63$ (табл. 4.4), а индекс выровненности (e) видов в сообществе имел высокие значения от 0,59 до 0,92. В отличие от других сроков экспозиции стеклянных пластин индексы H и e достигали своего минимума при 7 сут экспозиции, так как значимость численности микроводорослей распределена неравномерно между 12 обнаруженными видами (при доминировании *C. closterium* с $D_{BP} = 20 \%$).

4.2. Микроводоросли перифитона стеклянных пластин при разных сроках экспозиции (2010 – 2012 гг.)

При исследовании количественных характеристик микроводорослей перифитона стеклянных пластин показано, что метод экспериментальных пластин действительно позволяет выявить не только закономерности формирования и развития сообществ микроводорослей, что было показано при долговременной и кратковременной их экспозиции (эксперимент № 1, 2), но и сезонные особенности видового состава и количественных характеристик первичных продуцентов. Поэтому для сравнения с накопительными сроками проведены исследования количественных характеристик микроводорослей (в том числе отдельно диатомовых водорослей) при ежемесячной экспозиции стеклянных пластин в течение годичного цикла (эксперимент № 3) на том же модельном полигоне в Карантинной бухте при отборе проб один раз в месяц.

За период с декабря 2010 по январь 2012 гг. при изменении температуры воды в море от 7,5 до 22, 5°C средние значения обилия видов (S) микроводорослей в перифитоне стеклянных пластин колебались от 9 до 26, численности – от $59,8 \cdot 10^3$ до $1229,3 \cdot 10^3$ кл.·см⁻² и биомассы – 0,021 до 14,638 мг·см⁻² (табл. 4.5).

Сезонная динамика обилия видов (S), численности (N), биомассы (B) и структурных показателей по индексам Шеннона (H), Пиелу (e), Бергера-Паркера (D_{BP}) сообществ микроводорослей перифитона стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря (2010 – 2012 гг.)

Дата и срок экспозиции	$t, ^\circ\text{C}$	$N \cdot 10^3, \text{ кл} \cdot \text{см}^{-2}$		$B, \text{ мг} \cdot \text{см}^{-2}$		S	H	e	$D_{BP}, \%$
		ДВ	МВ	ДВ	МВ				
27.12.10-26.01.2011	8,0	1229,3	1229,3	0,082	0,082	14	1,4	0,37	71
26.01-24.02	7,5	1090,3	1090,3	0,353	0,353	16	2,2	0,57	57
24.02-25.03	11,0	397,0	398,3	0,054	0,054	16	1,9	0,56	61
25.03-22.04	11,0	376,7	376,7	0,089	0,089	16	2,7	0,66	51
22.04-23.05	16,5	142,3	142,3	0,021	0,021	13	2,6	0,74	36
23.05-23.06	22,5	391,0	427,9	0,095	14,638	22	3,5	0,73	30
23.06-25.07	21,5	606,0	612,9	0,115	1,451	25	2,8	0,55	49
25.07-22.08	22,0	199,2	204,1	0,039	0,522	26	1,1	0,42	17
22.08-26.09	21,0	277,1	278,5	0,052	0,277	26	3,1	0,65	20
26.09-25.10	15,0	214,3	215,9	0,050	0,061	19	2,9	0,72	21
25.10-24.11	9,4	468,8	471,5	0,097	0,128	26	3,0	0,65	47
24.11-22.12	10,0	288,3	290,6	0,042	0,201	17	2,9	0,74	31
22.12.11-23.01.2012	7,7	57,6	59,8	0,007	0,057	9	2,1	0,63	52

Примечание. МВ – микроводоросли, ДВ – диатомовые водоросли.

В сообществе микроводорослей перифитона стеклянных пластин преобладают в основном массовые виды диатомовых водорослей: *Berkeleya micans*, *B. micans L. abbreviata*, *L. flabellata*, *N. ramosissima*, *Neosynedra provincialis*, *A. hyalina*, *C. scutellum*, *C. closterium*, *S. unipunctata*, *N. hybrida f. hyalina*, *N. tenuirostris*, а в летне-осенний сезон отмечены некоторые виды цианобактерий и динофитовых водорослей. Выявлено 11 доминирующих видов, из них 5 видов – по численности и 9 – по биомассе (табл. 4.6).

Анализ сезонной динамики количественных характеристик сообществ диатомовых водорослей в течение 2011 г. показал, что наибольшие величины численности отмечены зимой. Максимальная численность сообщества, состоящего в основном из диатомовых водорослей, зарегистрирована в январе ($1229,3 \cdot 10^3$ кл.·см⁻²) и феврале ($1090,3 \cdot 10^3$ кл.·см⁻²) при $t = 8,0$ и $7,5$ °С, соответственно (табл. 4.5).

Доминирующие виды диатомовых водорослей по численности (*N*) и биомассе (*B*) в перифитоне стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря, (2010 – 2012 гг.)

Дата и срок экспозиции	Доминирующие виды по численности	$N \cdot 10^3$, кл·см ⁻²	Доминирующие виды по биомассе	B , мг·см ⁻²
27.12.2010-26.01.2011	<i>Cylindrotheca closterium</i>	868,0	<i>Nitzschia hybrida</i> f. <i>hyalina</i>	0,165
26.01-24.02	«	626,0	<i>Striatella unipunctata</i>	0,123
24.02-25.03	«	244,0	«	0,015
25.03-22.04	«	193,0	«	0,051
22.04-23.05	«	52,0	<i>Amphora ostrearia</i> <i>Undatella lineolata</i>	0,008 0,008
23.05-23.06	<i>Berkeleya rutilans</i>	117,0	<i>Coscinodiscus jonesianus</i>	0,028
23.06-25.07	<i>B. micans</i>	297,0	<i>B. micans</i> <i>Cocconeis scutellum</i>	0,032 0,032
25.07-22.08	«	35,0	<i>Neosynedra provincialis</i>	0,009
22.08-26.09	<i>Nitzschia tenuirostris</i>	56,0	<i>Nitzschia tenuirostris</i>	0,26
26.09-25.10	<i>B. micans</i>	46,0	<i>N. hybrida</i> f. <i>hyalina</i>	0,012
25.10-24.11	<i>N. tenuirostris</i>	221,0	<i>N. tenuirostris</i>	0,022
24.11-22.12	<i>B. micans</i>	90,0	<i>B. micans</i>	0,022
22.12 - 23.01.2012	<i>Cocconeis scutellum</i>	30,0	<i>C. scutellum</i>	0,004

В январе из-за высокой степени доминирования *C. closterium* в сообществе при $D_{BR} = 71 \%$ и малочисленности других видов, индексы $H = 1,4$ и $e = 0,37$ принимали минимальные значения при среднем обилии видов $S = 14$ (табл. 4.5). По биомассе преобладал вид *Nitzschia hybrida* f. *hyalina*, имеющий более крупные клетки, чем *C. closterium* (табл. 4.6). В феврале 2011 г. при $t = 7,5^\circ\text{C}$ отмечен максимум биомассы диатомовых водорослей, который не совпадал по времени с самыми высокими значениями численности, и наблюдался за счёт обильного развития *S. unipunctata* и других колониальных видов *A. longipes*, *B. rutilans*, *L. abbreviata* (табл. 4.5, 4.6). При этом следует отметить, что степень доминирования *C. closterium* снижается до 57 %, а значительный вклад в

количественную составляющую сообщества диатомовых водорослей вносят массовые виды *N. hybrida* f. *hyalina* и *L. abbreviata*. Индексы Шеннона и Пиелу возрастают, так как наибольшую значимость по численности приобретают все указанные выше виды при их обилии в сообществе $S = 16$ (табл. 4.5).

Весной биомасса сообщества остается достаточно высокой при доминировании крупноклеточного вида *St. unipunctata*, но в мае при смене доминант, её значения снижались (табл. 4.5, 4.6). В мае зарегистрирован максимум индекса Пиелу ($e = 0,74$) при низких значениях обилия видов ($S = 13$), численности ($142 \cdot 10^3$ кл. \cdot см $^{-2}$), биомассы ($0,021$ мг \cdot см $^{-2}$) и индекса Бергера-Паркера (36 %) (табл. 4.5). С января по май на пластинах доминировал вид *C. closterium*, численность которого достигала максимальной величины в феврале ($868 \cdot 10^3$ кл. \cdot см $^{-2}$), а в мае снижалась (табл. 4.6).

В июне наблюдалась смена доминирующих видов, индекс Бергера-Паркера принимал минимальные значения, и *C. closterium* становится субдоминантом, а в последующие месяцы наблюдался редко. Несмотря на относительно невысокую численность и биомассу диатомовых водорослей, общая численность сообщества микроводорослей составляла $427,9 \cdot 10^3$ кл. \cdot см $^{-2}$, а биомасса была максимальной ($14,638$ мг \cdot см $^{-2}$) за все периоды исследования за счёт колоний цианобактерий (табл. 4.5). В июле при температуре воды $21,5^\circ\text{C}$ зарегистрированы самые высокие за весь летне-осенний период значения общей численности ($612,9 \cdot 10^3$ кл. \cdot см $^{-2}$) и биомассы ($1,451$ мг \cdot см $^{-2}$) сообщества, однако средние значения индексов видового разнообразия и выравненности по сравнению с весной снижаются. Это происходит за счёт бурного развития колоний вида *Berkeleya micans*, степень доминирования которого в июле достигала 49 %. В августе отмечен минимум значений $H = 1,1$ при высоком обилии видов $S = 26$, когда индекс Бергера-Паркера для доминирующего вида *B. micans* принимал минимальные значения в среднем 17 %, а численность видов в сообществе была наименее выровнена: максимальные величины превосходили минимальные в 35 раз.

В сентябре при температуре воды в море, близкой к летним месяцам, наблюдалось сходство количественных показателей сообщества по численности и

биомассе при доминировании *Nitzschia tenuirostris* Mereschk. ($D_{BP} = 20 \%$) – вид, характерный для осеннего сезона, как было отмечено и в 2007 г. [112], а также в массе встречались *Nitzschia longissima* (Bréb.) Ralfs ex Pritch., колонии *Berkelelya micans* и *Neosynedra provincialis* (Grun.) Will. et Round, колонии *A. longipes*, *L. abbreviata*, *St. unipunctata*. Отмечен максимум $H = 3,3$ при максимальной величине обилия видов ($S = 25$) и высоком значении индекса Пиелу, что указывает на значительную выровненность по численности видов в сообществе. В октябре – ноябре с понижением температуры воды эти виды появляются чаще, а значения численности и биомассы сообщества возрастают (табл. 4.5).

В целом для летне-осеннего сезона, по сравнению с зимне-весенним, характерно снижение количественных показателей диатомовых водорослей, но возрастание видового разнообразия ($H = 3,5$) и обилия видов ($S = 26$) за счёт увеличения вклада, кроме диатомовых, представителей других групп водорослей, особенно Цианопрокaryota, что было отмечено ранее при накопительных сроках экспозиции стеклянных пластин.

Начиная с октября и до декабря температура воды снижалась до 10°C , при этом в декабре она была немного выше, чем в ноябре (табл. 4.5). Количественные показатели сообщества к концу 2011 г. снижались, но индекс выровненности ($e = 0,74$) достигал максимальных значений, близких к маю при невысокой численности видов микроводорослей в сообществе ($290,6 \cdot 10^3$ кл. $\cdot\text{см}^{-2}$) и доминировании диатомовых, в частности колоний *B. micans* ($D_{BP} = 31 \%$). Биомасса микроводорослей возрастала до $0,201$ мг $\cdot\text{см}^{-2}$, однако, кроме диатомовых значительный вклад вносили цианобактерии.

В январе 2012 г. поверхность пластин почти полностью была заселена диатомеей *Cocconeis scutellum*, степень доминирования которого достигала более 50% , при этом обилие видов и общая численность микроводорослей была минимальной, как и значения индекса Пиелу (табл. 4.6). Несмотря на то, что в зимне-весенний сезон 2011 г. по численности доминировал бентопланктонный вид *C. closterium*, значительный вклад в количественные характеристики вносили

бентосные виды-обрастатели. В летне-осенний сезон они практически не наблюдались, а возрастала роль одиночноживущих видов.

В целом, по качественным и количественным показателям сообщества микроводорослей отмечена сезонность в их развитии. Для достоверной оценки влияния фактора сезона на численность сообществ микроводорослей перифитона экспериментальных пластин значения суммарной численности микроводорослей перифитона на каждой пластине (табл. 4.7) обработаны методом однофакторного дисперсионного анализа. Результаты дисперсионного анализа данных представлены в таблице 4.8.

Обработка результатов выполнялась в следующей последовательности. По каждому столбцу вычисляем средние: $y'_1, y'_2, y'_3, \dots, y'_k$. Затем формулируется гипотеза H_0 о том, что между столбцами нет различия, т.е. математические ожидания средних значений численности микроводорослей перифитона на всех пластинах равны между собой: $\mu y_1 = \mu y_2 = \mu y_3 = \dots = \mu y_k$. Рассчитаем итоги:

1. $A_i \text{ сред} = (\sum y_{im})/n$
2. Общий итог: $G = \sum \sum y_{im}$ (сумма результатов всех наблюдений) $G = \sum A_i = 52169$
3. Средний итог $G_{\text{средн}} = (\sum \sum y_{im})/k \cdot n = 52169/13 \cdot 9 = 445,89$

Вычислительная процедура для дисперсионного анализа заключалась в следующем:

1. Подсчёт общей суммы квадратов:

$$SS_{\text{общ}} = \sum \sum y_{im}^2 - G^2/N = 40430948,9 - 52169^2/117 = 17169014,7, \text{ где}$$

G^2/N – корректирующий или поправочный член, $N = k \cdot n = 13 \cdot 9 = 117$;

2. Сумма квадратов итогов по столбцам:

$$SS_a = \sum ((A_i^2)/n) - G^2/N = (11085^2/9 + 9990^2/9 + 3491^2/9 + \dots + 513^2) - 52169^2/117 = 13576168,6;$$

3. Ошибка опыта:

$$SS_{\text{ошиб}} = SS_{\text{общ}} - SS_a = 3029487949,8 - 13576168,6 = 3592846,1.$$

**Результаты однофакторного дисперсионного анализа численности клеток
микроводорослей перифитона на экспериментальных пластинах,
установленных в Карантинной бухте, 2011 г.**

Источник дисперсии	Число степеней свободы	Сумма квадратов SS	Средний квадрат MS	F-критерий	
А	k-1=13-1=12	13576168,6	1131347,4	F=1131347,4/ 34545,4 = 32,7	F _{табл} < F гипотеза
Ошибка	k(n-1)= 13(9-1)=104	3592718,1	34545,4	F _{табл} =1,8 Ст. своб. 12, 104	отверга- ется
Сумма	kn-1= 117-1=116	17168886,7			

Итак, $F_{\text{эксп}} > F_{\text{табл}}$, поэтому гипотеза H_0 отвергается (средний квадрат фактора А значимо отличается от среднего квадрата ошибки). Иными словами, средние значения численности микроводорослей перифитона на пластинах установленных в разные месяцы, различаются статистически достоверно. В этом случае необходимо определить, какие средние отличаются друг от друга, что выполняется с помощью рангового критерия Дункана, для чего выполнялись следующие расчеты:

1. Расчёт доверительных интервалов для средних:

$$A'_i \pm t_{1-\alpha/2} \sqrt{(MS_{\text{ошибка}}/n)}, \text{ где } t_{1-\alpha/2} = t_{0,975; 104} = 1,65$$

$$A'_i \pm 1,65 \sqrt{34545,4/9} = A'_i \pm 102.$$

2. Какие средние значимо отличаются друг от друга? Для этого нужно упорядочить средние, т.е.: A'_i (от максимального значения к минимальному):

$$A'_1=1232; A'_2=1110; A'_7=618; A'_{11}=467; A'_6=410; A'_3=388; A'_4=385; A'_9=307; A'_{12}=285; A'_{10}=213; A'_8=198; A'_{13}=132; 57.$$

3. Подсчитываем нормированные ошибки:

$$S_H = \sqrt{(MS_{\text{ошибка}}/n)} = 62$$

Обращаемся к табличным значениям из [119, см. табл. Дункана]. Эксперимент длился на протяжении 13 месяцев. Необходимо выполнить сравнение всех средних, а именно, каждое среднее сравнивается с 12 остальными. Следовательно ранг равен 12; $v = k(n-1) = 13(9-1) = 104$.

Из таблицы Дункана:

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2,80	2,95	3,05	3,12	3,18	3,22	3,26	3,29	3,29	3,29	3,29	3,29

4. Для того чтобы найти наименьшие значимые ранги необходимо значения рангов из таблицы Дункана умножить на нормированную ошибку. Получаем следующие значения:

173,6; 182,9; 189,1; 193,4; 197,2; 199,6; 202,1; 204; 204; 204; 204; 204.

5. Сравниваем самое большое значение среднего с наименьшим:

$$1232 - 57 = 1175$$

Наибольший ранг равен 204, что меньше 1175. Таким образом, $A'_1 \geq A'_{13}$. Аналогичные сравнения A'_1 с остальными средними показывают, что его значение превышает остальные средние, кроме A'_2 . A'_2 превышает значения одиннадцати средних от A'_3 до A'_{13} . Поэтому можно сформировать группу из двух статистически неразличающихся средних: $A'_1; A'_2$.

Представляет интерес сравнение следующего самого большого значения среднего $A'_7 = 618$ с остальными 10 средними. Наиболее близкое значение имеет $A'_{11} = 467$: $618 - 467 = 151$, что меньше, чем 204, таким образом, значения A'_7 и A'_{11} статистически не различаются. Сравниваем A'_7 и $A'_6 = 410$: $618 - 410 = 208$, что больше, чем 204. Различие между A'_7 и A'_6 статистически достоверно. Итак, A'_7 превосходит значения всех оставшихся средних, за исключением A'_{11} . Следующая группа неразличающихся средних: A'_7 и A'_{11} .

Далее сравниваем самое большое значение из оставшихся средних $A'_6 = 409,6$ с остальными оставшимися средними, среди которых наибольшее значение имеет $A'_3 = 387,9$. $A'_6 - A'_3 = 409,6 - 387,9 = 21,7$, что меньше, чем 204. Следовательно, A'_6 и A'_3 статистически не различаются. Аналогично и со следующим по величине

средним $A'_4 = 384,2$ также нет значимого различия, то есть A'_6 и A'_4 статистически не различимы. Следующим по величине средним является $A'_9 = 306,3$. Сравниваем: $A'_6 - A'_9 = 409,6 - 306,3 = 103,3$ – нет достоверного отличия. Следующим по величине средним является $A'_{12} = 284,9$. Сравниваем: $A'_6 - A'_{12} = 409,6 - 284,9 = 124,7$ – нет достоверного отличия. Следующим по величине средним является $A'_{10} = 212,6$. Сравниваем: $A'_6 - A'_{10} = 409,6 - 212,6 = 197$, что меньше $199,6$ – нет достоверного отличия. Следовательно, следующая группа неразличающихся средних: $A'_6; A'_3; A'_4; A'_9; A'_{12}; A'_{10}$. Последующие значения $A'_8; A'_5; A'_{13}$ также являются неразличающимися.

Однофакторный дисперсионный анализ результатов эксперимента позволил установить, что численность микроводорослей перифитона достоверно зависит от сезона года с максимумом в январе и феврале, а минимумом – в мае и августе. Кроме того, как уже упоминалось выше, отмечена так же минимальная численность микроводорослей перифитона в январе 2011 г., что нехарактерно для данного сезона и связано с тем, что поверхность пластин почти полностью была заселена видом *C. scutellum*, который препятствовал поселению прикрепленных колониальных видов. Остальные значения численности можно разбить на следующие группы, внутри которых нет статистически значимых различий между средними:

1. $A'_7; A'_{11}$ (июль, ноябрь),
2. $A'_6; A'_3; A'_4; A'_9; A'_{12}; A'_{10}$ (март, апрель, июнь, сентябрь, октябрь).

Кроме описанных выше результатов исследования микроводорослей перифитона экспериментальных стеклянных пластин при долговременных, кратковременных и ежемесячных сроках экспозиции в море, нами были проведены исследования стеклянных пластин, простоявших в море в течение 1 и 12 суток, а также 3 и 6 месяцев. В эти сроки на пластинах нами обнаружены только водоросли отдела Bacillariophyta. Уже через 24 часа после установки пластин в море численность первых поселенцев при обилии видов ($S = 6$), достигала $3,3 \cdot 10^3$ кл. \cdot см⁻², а биомасса $0,005$ мг \cdot см⁻² (табл. 4.9).

Сравнительные данные количественных значений диатомовых водорослей в перифитоне стеклянных пластин при разных сроках экспозиции в Карантинной бухте Чёрного моря

Дата экспозиции пластин	Срок экспозиции пластин	$t, ^\circ\text{C}$	S	$N \cdot 10^3$, кл·см ⁻²	B , мг·см ⁻²
27.12.10 - 25.03.11	3 мес.	11	20	1164,0	0,817
26.01.11 - 25.07.11	6 мес.	21,5	26	1098,0	0,376
25.01.12 - 26.01.12	1 сут	7,7	6	3,3	0,005
25.01.12 - 06.02.12	12 сут	6,5	17	54,7	0,012

На 12 сут при обилии видов ($S = 17$) численность увеличивалась в 17 раз, а биомасса – в 2 раза по сравнению с односуточной экспозицией пластин. Доминирующим видом являлась *N. ramosissima*, однако её численность не превышала 34 % (табл. 4.10).

Таблица 4.10

Сравнительные данные структурных показателей доминирующих видов диатомовых водорослей в перифитоне стеклянных пластин при разных сроках экспозиции в Карантинной бухте Чёрного моря

Дата экспозиции пластин	H	e	Доминирующие виды	$N \cdot 10^3$, кл·см ⁻²	D_{BP} , %
27.12.10 - 25.03.2011	2,45	0,63	<i>Cylindrotheca closterium</i>	358,6	31
26.01.11 - 25.07.2011	3,72	0,80	<i>Berkeleya micans</i>	228,8	21
25.01.12 - 26.01.2012	2,15	0,51	<i>Navicula ramosissima</i>	0,7	23
25.01.12 - 06.02.2012	1,85	0,48	«	18,3	34

Количественные показатели диатомовых водорослей на пластинах, простоявших в море три месяца, были намного выше, чем при ежемесячной экспозиции (табл. 4.5, 4.9). Доминирующий вид *C. closterium*, имеющий небольшие размеры клеток, не вносил значительного вклада в биомассу при этих сроках экспозиции даже при достаточно высокой его степени доминирования (61 %) в сообществе. При 3-х месячном сроке экспозиции степень доминирования данного вида снижалась в 2 раза, а биомасса сообщества диатомовых достигала 0,817

мг·см⁻². Как правило, высокие значения биомассы сообщества микроводорослей перифитона стеклянных пластин отмечены за счёт обилия таких крупноклеточных и колониальных видов как *St. unipunctata*, *A. longipes* и *L. flabellata* и др.

На стеклах с 6-мес. сроком экспозиции при высоких значениях обилия видов ($S = 26$) и численности ($N = 1098 \cdot 10^3$ кл.·см⁻²), биомасса значительно снижалась по отношению к пробам трехмесячного срока экспозиции (табл. 4.9). Наряду с высокими значениями индекса видового разнообразия ($H = 3,72$) и выровненности ($e = 0,80$) видов по численности в сообществах микроводорослей, степень доминирования преобладающего по численности вида *B. micans* составляла всего 21 % (табл. 4.10).

Следовательно, при экспозиции экспериментальных стеклянных пластин со сроком в один месяц все количественные показатели, кроме биомассы, были ниже. Различия по биомассе обусловлены тем, что при шестимесячном сроке экспозиции в сообществе наблюдались только представители отдела Bacillariophyta при полном отсутствии микроводорослей других отделов. При разных сроках экспозиции пластин по численности в пробах доминировал один и тот же вид – *B. micans*.

В связи с тем, что видовой состав массовых и круглогодичных видов, вносящих значительный вклад в донные сообщества, имеет важное значение для оценки количественных и продукционных характеристик морского микрофитобентоса, остановимся на краткой характеристике круглогодичных доминирующих видов диатомовых водорослей перифитона экспериментальных субстратов в крымском прибрежье Чёрного моря.

4.2.1. Сезонная динамика численности популяций и линейных размеров массовых видов диатомовых водорослей перифитона экспериментальных субстратов. Как было отмечено ранее для микрофитобентоса природных субстратов Чёрного моря, для оценки количественных и продукционных характеристик микрофитобентоса важное значение имеет вклад отдельных компонентов сообщества первичных продуцентов, особенно доминирующих и массовых видов, их численность и размерная структура, оказывающие влияние на величины биомассы сообщества

микроводорослей [99]. Эти данные в целом были подтверждены нашими исследованиями [66, 83, 112, 129].

Следует подчеркнуть, что количественные характеристики популяций отдельных видов водорослей и их размерная структура, а также изменения температуры воды по сезонам года, позволяют выявить максимальный вклад каждого вида и прогнозировать предполагаемые сроки вспышки их численности, что особенно важно не только для доминирующих и массовых видов, но и для потенциально токсичных видов водорослей [95, 96]. Поэтому в данном подразделе интересно более подробно проиллюстрировать вклад каждого вида в общую численность сообществ фитоперифитона. Для примера рассмотрим ниже «видовые календарики» сезонной динамики численности и линейных размеров 8 массовых видов диатомовых водорослей, круглогодично встречающихся в море, в том числе в Карантинной бухте в перифитоне экспериментальных стеклянных пластин (рис. 4.1 – 4.8).

Licmophora abbreviata является морским, колониальным видом, типичным обрастателем природных и искусственных субстратов, относится к аркто-бореальным видам [99]. В Карантинной бухте на экспериментальных пластинах в 2011 – 2012 гг. вид встречался круглогодично, в отдельные сезоны отмечен в массе. Линейные размеры клеток этого вида в течение года в перифитоне стеклянных пластин достигали следующих значений: длина от 17,6 до 55,7 мкм, ширина панциря от 8,8 до 32,3 мкм, и были наибольшими с января по март при температуре воды в море 7,5 – 11°C (рис. 4.1).

В зависимости от температуры воды в море изменяются как линейные размеры клеток вида, так его количественные характеристики. Максимум численности ($120 \cdot 10^3$ кл.·см⁻²) ликмофоры зарегистрирован в феврале 2011 г. ($t = 7,5^\circ\text{C}$), который согласуется с максимумом численности ($128,8 \cdot 10^3$ кл.·см⁻²), отмеченным в марте 1996 г. ($t = 7,7^\circ\text{C}$) на поверхности раковин мидии *Mytilus galloprovincialis* из Казачьей бухты [96], а также на каменистых грунтах Карантинной бухты, когда численность вида достигала (от 160 до 207)·10³ кл.·см⁻² в апреле 1988 г. при $t = 9^\circ\text{C}$ [99]. В зимне-весенний период в перифитоне

стеклянных пластин в Карантинной бухте при температуре ниже 16°C отмечены наибольшие линейные размеры клеток ликмофоры, что связано с особенностями её жизненного цикла.

Известно, что при размножении донных диатомовых водорослей, у которых кроме вегетативного способа, установлена стадия ауксообразования [28, 29, 31, 93, 122], существующая только в этой группе водорослей, т. е. способ омоложения вегетативной клетки, когда предельное клеточное деление завершается ауксоспорообразованием со сменой панциря. Как было показано в лабораторных условиях на черноморском клоне *L. abbreviata*, выделенном из моря в феврале 1985 г., при размерном диапазоне клеток этого вида в культуре (длина от 25 до 46 мкм) в период ауксообразования наблюдались укрупнённые клетки размером от 100 до 108 мкм [93]. По данным некоторых авторов показано, что в природных и лабораторных условиях для этого вида имеются близкие условия существования, оптимальные для роста этого вида: температура 15 – 25°C, солёность 10 – 34 ‰, рН 7,5 – 8,5, освещённость от 3 000 до 20 000 лк [96, 142, 151, 179].

Анализ сезонной динамики численности популяции вида *L. abbreviata* и размеров её клеток в перифитоне стеклянных пластин в Карантинной бухте показал, что максимальные значения этих характеристик наблюдаются в зимне-весенний сезон, следовательно, наибольший вклад в биомассу всего сообщества микроводорослей данный вид вносит в это время, при наибольших значениях численности вида и линейных размеров его клеток в феврале 2011 г.

Другой вид этого же рода *Licmophora flabellata* является колониальным видом-обрастателем, широко встречающимся на различных типах субстратов в крымском побережье Чёрного моря. Вид морской, бореально-тропический.

В отличие от *L. abbreviata* вид *L. flabellata* имеет более крупные линейные размеры клеток: длина от 39 до 164 мкм, ширина панциря от 4 до 21 мкм (рис. 4.2). Наибольшие значения численности популяций этого вида в Карантинной бухте отмечены на пластинах при ежемесячной экспозиции в феврале 2011 г. ($N = 17,2 \cdot 10^3$ кл.·см⁻²) при температуре воды 7,5°C и в апреле ($N = 17,0 \cdot 10^3$ кл.·см⁻²) при $t = 11^\circ\text{C}$ (рис. 4.2).

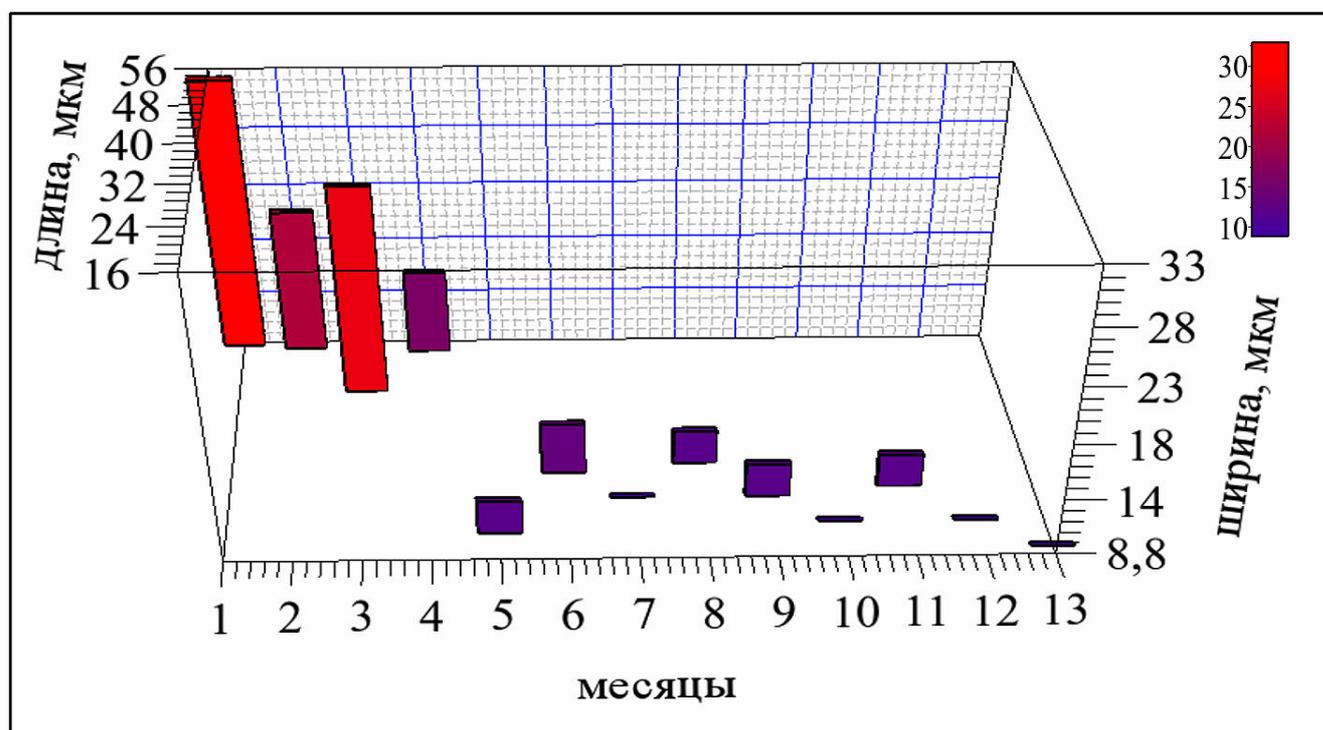
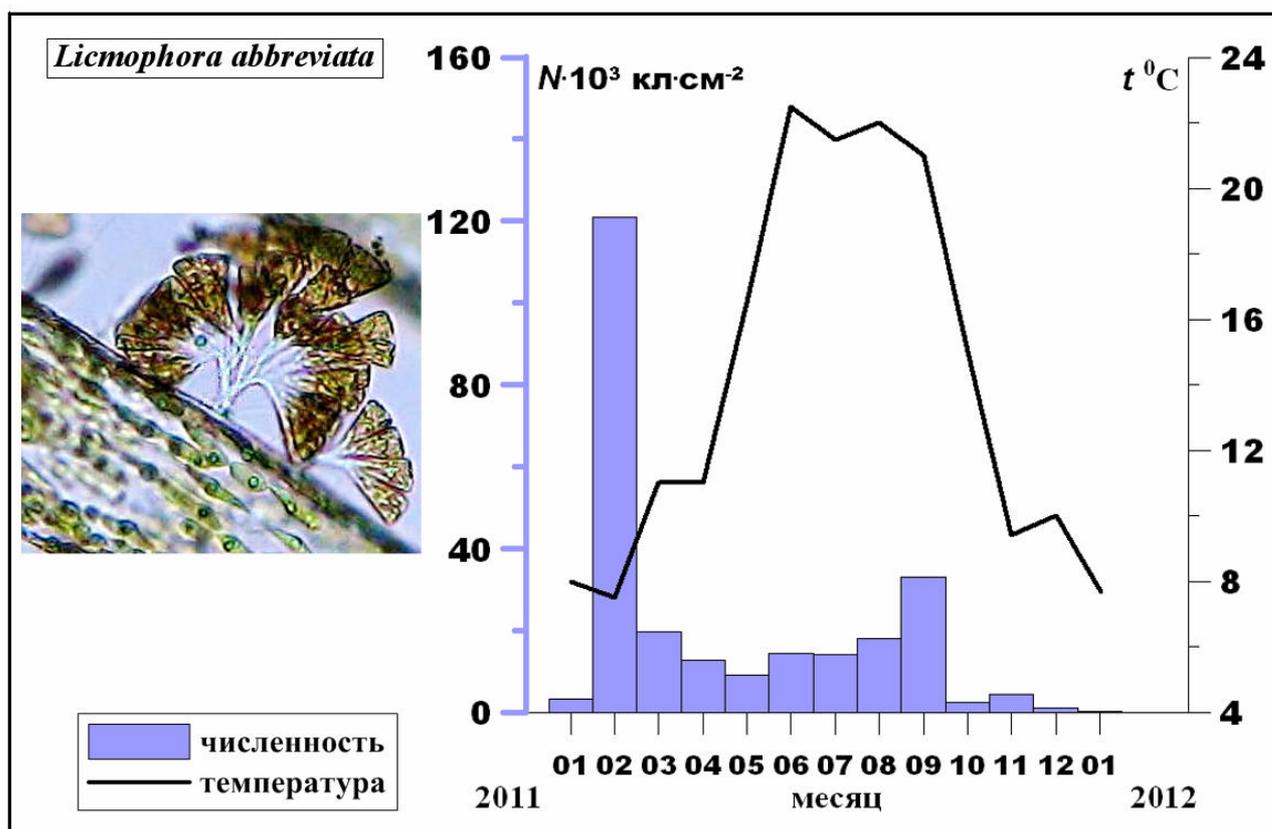


Рис. 4.1 Сезонная динамика численности и линейных размеров типичного вида-обработателя *Licmophora abbreviata* в перифитоне стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря, 2011 – 2012 гг.

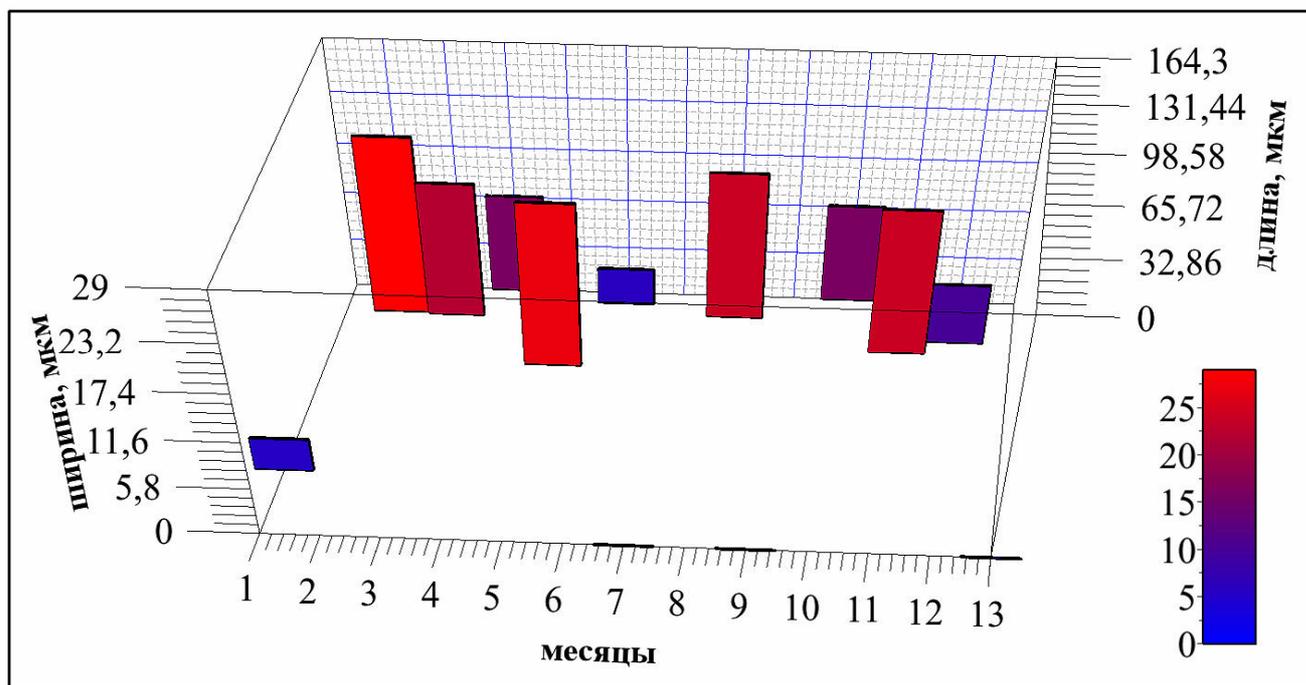
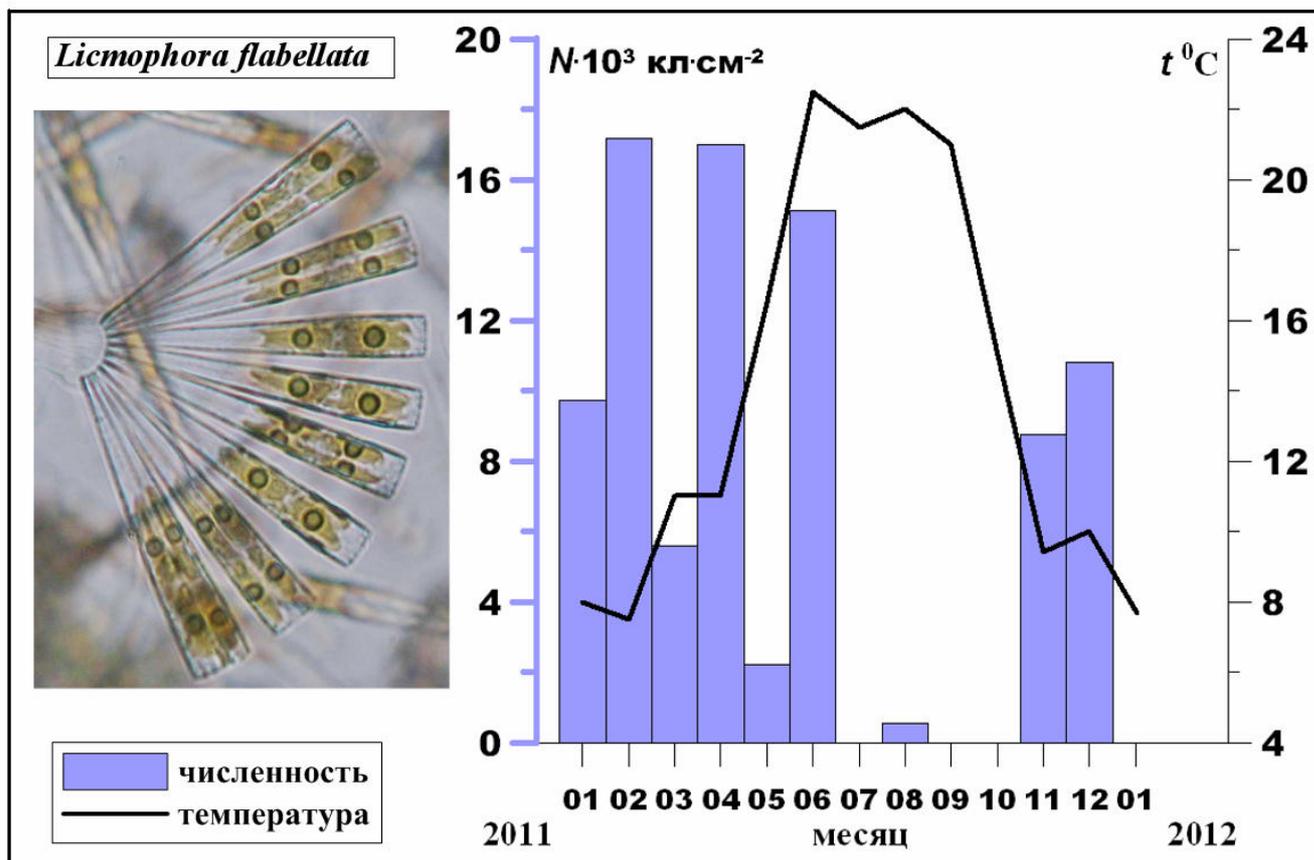


Рис. 4.2 Сезонная динамика численности и линейных размеров вида-обработателя *Licmophora flabellata* в перифитоне стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря, 2011 – 2012 гг.

В связи с тем, что вид имеет крупные линейные размеры клеток и значительную численность вклад популяции *L. flabellata* в биомассу сообщества является существенным в течение года. Сопоставление результатов наших исследований с литературными данными, полученными ранее для Казачьей бухты, показало, что максимальные величины численности его популяций $(60 - 70) \cdot 10^3$ кл.·см⁻² отмечены в эпизооне годовалой и 3-летней мидии в марте 1996 г. при $t = 7,7^\circ\text{C}$ [99].

Achnanthes longipes является также видом-обрастателем, способным прикрепляется к разнообразным субстратам с помощью слизистой «ножки» и образует колонии (рис. 4.3). Вид морской, аркто-бореально-тропический, широко распространённый в морях Мирового океана.

При исследовании микроводорослей перифитона стеклянных пластин в Карантинной бухте в течение 2011 – 2012 гг. вид встречался круглогодично. Линейные размеры клеток *A. longipes* в течение года варьировали по длине от 22 до 90 мкм и по ширине створок от 4 до 39. Наибольшие значениями размеров зарегистрированы нами в феврале-марте 2011 г. при температуре воды $7,5 - 11^\circ\text{C}$ (рис. 4.3).

Численность популяции вида на стеклянных пластинах в Карантинной бухте в течение 2011 – 2012 гг. изменялась (от $0,4$ до $37,8$)· 10^3 кл.·см⁻² с максимумом в январе 2011 г. при температуре воды в море 8°C .

Анализ двух графиков (рис. 4.3) показал, что наибольший вклад популяции *A. longipes* в биомассу сообщества отмечен в феврале, когда численность достигала высоких значений, а клетки вида имели максимальные размеры. Учитывая, что вид является крупноклеточным, его вклад в биомассу сообществ микроводорослей перифитона стеклянных пластин значителен. Эта тенденция была отмечена и в 2007 г., когда вид доминировал по биомассе ($B = 0,014 - 0,029$ мг·см⁻²) в зимний, весенний и летний сезоны на стеклянных пластинах в Карантинной бухте (табл. 4.2).

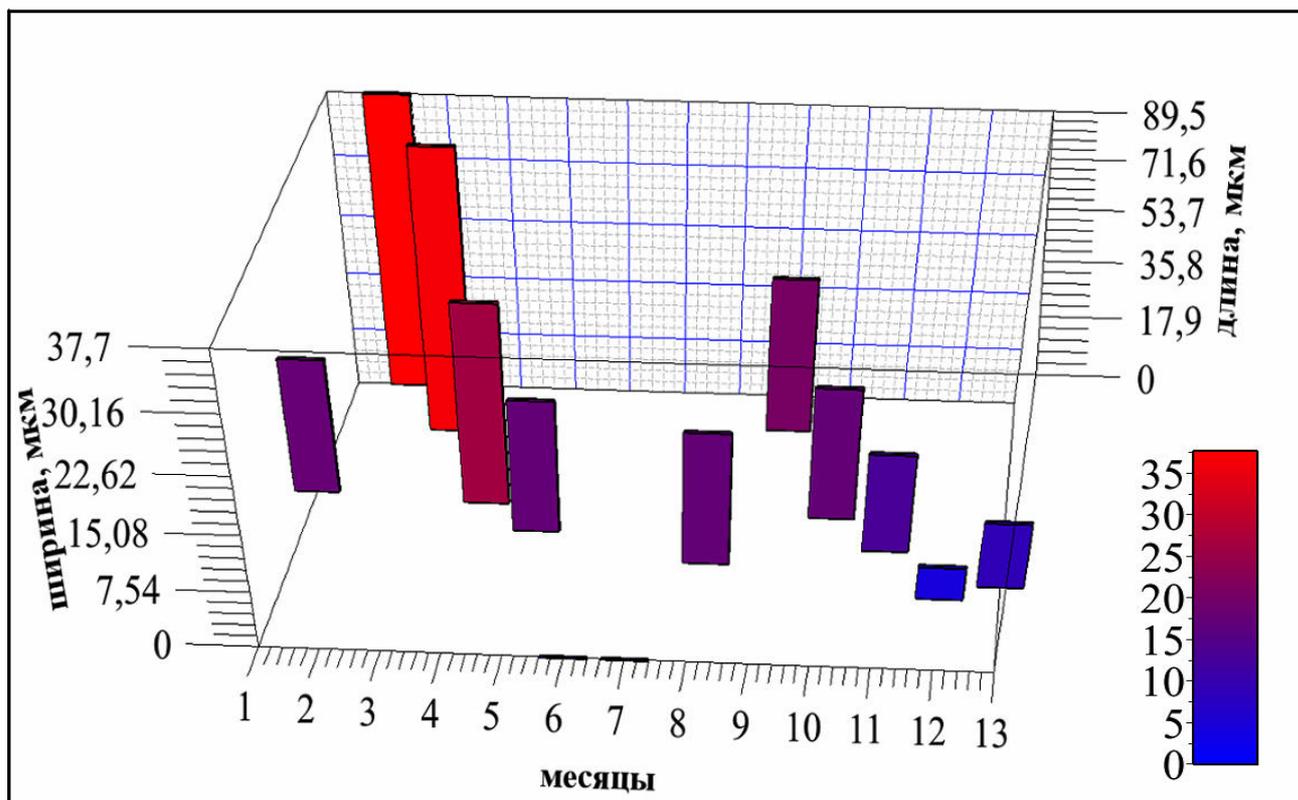
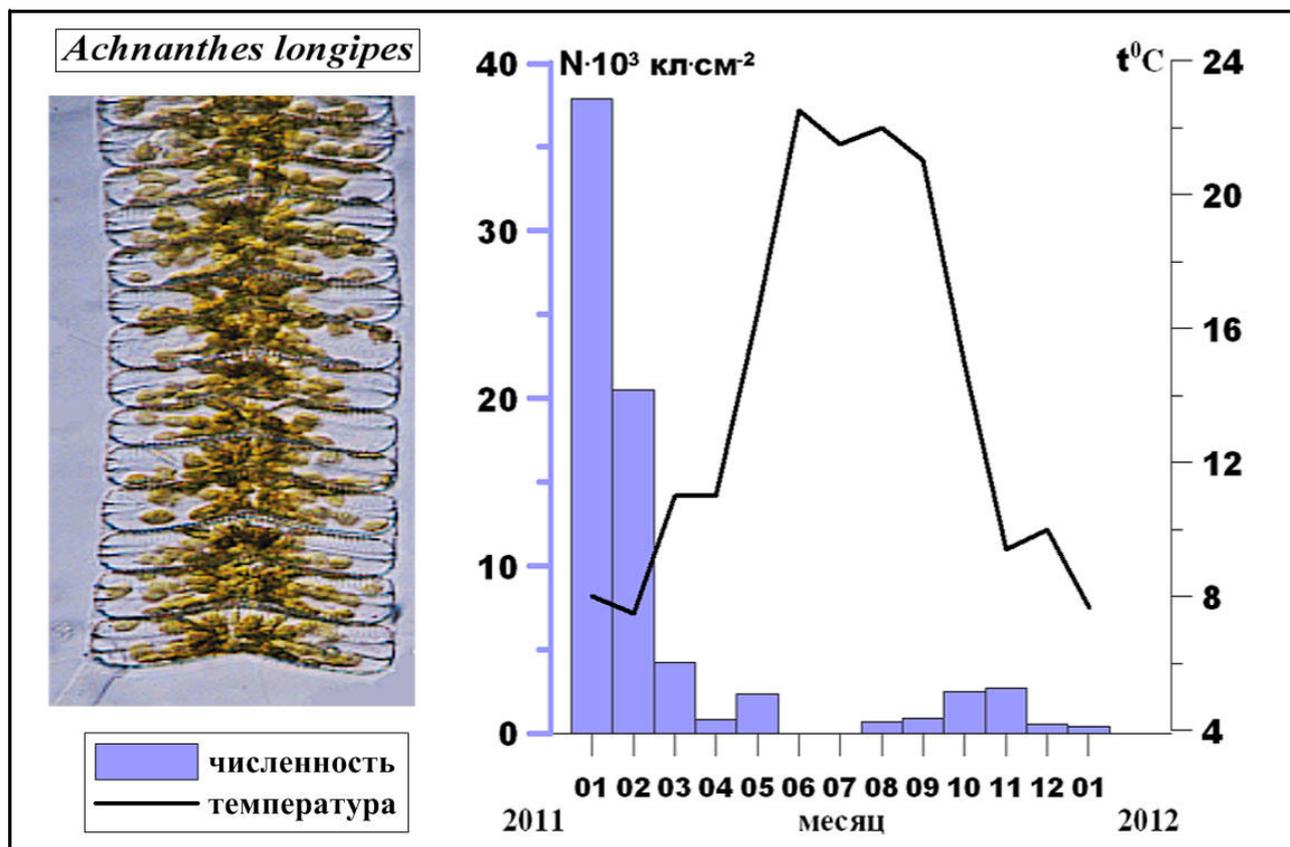


Рис. 4.3 Сезонная динамика численности и линейных размеров вида-обрастателя *Achnanthes longipes* в перифитоне стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря, 2011 – 2012 гг.

Nitzschia hybrida f. *hyalina* является распространенным видом в микрофитобентосе побережья Чёрного моря [99]. Солоноватоводный, бореальный, свободноживущий вид. Размеры клеток в течение года имеет близкие значения, которые варьируют в пределах: длина от 37 до 55 мкм, ширина створок от 4,4 до 9 мкм.

Численность вида на стеклянных пластинах изменялась в течение года (от $0,5$ до $222,3 \cdot 10^3$ кл.·см⁻² и достигала наибольших значений в зимне-весенний период при максимуме в январе, $t = 7,5^\circ\text{C}$ (рис. 4.4). В связи с тем, что максимальные значения численности и размеров клеток вида отмечены в январе 2011 г., вклад популяции в биомассу сообщества в это время был максимальным (табл. 4.6).

Berkeleya rutilans – колониальный вид, встречающийся в перифитоне экспериментальных пластин круглогодично, при этом в эксперименте 2007 г. – в массе (рис. 4.5). Вид солоноватоводно-морской, бореально-тропический. Имеет некрупные размеры клеток: длина от 13 до 35,2 мкм, ширина створок от 2 до 8,8 мкм, максимальных размеров вид достигал в феврале и июне 2011 г. при температуре воды соответственно 7,5 и 22,5 °C.

Численность вида в перифитоне стеклянных пластин в Карантинной бухте варьировала (от 0,4 до $117,9 \cdot 10^3$ кл.·см⁻² с наибольшими значениями в июне при $t = 22,5^\circ\text{C}$ (рис. 4.5).

Значительный вклад в общую биомассу перифитонных сообществ *B. rutilans* вносит в июне при доминировании по численности (табл. 4.6) и наибольших линейных размерах.

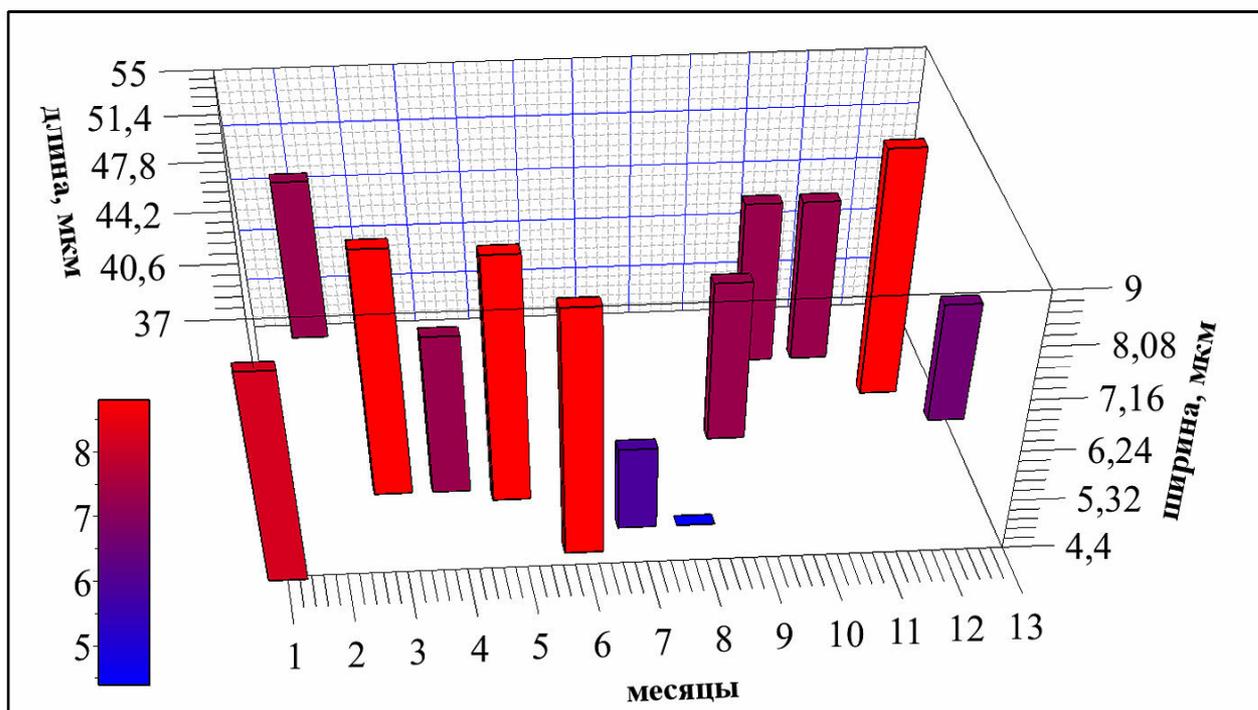
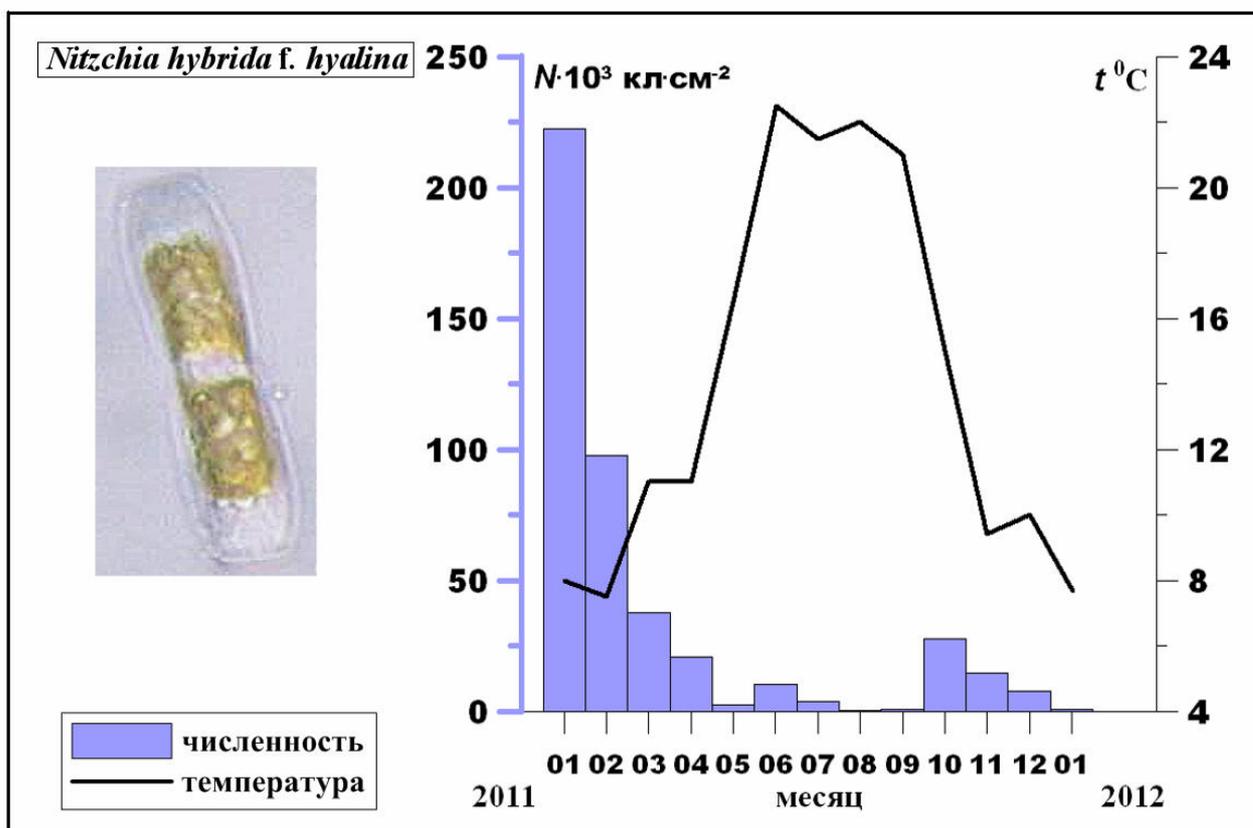


Рис. 4.4 Сезонная динамика численности и линейных размеров бентосного вида *Nitzschia hybrida f. hyalina* в перифитоне стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря, 2011 – 2012 гг.

Cylindrotheca closterium – морской, бентопланктонный, свободноживущий, космополитный вид, который благодаря строению своего панциря может обитать как на субстрате, так и парить в толще воды. Вид имеет некрупные клетки: длина от 25 до 97 мкм и ширина от 1 до 4 мкм, наибольшие линейные размеры наблюдали с января по июнь 2011 г. при температуре воды от 7,5 до 22,5°C.

На стеклянных пластинах вид встречался круглогодично, но с сентября 2011 по январь 2012 гг. обнаружен в пробах единично. Наибольшая численность ($868 \cdot 10^3$ кл.·см⁻²) зарегистрирована в январе 2011 г. при $t = 8^\circ\text{C}$, затем численность снижалась до $0,3 \cdot 10^3$ кл.·см⁻² (рис. 4.6). В течение года линейные размеры принимали близкие значения, а вклад в биомассу сообщества перифитона стеклянных пластин был невысоким. Так, например, в январе 2011 г. при доминировании по численности вида *C. closterium* (при его $D_{BP} = 71\%$), по биомассе преобладал вид *N. hybrida* f. *hyalina*, имеющий более крупные линейные размеры (табл. 4.5, 4.6).

Amphora hyalina является бентопланктонным видом, который встречается и в бентосе, и в планктоне Чёрного моря [90]. Вид морской, бореально-тропический, широко встречающийся в морях Мирового океана. Линейные размеры вида варьировали: длина от 16 до 60 мкм и ширина створок от 4 до 29 мкм, с наибольшими значениями с февраля по июнь 2011 г. при $t = 7,5 - 22,5^\circ\text{C}$ (рис. 4.7). В перифитоне стеклянных пластин в Карантинной бухте вид встречался круглогодично, а численность варьировала (от 3,8 до $47 \cdot 10^3$) кл.·см⁻². Наибольшие её значения отмечены в сентябре 2011 г. при температуре воды выше 20°C, а максимальные размеры – в марте при низкой численности вида (рис. 4.7). Максимальный вклад в количественную структуру сообщества фитоперифитона стеклянных пластин вид вносит летом, когда наблюдались наибольшие линейные размеры клеток и его численность (рис. 4.7).

Nitzschia tenuirostris – солоноватоводный, бентопланктонный, бореальный вид (рис. 4.8). Вид имеет некрупные клетки: длина 6,2 – 95 мкм и ширина 1,5 – 4,8 мкм. Наибольшие размеры у вида наблюдали в январе-феврале 2011 г. ($t = 7,5 - 8^\circ\text{C}$).

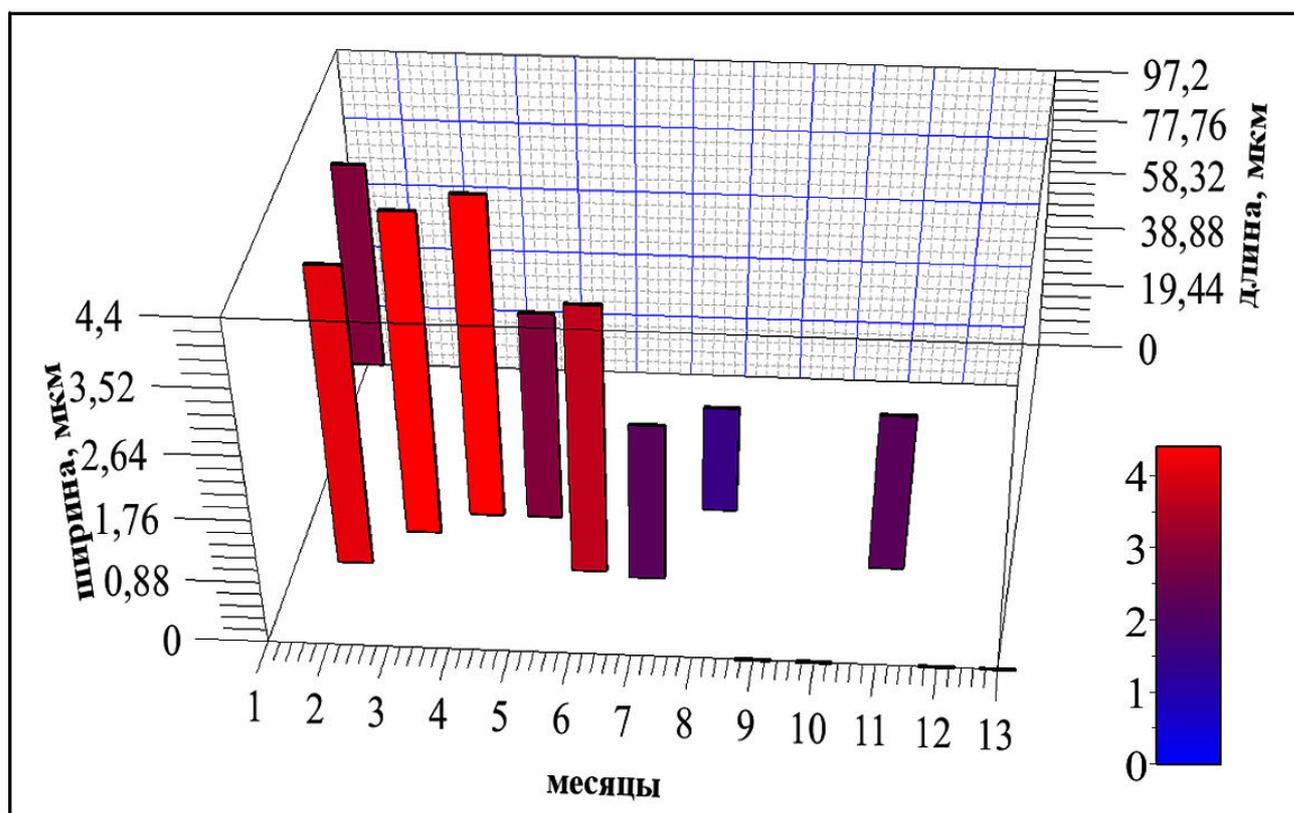
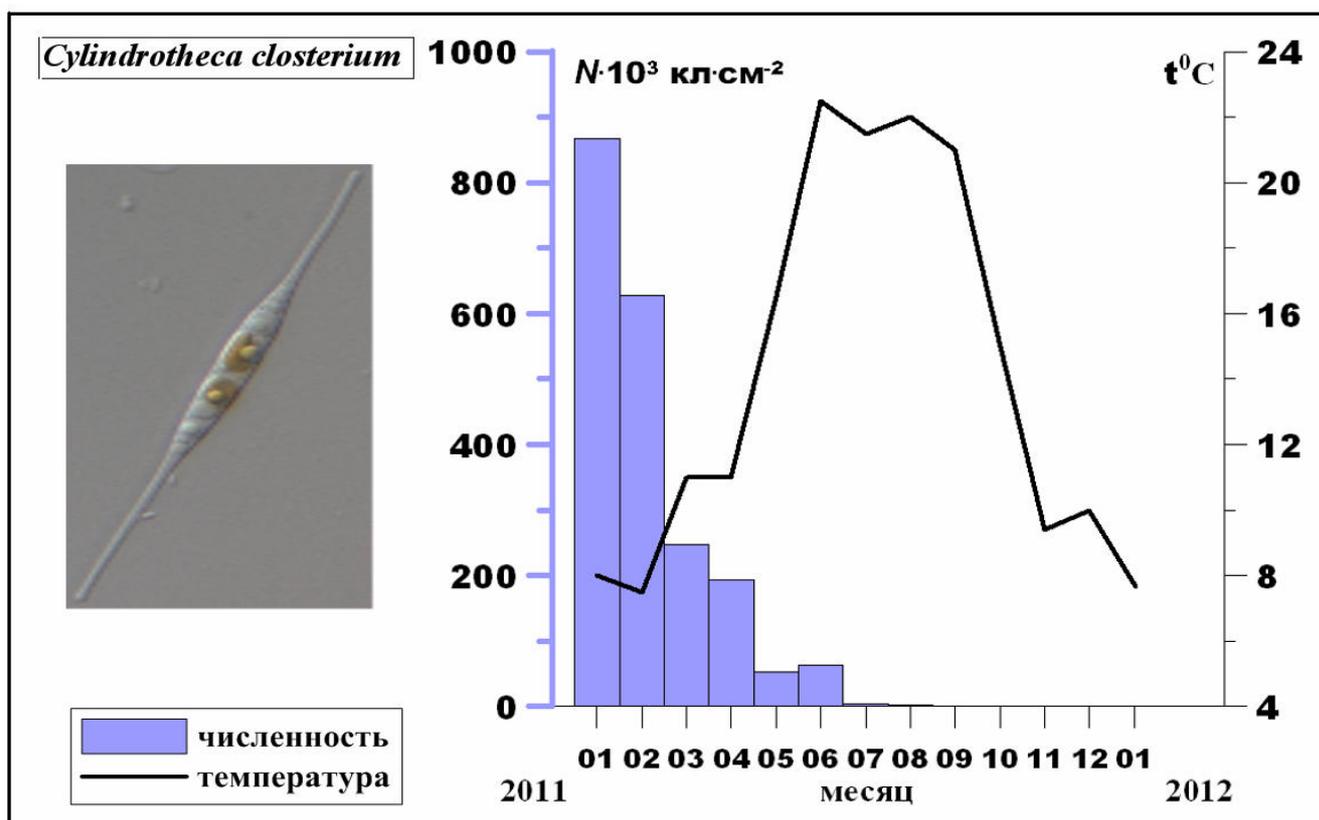


Рис. 4.6 Сезонная динамика численности и линейных размеров бентопланктонного вида *Cylindrotheca closterium* в перифитоне стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря, 2011 – 2012 гг.

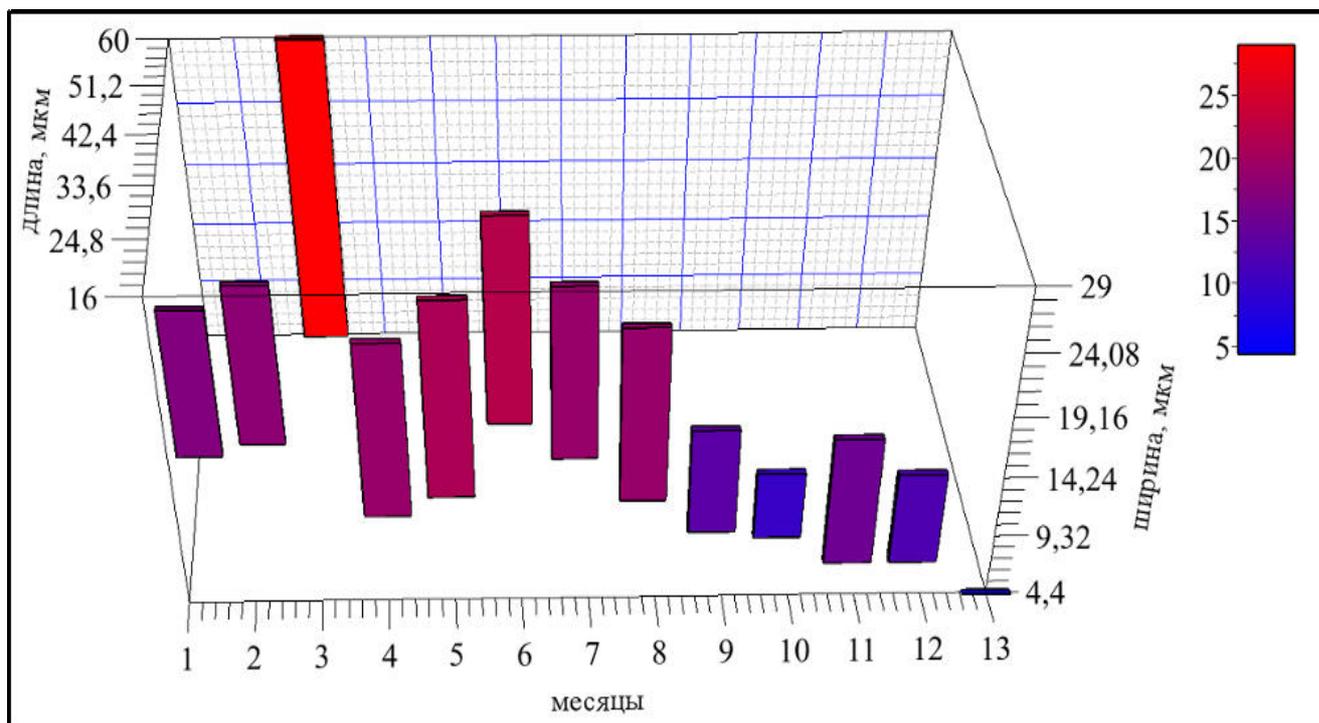
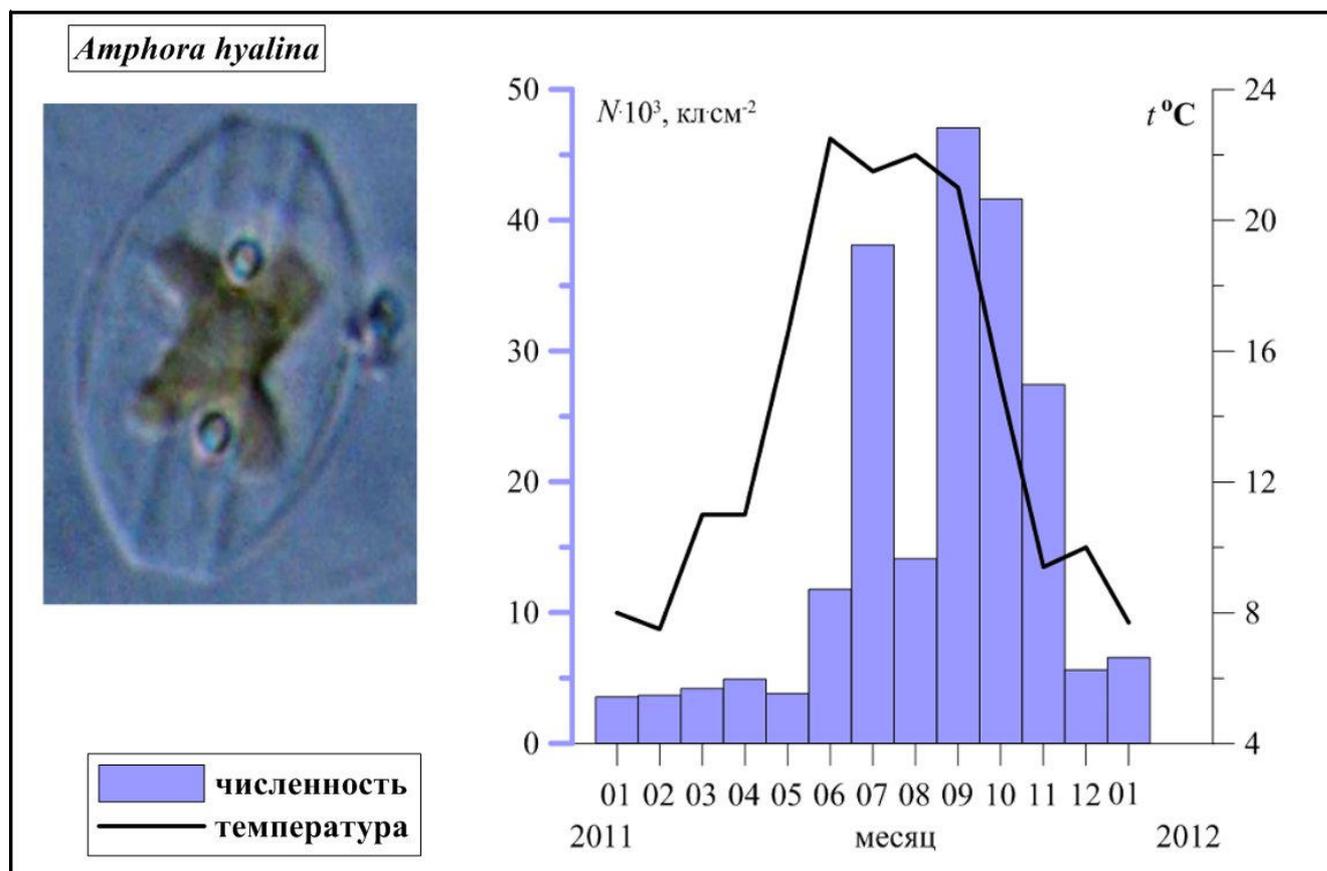


Рис. 4.7 Сезонная динамика численности и линейных размеров бентопланктонного вида *Amphora hyalina* в перифитоне стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря, 2011 – 2012 гг.

Численность вида на стеклянных пластинах в 2011 г. колебалась в диапазоне (от 1,4 – до 221,7)·10³ кл.·см⁻² (рис. 4.8). Наибольшая численность зарегистрирована в летне-осенний сезон с максимумом в ноябре ($t = 9,4^{\circ}\text{C}$), а максимальные линейные размеры – в феврале (рис. 4.8).

Сопоставление сезонной динамики значений численности и линейных размеров клеток *N. tenuirostris* показало, что наибольший вклад вид вносит в количественную составляющую сообщества в ноябре, доминируя как по численности, так и по биомассе (табл. 4.6).

Таким образом, анализ динамики численности популяций и линейных размеров 8 видов диатомовых водорослей перифитона стеклянных пластин в Карантинной бухте в 2011 – 2012 гг. показал, что из этих видов можно выделить виды *L. abbreviata*, *L. flabellata*, *A. longipes*, *N. hybrida* f. *hyalina*, *C. closterium*, у которых были отмечены наибольшие значения численности и линейных размеров в один и тот же сезон – зимне-весенний. Именно в этот период наблюдались наибольшие количественные показатели диатомовых водорослей, вносящих существенный вклад в сообщества микроводорослей перифитона.

4.3. Сравнительный анализ количественных характеристик микроводорослей перифитона в разные годы

Анализ количественных характеристик микроводорослей перифитона пластин при разных сроках экспозиции позволяет выявить тенденции их сезонной динамики. Несмотря на близкие значения температуры воды в море в периоды проведения экспериментов 2007 – 2008 и 2011 – 2012 гг. (рис. 4.10), в сезонной динамике численности, биомассы, обилия видов, индексов Шеннона и Пиелу наблюдаются различия (рис. 4.11 – 4.22). Эти различия, вероятно, связаны с разной длительностью экспозиции субстратов и температурой воды в море (летом 2007 г. температура была выше, чем в 2011 г.) в разные годы.

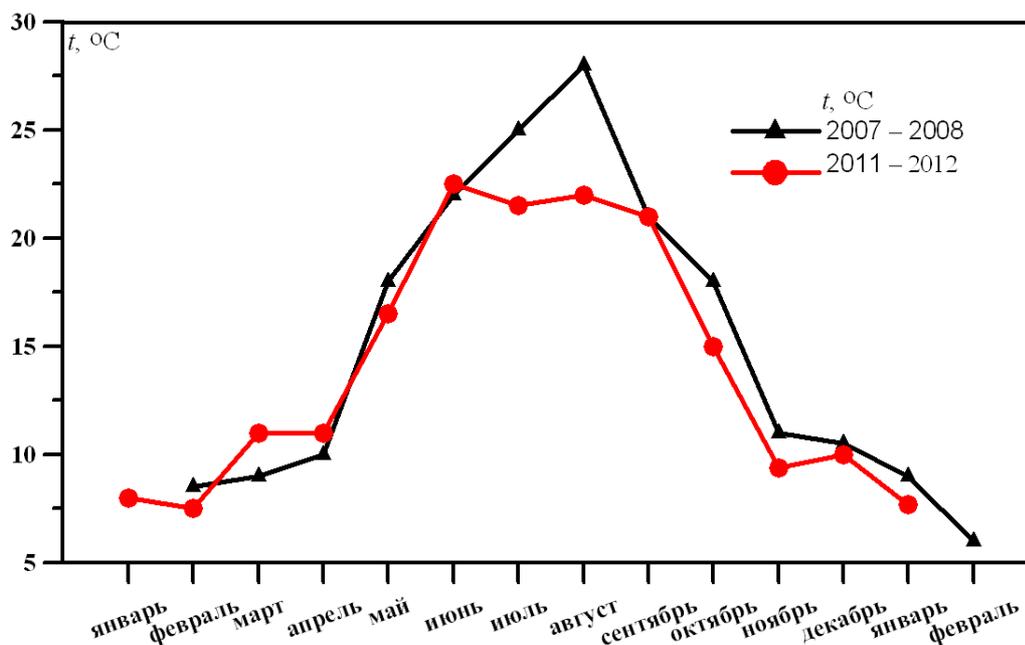


Рис. 4.10 Сезонная динамика температуры воды (t) в Карантинной бухте в периоды проведения экспериментов 2007 – 2008 и 2011 – 2012 гг.

Несмотря на различия, нами отмечены и общие тенденции в сезонной динамике количественного развития микроводорослей перифитона стеклянных пластин. Так, средняя численность микроводорослей перифитона стеклянных пластин при накопительной и ежемесячной экспозиции выше в зимне-весенний период (рис. 4.11, 4.12).

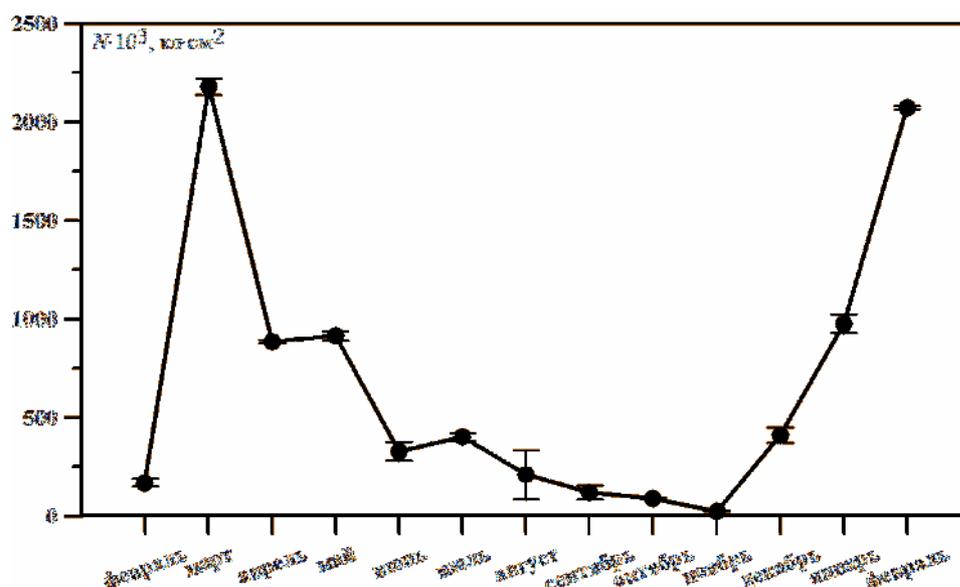


Рис. 4.11 Сезонная динамика численности микроводорослей перифитона стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря, 2007 – 2008 гг.

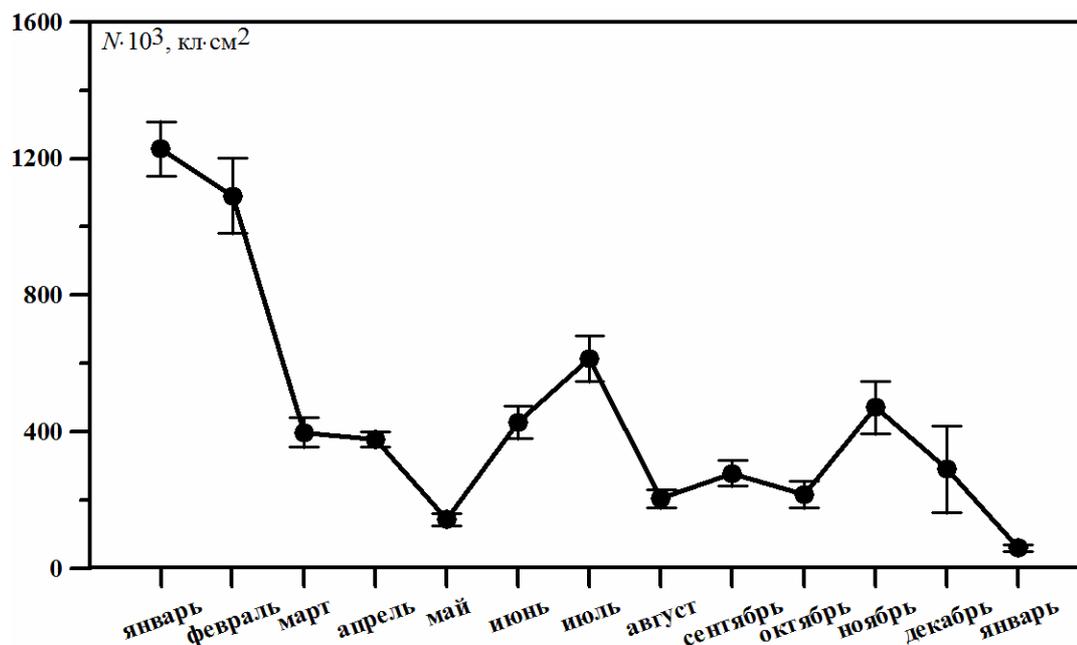


Рис. 4.12 Сезонная динамика численности (N) микроводорослей перифитона стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря, 2011 – 2012 гг.

Высокие значения биомассы микроводорослей также наблюдались в двух экспериментах в зимне-весенний период, когда температура воды в море была ниже 10°C , при этом максимальные значения при длительной экспозиции оказались почти в два раза выше значений, отмеченных при ежемесячной экспозиции (рис. 4.14). В июне 2011 г. зарегистрирован максимум её значений, превосходящий в 98 раз биомассу, отмеченную на пластинах в июне 2007 г. (за 5 мес. экспозиции). Такое высокое значение биомассы наблюдалось в это время в основном из-за обилия крупных нитей цианобактерий (см. разд. 3).

Однако увеличение значений обилия видов в этих двух экспериментах наблюдалось в летний период (рис. 4.15, 4.16), но абсолютные их величины были выше в 2011–2012 гг. (рис. 4.16), так как кроме высокого видового разнообразия диатомовых водорослей в это время на пластинах отмечены представители других групп микроводорослей (см. разд. 3).

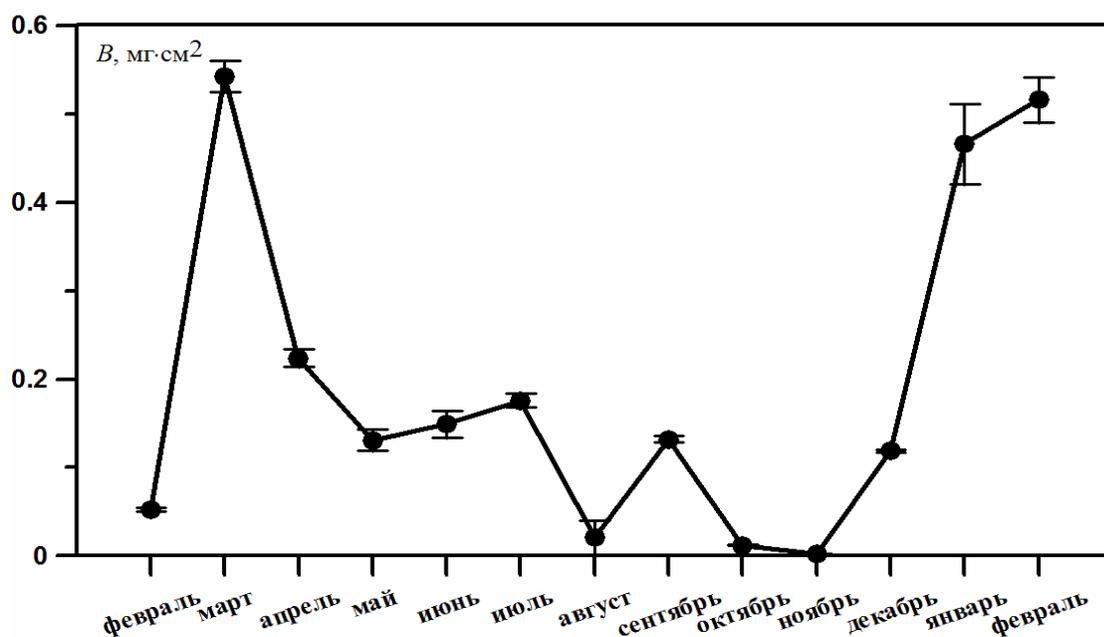


Рис. 4.13 Сезонная динамика биомассы (B) микроводорослей перифитона стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря, 2007 – 2008 гг., б – 2011-2012 гг.

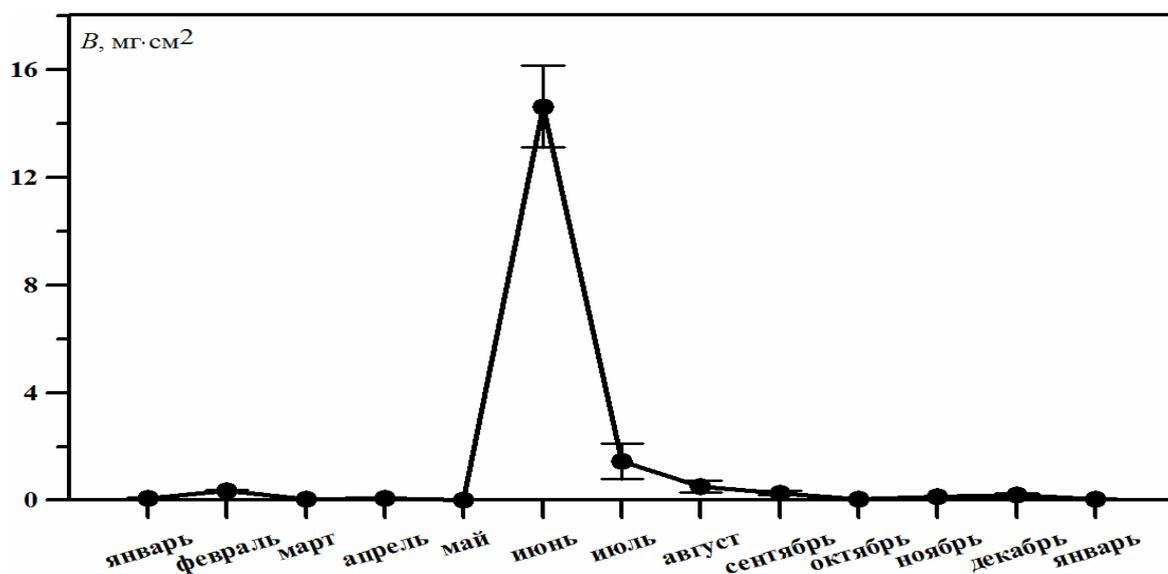


Рис. 4.14 Сезонная динамика биомассы (B) микроводорослей перифитона стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря, 2011 – 2012 гг.

В 2007 г. отмечен максимум значений обилия видов ($S = 34$), наблюдавшийся в апреле только за счёт диатомовых водорослей и превосходящий наибольшие значения обилия видов в эксперименте 2011 – 2012 гг., когда на пластинах наблюдались другие виды микроводорослей.

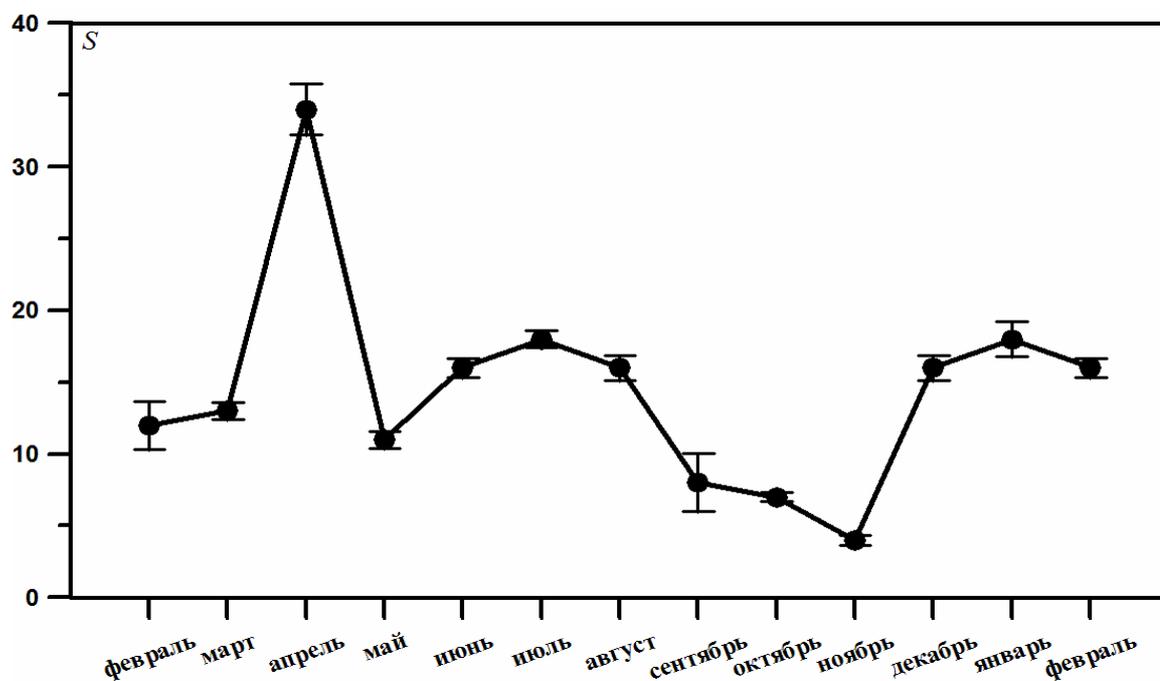


Рис. 4.15 Сезонная динамика обилия видов (S) микроводорослей перифитона стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря, 2007 – 2008 гг.

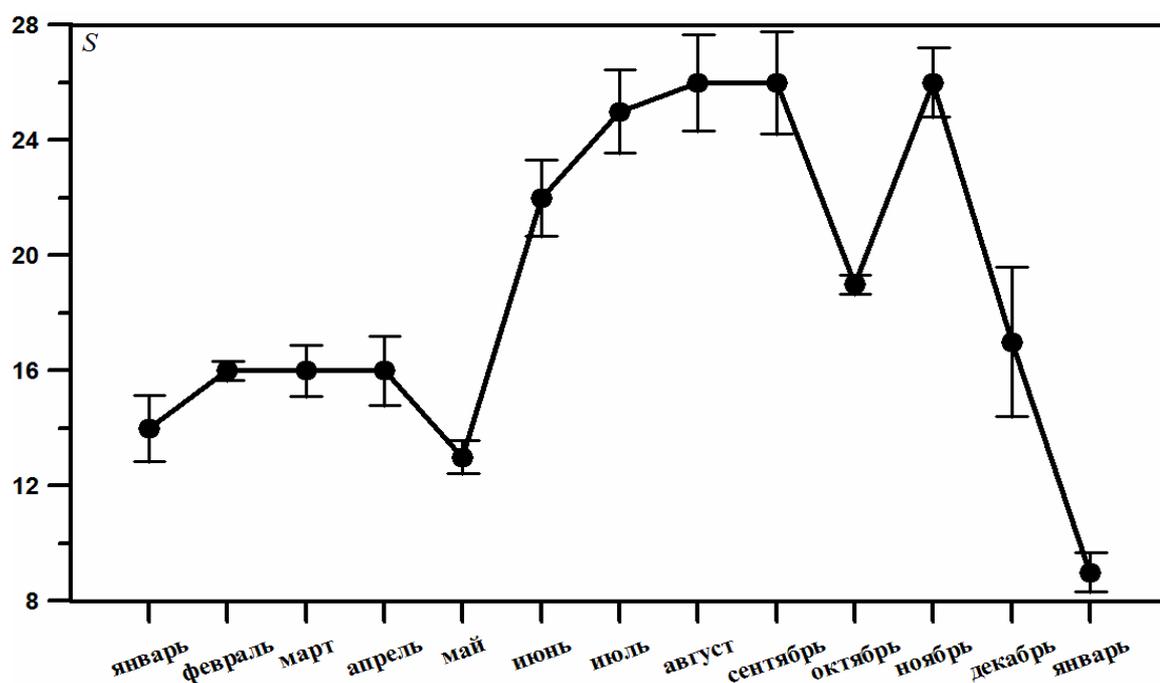


Рис. 4.16 Сезонная динамика обилия видов (S) микроводорослей перифитона стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря, 2011 – 2012 гг.

Важным показателем состояния сообщества микроводорослей является сложность его структуры: чем она сложнее, тем сообщество более стабильное.

Сопоставление структуры сообществ удобно проводить, анализируя одновременно несколько индексов разнообразия. Сравнение, например, только индексов Шеннона не дает возможности выявить различия в структуре сравниваемых сообществ. Привлечение индекса Бергера-Паркера облегчает анализ. Чаще всего сообщества с высоким доминированием имеют небольшие значения индекса Шеннона, потому что все составляющие всегда малы, чем больше видов, тем меньше значимость по численности каждого последующего вида [85]. Однако, это не всегда так, потому что данный показатель зависит не только от доминирования вида в сообществе, но и от обилия видов и численности каждого из них.

Сравнение сезонной динамики структурных показателей сообществ микроводорослей перифитона стеклянных пластин с помощью индекса видового разнообразия Шеннона (H) показало, что его значения близки в следующие месяцы: февраль, апрель, июнь, декабрь (рис. 4.17, 4.18). Эти данные свидетельствуют о сходном распределении численности видов в сообществе микроводорослей перифитона стеклянных пластин в 2011 – 2012 гг.

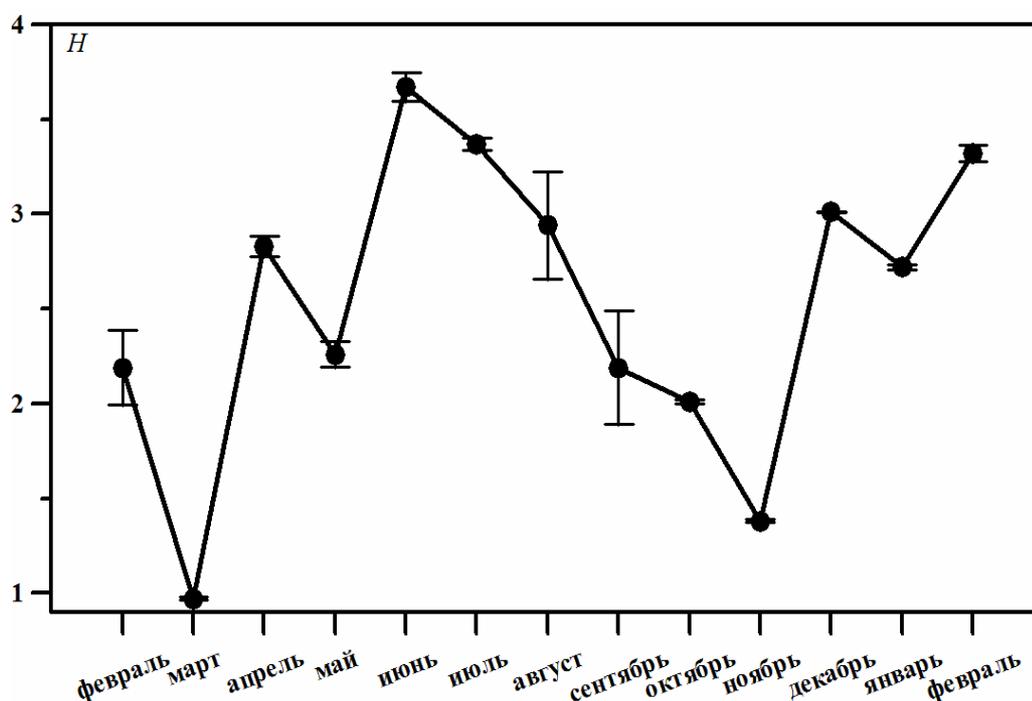


Рис. 4.17 Сезонная динамика индекса Шеннона (H) сообществ микроводорослей стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря, 2007 – 2008 гг.

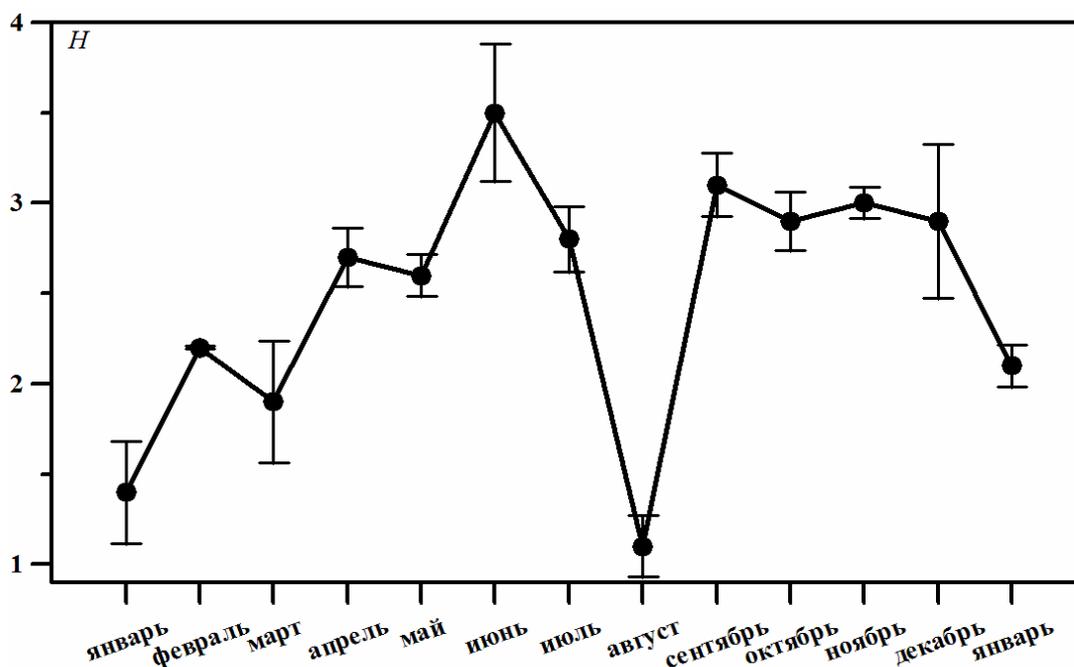


Рис. 4.18 Сезонная динамика индекса Шеннона (H) сообществ микроводорослей стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря, 2011 – 2012 гг.

По индексу выровненности Пиелу (e) видов в сообществе наиболее сходные значения для двух экспериментов наблюдались в феврале, октябре, декабре и январе (рис. 4.19, 4.20).

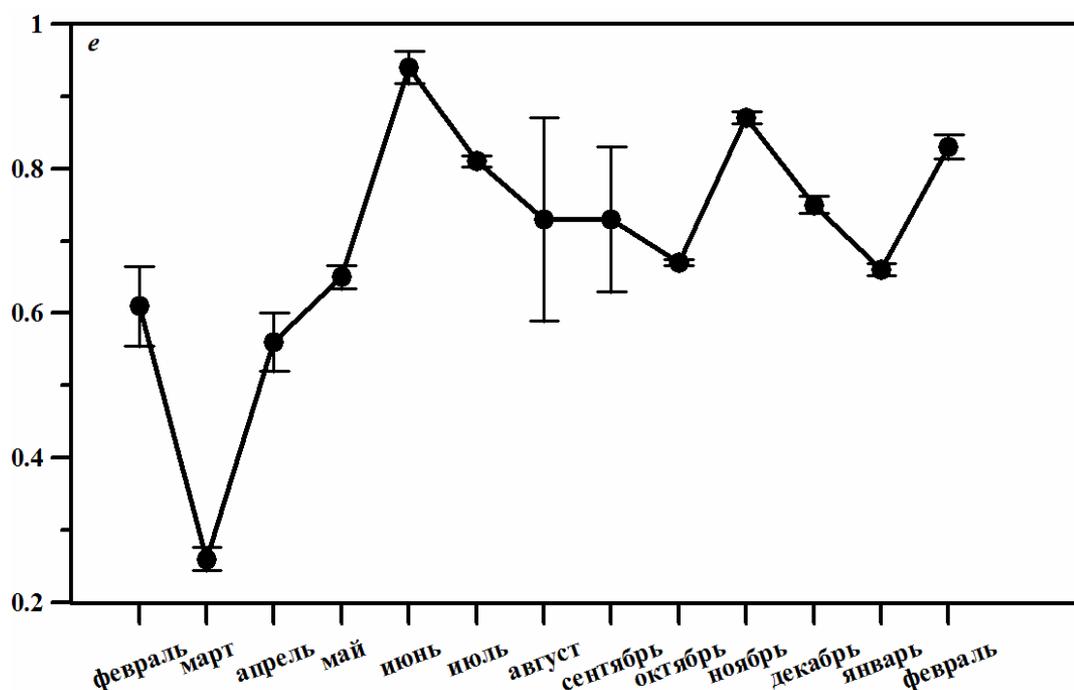


Рис. 4.19 Сезонная динамика индекса Пиелу (e) в сообществе микроводорослей стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря, 2007 – 2008 гг.

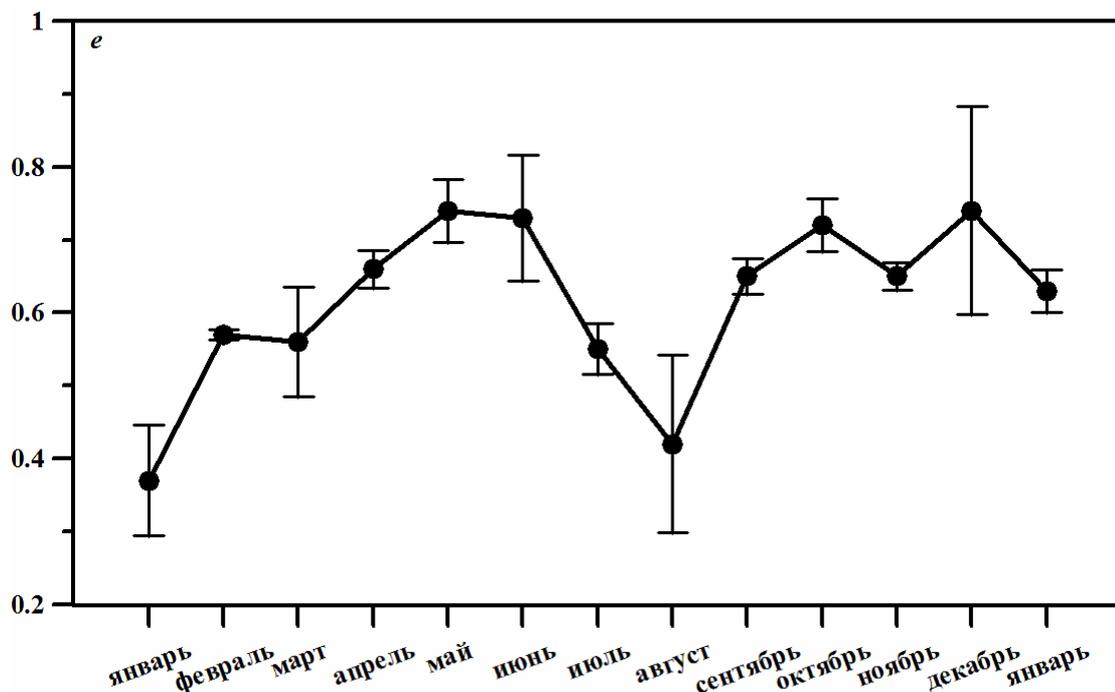


Рис. 4.20 Сезонная динамика индекса Пиелу (e) сообществ микроводорослей стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря, 2011 – 2012 гг.

Сравнение индексов Шеннона и Пиелу в разные годы показало близкие значения по их абсолютным величинам в феврале и декабре. Февраль характеризуется высокой численностью видов-доминантов и субдоминантов при высоких значениях индекса Бергера-Паркера (более 57 %) (рис. 4.21, 4.22), у остальных же видов численность имела близкие величины и несколько ниже, в декабре – наоборот – численность всех видов, включая доминирующие виды, была близка при низких значениях индекса Бергера-Паркера (не более 38 %) (рис. 4.11, 4.12, 4.21, 4.22).

Максимальные значения индекса Шеннона совпали по времени в двух экспериментах, которые наблюдались в июне (рис. 4.17, 4.18), когда при сходной структуре сообществ наблюдались наибольшие значения индекса Пиелу, то есть высокая выровненность видов по численности, при низкой степени доминирования, а также достаточно высоком обилии видов (табл. 4.1, 4.5).

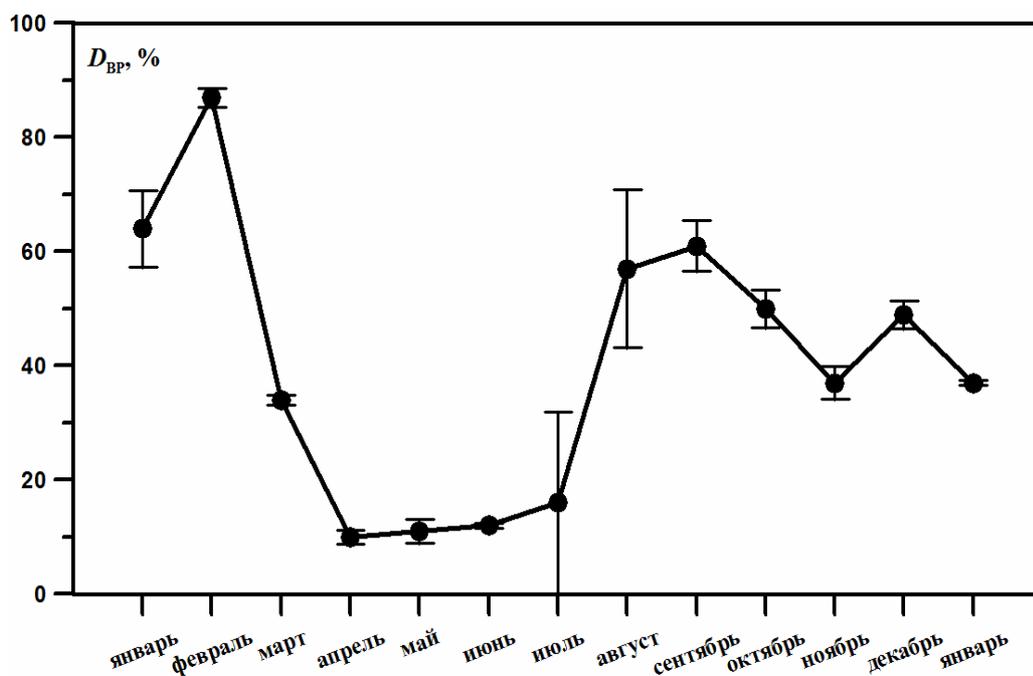


Рис. 4.21 Сезонная динамика индекса Бергера-Паркера (D_{BP}) сообществ микроводорослей стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря, 2007 – 2008 гг.

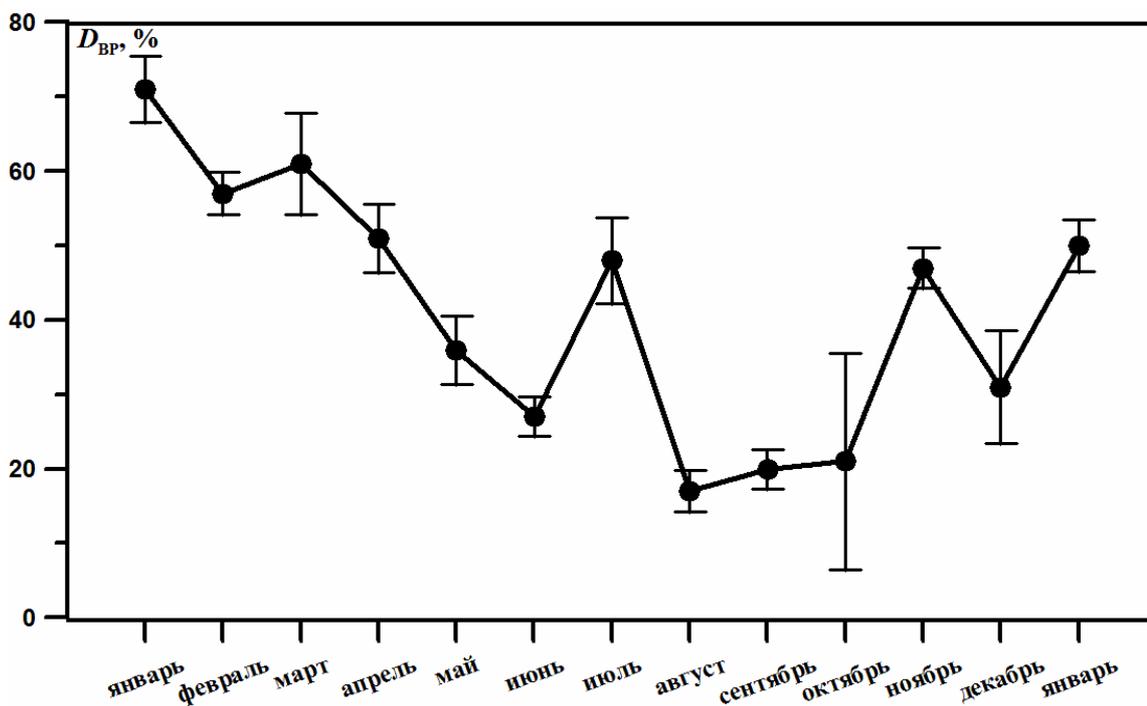


Рис. 4.22 Сезонная динамика индекса Бергера-Паркера (D_{BP}) в сообществе микроводорослей перифитона стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря, 2011 – 2012 гг.

При накопительной экспозиции пластин от 1 до 13 мес. максимум численности и биомассы наблюдался в марте при температуре воды 9°C за счёт бурного развития колониальных форм диатомовых [112]. А их значения почти в два раза были выше, чем в 2011 г. При кратковременной экспозиции (от 1 до 20 сут) численность и биомасса возрастали с увеличением срока пребывания пластин под водой.

Для крымского побережья Чёрного моря отмечена тенденция бурного количественного развития диатомовых водорослей именно в зимне-весенний сезон [66, 98, 99, 100], за счёт развития колоний крупноклеточных видов. Подобная сезонная особенность была отмечена еще в 50 – 70-е годы прошлого столетия, когда весенний пик численности ведущего комплекса видов диатомовых водорослей достигал $177 \cdot 10^3$ кл.·см⁻² при сроке экспозиции стеклянных пластин до 30 сут [62]. В работе отмечено, что при экспозиции экспериментальных пластин в море, на рост и развитие диатомовых водорослей оказывали влияние такие сезонные факторы, как температура, освещённость воды в море, продолжительность дня, и каждый вид достигал максимума своего развития в ограниченном диапазоне этих факторов. В этой работе было выделено три максимума развития диатомовых водорослей: весенний, летний и осенний, каждый из которых обусловлен развитием различных видов.

В течение 2011 г. нами зарегистрировано три пика численности сообщества диатомовых водорослей (январь, июль, ноябрь), которые формировали разные виды микроводорослей. Однако по видовому составу и смене доминирующих видов по сезонам года можно выделить два периода в развитии микроводорослей перифитона стеклянных пластин зимне-весенний и летне-осенний.

Таким образом, при накопительной экспозиции стеклянных пластин в течение 2007 – 2008 гг.: численность (N) микроводорослей варьировала ($26,9-2180,8$)·10³ кл.·см⁻², биомасса (B) – от 0,002 до 0,543 мг·см⁻², обилие видов (S) от 4 до 34; при ежемесячной экспозиции в 2010 – 2012 гг.: N – (57.– 1229) · 10³ кл.·см⁻², B – от 0,021 до 14,638 мг·см⁻², S – от 9 до 26. Установлен максимум численности и биомассы микроводорослей перифитона в двух экспериментах, отмеченный в

зимне-весенний сезон при средней температуре воды 8 – 9°C за счёт обилия колониальных форм диатомовых водорослей.

Выявлена статистически достоверная зависимость численности микроводорослей перифитона от сезона года методом однофакторного дисперсионного анализа по результатам эксперимента 2010-2012 гг., который показал, что максимальные значения численности наблюдались в январе и феврале, а минимальные – в мае, августе. Показано, что при снижении обилия видов (S) и высокой степени их доминирования по индексу Бергера-Паркера (D_{BP}) в сообществе микроводорослей значения индексов Шеннона (H) и Пиелу (e) снижаются, а при увеличении S , но снижении D_{BP} , значения H и e возрастают.

Сопоставление данных по сезонной динамике численности и линейных размеров клеток доминирующих видов, выявило вклад их популяций в биомассу сообществ микроводорослей перифитона антропогенных субстратов, а также показало наиболее благоприятные сезоны для его развития. Результаты исследования перифитона антропогенных субстратов в Чёрном море показали, что при изучении количественных характеристик микроводорослей важное значение имеют знания их видового состава, размерной структуры, биологии и жизненных циклов видов в сезонном развитии, которые вносят существенный вклад в количественную составляющую сообществ морского микрофитобентоса.

РАЗДЕЛ 5

ФИТОПЕРИФИТОН – ВАЖНЫЙ ПРОДУКЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ В
ПРИБРЕЖЬЕ ЧЁРНОГО МОРЯ

Состояние и функционирование водной экосистемы в значительной степени зависит от качественного состава и количественных характеристик первичных продуцентов, к которым наряду с макрофитами и фитопланктоном [59, 114, 115] относится и микрофитобентос, вносящий существенный вклад в продуктивность прибрежных мелководных участков морей [55, 56, 70, 81, 83, 98, 99, 112, 123]. Несмотря на то, что микрофитобентос является эффективным продуцентом органического вещества, его продуктивность в Чёрном море ещё недостаточно подробно исследована и ограничена изучением каменистых грунтов [11, 70, 99, 158].

Однако для выявления роли микрофитобентоса в продукционных процессах необходимо учитывать не только доминирующую группу в море – диатомовые водоросли, но и весь комплекс видов водорослей, как это было показано ранее для продукционных характеристик каменистых грунтов и перифитона стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря [11, 70, 98, 99, 112]. Как правило, продукцию первичных продуцентов чаще всего оценивают двумя методами – кислородным и радиоуглеродным. Однако имеется и другой подход, когда наряду с этими методами оценки одновременно проводится определение видового состава, численности сообществ микроводорослей, выполняемое методом прямого их учёта с помощью микроскопирования и вычисления их биомассы [83, 99, 112]. Это даёт возможность оценить вклад каждого отдельного компонента и всего сообщества в целом в продукцию микрофитобентоса.

Такой методологический подход был разработан Л.И. Рябушко (2009) и применён нами при одновременном изучении сезонной динамики видового состава, количественных и продукционных характеристик фитоперифитона

экспериментальных стеклянных пластин при разных сроках экспозиции на модельном полигоне в Карантинной бухте Чёрного моря [83, 112].

5.1. Анализ сезонных изменений продукционных характеристик фитоперифитона экспериментальных пластин в Карантинной бухте при разных сроках экспозиции

В данном разделе рассмотрим более подробно сезонную динамику продукционных показателей: анализ сухой массы, интенсивности фотосинтеза и валовой первичной продукции фитоперифитона экспериментальных пластин при кратковременной (4 – 20 сут) и долговременной (1 – 12 мес.) экспозиции в 2007 – 2008 гг., а для сравнения – при кратковременной и ежемесячной экспозиции с декабря 2010 по февраль 2012 гг.

5.1.1. Фитоперифитон при кратко- и долговременной экспозиции (2007 – 2008 гг.). В течение года величины валовой первичной продукции фитоперифитона стеклянных пластин изменялись в широких пределах от 246 мг $C \cdot m^{-2} \cdot сут^{-1}$ в декабре (11 мес.) до 44200 мг $C \cdot m^{-2} \cdot сут^{-1}$ в марте (табл. 5.1). При накопительной экспозиции отмечен первый пик продукционных величин, максимальных значений сухой массы перифитона $W_{сух} = 648 \text{ г} \cdot \text{см}^{-2}$, ВПП = 44200 мг $C \cdot m^{-2} \cdot сут^{-1}$ в марте 2007 г. при $t = 9^{\circ}C$, что совпадает с зимнее-весенним максимумом развития колониальных видов диатомовых водорослей и их количественными показателями. Численность диатомовых увеличилась почти в 13 раз, а биомасса – в 10 раз по сравнению с первым месяцем экспозиции (см. разд. 4). В апреле-мае наблюдалось снижение, указанных выше величин (табл. 5.1, рис. 5.1).

Второй пик значений продукционных величин фитоперифитона отмечен в июле при $t = 25^{\circ}C$: ВВП = 16701 мг $C \cdot m^{-2} \cdot сут^{-1}$ и максимум ИФ = 7,62 мкг $C \cdot мг^{-1} \cdot ч^{-1}$, значения фотосинтеза в марте были ниже (5,70 мкг $мг^{-1} \cdot ч^{-1}$), чем в июле, а сухая масса перифитона снижалась в 4 раза по сравнению с мартом (табл. 5.1). Это можно

**Продукционные характеристики фитоперифитона стеклянных пластин при
долговременной экспозиция (от 1 до 12 мес.) в Карантинной бухте Чёрного
моря, 2007 – 2008 гг. [112]**

Дата и срок экспозиции пластин	$t^{\circ}C$	$W_{\text{сух.}}$, $г \cdot м^{-2}$	ИФ (μ_w), $мкг С \cdot мг^{-1} \cdot ч^{-1}$	ВПП (GPP)	
				$мг С \cdot м^{-2} \cdot ч^{-1}$	$мг С \cdot м^{-2} \cdot сут^{-1}$
17.01 – 21.02.2007 г.	8,5	46,0	2,07	95	990
17.01 – 20.03	9,0	648,0	5,70	3659	44200
17.01 – 08.04	10,0	209,0	0,91	189	2538
17.01 – 21.05	18,0	41,0	0,52	21	306
17.01 – 21.06	22,0	143,0	1,53	218	3344
17.01 – 19.07	25,0	148,0	7,62	1109	16701
17.01 – 21.08	28,0	56,0	0,86	47	635
17.01 – 19.09	21,0	122,0	0,37	47	573
17.01 – 22.10	18,0	66,0	0,89	60	628
17.01 – 20.11	11,0	189,0	0,55	104	962
17.01 – 20.12	10,5	102,0	0,29	29	246
17.01.07 – 22.01.2008 г.	9,0	173,0	0,48	84	775

Примечание. $W_{\text{сух.}}$ – сухая масса перифитона, ИФ (μ_w) – интенсивность фотосинтеза и ВПП (GPP) – валовая первичная продукция фитоперифитона.

объяснить тем, что летом обрастание стеклянных пластинах выражено слабее, чем в зимне-весенний сезон, так как значительно возростала роль макроводорослей, которые, в свою очередь, заселялись разными видами микроводорослей.

К осенне-зимнему сезону интенсивность фотосинтеза снижалась и составляла 0,37 – 0,52 $мкг С \cdot мг^{-1} \cdot ч^{-1}$ (табл. 5.1), а численность и биомасса микроводорослей достигали показателей, близких к маю. В ноябре при $t = 11^{\circ}C$ после сильного шторма на пластинах наблюдались минимальные значения численности и биомассы микроводорослей, но отмечено увеличение сухой массы перифитона ($189,0 г \cdot м^{-2}$) за счёт увеличения массы водорослей-макрофитов. Поэтому в ноябре отмечено максимальное значение валовой первичной продукции фитоперифитона ($962 мг С \cdot м^{-2} \cdot сут^{-1}$) для этого сезона, соизмеримое с февралём 2007 г. (табл. 5.1, рис. 5.1).

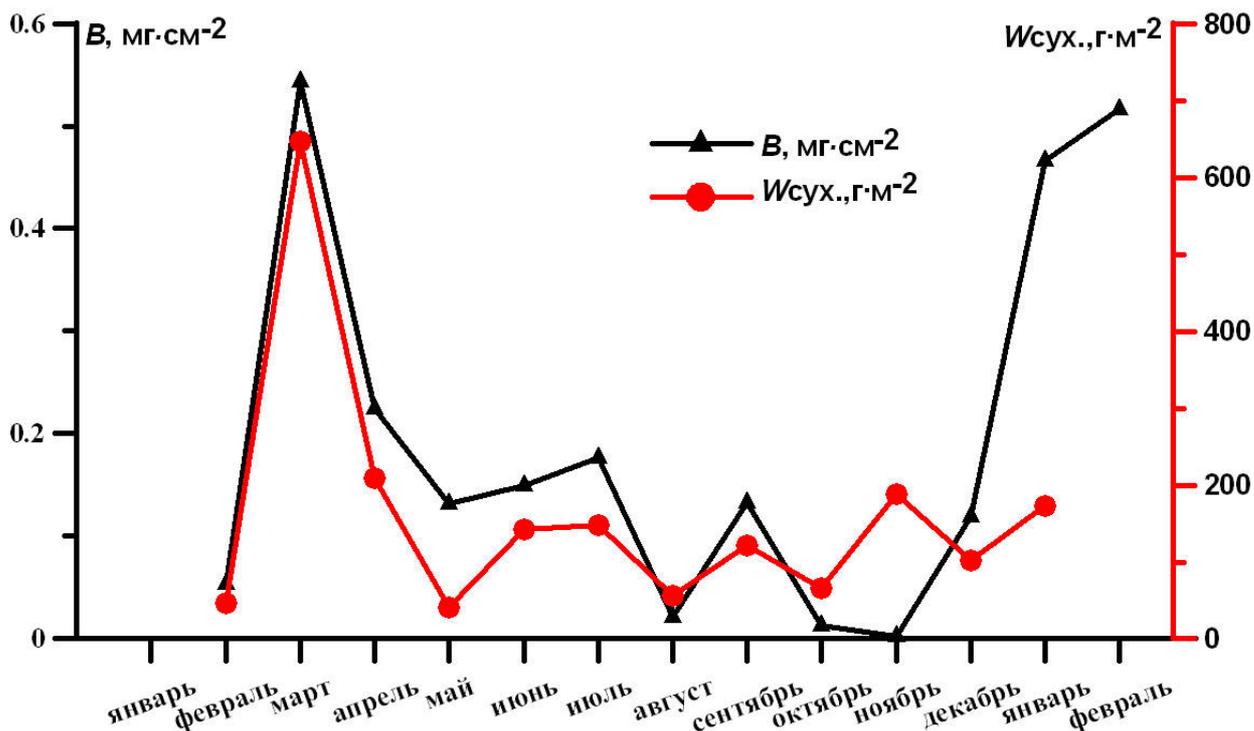


Рис. 5.1 Динамика сухой массы перифитона ($W_{\text{сух.}}$) и биомассы (B) микроводорослей при долговременной экспозиции (от 1 до 12 месяцев) в 2007 – 2008 гг. в Карантинной бухте Чёрного моря

Кроме долговременной экспозиции экспериментальных пластин (от 1 до 12 мес.), проведены исследования продукционных характеристик при кратковременной экспозиции стеклянных пластин в течение 4, 7, 11, 15 и 20 сут с февраля по март 2008 г. при колебаниях температуры воды от 4,5 до 7,5°C (табл. 5.2). Анализ продукционных характеристик фитоперифитона показал, что даже при коротком сроке экспонирования стёкол в море отмечена та же тенденция увеличения их величин при более длительной экспозиции пластин (табл. 5.2), как это было отмечено для накопительной и ежемесячной экспозиции в Карантинной бухте. Эта же тенденция отмечена и для количественных характеристик сообщества микроводорослей (см. разд. 3). Как было показано ранее [99], чистые пластины уже на 4 сут начинали заселяться одиночными и колониальными видами диатомовых водорослей, но значения сухой массы перифитона, интенсивности фотосинтеза и валовой продукции фитоперифитона в это время были минимальными.

Продукционные характеристики фитоперифитона стеклянных пластин при кратковременной экспозиции (от 4 до 20 сут) в Карантинной бухте Чёрного моря, 2008 г.

Дата экспозиции пластин	Срок экспозиции пластин, сут	$t^{\circ}C$	$W_{\text{сух.}}$, г·м ⁻²	ИФ (μ_w), мкг С·мг ⁻¹ ·ч ⁻¹	ВПП (GPP)	
					мг С·м ⁻² ·ч ⁻¹	мг С·м ⁻² ·сут ⁻¹
14.02 – 18.02	4	4,5	2,21	0,258	0,6	6
14.02 – 21.02	7	6,0	4,51	1,656	7,5	78
14.02 – 25.02	11	7,9	9,18	4,216	38,7	403
14.02 – 29.02	15	7,5	19,56	3,272	64,0	667
14.02 – 05.03	20	8,0	56,12	3,077	172,7	1799

Примечание. $W_{\text{сух.}}$ – сухая масса перифитона, ИФ (μ_w) – интенсивность фотосинтеза и ВПП (GPP) – валовая первичная продукция фитоперифитона.

Однако на 15 сут сухая масса достигала 19,56 г·м⁻², ИФ увеличилась с начала эксперимента почти в 16 раз, а ВПП – в 100 раз (табл. 5.2). На 20 сут экспозиции пластин в начале марта эти значения достигли своего максимума (табл. 5.2). Величины ВПП фитоперифитона через две недели экспонирования пластин в море составляли 667 мг С·м⁻²·сут⁻¹ или 64,0 мг С·м⁻²·ч⁻¹, а через три недели эти значения достигали 1799 мг С·м⁻²·сут⁻¹ или 172,7 мг С·м⁻²·ч⁻¹.

Сравнение количественных и продукционных характеристик перифитона экспериментальных стеклянных пластин при кратко- и долговременной экспозиции показало заметные различия. Установлено, что при экспозиции стеклянных пластин в море более 3-х мес. выявляются общие закономерности их заселения водорослями и накопления биомассы обрастания, которые характерны в целом для микрофитобентоса природных субстратов [99, 112]. Весенний максимум численности и биомассы диатомовых водорослей, отмеченный для перифитона стеклянных пластин, соответствует максимальному пику развития микрофитобентоса природных субстратов Чёрного моря [64, 98, 99].

5.1.2. Фитоперифитон при ежемесячной экспозиции (2010 – 2011 гг.). Для сравнения с предыдущими исследованиями экспериментальные работы по изучению продукционных характеристик перифитона стеклянных пластин были продолжены в 2010 – 2011 гг. Температура воды в этот период колебалась от 7,5 до 22,5°C (табл. 5.3). Теперь эксперименты были поставлены только при ежемесячных сроках экспозиции стеклянных пластин. Среднесуточные значения ВПП в течение года варьировали в более узких пределах – от 89 до 517 мг С·м⁻¹·сут⁻¹, чем при накопительных сроках экспозиции тех же стеклянных пластин за период исследования 2007 – 2008 гг.

Таблица 5.3

Продукционные характеристики фитоперифитона стеклянных пластин при ежемесячной экспозиции в Карантинной бухте Чёрного моря, 2011 г. [106]

Срок экспозиции	t° С	W _{сух.} , г·м ⁻²	ИФ (μ _w), мкг С·мг ⁻¹ ·ч ⁻¹	ВПП (GPP)	
				мг С·м ⁻² ·ч ⁻¹	мг С·м ⁻¹ ·сут ⁻¹
27.12.2010-26.01.2011 г.	8,0	28,6	0,35	33	89
26.01 – 24.02.	7,5	45,9	0,75	36	312
24.02 – 25.03.	11,0	103,9	0,35	25	394
25.03 – 22.04.	11,0	45,2	0,55	7	317
22.04 – 23.05.	16,5	39,8	0,17	7	95
23.05 – 23.06.	22,5	16,1	0,42	33	98
23.06 – 25.07.	21,5	69,6	0,48	25	517
25.07 – 22.08.	22,0	47,1	0,53	14	371
22.08 – 26.09.	21,0	17,7	0,82	24	197
26.09 – 25.10.	15,0	18,1	1,33	24	294
25.10 – 24.11.	9,4	18,4	1,41	14	252
24.11 – 22.12.	10,0	42,6	0,33	10	134

Примечание. W_{сух.} – сухая масса перифитона, ИФ (μ_w) – интенсивность фотосинтеза и ВПП (GPP) – валовая первичная продукция фитоперифитона.

В первый месяц экспозиции пластин (январь 2011 г.) наблюдали минимум валовой первичной продукции, чему соответствовали низкие значения сухой массы (28,6 г·м⁻²) перифитона и интенсивности фотосинтеза (0,35 мкг С·мг⁻¹·ч⁻¹) (табл. 5.3). Это можно объяснить тем, что несмотря на максимальную численность

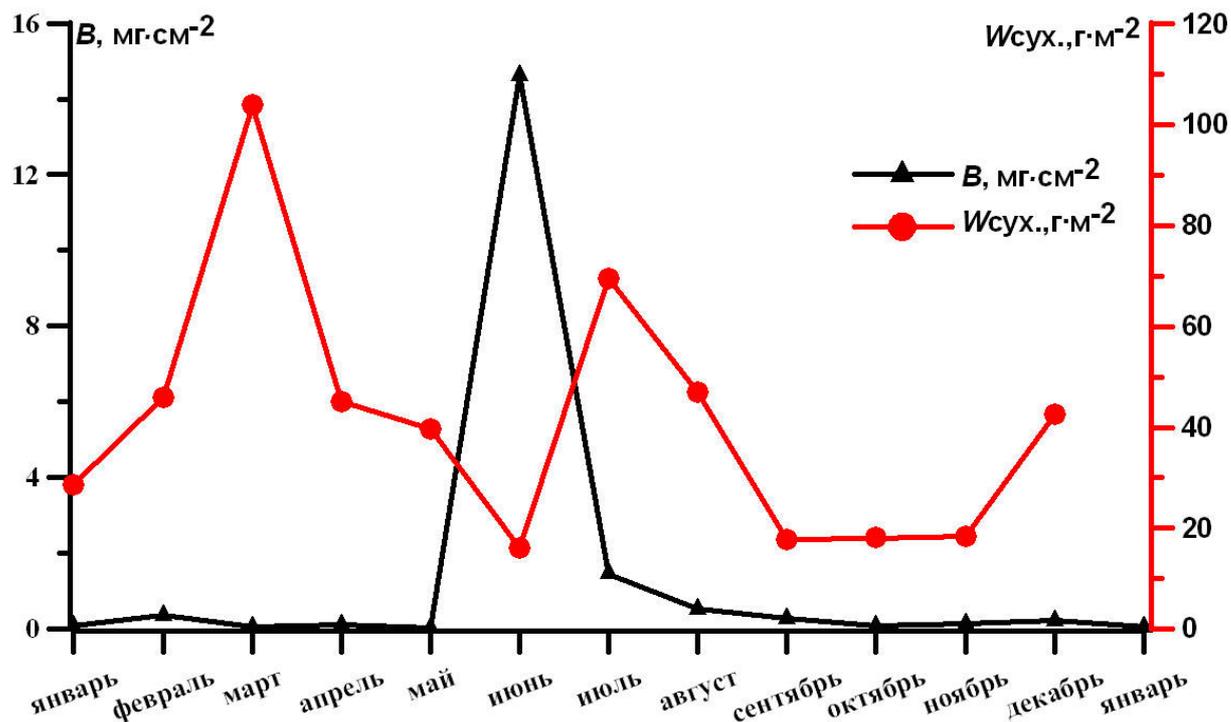


Рис. 5.2 Динамика сухой массы ($W_{\text{сух.}}$) перифитона и биомассы (B) микроводорослей при ежемесячной экспозиции стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря, 2011 – 2012 гг.

микроводорослей, 71% общей численности сообщества составлял доминирующий мелкоклеточный вид *S. closterium*, из-за чего биомасса сообщества и сухая масса фитоперифитона в целом были также невелики (см. табл. 4.5). В последующие месяцы, когда степень доминирования этого вида снижалась, увеличивался вклад колониальных крупноклеточных видов диатомовых водорослей, возрастали и значения $W_{\text{сух.}}$, ИФ и ВПП перифитона (табл. 5.3).

Наибольшая сухая масса суммарного перифитона ($W_{\text{сух.}} = 103,9 \text{ г}\cdot\text{м}^{-2}$) отмечена в марте 2011 г. и не совпадала по времени с пиком биомассы сообщества микроводорослей (рис. 5.2), поскольку в обрастании пластин более существенную роль играли водоросли-макрофиты по сравнению с предыдущими месяцами. Следует отметить, что при накопительных сроках экспозиции 2007 г. пики двух максимумов общей сухой массы всего фитоперифитона и биомассы микроводорослей совпадали и были отмечены также в марте при температуре воды 9°C (2007 г.) и 11°C (2011 г.) (рис. 5.1, 5.2).

В мае-июне значения продукционных показателей снижались. В июне отмечены минимальные значения сухой массы, интенсивности фотосинтеза ($0,17 \text{ мкг С} \cdot \text{мг}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$) и валовой первичной продукции перифитона (табл. 5.3), но биомасса микроводорослей была максимальной. В это время при дальнейшем увеличении температуры более 20°C и освещённости воды в море 90 – 101 клк (см. табл. 2.4) численность диатомовых водорослей снижалась, но наблюдалось увеличение количественных показателей за счёт представителей Cyanoprokaryota, Dinophyta и Chlorophyta. В это время пластины были почти чистыми от водорослей-макрофитов, поэтому отмечены низкие значения сухой массы перифитона (рис. 5.2).

Однако в июле на стёклах зарегистрирована наибольшая продукция сообщества фитоперифитона ($517 \text{ мг С} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{сут}^{-1}$) при достаточно высокой биомассе ($1,45 \text{ мг} \cdot \text{см}^{-2}$) сообщества микроводорослей за счёт обилия колоний Cyanoprokaryota и Bacillariophyta. При этом наблюдался второй пик величины сухой массы перифитона ($69,6 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$), а интенсивность фотосинтеза фитоперифитона возросла до $0,48 \text{ мкг С} \cdot \text{мг}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ по сравнению с весенними месяцами (табл. 5.3).

В течение всего осеннего сезона интенсивность фотосинтеза фитоперифитона имела высокие значения ($0,82 - 1,41 \text{ мкг С} \cdot \text{мг}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$) с максимумом в ноябре при невысоких величинах сухой массы перифитона и валовой первичной продукции ($197 - 294 \text{ мг С} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{сут}^{-1}$). В декабре, сухая масса перифитона составляла $42,6 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$, а величины интенсивности фотосинтеза и валовой первичной продукции фитоперифитона снижались, в то время как поверхность пластин почти полностью заселена видом рода *Cocconeis*.

5.2. Роль микроводорослей перифитона в функционировании микрофитобентоса крымского побережья Чёрного моря

Методы оценки первичной продукции очень разнообразны, что затрудняет сравнение получаемых с их помощью данных. Поэтому важно было провести сравнение экспериментальных данных по изучению продукции фитоперифитона стеклянных пластин при разных сроках экспозиции, выполненных одинаковой методикой. Нами были проведены исследования не только видового состава, количественных характеристик популяций и сообществ микроводорослей, но исследованы продукционные показатели фитоперифитона экспериментальных стеклянных пластин в Карантинной бухте в разные годы при разных сроках экспозиции [83, 112]. Кроме того, были проанализированы также значения продукции фитопланктона Карантинной бухты [83] и сопоставлены с литературными данными, полученными для других морей.

Наши исследования показали, что фитоперифитон представляет собой многовидовое сообщество микро- и макроводорослей, имеющих свою сезонную динамику видового состава и количественных показателей, влияющих на сезонный ход продукционных характеристик [83, 112]. Параллельное изучение видового состава, численности и биомассы первичных продуцентов разных систематических альгогруппировок позволяет оценить их вклад в общую продукцию и, таким образом, выявить их роль в функционировании микрофитобентоса крымского побережья Чёрного моря.

Для того чтобы выявить сходства и различия величин продукционных характеристик фитоперифитона экспериментальных стеклянных пластин при разных сроках их экспозиции в море в разные годы, нами было проведено сравнение собственных данных между 2007 и 2011 гг. (рис. 5.3-5.6) с литературными источниками. Сравнение значений сезонной динамики интенсивности фотосинтеза и продукции фитоперифитона экспериментальных пластин в Карантинной бухте показало, что по порядку величин эти значения

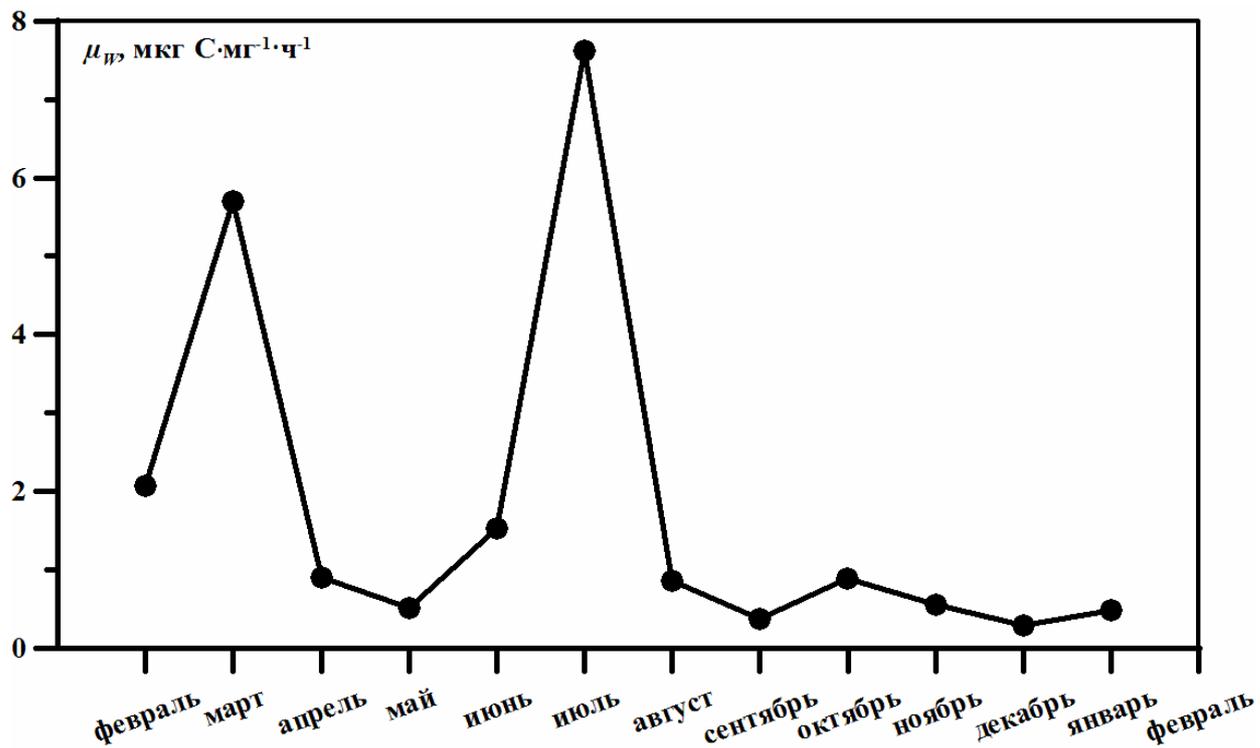


Рис. 5.3 Сезонная динамика интенсивности фотосинтеза (μ_w) фитоперифитона стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря, 2007 – 2008 гг.

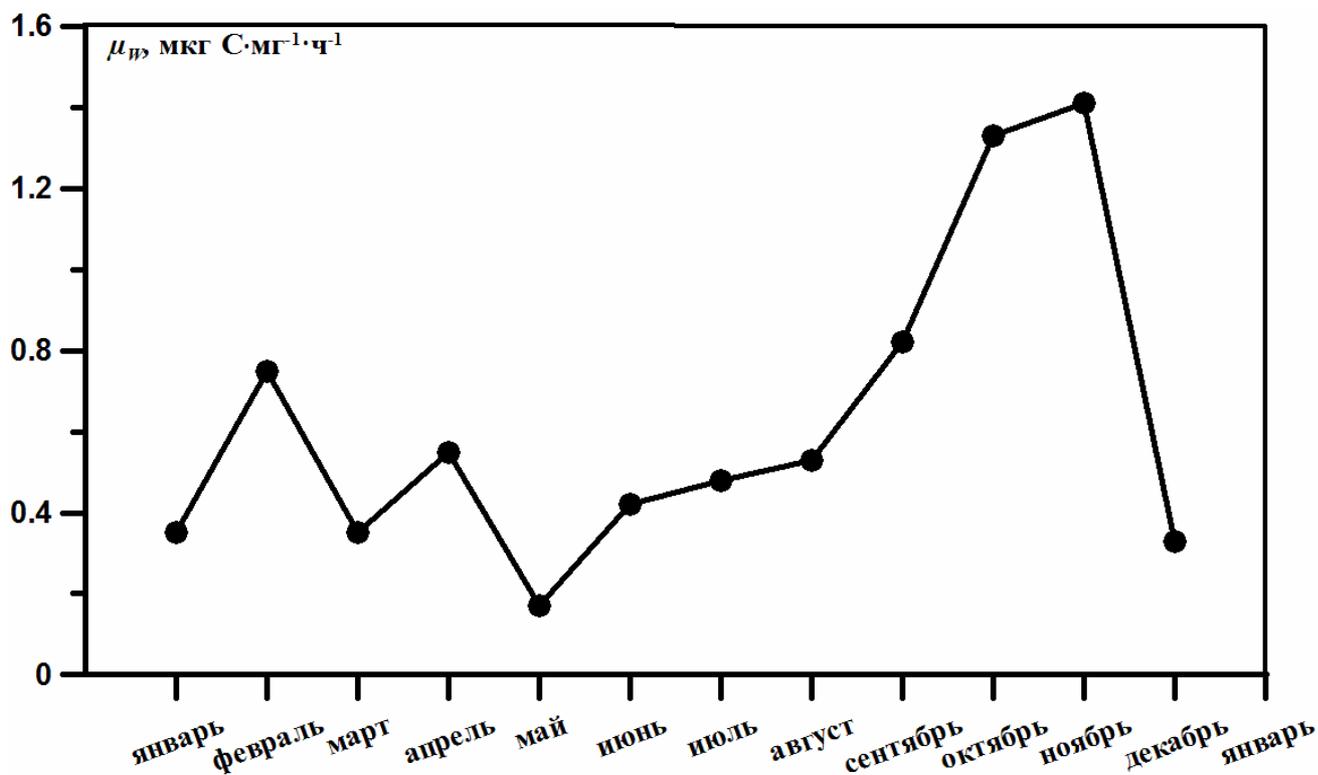


Рис. 5.4 Сезонная динамика интенсивности фотосинтеза (μ_w) фитоперифитона стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря 2011 г.

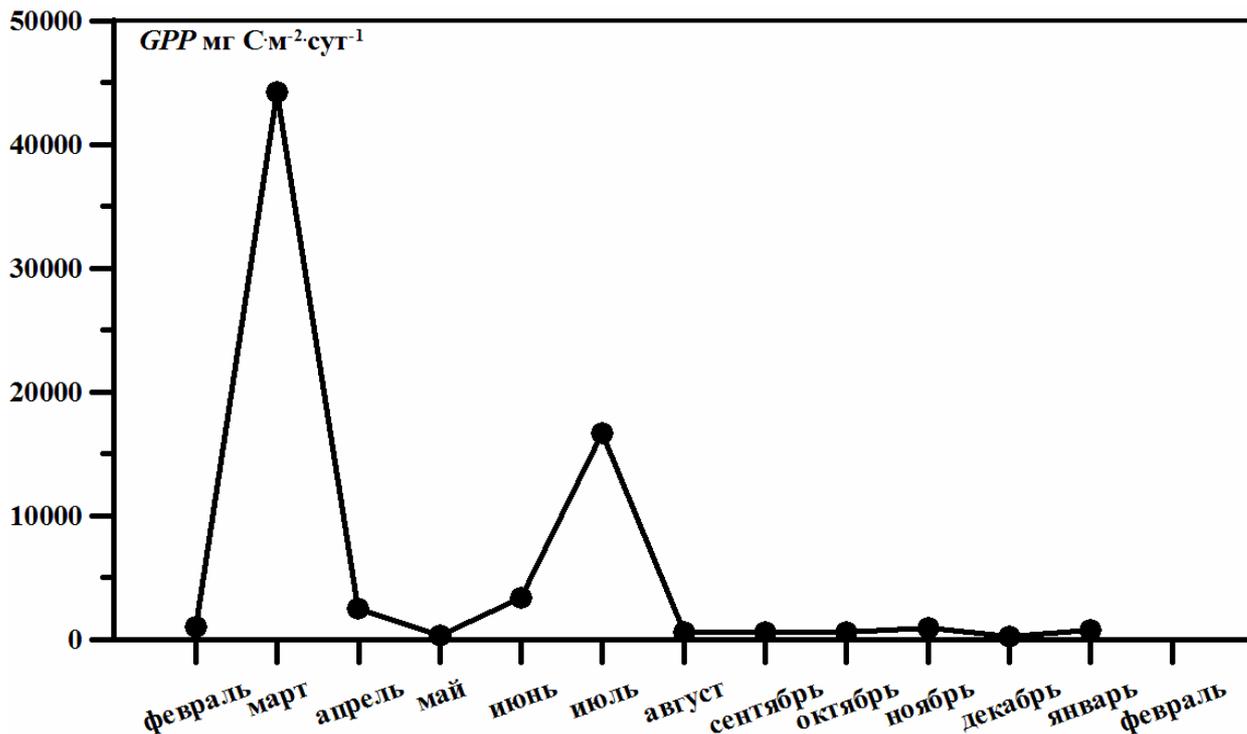


Рис. 5.5 Сезонная динамика валовой первичной продукции (*GPP*) фитоперифитона стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря, 2007 – 2008 гг.

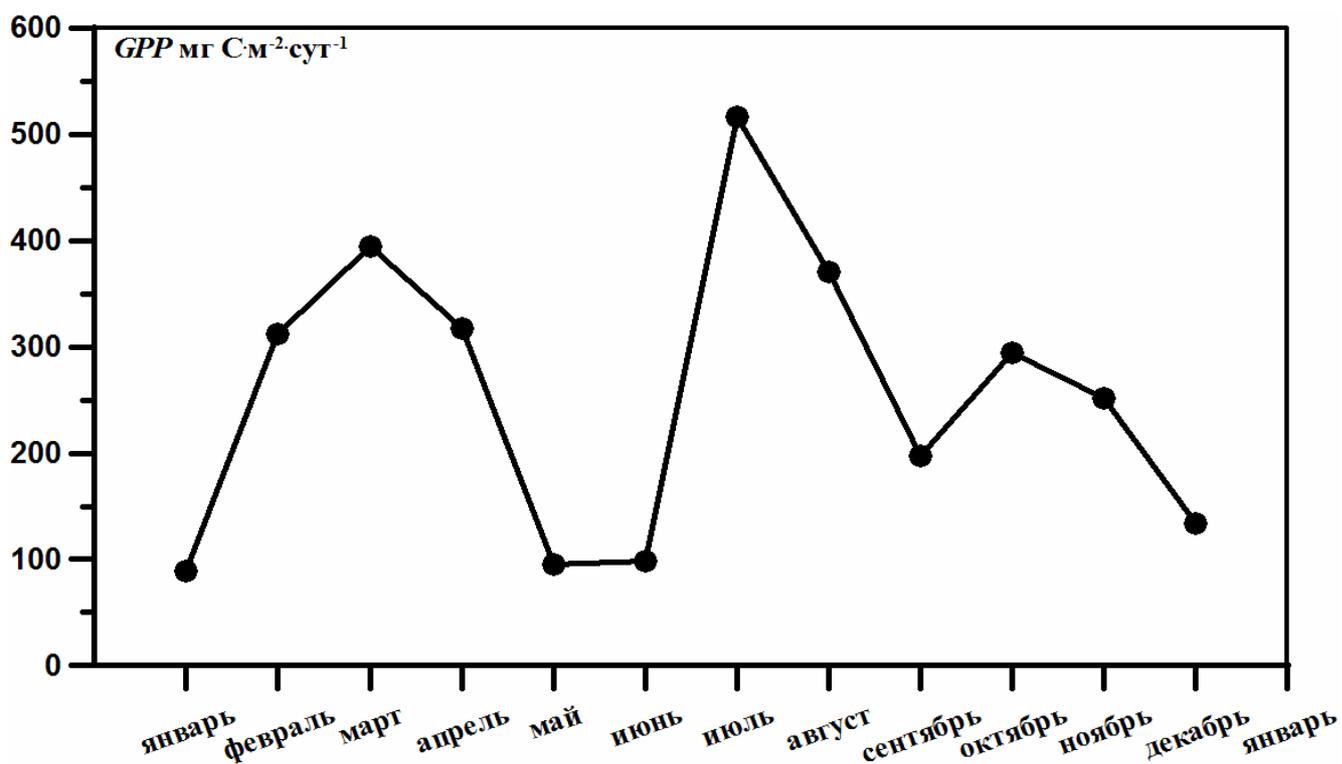


Рис. 5.6 Сезонная динамика валовой первичной продукции (*GPP*) фитоперифитона стеклянных пластин в Карантинной бухте Чёрного моря, 2011 г.

были выше при длительных сроках экспозиции от 1 до 13 мес. по сравнению с ежемесячными сроками. Отмечено, что интенсивность фотосинтеза при разных сроках экспозиции уменьшалась в мае 2007 и 2011 гг. после зимне-весеннего пика развития диатомовых водорослей, когда в это время снижались значения их численности, биомассы и обилия видов.

Как показали исследования, значения численности, биомассы и первичной продукции микроводорослей в Чёрном море возрастают весной независимо от сроков экспозиции и качества субстратов в море [99, 112]. В апреле интенсивность фотосинтеза перифитона ниже единицы и остаётся приблизительно на этом же уровне до июня. От весны к лету в Чёрном море снижается концентрация неорганических форм биогенных элементов и растворенной органики в море как результат интенсификации ассимиляционных процессов в звене макрофитов, связанных с разложением элиминированной массы и увеличением их прижизненных выделений, что приводит к смене видового и доминантного состава диатомовых водорослей [103]. К началу лета происходит существенное снижение концентрации фосфатов и нитратов в воде, что неблагоприятно сказывается на видах диатомовых водорослей с преобладающим автотрофным питанием и способствует развитию видов с развитой способностью к гетеротрофному питанию.

В летний период величины интенсивности фотосинтеза и валовой первичной продукции фитоперифитона возрастают в большей мере за счет представителей *Cyanoprokaryota*, так как численность и биомасса диатомовых водорослей снижаются, что сопряжено с активностью некоторых донных беспозвоночных, для которых диатомовые служат пищей. Так, процесс оседания гидробионтов-обрастателей на стеклянных пластинах в Севастопольской бухте имел максимум в летне-осенний сезон, а минимум – с января по апрель [35], что согласуется с сезонной динамикой диатомовых водорослей и фактором их выедания в летний период беспозвоночными [99, 100, 137]. Кроме того, исследования М.А. Долгопольской в Севастопольской бухте показали, что

балаюсы и мидии оседают на экспериментальные стеклянные пластины на протяжении всего года, что совпадает с круглогодичным нахождением их личинок в планктоне Чёрного моря [35]. Автором указаны высокие значения численности до 10 тыс. экз.·м⁻² мидии и $169,2 \cdot 10^3$ экз.·м⁻² балаюсов на стеклянных пластинах в море в летне-осенний период с максимум в июле. В сентябре ею были отмечены мшанки, достигавшие до 70 % площади покрытия пластин, а в ноябре с максимальной их численностью 19,2 тыс. экз.·м⁻², при этом в большом количестве отмечены и диатомовые водоросли.

Осенью наблюдались различия в продукционных характеристиках фитоперифитона экспериментальных стеклянных пластин в зависимости от года постановки экспериментов. В 2007 г. по численности преобладали мелкоклеточные диатомовые водоросли, а по биомассе – *Synophocaryota*, при этом продукционные характеристики имели минимальные значения, в то время как осенью 2011 г. наблюдалось обилие колоний диатомовых водорослей, поэтому, вероятно, величины интенсивности фотосинтеза и валовой первичной продукции фитоперифитона возрастали (рис. 5.3 – 5.6).

При сравнении продукционных характеристик фитоперифитона стеклянных пластин при накопительной (2007 – 2008 гг.) [105] и ежемесячной экспозиции (2010 – 2012 гг.) [83] выявлено, что срок экспозиции влияет на эти показатели. Так, июльский максимум интенсивности фотосинтеза фитоперифитона в 2007 г. составлял $7,62 \text{ мкг С} \cdot \text{мг}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ и превышал значения интенсивности фотосинтеза в июле 2011 г. в 5,4 раза. Наибольшие значения валовой первичной продукции фитоперифитона в двух экспериментах отмечены в марте и в июле, при этом её величины при накопительных сроках экспозиции были выше, соответственно, в 112 и 32 раза по сравнению с 2011 г.

Сравнение результатов исследования валовой первичной продукции фитоперифитона в Карантинной бухте показало, что при накопительной экспозиции в 2007 г. её величины изменялись от 246 до $44200 \text{ мг С} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$, при ежемесячной экспозиции в 2011 г. – от 89 до $517 \text{ мг С} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$ [83, 112], а для

микрофитобентоса каменистых грунтов при ежемесячном отборе проб в 2000 г. в этой же бухте, эти значения изменялись от 29 до 1103 мг $C \cdot m^{-2} \cdot сут^{-1}$ [70]. Следовательно, в среднем величины ВПП микрофитобентоса каменистых грунтов в 3 раза были выше продукции фитоперифитона стеклянных пластин при ежемесячной экспозиции (табл. 5.4).

Таблица 5.4

Продукционные показатели микрофитобентоса морей разных широт [99]

Район	Экотоп	ПП, г $C \cdot m^{-2} \cdot год^{-1}$	Литер. источник
Чёрное море	Каменистые грунты	300	[70, 158]
-«»-	Фитоперифитон *	2187	[112]
-«»-	-«»- **	93	[83]
Маршалловы о-ва	Фитоперифитон	292	[177]
У берегов Бразилии	-«»-	109	[164]
-«»-	Микрофитобентос	2664	[143]
Баренцево море	-«»-	30 – 40	[58]
Маршалловы о-ва	-«»-	300	[177]
О. Мадагаскар	-«»-	150	[81]
Японское море	Каменистые грунты	83	[123]
-«»-	-«»-	722	-«»-
-«»-	Рыхлые грунты	110	[125]
Баренцево море	-«»-	43	[18]

Примечание. (*) – при накопительных сроках экспозиции стеклянных пластин (до 12 мес.); (***) – при ежемесячной экспозиции.

Для анализа других компонентов автотрофного продукционного комплекса в прибрежных акваториях Чёрного моря, кроме фитоперифитона стеклянных пластин исследованы продукционные характеристики фитопланктона, который изучался параллельно на той же станции [83]. Продукция фитопланктона в течение года колебалась в пределах 2,2 – 458,1 мг $C \cdot m^{-3} \cdot сут^{-1}$ при максимуме в августе ($t_B = 22 \text{ } ^\circ C$), а концентрация общей взвеси в воде ($C_{взв}$) составляла 0,3 – 1,1 мг_{сух} $\cdot л^{-1}$ при максимуме в феврале ($t_B = 7 \text{ } ^\circ C$).

В связи с тем, что фитопланктон нами не изучался, поэтому для анализа

были привлечены литературные данные по близкому району исследования [114]. Регулярные наблюдения *in situ* на выходе из Севастопольской бухты показали, что продукция фитопланктона с конца января по март постепенно увеличивалась, при этом общая численность и биомасса микроводорослей повышалась, главным образом, за счёт диатомового комплекса [114]. Одновременно с этим наблюдалось увеличение фотосинтеза. После весеннего пика развития диатомовых водорослей отмечено снижение скорости фотосинтеза фитопланктона и уменьшение его численности, обусловленное истощением биогенных элементов в воде и массовым развитием гетеротрофных организмов. Летнее развитие фитопланктона длится до сентября-октября и характеризуется нерегулярными изменениями численности водорослей и первичной продукции, зависящих от сгонно-нагонных явлений в данной акватории. Однако, несмотря на неустойчивость гидрологических условий в конце июля или в первой половине августа, были отмечены максимальные значения продукции фитопланктона за счёт массового развития динофитовых водорослей. В декабре наблюдались минимальные количественные характеристики фитопланктона, что связано с деструкционными процессами, в результате которых происходит увеличение концентрации биогенных элементов в воде, что приводит к последующему весеннему пику развития фитопланктона.

В Чёрном море также отмечены значительные различия по данным ВПП для микрофитобентоса и фитопланктона. В лимане Бурнас северо-западного Причерноморья средняя продукция микрофитобентоса составляла $2,2 \text{ г } O_2 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$ и превышала в 6 раз таковую фитопланктона ($0,39 \text{ г } O_2 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$) [22]. Продукция микрофитобентоса каменистых грунтов крымского побережья Чёрного моря достигала $300 \text{ г } C \cdot \text{м}^{-2}$ в год [158], а средняя годовая первичная продукция фитопланктона оценивается в пределах $130 - 150 \text{ г } C \cdot \text{м}^{-2}$ в год [115].

В близких по постановке экспериментах по одновременному изучению продуктивности фитопланктона и перифитона стеклянных пластин на юго-восточном побережье Бразилии [127] авторами показано, что максимальная

продуктивность фитопланктона составляла $0,3 \text{ г С}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{сут}^{-1}$, что ниже максимальной продуктивности ($1,4 \text{ г С}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{сут}^{-1}$) диатомовых перифитона экспериментальных пластин в 4 раза. А продуктивность ($7,3 \text{ г С}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{сут}^{-1}$) микрофитобентоса искусственных субстратов (буёв) в той же бухте [134] была выше продуктивности диатомовых водорослей фитоперифитона стеклянных пластин ($0,2 - 1,4 \text{ г С}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{сут}^{-1}$) [164], но близка по своим значениям.

В работах [18, 55-58] по изучению продуктивности прибрежных экосистем Баренцева моря показано, что кроме макрофитов, важную роль играют организмы микрофитобентоса, так как помимо непосредственного формирования первичной продукции, водоросли микрофитобентоса, в отличие от других первичных продуцентов, сохраняют высокую биомассу в течение практически всего года, переходя на миксо- и гетеротрофный тип питания в период полярной ночи. Кроме того, выявлено, что значения продукции макрофитов, микрофитобентоса и фитопланктона, соотносятся между собой как 2:2:1, то есть годовая продукция микрофитобентоса в 2 раза выше, чем фитопланктона и соизмерима с продукцией макрофитов, при этом общая оценка биомассы микрофитобентоса для Баренцева моря составляла 0,35 млн тонн, а годовая продукция – 5,3 млн тонн углерода [182].

Нами установлено, что первичная продукция микрофитобентоса морей северных, умеренных и тропических широт подчас превышает продукцию фитопланктонного звена морской экосистемы [99]. Так, первичная продукция микрофитобентоса сублиторали Японского моря составляла $83 \text{ г С}\cdot\text{м}^{-2}$ в год [123]; в литорали – $118 \text{ мг С}\cdot\text{м}^{-2}$ в сут^{-1} и сублиторали Баренцева моря – $30 - 40 \text{ г С}\cdot\text{м}^{-2}$ в год [18], а фитопланктона – $50 \text{ г С}\cdot\text{м}^{-2}$ в год [56, 57]; на песках острова Мадагаскар – $150 \text{ г С}\cdot\text{м}^{-2}$ в год [81], а в коралловых песках Маршалловых островов – $800 \text{ мг С}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{сут}^{-1}$ или $300 \text{ г С}\cdot\text{м}^{-2}$ в год, что в 20 раз превышает продукцию фитопланктона ($30 \text{ мг С}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{сут}^{-1}$) [177]. Продукция диатомовых водорослей перифитона в субтропической зоне у берегов Бразилии составляла $0,2 - 1,4 \text{ г С}\cdot\text{м}^{-2}$ [164] и превышала таковую фитопланктона (от $0,3$ до $0,6 \text{ г С}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{сут}^{-1}$) почти в 4

раза [134]. Следовательно, несмотря на географические различия морей, первичная продукция микрофитобентоса за год выше фитопланктона от 2 до 20 раз [112].

Таким образом, методологический подход, который был применён в исследовании перифитона экспериментальных стеклянных пластин в одном и том же местообитании в Карантинной бухте при разных сроках экспозиции позволил выявить годовые и сезонные различия и сходство значений количественных и продукционных показателей, выявить особенности развития фитоперифитона экспериментальных пластин Чёрного моря, а также оценить роль и вклад каждого отдельного компонента микроводорослей в количественную составляющую сообществ фитоперифитона в крымском побережье Чёрного моря. Сравнение полученных нами данных с литературными источниками позволяет сделать вывод, что изучение микроводорослей бентоса морей имеет важное значение для оценки их роли в продукционных процессах в побережье моря, а фитоперифитон, как часть фитобентоса является важным продукционным потенциалом в побережье Чёрного моря.

ВЫВОДЫ

1. Впервые проведена инвентаризация видового состава микроводорослей перифитона антропогенных субстратов Чёрного моря. Список включает 230 видов и ввт, принадлежащих к 5 отделам: Cyanoprokaryota, Bacillariophyta, Chlorophyta, Dinophyta, Haptophyta, 8 классам, 37 порядкам, 61 семейству, 94 родам. По количеству видов преобладает отдел Bacillariophyta (204 вида и ввт).

2. За период исследования (2007–2008 и 2010–2013 гг.) фитоперифитона антропогенных субстратов в крымском побережье Чёрного моря обнаружено 136 видов и ввт микроводорослей, из них на экспериментальных стеклянных пластинах в районе Карантинной бухты при накопительной (от 1 до 13 мес.) и ежемесячной экспозиции обнаружено 126 видов и ввт микроводорослей (в т.ч. Bacillariophyta – 103 вида и ввт). Впервые для перифитона антропогенных субстратов указано 20 видов.

3. Эколого-фитогеографический анализ флоры микроводорослей перифитона антропогенных субстратов показал, что бентосные виды составляют 70%, бентопланктонные – 7 % и планктонные – 23%. Преобладают морские формы (58%) и бореально-тропические элементы флоры (40%) со значительным вкладом бореальных (20%) и видов-космополитов (19%).

4. Количество обнаруженных видов при разных сроках экспозиции по сезонам года в среднем составляло: зимой – 48, весной – 67, летом – 70, осенью – 44. Специфических видов, характерных только для фитоперифитона Чёрного моря, не выявлено. Коэффициент сходства видов Чекановского-Сёрнесена для антропогенных и природных субстратов в среднем 60%.

5. В течение года при накопительной экспозиции показатели варьировали: численность (N) микроводорослей – $(26,9–2180,8) \cdot 10^3$ кл. \cdot см $^{-2}$; биомасса (B) – от 0,002 до 0,543 мг \cdot см $^{-2}$; обилие видов (S) от 4 до 34; валовая первичная продукция фитоперифитона – 246–44200 мг С \cdot м $^{-2}$ \cdot сут $^{-1}$; при ежемесячной экспозиции соответственно N – $(57–1229) \cdot 10^3$ кл. \cdot см $^{-2}$; B – от 0,021 до 14,638 мг \cdot см $^{-2}$; S – от 9 до 26; ВПП – 89–517 мг С \cdot м $^{-2}$ \cdot сут $^{-1}$. Дисперсионный анализ

результатов эксперимента 2010 – 2012 гг. показал, что численность микроводорослей перифитона достоверно зависит от сезона года.

6. Впервые представлена сезонная динамика численности популяций 8 круглогодичных видов диатомовых водорослей и линейных размеров их клеток, что позволяет выявить вклад популяции каждого вида в сообщество микроводорослей и благоприятные сезоны их развития в перифитоне антропогенных субстратов в прибрежье Чёрного моря.

7. При анализе сезонной динамики структуры сообществ микроводорослей выявлено, что при снижении обилия видов (S) и возрастании степени доминирования по индексу Бергера-Паркера (D_{BP}), значения индексов видового разнообразия Шеннона (H) и выровненности Пиелу (e) снижаются, а при увеличении S и снижении D_{BP} , значения H и e возрастают.

8. Исследования сезонной динамики видового состава, количественных и продукционных характеристик фитоперифитона антропогенных субстратов в крымском прибрежье Чёрного моря за 2-летний период показали, что альгосообщества формируются в основном за счёт *Bacillariophyta*, а также *Cyanoprokaryota* и макроводорослей, вносящих существенный вклад в продукцию шельфовых сообществ Чёрного моря.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Александров Б.Г.* Гидробиологические основы управления состоянием прибрежных экосистем Чёрного моря: Автореф. дис. ... докт. биол. наук: 03.00.17 – гидробиология. – Севастополь, 2002. – 20 с.
2. *Балычева Д.С.* Сезонная динамика Bacillariophyta перифитона экспериментальных стеклянных пластин при ежемесячной экспозиции в крымском побережье (Чёрное море) / Д.С. Балычева // Альгология. – 2014. – Т. 24. – № 3. – С. 319–326.
3. *Баринова С.С.* Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды / С.С. Баринова, Л.А. Медведева, О.В. Анисимова. – Тель-Авив, 2006. – 498 с.
4. *Бегун А.А.* Состав и количественные характеристики микроводорослей планктона и перифитона в заливе Петра Великого (Японское море): Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 – экология. – Владивосток, 2007. – 18 с.
5. *Бегун А.А.* Отклик микроводорослей планктона и перифитона на загрязнение морских вод / А.А. Бегун, Л.И. Рябушко // материалы Междунар. науч. конф. (Биробиджан, 6-9 окт. 2008). – Биробиджан, 2008. – С. 101–102.
6. *Бегун А.А.* Состав, обилие и динамика сообществ микроводорослей перифитона в прибрежных водах некоторых акваторий залива Петра Великого Японского моря / А.А. Бегун, А.Ю. Звягинцев, А.В. Мощенко // Изв. ТИНРО. – 2009а. – Т. 157. – С. 50–79.
7. *Бегун А.А.* Состав и количественные характеристики микроводорослей перифитона экспериментальных пластин из разных по степени трофности акваторий залива Петра Великого (Японское море) / А.А. Бегун, Л.И. Рябушко, А.Ю.Звягинцев // Альгология. – 2009б. – Т. 19, № 3. – С. 257–272.
8. *Бегун А.А.* Влияние поверхности субстрата и времени его экспозиции в море на количественное развитие диатомовых водорослей перифитона / А.А. Бегун, Л.И. Рябушко, А.Ю. Звягинцев // Изв. ТИНРО. – 2010а. – Т. 163. – С. 240–263.
9. *Бегун А.А.* Биоиндикация качества морской среды по диатомовым водорослям в обрастании антропогенных субстратов / А.А. Бегун, А.Ю. Звягинцев // Изв. ТИНРО. – 2010. – Т. 161. – С. 177–198.

10. *Бенинг Л.* К изучению придонной жизни реки Волги / Л. Бенинг // Монографии Волжской биол. станции. – Саратов, 1924. – 398 с.
11. Биоиндикация состояния прибрежной зоны Чёрного моря с помощью анализа продукционных показателей микрофитобентоса / М.Ю. Алеев, В.И. Рябушко, Л.И. Рябушко, А.В. Торская // Современные проблемы водной токсикологии: тез. докл. Междунар. конф. памяти д.б.н., проф. Б.А. Флерова (2.04.1937-18.01.2005) (20-24 сент. 2005 г., Борок). – Борок, 2005. – С. 7–8.
12. *Бондарчук Л.Л.* Некоторые данные по фотосинтезу бентосных диатомей Белого моря / Л.Л. Бондарчук // Донная флора и продукция краевых морей СССР. – М.: ИОАН СССР, 1980. – С. 108–118.
13. *Борисюк М. В.* К изучению Bacillariophyta перифитона Азовского моря. // Ученые записки Таврического национального ун-та. Серия: биология. – Симферополь, 2001. – Т. 14, № 1. – С. 37–40.
14. *Борисюк М. В.* Видовой состав фитоперифитона Таганрогского залива Азовского моря // Альгология. – 2002. – Т. 12, № 4. – С. 408–420.
15. *Брайко В. Д.* Обрастание в Чёрном море. – Киев: Наук. думка, 1985. – 123 с.
16. *Брянцева Ю.В.* Расчёт объёмов и площадей поверхности одноклеточных водорослей Чёрного моря / Ю.В. Брянцева, А.М. Лях, А.В. Сергеева. – Севастополь, 2005. – Препринт / Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского). – 25 с.
17. Видовое разнообразие диатомовых водорослей акваторий Карадагского (Чёрное море) и Казантипского (Азовское море) заповедников Крыма: фитопланктон и микрофитобентос / Рябушко Л. И., Поспелова Н. В., Бондаренко А. В., Лохова Д. С. // Диатомовые водоросли: современное состояние и перспективы исследований: материалы XIII междунар. конф. диатомологов, посвященной 120-летию со дня рождения А.И. Прошкиной-Лавренко (Борок, 24-29 авг. 2013 г.). – Кострома, 2013. – С. 80–81.
18. *Витченко Т.В.* Структурно-продукционные характеристики морского микрофитобентоса литоральной зоны Восточного Мурмана: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.18 – гидробиология. – М., 2005. – 25 с.

19. Влияние концентрации биогенных элементов на сообщества микроводорослей прибрежного мелководья Чёрного моря / Л.Л. Смирнова, В.И. Рябушко, Л.И. Рябушко, И.И. Бабич // Альгология. – 1999. – Т. 9, № 3. – С. 32–42.
20. Герасимюк В.П. Микроскопические водоросли Тилигульского лимана (Чёрное море, Украина) / В.П. Герасимюк, О.А. Ковтун // Альгология. – 2007. – Т. 17, № 1. – С. 42–52.
21. Гидрохимическая характеристика отдельных бухт Севастопольского взморья / Е.А. Куфтаркова, Н.Ю. Родионова, В.И. Губанов, Н.И. Бобко / Основные результаты комплексных исследований в Азово-Черноморском бассейне и Мировом океане // Тр. ЮГНИРО. – 2008. – Т. 46. – С. 110–117.
22. Гончаров А. Ю. Условия формирования первичной продукции в водоёмах северо-западного Причерноморья: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.17. – гидробиология. – Севастополь, 2006. – 19 с.
23. Горбенко Ю.А. Роль морских перифитонных бактерий в формировании обрастаний на предметах, погруженных в морскую воду. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 1964. – 45 с.
24. Горбенко Ю.А. Об усовершенствовании метода пластинок обрастания для наблюдения за перифитонными микроорганизмами / Ю.А. Горбенко // Биология моря. – 1970 а, № 18. – С. 5–11.
25. Горбенко Ю.А. Экология морских микроорганизмов перифитона / Ю.А. Горбенко. – Киев: Наук. думка, 1977. – 252 с.
26. Гусяков Н.Е. Диатомовые водоросли обрастаний Одесского побережья Чёрного моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05 – ботаника. – Одесса, 1978. – 22 с.
27. Гусяков Н.Е. Атлас диатомовых водорослей бентоса северо-западной части Чёрного моря и прилегающих водоемов / Н.Е. Гусяков, О.А. Закордонец, В.П. Герасимюк. – Киев: Наук. думка, 1992. – 112 с.
28. Давидович Н.А. Интенсивность аукоспорообразования у двух видов *Bacillariophyta* в зависимости от освещенности и продолжительности фотопериода / Н.А.

- Давидович, В.А. Чепурнов // Альгология. – 1993. – 3, № 3. – С. 34–41.
29. Давидович Н.А. Факторы, определяющие размер инициальных клеток у диатомовых водорослей / Н.А. Давидович // Физиол. растений. – 1994. – Т. 41, № 2. – С. 250–255.
 30. Декенбах К.Н. О водорослях Балаклавской бухты // Декенбах К.Н. – Scripta botan. – 1902. – Т. 4, № 1. – С. 12–16.
 31. Диатомовые водоросли СССР. Ископаемые и современные / Отв. ред. И.В. Макарова. – СПб, 1974 – Т. 2. – Вып. 2. – 125 с.
 32. Диатомовый анализ. Определитель ископаемых и современных диатомовых водорослей. Кн. 1. – Л.: Госгеолиздат, 1948. – 231 с.
 33. Диатомовый анализ. Определитель ископаемых и современных диатомовых водорослей. Кн. 2. – Л.: Госгеолиздат, 1949. – 241 с., 101 табл.
 34. Диатомовый анализ. Определитель ископаемых и современных диатомовых водорослей. Кн. 3. – М.: Госгеолиздат, 1950. – 401 с., 117 табл.
 35. Долгопольская М.А. Экспериментальное изучение процесса обрастания в море / М.А. Долгопольская // Тр. СБС. – 1954. – Т. 8. – С. 157–173.
 36. Дуплаков С.Н. Материалы к изучению перифитона / С.Н. Дуплаков // Тр. Лимнолог. ст. – Косино. – 1933. – Вып. – 16, №3. – 160 с.
 37. Закономерности формирования фитообрастания от ориентации подводных поверхностей. / Г.Г. Миничева, В. Н. Большаков, Е. С. Хомова, А. В. Швец // Морской экологический журнал. – 2011. – Т. 10, № 4 – С. 56–66.
 38. Зевина Г.Б. Биология морского обрастания / Г.Б. Зевина. – М.: МГУ, 1994. – 135 с.
 39. Звягинцев А.Ю. Морское обрастание в северо-западной части Тихого океана / А. Ю. Звягинцев. – Владивосток: Дальнаука, 2005. – 432 с.
 40. Зилов Е.А. Гидробиология и водная экология (организация, функционирование и загрязнение водных экосистем): учебное пособие / Е.А. Зилов. – Иркутск: Иркут. ун-т, 2008. – 138 с.
 41. Иванова К.Л. Материалы по видовому составу водорослей в обрастании судов на Азовском и Чёрном морях / К.Л. Иванова // Тр. ИОАН СССР. – 1961. – Т. XLIX. – С. 137 – 146.

42. *Караева Н.И.* Диатомовые водоросли бентоса Каспийского моря / Нинель Исрафиловна Караева. – Баку: Элм, 1972. – 258 с.
43. *Караева Н.И.* Диатомовые водоросли бентоса Каспийского моря: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.05 – ботаника. – Баку, 1975. – 43 с.
44. *Карзинкин Г. С.* К изучению бактериального перифитона // Тр. Лимнол. ст. – Косино, 1934. – Вып. 17. – С.21–44.
45. *Кашина В. А.* Диатомовые водоросли обрастания экспериментальных пластин Туйской губы Охотского моря (Предварительное сообщение) // Обрастания в Охотском и Японском морях. – Владивосток, 1975. – С. 180–183.
46. *Ковалёва Г.В.* Микроводоросли бентоса, перифитона и планктона прибрежной части Азовского моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05 – ботаника. – Санкт-Петербург, 2006. – 19 с.
47. *Ковалёва Г.В.* Систематический список микроводорослей бентоса и планктона прибрежной части Азовского моря и прилегающих водоемов: Современные проблемы альгологии и VII Школа по морской биологии: материалы Междунар. науч. конф. (Ростов–на-Дону, 9-13 июня 2008 г.). – Ростов-на-Дону, 2008. – С. 174–192.
48. *Ковальчук Ю.Л.* Диатомовые обрастания на антропогенных субстратах / Ю.Л. Ковальчук // Биоповреждения. Обрастание и защита от него: климатические, биохимические и экотоксикологические факторы. – М., 1996. – С. 40–48.
49. *Ковальчук Ю.Л.* Диатомовые обрастания на антропогенных субстратах / Ю.Л. Ковальчук, Е.Л. Неврова, Е.А. Шалаева // М.: Т-во научных изданий КМК, 2008. – 174 с.
50. *Ковтун О.А.* Эколого-географическая, морфологическая и таксономическая характеристики фитобентоса Тилигульского лимана: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Одесса, 2009. – 24 с.
51. *Комулайнен С.Ф.* Формирование структуры фитоперифитона рек Карелии: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – СПб, 2001. – 23 с.

52. *Комулайнен С.Ф.* Методические рекомендации по изучению фитоперифитона в малых реках / С.Ф. Комулайнен. – Петрозаводск КарНЦ РАН, 2003. – 43 с.
53. *Короткевич О.С.* Диатомовая флора литорали Баренцева моря / О.С. Короткевич // Тр. ММБИ. – 1960. – Вып. 1. – С. 68–338.
54. *Косинская Е.К.* Определитель морских синезеленых водорослей / Е.К. Косинская. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1948. – 278 с.
55. *Кузнецов Л.Л.* Роль микрофитобентоса в формировании продукции прибрежных вод Восточного Мурмана (на примере губы Дальнезеленецкой): Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.18 – гидробиология. – М., 1988. – 20 с.
56. *Кузнецов Л.Л.* Сезонная динамика продукционных характеристик фитопланктона и микрофитобентоса в прибрежье Баренцева моря / Л.Л. Кузнецов // Исследования фитопланктона в системе мониторинга Балтийского моря и других морей СССР. – М.: Гидрометеиздат, 1991. – С. 232–241.
57. *Кузнецов Л.Л.* Продукция фитоценозов и трансформация биогенных веществ в экосистеме Баренцева моря: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.18 – гидробиология. – М., 2002. – 40 с.
58. *Кузнецов Л.Л.* Фитоценозы Баренцева моря. Физиологические и структурные характеристики / Л.Л. Кузнецов, Е.В. Шошина. – Апатиты: Кольский научн. центр, ММБИ РАН, 2003. – 308 с.
59. *Кучерова З.С.* Видовой состав и сезонная смена диатомовых морских обрастаний / З.С. Кучерова // Тр. СБС, 1957. – Т. 9. – С. 22–29.
60. *Кучерова З.С.* Вертикальное распределение диатомовых обрастаний в Севастопольской бухте / З.С. Кучерова // Тр. СБС. – 1961. – Т. 14. – С. 64–78.
61. *Кучерова З.С.* Влияние бактериальной пленки на оседание диатомовых водорослей / З.С. Кучерова, Ю.А. Горбенко // Тр. Севаст. биол. ст. – 1963. – Т. 16. – С. 443–446.
62. *Кучерова З.С.* Диатомовые водоросли и их роль в ценозе обрастания Чёрного моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Севастополь, 1973. – 15 с.
63. *Кучерова З.С.* Диатомовые водоросли и их роль в ценозе обрастания Чёрного моря: Дис. ... канд. биол. наук. – Севастополь, 1973. – 15 с.

64. *Кучерова З.С.* Динамика численности и биомассы диатомовых водорослей в ценозе обрастаний / З.С. Кучерова // Биология моря. – 1975. – Вып. 35. – С. 67–73.
65. *Липницкая Г.П.* К изучению микрофитоперифитона шельфа Азовского моря / Г.П. Липницкая, Е.Л. Третьяк // Альгология. – 1999. – Т. 9, № 2. – С. 74–75.
66. *Лохова Д.С.* Видовой состав и эколого-географические характеристики диатомовых водорослей перифитона стеклянных пластин при разных сроках их экспозиции (Карантинная бухта, Чёрное море) / Д.С. Лохова // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2012. – Вып. 7 (26). – С. 33–38.
67. *Лохова Д.С.* Диатомовые водоросли перифитона стеклянных пластин при разных сроках их экспозиции в Карантинной бухте Черного моря (Украина) в зимне-весенний сезон / Д.С. Лохова, Л.И. Рябушко // Актуальные проблемы современной альгологии: тез. докл. Междунар. конф. (Киев, 23-25 мая 2012). – Киев, 2012. – С. 174–175.
68. Лоция Чёрного моря. – Л.: Мин. обороны СССР, Гл. управ. навигации и океанографии, 1976. – 512 с.
69. *Макрушин А.В.* Биологический анализ качества вод / Андрей Валентинович. Макрушин. – Л., 1974. – 60 с.
70. Микрофитобентос Чёрного моря: продуктивность сообщества микрофитобентоса твердых грунтов прибрежной зоны Чёрного моря и её адаптационный потенциал в условиях переменных факторов внешней среды / В.И. Рябушко, М.Ю. Алеев, Л.И. Рябушко, Р.И. Ли. – Глава 3.2. С. 50–59. – Микроводоросли Чёрного моря: проблемы биоразнообразия, сохранения и биотехнологического использования. – НАН Украины, ИнБЮМ. – Севастополь: ЭКОСИ–Гидрофизика, 2008. – 454 с.
71. *Мильчакова Н.А.* Формирование морских фитосообществ на искусственном субстрате / Н.А. Мильчакова, Е.Л. Неврова, И.К. Евстигнеева // Альгология. – 2002. – 12, № 1. – С. 96–110.
72. *Михайлова Т.В.* Расчёт площади поверхности раковин некоторых видов черноморских двустворчатых моллюсков / Т.В. Михайлова, А.Н. Петров, А.С.

- Повчун // ИнБЮМ АН УССР: Деп. ВИНТИ 20.11.87, № 8730. В87. – Севастополь, 1987 – 6 с.
73. Михайловская З.Н. Фитопланктон Новороссийской бухты и его вертикальное распределение / З.Н. Михайловская // Тр. Новороссийской биол. ст. – 1937. – Т. 2, вып. 1. – С. 37–52.
74. Николаев В.А. Диатомовые водоросли бентоса залива Посъет Японского моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05 –ботаника. – Л., 1970. – 17 с.
75. Обрастания в Японском и Охотском морях. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1975. – 208 с.
76. Оксуюк О.П. Методические принципы оценки экологического состояния водных объектов по микрофитобентосу / О.П. Оксуюк, О.А. Давыдов // Гидробиол. журн. – 2006. – Т. 42, № 2. – С. 98 – 112.
77. Оксуюк О.П. О весе диатомовых водорослей / О.П. Оксуюк, В.В. Юрченко // Гидробиол. журн. – 1971. – Т. 7, № 3. – С. 116–119.
78. Парталы Е.М. К изучению мезо- и микрообрастания Азовского моря // Материалы I-го съезда советских океанологов (Москва, 20 июня 1977 г.). – М.: Наука, 1977. – Вып. 2. – С.117–118.
79. Парталы Е.М. Видовой состава оброста пластин в районе г. Жданова // Биоповреждения материалов и защита от них. – М.: Наука, 1978. – С. 102–108.
80. Парталы Е.М. Экология гидроида *Garveila franciscana* (Torrey) в Азовском море. – Мариуполь: «Новый мир», 2006. – 184 с.
81. Плант-Куни М.-Р. Микрофитобентос рыхлых субстратов, хлорофилла и певичная продукция / М.-Р. Плант-Куни // Первичная и вторичная продукция морских организмов. – Киев: Наук. думка, 1982. – С. 133–151.
82. Празукин А.В. Пространственная организация полога диатомового обрастания на экспериментальных конструкциях в сравнении с другими фитосистемами / А.В. Празукин, К.М. Хайлов // Гидробиол. журн. – 1998. – Т. 34, № 5. – С. 38–48.
83. Продукционные характеристики фитоперифитона экспериментальных стеклянных пластин и фитопланктона в Карантинной бухте (крымское

- прибрежье Чёрного моря) / Рябушко Л. И., Балычева Д. С., Поповичев В. Н., Фирсов Ю.К., Рябушко В. И. // Альгология. – 2014. – Т. 24, № 4. – С. 504 – 518.
84. *Протасов А.А.* Пресноводный перифитон / Александр Алексеевич Протасов. – Киев: Наук. думка, 1994. – 308 с.
85. *Протасов А.А.* Биоразнообразие и его оценка. Концептуальная диверсиконология / Александр Алексеевич Протасов. – Киев, 2002. – 105 с.
86. *Протасов А.А.* Перифитон как экотопическая группировка гидробионтов // Journ. of Siberian Federal University Biology. – 2010. – Vol. 3. – № 3. – С. 40–56.
87. *Протасов А.А.* Жизнь в гидросфере. Очерки по общей гидробиологии / Александр Алексеевич Протасов. – Киев: Академперіодика, 2011. – 704 с.
88. *Прошкина-Лавренко А.И.* Диатомовые водоросли – показатели солёности воды / А.И. Прошкина-Лавренко // Диатомовый сборник ЛГУ. – Л., 1953. – С. 186–205.
89. *Прошкина-Лавренко А.И.* Диатомовые водоросли планктона Чёрного моря / Анастасия Ивановна Прошкина-Лавренко. – М.; Л.: АН СССР, 1955. – 222 с.
90. *Прошкина-Лавренко А.И.* Диатомовые водоросли бентоса Чёрного моря / Анастасия Ивановна Прошкина-Лавренко. – М.; Л.: Наука, 1963. – 243 с.
91. *Раилкин А.И.* Распределение диатомовых водорослей на продольно обтекаемых плоских поверхностях / А.И. Раилкин // Ботан. журн. – 1991. – Т. 76. – № 11. – С. 1522–1527.
92. *Резниченко О.Г.* Классификация и пространственно-масштабная характеристика биотопов обрастания / О.Г. Резниченко // Биология моря. – 1978. – № 4. – С. 3–15.
93. *Рощин А.М.* Жизненные циклы диатомовых водорослей / Алексей Михайлович Рощин. – Киев: Наук. думка, 1994. – 170 с.
94. *Рябушко Л.И.* Диатомовые водоросли верхней сублиторали северо-западной части Японского моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.18 – гидробиология. – Севастополь, 1986. – 24 с.

95. *Рябушко Л.И.* Атлас токсичных микроводорослей Чёрного и Азовского морей / Лариса Ивановна Рябушко. – НИЦ Вооруженных Сил Украины «Государственный океанариум». – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003 – 140 с.
96. *Рябушко Л.И.* Микроводоросли бентоса Черного моря (Чек-лист, синонимика, комментарий) / Лариса Ивановна Рябушко. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006. – 143 с.
97. *Рябушко Л.И.* Микроводоросли – продуценты токсинов, опасных для объектов рыбного промысла и аквакультуры в Азово-Черноморском бассейне / Л.И. Рябушко // Рыбне господарство України. – 2008 – № 2/3. – С. 50–55.
98. *Рябушко Л.И.* Микрофитобентос Чёрного моря: Автореф. дис. ... докт. биол. наук: 03.00.17. – гидробиология. – Севастополь, 2009. – 44 с.
99. *Рябушко Л.И.* Микрофитобентос Чёрного моря / Лариса Ивановна Рябушко. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2013. – 416 с.
100. *Рябушко Л.И.* Структура сообществ диатомовых водорослей эпифитона *Gracilaria verrucosa* (Huds.) Papenf. из Чёрного моря / Л.И. Рябушко // Альгология. – 1993. – Т. 3, № 3. – С. 42–49.
101. *Рябушко Л.И.* Диатомовые водоросли микрофитобентоса твёрдых грунтов прибрежных районов Севастопольской бухты (Чёрное море) / Л.И. Рябушко // Альгология. – 1994. – Т. 4, № 2. – С. 15–21.
102. *Рябушко Л.И.* Микроводоросли планктона и бентоса Азовского моря (Чек-лист, синонимика, комментарий) / Л.И. Рябушко, А.В. Бондаренко. – ИнБЮМ НАН Украины. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. – 211 с.
103. *Рябушко Л.И.* Микрофитообрастания искусственных и природных субстратов в Чёрном море / Л.И. Рябушко, С.Е. Завалко // Ботан. журн. – 1992. – Т. 77, № 5. – С. 33–39.
104. *Рябушко Л.И.* Микрофитобентос бухты Казачья Чёрного моря (Украина) / Л.И. Рябушко, В.И. Рябушко // Альгология, 2001. – Т. 11, № 1. – С. 70–82.
105. *Рябушко Л. И.* Сравнение видового состава и экологических характеристик диатомовых водорослей перифитона антропогенных субстратов из Чёрного и

- Японского морей / Л. И. Рябушко, А. А. Бегун, Д. С. Лохова // Матеріали XIII з'їзду Українського ботан. товариства (Львів, 19-23 верес. 2011 р.). – Львів, 2011. – С. 319.
106. *Рябушко Л.И.* Сравнение видового состава, экологических и фитогеографических характеристик диатомовых водорослей перифитона антропогенных субстратов из Чёрного и Японского морей / Л.И. Рябушко, А.А. Бегун, Д.С. Лохова // Изв. ТИНРО. – 2013. – Т. 174. – С. 234–246.
107. *Рябушко Л.И.* Диатомовые эпифитона некоторых видов зелёных водорослей-макрофитов и перифитона антропогенных субстратов крымского побережья Чёрного моря / Л.И. Рябушко, Д.С. Лохова, А.В. Стрижак // Альгология. – 2013. – Т. 23, № 4. – С. 419–437.
108. *Рябушко Л. И.* Видовой состав и количественная оценка микроводорослей перифитона стеклянных пластин (Крым, Чёрное море) / Л. И. Рябушко, Ю.К. Фирсов, Д. С.Лохова // Матеріали XIII з'їзду Українського ботан. тов-ва (Львів, 19-23 верес. 2011 р.). –Львів, 2011. – С. 322.
109. *Рябушко Л.И.* Первая находка *Phycopeltis arundinacea* (Mont.) De Toni 1889 (Chlorophyta, Ulvophyceae) в микрофитобентосе прибрежных вод Крыма (Чёрное море) / Л.И. Рябушко, Д.С. Балычева // Вопросы современной альгологии. Бюллетень МГУ. – 2014 – № 1 (5). URL: <http://algology.ru/429>.
110. *Садагурська С.О.* Суанопhyta морської кам'янистої супраліторалі Криму: Автореф. дис... канд. біол. наук: 03.00.05 – ботаніка. – К., 2005. – 21 с.
111. *Садогурская С.А.* Аннотированный список фитобентоса Казантипского природного заповедника / С.А. Садогурская, Садогурский С.Е., Белич Т.В. // Тр. Никитского ботан. сада – Национального научного центра. – 2006. – Т. 126. – С. 190–208.
112. Состав, количественные и продукционные характеристики фитоперифитона стеклянных пластин при разных сроках экспозиции в Чёрном море / Рябушко Л. И., Фирсов Ю. К., Лохова Д. С., Еремин О. Ю. // Альгология. – 2013. – Т. 23, № 1. – С. 69–81.
113. Токсичная диатомовая водоросль *Pseudo-nitzschia calliantha* Lundholm, Moestrup et Hasle из Чёрного моря: морфология, таксономия, экология / Л.И. Рябушко, С.

- Бесиктепе, Д. Едигер, Д. Илмаз, А. Зенгинер, В.И. Рябушко, Р.И. Ли // Морской экологический журн. – 2008. – Т. VII, № 3. – С. 51–60.
114. *Финенко З.З.* Продукция фитопланктона // Основы биологической продуктивности Чёрного моря / З.З. Финенко. – Киев: Наук. думка, 1979. – С. 88–99.
115. *Финенко З.З.* Оценка биомассы фитопланктона и первичной продукции в Чёрном море по спутниковым данным. Глава 7.1. – С. 221–236 / З.З. Финенко, Т.Я. Чурилова, В.В. Суслин // Промысловые биоресурсы Чёрного и Азовского морей. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. – 367 с.
116. *Фирсов Ю.К.* Связь физиологических функций морфологических элементов слоевища цистозиры с их возрастом и структурой / Ю.К. Фирсов // Биология моря. – 1978. – Вып. 44. – С. 68–74.
117. *Хайлов К.М.* Связь биологических параметров морского фитообрастания с морфометрическими параметрами экспериментальных обрастающих структур / К.М. Хайлов, Д.М. Смолев // Экология моря. – 1996. – Вып. 45. – С. 63–71.
118. *Халаман В.В.* Обрастания: терминология и определения / В.В. Халаман // Журн. общей биологии, 2009. – Т. 70, № 6, С. 495–503.
119. *Хикс Ч.* Основные принципы планирования эксперимента / Ч. Хикс. – М.: Мир, 1967. – 293 с.
120. Химико-микробиологические характеристики прибрежных морских вод с повышенным содержанием органического вещества / Л.Л. Смирнова, Т.В. Николаенко, Н.А. Андреева, Е.П. Башинский // Экология моря. – 1999. – Вып. 49. – С. 89–93.
121. *Холодный Н.Г.* Железобактерии / Николай Григорьевич Холодный. – М.: Изд-во АН СССР, 1953. – 222 с.
122. *Чепурнов В.А.* Изучение жизненных циклов и репродуктивного поведения диатомовых водорослей в Карадагском природном заповеднике: история вопроса, результаты и перспективы // Карадаг: история, биология, археология / В.А. Чепурнов, Д.Г. Манн. – Симферополь: Сонат, 2001. – С. 159–175.

123. *Чербаджи И.И.* Продукционные показатели микрофитобентоса залива Восток: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.18 – гидробиология. – Владивосток, 1982. – 21 с.
124. *Чербаджи И.И.* Сравнительная характеристика продукционных показателей кораллов и перифитона искусственных и естественных субстратов / И.И. Чербаджи, М.В. Пропп // Биология моря. – 1981. – № 4. – С. 31–35.
125. *Чербаджи И.И.* Фотосинтез и дыхание донных сообществ на мягких грунтах залива Восток (Японское море) / И.И. Чербаджи, В.Г. Тарасов // Биология моря. – 1980. – № 2. – С. 21–30.
126. *Шеффе Г.* Дисперсионный анализ / Г. Шеффе. – М.: Физматгиз, 1963. – 625 с.
127. *Anagnostidis K.* Nomenclatural changes in cyanoprokaryotic order Oscillatoriales / K. Anagnostidis // Preslia: Praha, 2001. – Vol. 73. – P. 359–375.
128. *Anagnostidis K.* Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3. Oscillatoriales / K. Anagnostidis, J. Komárek // Archiv für Hydrobiologie. – 1988. – Vol. 80. – Suppl. – P. 327–472.
129. *Balicheva D.S.* Seasonal quantitative dynamic of periphyton Bacillariophyta on the experimental glass slides monthly exposed in a coastal seawater area of the Crimea (Black sea) / D.S. Balicheva // J. on Algae. – 2014. – Vol. 24. – № 3. – P. 229–236.
130. *Bahls L.L.* Benthic diatom diversity as a measure of water quality / L.L. Bahls // Proc. Mont. Acad. Sci. – 1979. – Vol. 38. – P. 1–6.
131. *Bamforth S.S.* The variety of artificial substrates used for microfauna / S.S. Bamforth // Artificial Substrates / Eds J. Cairns, Jr. Michigan. – Ann Arbor Science Publishers Inc., 1982. – P. – 115–130.
132. *Bangqin H.* Экологические исследования прикрепленных диатомовых водорослей на искусственных субстратах в Ксиамене, Китай / H. Bangqin, Ch. Zhaodi, J.J. De Xiang // J. Xiamen Univ. Nat. Sci. – 1989. – Vol. –28, No5. – P. 549–553.
133. *Berger W. H.* Diversity of planktonic Foramenifera in deep sea sediments / W. H. Berger, F.L. Parker // Science. – 1970. – Vol. 168. – P. 1345–1347.
134. *Brandini F.P.* Hydrography and characteristics of the phytoplankton in shelf and oceanic waters of southeastern Brazil during winter (July/August 1982) and

- summer (February/March 1984) / *F.P. Brandini* // *Hydrobiologia*. – 1990. – Vol. 196. – P. 11–148.
135. *Brooks J.* Sporopollenin: a review of its chemistry, palaeochemistry and geochemistry / *J. Brooks, B. Shaw* // *Grana*. – 1978. – Vol. 17. – P. 91–97.
136. *Caraus I.* The algae of Romania / *I. Caraus* // *Studii si Cercetari, Biologie*. – 2002. – Vol. 73. P. 1–694.
137. *Castenholz R.W.* The effect of grazing on marine littoral diatom populations / *R.W. Castenholz* // *Ecology*. – 1961. – Vol. 42, N 4. – P.783–794.
138. *Castenholz R.W.* On experimental study of the vertical distribution of littoral marine diatoms / *R.W. Castenholz* // *Limnol. & Oceanogr.* – 1963. – Vol. 8, N 4. – P. 450–462.
139. *Cattaneo A.* The microdistribution of epiphytes on the leaves of natural and artificial macrophytes / *A. Cattaneo* // *Br. Phycol. J.* – 1978. – Vol. 13. – P. 183–188.
140. *Chalain T.M.B.* The initial stages of biological settlement on artificial substances immersed in the sea / *T.M.B. Chalain, P. de Cook* // *Proc. Electron. Microscopy Soc. South. Afr.* – 1979. – Vol. 9. – P. 21–22.
141. *De Toni G.B.* Sylloge algarum omnium hucusque cognitarum. *Chlorophyceae* / *G.B. De Toni*. – 1889. – Vol. I. – P. 1–1315.
142. Fine structure of adhesive parts of diatoms (*Bacillariaceae*) and adhesive mechanism / *M. Ohgai, T. Matsui, T. Okuda, H. Tsukahara* // *J. Shimonoseki Univ. Fish.* – 1984. – Vol. 33, N 1. – P. 27–35.
143. *Fonesca A.L.* Composição, distribuição, variabilidade sazonal e produção primária microfítobêntica na Baía de Paranaguá (Paraná, Brasil) / *A.L. Fonesca*. – Master Thesis in Botany, Universidade Federal do Paraná, 1998. – 118 p.
144. *Good B.H.* The Ultrastructure of *Phycopeltis* (*Chroolepidaceae: Chlorophyta*). I. Sporopollenin in the Cell Walls / *B.H. Good, R.L. Chapman* // *Amer. J. Bot.* – 1978. – Vol. 65. – №1. – P. 27–33.
145. *Guiry M.D., Guiry G.M.* 2013. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. – <http://www.algaebase.org>.

146. *Hentschel E.* Biologische Untersuchungen über die tierischen Pflanzlichen Bewuchs im Hamburger Hafen / E. Hentschel // Mitt. Zool. Hamb. – 1916. – Vol. 33. – P. 1–176.
147. *Hudon C.* Initial colonization of artificial substrate: community development and structure studied by scanning electron microscopy / C. Hudon, E. Bourget // Can. J. Fish. Aquat. Sci. – 1981. – Vol. 38, N 11. – P. 1371–1384.
148. *Hudon C.* The effect of light on the vertical structure of epibenthic diatom communities / C. Hudon, E. Bourget // Bot. Mar. – 1983. – Vol. XXVI, № 7. – P. 317–330.
149. *Hustedt F.* Systematische und ökologische Untersuchungen über die Diatomeenflora von Jowa Bali und Sumatra / F. Hustedt // Arch. Hydrobiol. – 1939. – Bd. 16. – P. 274–394.
150. *Jonker F.P.* Summary and general discussion on Sporopollenin / F.P. Jonker // Sporopollenin. London; New York: Acad. Press, 1971. – P. 686–707.
151. *Kuylenstierna M.* Benthic algal vegetation in the Nordre Älv Estuary (Swedish West Coast): Dissert. Vol. 1 – 2. – Göteborg, Sweden, 1989 – 1990. – 244 p.
152. *Leskinen E.* Community analysis of diatom colonization on artificial substrata in a northern Baltic Sea archipelago – a comparison of methods / E. Leskinen, J. Sarvala // Annales Botanici Fennici. – 1988. – Vol. 25. – P. 21–32.
153. *Levkov Z.* Amphora sensu lato. – Diatoms of Europe: Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats / Ed. H. Lange-Bertalot. – A.R.G. Gantner Verlag K.G., 2009. – Vol. 5. – P. 5 – 916.
154. *Little B. J.* Succession in microfouling. Marine biodeterioration an interdisciplinary study / B. J. Little. – E. & F. N. Spon Ltd., London. – 1984. – P. 63–67.
155. *Luchini L.* Etude des populations de diatomees developpees sur des substrats artificiels et naturels / L. Luchini // Tethys. – 1974. – Vol. 6, N 4. – P. 681–688.
156. *Magurran A.E.* Measuring Biological Diversity / A.E. Magurran. – Oxford: Blackwell Publ., 2004. – 260 p.
157. Marine fouling and its prevention. USA Naval Inst. / Woods Hole Oceanogr. Inst. – 1952. – 388 p.

158. Microphytobenthos community productive characteristics and their use for bioindication of marine natural environment quality in the southern coast shallow waters rocky bottom biotope of the Crimea region / V.I. Ryabushko, M.Y. Aleyev, L.I. Ryabushko, I.N. Chubchikova // A year after Johannesburg. Ocean governance and sustainable development: Ocean and coasts – a glimpse into the future (Kiev, Ukraine 27th to 30th Oct. 2003). – Sevastopol: EKOSI–Gidrofizica. – 2004. – P. 170–182.
159. *Munda I. M.* Seasonal fouling by diatoms on artificial substrata at different depths near Piran (Gulf of Trieste, Northern Adriatic) / I. M. Munda // ACTA ADRIAT. – 2005. – Vol. 46, № 2. – P. 137–157.
160. *Neustupa J.* The genus *Phycopeltis* (Trentepohliales, Chlorophyta) from tropical Southeast Asia / J. Neustupa // Nova Hedw. – 2003. – Vol. 76, № 3/4. – P. 487–505.
161. *Pielou E.C.* The measurement of diversity in different types of biological collections / E.C. Pielou // J. Theoret. Biol. – 1966. – Vol. 10. – P. 370–383.
162. *Printz H.* Subaërial algae from South Africa / H. Printz // Kongelige Norske Videnskabers Selskabs Skrifter. – 1921. – N 1. – P. 1–41.
163. *Printz H.* Vorarbeiten zu einer monographie der Trentepohliaceen / H. Printz // Nytt Magasin of Naturv. 1939. – Vol. 80. – P. 10–209.
164. Production and biomass accumulation of periphytic diatoms growing on glass slides during a 1-year cycle in a subtropical estuarine environment (Bay of Paranagua, southern Brazil) / F.P. Brandini, E.T. de Silva, F.M. Pellizzari, A.L. Fonseca, L.F. Fernandes // Mar. Biol. – 2001. – Vol. 138, № 1. – P. 163–171.
165. *Pujadas R. T.* Ecological analysis of periphytic diatoms in mediterranean coastal wetlands (Empordà wetlands, NE Spain) / R.T. Pujadas. – Universitat de Girona, 2005. – 171 p.
166. Ricerche sui popolamenti bentonici di substrato duro del porto di Ischia. Intralitorale fotofilo: II Microflora a diatomee / L. Mazzella, F. Cinelli, E. Fresi, M.P. Ponticelli // Giorn. Bot. Ital. – 1978. – Vol. 112, N 1. – P.13–27.

167. *Rindi F.* The genus *Phycopeltis* (*Trentepohliaceae*, *Chlorophyta*) in Ireland: a taxonomic and distributional reassessment / F. Rindi, M.D. Guiry // *Phycologia*. – 2002. – Vol. 41, № 4. – P. 421–431.
168. *Round F. E.* Benthic marine diatoms / F.E. Round // *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 1971. – Vol. 9. – P. 83–139.
169. *Round F.E.* The Diatoms. Biology and morphology of the genera / F.E. Round, R.M. Crawford, D.G. Mann. – Cambridge: Cambridge University, 1990. – 747 p.
170. *Round F.E.* A review and methods for the use of epilithic diatoms for monitoring changes in river water quality / F.E. Round. – London: HMSO, 1993. – 63 p.
171. *Shannon C.E.* A mathematical theory of communication / Claude Elwood Shannon // *Bell. Syst. Techn. J.* – 1948. – N 27. – P. 379–423.
172. *Shannon C.E.* The mathematical theory of communication / Claude Elwood Shannon, Warren Weaver. – Urbana: Univer. of Illinois Press, 1949. – 117 p.
173. *Sieburth J. McN.* Seasonality of microbial fouling on *Ascophyllum nodosum* (L.) Lejol, *Fucus vesiculosus* L., *Polysiphonia lanosa* (L.) Tandy and *Chondrus crispus* Stackh. / J. McN. Sieburth, J.L. Tootle // *Phycology*. – 1981, Vol. 17. – P. 57–64.
174. *Sladeček V.* Diatoms as indicators of organic pollution / V. Sladeček // *Acta Hydrochem. hydrobiol.* – 1986. – Vol. 14, № 5. – P. 555–566.
175. *Sladečkova A.* Limnological investigation methods for the periphyton («Aufwuchs») community / A. Sladečkova // *Botan. Rev.* – 1962. – Vol. 28, N 2. – P. 287–350.
176. *Sørensen T.* A new method of establishing group of equal amplitude in plant sociology based on similarity of a species content and its application to analysis of the vegetation on Danish commons / T. Sørensen // *Kgl. Dan. videnskab. selskab. biol. skr.* – 1948. – Vol. 5, N 4. – S. 1–34.
177. *Sorokin Y.I.* Production characteristics of the microflora, periphyton and phytoplankton of clay tile, sterilized rock, and natural substrate diatom communities of coral biocoenoses on Majuro Atoll (Marshall Islands) / Y.I. Sorokin // *Oceanology*. – 1973. – Vol. 13. – P. 404–408.

178. Studies on the quantitative water quality estimation on freshwater pollution using diatom communities as the biological indicator / T. Watanabe, R. Negoro, G. Fukushima, H. Kobayasi, K. Asai, T. Gotoh, T. Nagumo, T. Kobayasi, S. Mayama, A. Houki // Ann. Rep. Nissan Sci. Found. – 1986. – Vol. 11. – P. 308–317.
179. *Takano H.* Two *Licmophora* species fouling laver thalli / H. Takano // Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab. – 1987. – Vol. 123. – P. 51–55.
180. The taxonomy and distribution of *Phycopeltis* (*Trentepohliaceae*, *Chlorophyta*) in Europe / F. Rindi, J.L. Menéndez, M.D. Guiry, J.M. Rico // Ibid, 2004. – Vol. 25, no 1. – P. 3–17.
181. *Tuchman M.L.* Comparison in a small stream in southeastern Michigan, USA / M.L. Tuchman, R.J. Stevenson // Hydrobiologia. – 1980. – Vol. 75, № 1. – P. 73–79.
182. *Vetrov A.A.* Carbon cycle in the Russian Arctic seas // A.A. Vetrov, E.A. Romankevich. – Berlin, Springer, 2004. – 331 p.
183. *Wahl M.* Marine epibiosis. I. Fouling and antifouling: some basic aspects / M. Wahl // Mar. Ecol. Progr. Ser. – 1989. – Vol. 58, № 1–2. – P. 175–189.
184. *Watanabe T.* Studies on the quantitative water quality estimation on freshwater pollution using diatom communities as the biological indicator / T. Watanabe // Ann. Rep. Nissan Sci. Found. – 1983. – Vol. 10. – P. 336–341.
185. *Weber I.C.* Use of floating periphiton sampler for water pollution surveillance / I.C. Weber, L.R. Raschke. – Application and development report No 20. Federal water pollution control administration. Division of pollution Surveillance. – Cincinnati: Ohio, 1970. – 22 p.
186. Wildlife Supply Company. – <http://www.wildco.com/>.
187. *Zalat A.A.* Distribution and origin of diatoms in the bottom sediments of the Suez canal lakes and adjacent areas, Egypt / A.A. Zalat // Diat. Res. – 2002. – Vol. 17, N 1. – P. 243–266.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

**ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА МИКРОВОДОРОСЛЕЙ
ПЕРИФИТОНА АНТРОПОГЕННЫХ СУБСТРАТОВ
(ЧЁРНОЕ МОРЕ)**

Отдел **СYANOPPOKAPYOTА**

Класс Суанорфусеае

Порядок Chroococcales Westerh. 2002

Сем. Chroococcaceae Rabenh. 1863

Pseudocapsa Erceg. 1925

P. sphaerica (Proschk.-Lavr.) Kovácik 1988

Сем. Spirulinaceae Hoffm., Komárek, Kastovsky 2005

Spirulina Turp. ex Gomont 1892

S. breviarticulata (Setchell et Gardner) Geitler 1925

S. tenuissima Kütz. 1836

Сем. Stichosiphonaceae Hoffm., Komarek, Kastovsky 2005

Chamaecalyx Komárek et Anagn. 1986

Ch. swirenkoi (Shirshov) Komárek et Anagn. 1986

Порядок Nostocales T. Cavalier-Smith 2002

Сем. Nostochopsaceae

Mastigocoleus Lagerh. ex Bornet et Flahault 1886

M. testarum Lagerh. ex Bornet et Falhault 1886

Сем. Hydrococcaceae Kütz. 1843

Myxohyella Geitler 1925

M. lutea (Setchell et Gardner) Geitler 1925

Порядок Oscillatoriales T. Cavalier-Smith 2002

Сем. Oscillatoriaceae Oscillatoriaceae Engler, 1898

Lyngbya C. Agardh ex Gomont 1892

Lyngbya sp.

Oscillatoria Vaucher ex Gomont 1892

O. bonneimaisonii (P.L. Crouan et H.M. Crouan) P.L. Crouan et H.M. Crouan ex Gomont 1892

O. miniata (Zanardini) Hauck ex Gomont 1892

Сем. Phormidiaceae Anagn. et Komárek 1988

Phormidium Kütz. 1843

Ph. nigroviride (Thwaites ex Gomont) Anagn. et Komárek 1988

Ph. rupicola (Hansgirg ex Gomont) Anagn. et Komárek 1988

Porphyrosiphon Kütz. ex Gomont 1892

P. luteus (Gomont) Anagn. et Komárek 1988

Порядок Pseudanabaenales

Сем. Pseudanabaenaceae Anagn. et Komárek 1988

Pseudanabaena Laut. 1915

P. catenata Laut. 1915

Отдел **BACILLARIOPHYTA****Класс Coscinodiscophyceae**

Порядок Thalassiosirales Glezer et I.V.Makar. 1986

Сем. Skeletonemataceae Lebour 1930

Skeletonema Grev. 1865

Sk. costatum (Grev.) Cleve 1878

Сем. Stephanodiscaceae Glezer et Makar. 1986

Cyclotella (Kütz.) Bréb. 1838

C. choctawhatcheeana Prasad 1990

Сем. Thalassiosiraceae Lebour 1930

Thalassiosira Cleve 1873

Th. eccentrica (Ehrenb.) Cleve 1904

Th. leptopus (Grun. ex V. H.) Hasle et Fryxell 1977

Th. parva Proschk.-Lavr. 1955

Порядок Melosirales Crawf. 1990

Сем. Endictyaceae Round et Crawf. 1990

Endictya Ehrenb. 1845

Endictya oceanica Ehrenb. 1845

Сем. Hyalodiscaceae Round et Crawf. 1990

Hyalodiscus Ehrenb. 1845

H. ambiguus (Grun.) Tempère et Perag. 1890

H. scoticus (Kütz.) Grun. 1879

Podosira Ehrenb. 1840

P. hormoides (Montagne) Kütz. 1844

Сем. Melosiraceae Kütz. 1844

Melosira C. Agardh 1824

M. moniliformis (O.F. Müll.) C. Agardh 1824 var. *moniliformis*

M. moniliformis var. *subglobosa* (Grun.) Hustedt 1927

M. nummuloides (Dillw.) C. Agardh 1824

Порядок Coscinodiscales Round et Crawf. 1990

Сем. Coscinodiscaceae Kütz. 1844

Coscinodiscus Ehrenb. 1838

C. jonesianus (Grev.) Ostenf. 1915

C. janischii A. Schmidt 1878

C. nitidus W. Greg. 1856

C. radiatus Ehrenb. 1841

Сем. Hemidiscaceae Hendey ex Hasle 1964

Actinocyclus Ehrenb. 1837

A. octonarius Ehrenb. 1838

Порядок Hemiaulales Round et Crawf. 1990

Сем. Hemiaulaceae Heiberg 1863

Cerataulina H. Perag. ex Schütt 1896

C. pelagica (Cleve) Hendey 1937

Порядок Chaetocerales Round et Crawford 1990

Сем. Chaetocerataceae Ralfs ex Pritch. 1861

Chaetoceros Ehrenb. 1844

C. socialis Lauder 1864

C. socialis f. *radians* (Schütt) Proschk.-Lavr. 1963

Порядок Rhizosoleniales Silva 1962

Сем. Rhizosoleniaceae De Toni 1890

Proboscia Sundström 1986

P. alata (Brightwell) Sundström 1986

Pseudosolenia Sundström 1986

P. calcar-avis (Schultze) Sundström 1986

Порядок Leptocylindrales

Сем. Leptocylindraceae

Leptocylindrus Cleve 1889

L. danicus Cleve 1889

Порядок Triceratiales Round et Crawford 1990

Сем. Triceratiaceae (Schütt) Lemmerm. 1899

Odontella C. Agardh 1832

O. aurita (Lyngb.) C. Agardh 1832

Triceratium Ehrenb. 1839

T. antediluvianum (Ehrenb.) Grun. 1870

Порядок Paraliales Round et R.M. Crawford 1990

Сем. Paraliaceae Round et Crawford 1990

Paralia Heiberg 1863

P. sulcata (Ehrenb.) Cleve 1873

Сем. Plagiogrammaceae De Toni 1890

Dimeregramma Ralfs in Pritch. 1861

D. minor (Greg.) Ralfs in Pritch. 1861

Класс Fragilariophyceae

Порядок Fragilariales Silva 1962

Сем. Fragilariaceae Grev. 1833

Asterionellopsis Round et Crawford 1990

A. glacialis (Castracane) Round 1990

Diatoma Bory 1824

D. tenuis C. Agardh 1812

D. vulgare Bory 1824 var. *vulgare*

D. vulgare f. *subsalina* Proschk.-Lavr. 1963

Fragilaria Lyngb. 1819

F. delicatissima Proschk.-Lavr. 1960

Neosynedra Williams et Round 1986

N. provincialis (Grun.) Williams et Round 1986

Tabularia (Kütz.) Williams et Round 1986

T. fasciculata (Agardh) Williams et Round 1986

T. parva (Kütz.) Williams et Round 1990

T. tabulata (Agardh) Snoeijis 1992

Falcula M. Voigh 1960

F. media var. *subsalina* Proschk.-Lavr. 1963

Synedra Ehrenb. 1830

S. curvata Proschk.-Lavr. 1951

Порядок Licmophorales Round 1990

Сем. Licmophoraceae Kütz. 1844

Licmophora C. Agardh 1827

L. abbreviata C. Agardh 1831

L. dalmatica (Kütz.) Grun. 1867

L. ehrenbergii (Kütz.) Grun. 1867

L. flabellata (Grev.) C. Agardh 1830

L. gracilis (Ehrenb.) Grun. 1867 var. *gracilis*

L. gracilis var. *anglica* (Kütz.) H. Perag. et M. Perag. 1901

L. hastata Mereschk. 1902

L. paradoxa (Lyngb.) Agardh 1828

Порядок Ardissonales Round 1990

Сем. Ardissonaceae Round 1990

Ardissona De Notaris 1870

A. baculus (Greg.) Grun. 1880

A. crystallina (C. Agardh) Grun. 1880

Порядок Rhabdonematales Round et Crawford 1990

Сем. Rhabdonemataceae Round et Crawford 1990

Rhabdonema Kütz. 1844

Rh. adriaticum Kütz. 1844

Порядок Striatellales Round 1990

Сем. Striatellaceae Kütz. 1844

Striatella C. Agardh 1832

S. delicatula (Kütz.) Grun. ex V.H. 1885

St. interrupta (Ehrenb.) Heiberg 1863

S. unipunctata (Lyngb.) Agardh 1832

Grammatophora Ehrenb. 1840

G. angulosa Ehrenb. 1841

G. marina (Lyngb.) Kütz. 1844

Gr. serpentina Ehrenb. 1844

Порядок Thalassionematales Round 1990

Сем. Thalassionemataceae Round 1990

Thalassionema Grun. ex Mereschk. 1902

T. nitzschoides (Grun.) Mereschk. 1902

Порядок Toxariales Round 1990

Сем. Toxariaceae Round 1990

Toxarium J.W. Bailey 1854

Toxarium undulatum J.W. Bailey 1854

Класс Bacillariophyceae

Порядок Lyrellales D.G. Mann 1990

Сем. Lyrellaceae D.G. Mann 1990

Lyrella N.I. Kar. 1978

L. abrupta (Greg.) D.G. Mann 1990

L. circumsecta (Grun. ex A. Schmidt) D.G. Mann 1990

L. hennedyii (W. Smith) A.J. Stick. et D.G. Mann 1990

L. lyra (Ehrenb.) N.I. Kar. 1978

L. nebulosa (Greg.) D.G. Mann 1990

L. spectabilis (Greg.) D.G. Mann 1990

Порядок Mastogloiales D.G. Mann 1990

Сем. Mastogloiaceae Mereschk. 1903

Mastogloia Thw. 1856

M. angulata Lewis 1861

M. binotata (Grun.) Cleve 1895

M. braunii Grun. 1863

M. paradoxa Grun. 1878

M. pumila (Cleve et Möller) Cleve 1895

M. pusilla Grun. 1878

Порядок Cymbellales D.G. Mann 1990

Сем. Cymbellaceae Grev. 1833

Cymbella C. Agardh 1830

C. pusilla Grun. in A. Schmidt et al. 1875

Сем. Anomoeoneidaceae D.G. Mann 1990

***Placoneis* Mereschk. 1903**

Pl. climentis (Grun.) E.J. Cox 1987

Сем. Rhoicospheniaceae Chen et Zhu 1983

***Gomphonemopsis* Medlin 1986**

G. pseudexigua (Simonsen) Medlin 1986

***Rhoicosphenia* Grunow 1860**

Rh. abbreviata (Agardh) Lange-Bertalot 1980

Rh. marina (W. Smith) M. Schm. 1889

Порядок Achnanthes Silva 1962

Сем. Achnanthes Kütz. 1844

***Achnanthes* Bory de St.-Vincent 1822**

A. brevipes C. Agardh 1824 var. *brevipes*

A. brevipes var. *intermedia* (Kütz.) Cleve 1895

A. longipes C. Agardh 1824

A. mirabilis Proschk.-Lavr. 1955

A. parvula Kütz. 1844

A. pseudogroenlandica Hendey 1964

Сем. Cocconeidaceae Kütz. 1844

***Cocconeis* Ehrenb. 1837**

C. costata Greg. 1855

C. distans Greg. 1857

C. maxima (Grun.) M. Perag 1897

C. notata Petit 1877

C. placentula Ehrenb. 1838 var. *placentula*

C. placentula var. *euglypta* (Ehrenb.) Cleve 1895

C. placentula var. *intermedia* (Héribaud et M. Perag) Cleve 1895

C. pseudomarginata Greg. 1857

C. scutellum var. *adjuncta* A.W.F. Schmidt

C. scutellum var. *parva* (Grun.) Cleve 1895

C. scutellum Ehrenb. 1838 var. *scutellum*

Порядок Naviculales Bessey 1907

Сем. Halamphora (Cleve) Levkov 2009

Halamphora (Cleve) Levkov 2009

H. acutiuscula (Kütz.) Levkov 2009

H. angularis (Greg.) Levkov 2009

H. coffeaeformis (C. Agardh) Levkov 2009

H. costata (W. Smith) Levkov 2009

H. exigua (Greg.) Levkov 2009

H. granulata (Greg.) Levkov 2009 var. *granulata*

H. granulata var. *punctata* (Proschk.-Lavr.) L.I. Ryab. 2013

Сем. Berkeleyaceae D.G. Mann 1990

Climaconeis Grun. 1862

Climaconeis inflexa (Brébisson ex Kütz.) E.J. Cox 1982

Parlibellus E.J. Cox 1988

P. delognei (V.H.) E.J. Cox 1988

P. rhombicus (Greg.) E.J. Cox 1988

Berkeleya Grev. 1827

B. micans (Lyngb.) Grun. ex V.H. 1833

B. rutilans (Trent.) Grun. 1880

B. scopulorum (Bréb. ex Kütz.) E.J. Cox 1979

Сем. Phaeodactylaceae J. Lewin 1958

Phaeodactylum Bohlin 1897

P. tricornutum Bohlin 1897

Сем. Diploneidaceae D.G. Mann 1990

Diploneis Ehrenb. ex Cleve 1894

D. bombus (Ehrenb.) Cleve 1894

D. fusca (Greg.) Cleve 1894

D. smithii (Bréb.) Cleve 1894

D. suborbicularis (Greg.) Cleve 1894

D. vacillans (A. Schmidt) Cleve 1894

Cem. Naviculaceae Kütz. 1844

Navicula Bory de St.-Vincent 1822

N. ammophila var. *intermedia* Grun. 1862

N. cancellata Donkin 1872

N. directa (W. Smith) Ralfs ex Pritch. 1861

N. distans (W. Smith) Ralfs ex Pritch. 1861

N. grevilleana Hendey 1964

N. pennata A. Schmidt 1876 var. *pennata*

N. pennata var. *pontica* Mereschk. 1902

N. ramosissima (Agardh) Cleve 1895

Trachyneis Cleve 1894

T. aspera (Ehrenb.) Cleve 1894 var. *aspera*

T. aspera var. *intermedia* (Grun.) Cleve 1894

T. aspera var. *pulchella* (W. Smith) Cleve 1894

Seminavis D.G. Mann 1990

S. ventricosa (Greg.) M. Garcia-Baptista 1993

Haslea Simonsen 1974

H. crucigera (W. Smith) Simonsen 1974

H. ostrearia (Gaillon) Simonsen 1974

H. subagnita (Proschk.-Lavr.) I.V. Makar. et N.I. Kar. 1985

Caloneis Cleve 1894

C. liber (W. Smith) Cleve 1894

Cem. Pleurosigmataceae Mereschk. 1903

Carinasigma G. Reid 2012

C. rectum (Donkin) G. Reid 2012

Pleurosigma W. Smith 1852

Pl. angulatum (Quek.) W. Smith 1852

Pl. elongatum W. Smith 1852

Pl. formosum W. Smith 1852

Pl. rigidum W. Smith 1852

Pl. strigosum W. Smith 1852

Gyrosigma Hassall 1845

G. acuminatum (Kütz.) Rabenh. 1853

G. balticum (Ehrenb.) Rabenh. 1853

G. fasciola (Ehrenb.) Griffith et Henfrey 1856

G. macrum (W. Smith) Griff. et Henfr. 1856

G. prolongatum var. *closteriodes* (Grun.) Cleve 1894

G. tenuissimum (W. Smith) Griff. et Henfr. 1856

Сем. Sellaphoraceae Mereschk. 1903

Fallacia Stickle et D.G. Mann 1990

F. forcipata (Grev.) A.J. Stickle et Mann 1990

F. pygmaea (Kütz.) A.J. Stickle et Mann 1990

Сем. Stauroneidaceae D.G. Mann 1990

Stauroneis Ehrenb. 1843

S. constricta Cleve 1894

S. simulans (Donk.) Ross ex Hartley 1986

Сем. Proschkiniaceae D.G. Mann 1990

Proschkinia N.I. Kar. 1978

P. complanatoides (Hust. ex Simonsen) D.G. Mann 1990

Сем. Plagiotropidaceae D.G. Mann 1990

Plagiotropis Pfitzer 1871

P. lepidoptera (Greg.) Kuntze 1898

Порядок Thalassiophysales D.G. Mann 1990

Сем. Catenulaceae Mereschk. 1902

Amphora Ehrenb. ex Kütz. 1844

A. angusta Greg. 1857

A. arcus Greg. 1857

A. bigibba Grun. ex A. Schmidt 1875

A. hyalina Kütz. 1844

A. inconspicua Proschk.-Lavr. 1963

A. laevis Greg. 1857

A. obtusa Greg. 1857

A. obtusa f. *distinguenda* Proschk.-Lavr. 1963

A. ostrearia Bréb. 1849

A. parvula Proschk.-Lavr. 1963

A. proteus Greg. 1857

A. terroris Ehrenb. 1853

A. truncata Greg. 1857

Undatella T.B.B. Paddock et P.A. Sims 1980

U. lineolata (Ehrenb.) L.I. Ryab. 2006

U. quadrata (Bréb. ex Kütz.) Paddock et Sims 1980

Сем. Thalassiophysaceae D.G. Mann 1990

Thalassiophysa Conger 1954

Th. hyalina (Grev.) Padd. et Sims 1981

Порядок Bacillariales Hendey 1937

Сем. Bacillariaceae Ehrenb. 1831

Bacillaria Gmel. 1791

B. socialis var. *baltica* Grun. ex De Toni 1891

B. paxillifera (O.F. Müll.) T. Marsson 1901

Fragilariopsis Hust. in Schmidt 1913

F. cylindrus (Grun.) Krieger 1954

Hantzschia Grun. 1877

H. amphioxys (Ehrenb.) Grun. 1880

Pseudo-nitzschia H. Perag. 1900

P. calliantha Lundh., Moestrup et Hasle 2003

P. delicatissima (Cleve) Heiden 1928

P. pungens (Grun. ex Cleve) G.R. Hasle 1993

P. seriata (Cleve) H. Perag. 1908

Psammodictyon D.G. Mann 1990

P. panduriforme (Greg.) D.G. Mann 1990

***Tryblionella* W. Smith 1853**

T. apiculata Greg. 1857

T. compressa (J.W. Bailey) M. Poulin 1990

T. hungarica (Grun.) D.G. Mann 1990

T. marginulata (Grun.) D.G. Mann 1990

***Nitzschia* Hassall 1845**

N. acicularis (Kütz.) W. Smith 1853

N. holsatica Hust. 1930

N. hybrida Grun. 1880 var. *hybrida*

N. hybrida f. *hyalina* Proschk.-Lavr. 1963

N. lanceolata var. *minor* V. H. 1880

N. longissima (Bréb. ex Kütz.) Ralfs ex Pritch. 1861

N. lorenziana var. *incerta* Grun. 1880

N. ovalis H.J. Arnott ex Grun. 1880

N. rupestris Proschk.-Lavr. 1963

N. sigma (Kütz.) W. Smith 1853 var. *sigma*

N. sigma var. *intercedens* Grun. 1878

N. sigmoidea (Ehrenb.) W. Sm. 1853

N. tenuirostris Mereschk. 1901

N. vidovichii (Grun.) Perag. 1897-1908

N. vitrea Norman 1861

***Cylindrotheca* Rabenh. 1859**

C. closterium (Ehrenb.) Reim. et Lewin 1964

Порядок Surirellales D.G. Mann 1990

Сем. Entomoneidaceae Reimer in Patrick et Reim. 1975

***Entomoneis* Ehrenb. 1845**

E. alata (Ehrenb.) Ehrenb. 1845

E. gigantea (Grun.) Gusl. 2002

E. paludosa (W. Smith) Reim. 1975

Сем. Surirellaceae Kütz. 1844

Petrodictyon D.G. Mann 1990*P. gemma* (Ehrenb.) D.G. Mann 1990 var. *gemma****Surirella*** Turpin 1828*S. fastuosa* Ehrenb. 1840*S. fluminensis* Grun. 1862*S. minuta* Bréb. 1849*S. ovalis* Bréb. 1838***Campylodiscus*** Ehrenb. ex Kütz. 1844*C. decorus* Bréb. 1854*C. fastuosus* Ehrenb. 1845*C. noricus* Ehrenb. ex Kütz. 1844*C. thuretii* var. *lineolatus* Proschk.-Lavr. 1955

Порядок Rhopalodiales D.G. Mann 1990

Сем. Rhopalodiaceae (Karsten) Topachevs'kyj et Oksiyuk 1960

R. gibba var. *ventricosa* (Kütz.) H. Perag et M. Perag 1900*R. gibberula* (Ehrenb.) O.F. Müll. 1895*R. musculus* (Kütz.) O.F. Müll. 1844Отдел **DINOPHYTA****Класс Dinophyceae**

Порядок Gymnodiniales Apstein 1909

Сем. Gymnodiniaceae Lankester 1885

Amphidinium Clap. et Lachm. 1859*A. operculatum* Clap. et Lachm. 1859

Порядок Dinotrichales Pascher 1914

Сем. Dinotrichaceae Pascher 1914

Gymnodinium Stein 1878*G. breve* Davis 1948

Порядок Prorocentrales Lemmermann 1910

Сем. Prorocentraceae F. Stein 1883

Prorocentrum Ehrenb. 1834

P. cordatum (Ostenf.) Dodge 1975

P. lima (Ehrenb.) F. Stein 1878

P. micans Ehrenb. 1834

Порядок Peridinales Haeckel 1894

Сем. Ceratiaceae Kofoid, 1907

Ceratum F. Schrank 1793

C. tripos (O.F. Müll.) Nitzsch 1817

Сем. Peridiniaceae Erenb. 1831

Scrippsiella Balech 1959

S. trochoidea (Stein) Balech ex Loeb. III 1965

Порядок Peridinales

Сем. Proto-peridiniaceae

Proto-peridinium Bergh 1882

P. brevipes (Paulsen) Balech 1974

ОТДЕЛ НАРТОPHYTA

Класс Coccolithophyceae

Порядок Isochrysidales Pascher 1910

Сем. Noëlaerhabdaceae Jerkovic 1970

Emiliana W.W. Hay et H.P. Mohler 1967

E. huxleyi (Lohmann) W.W. Hay et H.P. Mohler 1967

Отдел CHLOROPHYTA

Класс Chlorophyceae

Порядок Sphaeropleales Luerssen 1877

Сем. Scenedesmeaceae Oltmanns 1904

Acutodesmus (Hegew.) P. Tsarenko 2001

A. obliquus (Turpin) Hegewald et Hanagata 2000

Класс Trebouxiophyceae

Порядок Chlorellales Bold et M.J.Wynne 1985

Сем. Chlorellaceae Brunthaler 1913

Chlorella Beyerinck 1890

C. vulgaris Beij 1890

Micractinium Fresen. 1858

M. pusillum Fresen. 1858

**Видовой состав и эколого-фитогеографические характеристики
микроводорослей перифитона антропогенных субстратов крымского
прибрежья Чёрного моря (по собственным и литературным данным)**

Таксон	ЭК	ФГ	Литер. источн.
1	2	3	4
Отдел Цианопрокaryota			
<i>Chamaecalyx swirenkoi</i> (Sirsov) Komárek et Anagnostidis 1986 *	С	Б	[98] +
<i>Lyngbya</i> sp.	-	-	+
<i>Mastigocoleus testarum</i> Lagerheim ex Bornet et Falhault 1886	М	БТ	[98]
<i>Myxohyella lutea</i> (Setchell et Gardner) Geitler 1925	С	Б	+
<i>Oscillatoria bonneimaisonii</i> (P.L. Crouan et H.M. Crouan) P.L. Crouan et H.M. Crouan ex Gomont 1892 *	М	БТ нот	[98]
<i>O. miniata</i> (Zanardini) Hauck ex Gomont 1892 *	М	БТ	+
<i>Phormidium nigroviride</i> (Thwaites ex Gomont) Anagnostidis et Komárek 1988	М	БТ	[98]
<i>Ph. rupicola</i> (Hansgirg ex Gomont) Anagnostidis et Komárek 1988	П	Б	+
<i>Phormidium</i> sp.	-	-	+
<i>Porphyrosiphon luteus</i> (Gomont) Anagnostidis et Komárek 1988	М	БТ	[37]
<i>Pseudoanabaena catenata</i> Lauterborn 1915 *	М	БТ нот	[98]
<i>Pseudocapsa sphaerica</i> (Proschk.-Lavr.) Kovácik 1988	М	Б	[98]
<i>Spirulina breviarticulata</i> (Setchell et Gardner) Geitler 1925 *	М	Б	[98]
<i>S. tenuissima</i> Kützing 1836 *	М	БТ	[37], [98] +

1	2	3	4
Отдел Bacillariophyta			
<i>Achnanthes brevipes</i> C.A. Agardh 1824 var. <i>brevipes</i>	CM	К	[25], [71], [37], [98] +
<i>A. brevipes</i> var. <i>intermedia</i> (Kützing) Cleve 1895	CM	К	[71]
<i>A. longipes</i> C.A. Agardh 1824	M	АБТ	[25], [71], [37], [98] +
<i>A. mirabilis</i> Proschkina-Lavrenko 1955	CM	Б	[71]
<i>A. parvula</i> Kützing 1844	C	Б	[37]
<i>A. pseudogroenlandica</i> Hendey 1964	M	АБТ	[98]
<i>Actinocyclus octonarius</i> Ehrenberg 1838 *	M	БТ нот	[71]
<i>Amphora angusta</i> Gregory 1857	CM	К	[25], [71]
<i>A. arcus</i> Gregory 1857	M	АБ	[25], [71]
<i>A. bigibba</i> Grunov ex A. Schmidt 1875	M	БТ	[71], [98]
<i>A. hyalina</i> Kützing 1844	M	БТ нот	[25], [71], [98] +
<i>A. inconspicua</i> Proschkina-Lavrenko 1963	C	Б	[71]
<i>A. laevis</i> Gregory 1857	CM	АБТ	[71]
<i>A. obtusa</i> W. Gregory 1857	M	БТ	[71], +
<i>A. obtusa</i> f. <i>distinguenda</i> Proschkina-Lavrenko 1963	M	Б	[71]
<i>A. ostrearia</i> Brébisson 1849	M	БТ	[71], +
<i>A. parvula</i> Proschkina-Lavrenko 1963	CM	Б	[98]
<i>A. proteus</i> Gregory 1857	M	К	[71], [65], [37]

1	2	3	4
<i>A. terroris</i> Ehrenberg 1853	М	АБТ нот	[71]
<i>A. truncata</i> Gregory 1857	М	АБ	[71]
<i>Ardissonea baculus</i> (Gregory) Grunov 1880	СМ	БТ	[71], [37]
<i>A. crystallina</i> (C. Agardh) Grunov 1880	СМ	БТ	[71], [98] +
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990 *	С	БТ нот	[25]
<i>Bacillaria socialis</i> var. <i>baltica</i> Grunov ex De Toni 1891**	М	АБТ	[71]
<i>B. paxillifera</i> (O.F. Müller) T. Marsson 1901 **	СМ	К	[71], [65], [37], [98] +
<i>Berkeleya micans</i> (Lyngbye) Grunov ex Van Heurck 1833	СМ	Б нот	[98] +
<i>B. rutilans</i> (Trentepohl ex Roth) Grunov 1880	СМ	АБ нот	[65], [37], [98] +
<i>B. scopulorum</i> (Brébisson ex Kützing) E.J. Cox 1979	СМ	АБТ	[71]
<i>Caloneis liber</i> (W. Smith) Cleve 1894	М	К	[71], [65], [98] +
<i>Campylodiscus decorus</i> Brébisson 1854 *	М	БТ	[71]
<i>C. fastuosus</i> Ehrenberg 1845 *	М	АБ нот	+
<i>C. noricus</i> Ehrenberg ex Kützing 1844 *	М	Б	[71]
<i>C. thuretii</i> var. <i>lineolatus</i> Proschkina-Lavrenko 1955 *	СМ	Б	[71]
<i>Carinasigma rectum</i> (Donkin) G. Reid 2012	М	БТ нот	[98] +
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey 1937 *	М	БТ нот	+
<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder 1864 *	М	Б	[71]
<i>C. socialis</i> f. <i>radians</i> (Schütt) Proschkina-Lavrenko 1963*	М	Б	[71]

1	2	3	4
<i>Climaconeis inflexa</i> (Brébisson ex Kützing) E.J. Cox 1982	М	Б нот	[71], [98] +
<i>Cocconeis costata</i> Gregory 1855	М	К	+
<i>C. distans</i> Gregory 1857	М	АБТ	[71], +
<i>C. maxima</i> (Grunov) M. Peragallo 1897	М	БТ	[71]
<i>C. notata</i> Petit 1877	М	АБ нот	[71]
<i>C. placentula</i> Ehrenberg 1838	С	К	[25], [71]
<i>C. placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Ehrenberg) Cleve 1895	СМ	АБТ	[71]
<i>C. placentula</i> var. <i>intermedia</i> (Héribaud et M. Peragallo) Cleve 1895	М	АБ	[71]
<i>C. pseudomarginata</i> Gregory 1857	М	АБТ	[71]
<i>C. scutellum</i> var. <i>adjuncta</i> A.W.F. Schmidt	СМ	Б	[71]
<i>C. scutellum</i> var. <i>parva</i> (Grunov) Cleve 1895	СМ	АБТ	[71]
<i>C. scutellum</i> Ehrenberg 1838 var. <i>scutellum</i>	СМ	К	[71], [65], [37], [98] +
<i>Coscinodiscus jonesianus</i> (Greville) Ostefeld 1915 *	М	Б	[98] +
<i>C. janischii</i> A. Schmidt 1878 *	М	Б нот	[71]
<i>C. nitidus</i> W. Gregory 1857 *	СМ	АБТ	[71]
<i>C. radiatus</i> Ehrenberg 1841 *	М	К	[71]
<i>Cyclotella choctawhatcheeana</i> Prasad 1990 *	М	БТ нот	[98]
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann et Lewin 1964 **	М	К	[25], [71], [65], [98] +
<i>Cymbella pusilla</i> Grunov in A. Schmidt et al. 1875	-	-	[98]

Продолж. Прилож. Б

1	2	3	4
<i>Diatoma tenuis</i> C. Agardh 1812 *	ПС	К	[37]
<i>D. vulgaris</i> Bory de Saint-Vincent 1824 *	ПС	Б нот	+
<i>D. vulgaris</i> f. <i>subsalina</i> Proschkina-Lavrenko 1963 *	С	Б	[71]
<i>Dimeregramma minor</i> (Gregory) Ralfs in Pritchard 1861	М	АБТ	[71]
<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1894	М	БТ	[71], +
<i>D. fusca</i> (Gregory) Cleve 1894	М	АБТ	[71]
<i>D. smithii</i> (Brébisson) Cleve 1894	СМ	К	[65], [98]
<i>D. suborbicularis</i> (W. Gregory) Cleve 1894	М	БТ нот	[98]
<i>D. vacillans</i> (A. Schmidt) Cleve 1894	М	БТ	[71]
<i>Endictya oceanica</i> Ehrenberg 1845 *	М	Б	[71]
<i>Entomoneis alata</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1845 *	С	АБТ нот	[71]
<i>E. gigantea</i> (Grunow) Guslyakov 2002 *	М	АБТ	+
<i>E. paludosa</i> (W. Smith) Reimer 1975 *	СМ	АБ нот	[98] +
<i>Falcula media</i> var. <i>subsalina</i> Proschkina-Lavrenko 1963	М	Б	[98] +
<i>Fallacia forcipata</i> (Greville) A.J. Stickle et Mann 1990	М	К	[71]
<i>F. pygmaea</i> (Kützing) A.J. Stickle et Mann 1990	СМ	БТ	[98]
<i>Fragilaria delicatissima</i> Proschkina-Lavrenko 1960 *	СМ	Б	[25], [71]
<i>Fragilariopsis cylindrus</i> (Grunov) Krieger 1954 *	М	АБ	[98]
<i>Gomphonemopsis pseudexigua</i> (Simonsen) Medlin 1986	М	АБТ нот	[98]

1	2	3	4
<i>Grammatophora angulosa</i> Ehrenberg 1841	М	К	[98]
<i>Gr. marina</i> (Lyngbye) Kützing 1844	М	К	[25], [71], [37], [98] +
<i>Gr. serpentina</i> Ehrenberg 1844	М	БТ нот	[71]
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst 1853	ПС	АБТ	[98]
<i>G. balticum</i> (Ehrenberg) Rabenhorst 1853	М	АБТ	[71], [98] +
<i>G. fasciola</i> (Ehrenberg) Griffith et Henfrey 1856	М	АБТ	[71], [98] +
<i>G. macrum</i> (W. Smith) J.W. Griffith et Henfrey 1856	М	БТ	[98]
<i>G. prolongatum</i> var. <i>closterioides</i> (Grunov) Cleve 1894	М	Б	[98]
<i>G. tenuissimum</i> (W. Smith) Griffith et Henfrey 1856	С	БТ нот	[98]
<i>Halamphora acutiuscula</i> (Kützing) Levkov 2009	СМ	К	[71]
<i>H. angularis</i> (Gregory) Levkov 2009	С	БТ	[25]
<i>H. coffeiformis</i> (C. Agardh) Levkov 2009	СМ	АБТ	[25], [71], [98] +
<i>H. costata</i> (W. Smith) Levkov 2009	М	БТ	[71]
<i>H. exigua</i> (Gregory) Levkov 2009	СМ	АБТ	[71]
<i>H. granulata</i> (Gregory) Levkov 2009 var. <i>granulata</i>	М	БТ нот	[25], [71]
<i>H. granulata</i> var. <i>punctata</i> (Proschkina-Lavrenko) L.I. Ryabushko 2013	СМ	Б	[71]
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunov 1880	ПС	АБТ	[71]
<i>Haslea crucigera</i> (W. Smith) Simonsen 1974	М	АБ	[71]
<i>H. ostrearia</i> (Gaillon) Simonsen 1974	М	Б	[98] +

1	2	3	4
<i>H. subagnita</i> (Proschkina-Lavrenko) I.V. Makarova et N.I. Karajeva 1985	CM	Б	[98]
<i>Hyalodiscus ambiguus</i> (Grunov) Tempère et Peragallo 1890 *	CM	БТ	[71]
<i>H. scoticus</i> (Kützing) Grunov 1879 *	CM	К	[71]
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889 *	М	К	[71]
<i>Licmophora abbreviata</i> C. Agardh 1831	М	АБ	[65], [37], [98] +
<i>L. dalmatica</i> (Kützing) Grunov 1867	М	Б	+
<i>L. ehrenbergii</i> (Kützing) Grunov 1867	М	БТ нот	[25], [71], [65], [98] +
<i>L. flabellata</i> C. Agardh 1830	М	БТ нот	[25], [71], [65], [98] +
<i>L. gracilis</i> (Ehrenberg) Grunov 1867 var. <i>gracilis</i>	М	АБТ	[71], [37], [98]
<i>L. gracilis</i> var. <i>anglica</i> (Kützing) H. Peragallo et M. Peragallo 1901	М	Б	[71]
<i>L. hastata</i> Mereschkowsky 1902	М	Б	+
<i>L. paradoxa</i> (Lyngbye) C.A. Agardh 1828	М	К	[98]
<i>Lyrella abrupta</i> (Gregory) D.G. Mann 1990	М	БТ	[71]
<i>L. circumsecta</i> (Grunov ex A. Schmidt) D.G. Mann 1990	М	БТ	[98]
<i>L. hennedyii</i> (W. Smith) A.J. Stickle et D.G. Mann 1990	М	Б нот	[71], +
<i>L. lyra</i> (Ehrenberg) N.I. Karajeva 1978	CM	БТ нот	[71], +
<i>L. nebulosa</i> (Gregory) D.G. Mann 1990	М	БТ	[98]
<i>L. spectabilis</i> (Gregory) D.G. Mann 1990	М	АБТ	[71]
<i>Mastogloia angulata</i> Lewis 1861	М	Б нот	[71]
<i>M. binotata</i> (Grunov) Cleve 1895	М	БТ	[71]

1	2	3	4
<i>M. braunii</i> Grunov 1863	CM	BT	[71]
<i>M. paradoxa</i> Grunov 1878	M	BT	[71]
<i>M. pumila</i> (Cleve et Möller) Cleve 1895	PC	BT	[71]
<i>M. pusilla</i> Grunov 1878	CM	BT нот	[98]
<i>Melosira lineata</i> (Dillwyn) C.A. Agardh 1824 **	CM	BT	[25], [71]
<i>M. moniliformis</i> (O.F. Müller) C. Agardh 1824 var. <i>moniliformis</i> **	CM	K	[25], [71], [65], [37], [98] +
<i>M. moniliformis</i> var. <i>subglobosa</i> (Grunov) Hustedt 1927 **	CM	B	[25], [71], [37], [98] +
<i>M. nummuloides</i> C.A. Agardh 1824 **	CM	K	[71], [98]
<i>Navicula ammophila</i> var. <i>intermedia</i> Grunov 1862	CM	B	[98]
<i>N. cancellata</i> Donkin 1872	M	K	[71]
<i>N. directa</i> (W. Smith) Ralfs ex Pritchard 1861	M	K	[98] +
<i>N. distans</i> (W. Smith) Ralfs ex Pritchard 1861	M	ABT	+
<i>N. pennata</i> A. Schmidt 1876 var. <i>pennata</i>	CM	BT	[37]
<i>N. pennata</i> var. <i>pontica</i> Mereschkowsky 1902	CM	B	[71], [65], [98] +
<i>N. ramosissima</i> (Agardh) Cleve 1895	CM	K	[71], [65], [98] +
<i>Neosynedra provincialis</i> (Grunov) Williams et Round 1986	M	B	[98] +
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W. Smith 1853	Π	B	+
<i>N. holsatica</i> Hustedt 1930 **	PC	B нот	[71], +
<i>N. hybrida</i> Grunov 1880 var. <i>hybrida</i>	CM	K	[65], +

1	2	3	4
<i>N. hybrida</i> f. <i>hyalina</i> Proschkina-Lavrenko 1963	С	Б	[98] +
<i>N. lanceolata</i> var. <i>minor</i> Van Heurck 1880	С	БТ	[71]
<i>N. longissima</i> (Brébisson) Ralfs ex Pritchard 1861 **	СМ	БТ нот	[25], [71], [98] +
<i>N. lorenziana</i> var. <i>incerta</i> Grunov 1880 *	С	Б	[71]
<i>N. ovalis</i> H.J. Arnott ex Grunov 1880	СМ	АБ	[71]
<i>N. rupestris</i> Proschkina-Lavrenko 1963	СV	Б	[98]
<i>N. sigma</i> var. <i>intersedens</i> Grunov 1878	С	Б нот	[98] +
<i>N. sigma</i> (Kützing) W. Smith 1853 var. <i>sigma</i> **	С	АБТ	[65], [71]
<i>N. sigmoidea</i> (Nitzsch) W. Smith 1853 **	СМ	БТ	+
<i>N. tenuirostris</i> Mereschkowsky 1902 **	С	Б	[25], [71], [98] +
<i>N. vidovichii</i> (Grunov) Peragallo 1897-1908	М	Б	[71]
<i>N. vitrea</i> Norman 1861	С	БТ	[71]
<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) C. Agardh 1832 **	М	К	[98]
<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve 1873 **	М	К	[71]
<i>Parlibellus delognei</i> (Van Heurck) E.J. Cox 1988	М	АБТ	[71], [98] +
<i>P. rhombicus</i> (Gregory) E.J. Cox 1988	СМ	БТ	[71], [98]
<i>Phaeodactylum tricornutum</i> Bohlin 1897 *	М	БТ нот	[98]
<i>Plagiotropis lepidoptera</i> (Gregory) Kuntze 1898	М	АБТ	[71]
<i>Placoneis clementis</i> (Grunov) E.J. Cox 1987	ПС	БТ	[98]

1	2	3	4
<i>Pleurosigma angulatum</i> (Queckett) W. Smith 1852	М	К	[71], [65], [98]
<i>Pl. elongatum</i> W. Smith 1852	СМ	К	[71], [98] +
<i>Pl. formosum</i> W. Smith 1852	М	АБТ HOT	[71]
<i>Pl. rigidum</i> W. Smith 1852	М	БТ	[71]
<i>Pl. strigosum</i> W. Smith 1852	М	АБТ	[71]
<i>Podosira hormoides</i> (Montagne) Kützing 1844 *	М	К	[71]
<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986 *	М	К	+
<i>Proschkinia complanatoides</i> (Hustedt ex Simonsen) D.G. Mann 1990	М	АБТ	[98]
<i>Psammodictyon panduriforme</i> (Gregory) D.G. Mann 1990	М	БТ	[71], [98] +
<i>Pseudo-nitzschia calliantha</i> Lundholm, Moestrup et Hasle 2003 *	М	К	+
<i>P. delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928 *	М	К	[25]
<i>P. pungens</i> (Grunov ex Cleve) G.R. Hasle 1993 *	М	К	[25]
<i>P. seriata</i> (Cleve) H. Peragallo 1908 *	М	К	[25]
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Shultze) Sundström 1986 *	М	БТ HOT	+
<i>Rhabdonema arcuatum</i> (Lyngbye) Kützing 1844	М	К	[71], [98]
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (Agardh) Lange-Bertalot 1980	ПС	АБ HOT	[71], [37]
<i>Rh. marina</i> (W. Smith) M. Schmidt 1889	М	АБ	[98]
<i>Rhopalodia gibba</i> var. <i>ventricosa</i> (Kützing) H. Peragallo et M. Peragallo 1900	П	БТ	[71]
<i>R. gibberula</i> (Ehrenberg) O.F. Müller 1895	С	АБТ	[71]

1	2	3	4
<i>R. musculus</i> (Kützing) O.F. Müller 1844	CM	БТ	[71]
<i>Seminavis ventricosa</i> (Greg.) M. Garcia-Baptista 1993	CM	БТ	[98] +
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve 1878 *	CM	К	[71], [98]
<i>Stauroneis constricta</i> Cleve 1894	M	Б	[25], [71]
<i>S. simulans</i> (Donkin) Ross ex Hartley 1986	CM	Б	[98]
<i>Striatella delicatula</i> (Kützing) Grunov 1881	CM	АБТ	[71], [98] +
<i>St. interrupta</i> (Ehrenberg) Heiberg 1863	M	БТ	[71]
<i>St. unipunctata</i> (Lyngbye) Agardh 1832	M	БТ	[71], [98] +
<i>Surirella fastuosa</i> Ehrenberg 1840	M	АБТ	[71], [98] +
<i>S. fluminensis</i> Grunov 1862	M	Б	[71]
<i>S. minuta</i> Brébisson 1849	M	Б	[71]
<i>S. ovalis</i> Brébisson 1838	C	АБТ	[71]
<i>Synedra curvata</i> Proschkina-Lavrenko 1951	C	Б	[71]
<i>Tabularia fasciculata</i> (Agardh) Williams et Round 1986	CM	К	[65], [37], [98] +
<i>T. parva</i> (Kützing) Williams et Round 1990	CM	АБТ	[71]
<i>T. tabulata</i> (Agardh) Snoeijs 1992	CM	К	[25], [71], [98] +
<i>Thalassiophysa hyalina</i> (Greville) Paddock et Sims 1981**	M	БТ	[71], [98] +
<i>Thalassiosira eccentrica</i> (Ehrenberg) Cleve 1904 *	M	К	+
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunov) Mereschkowsky 1902 **	M	К	[98]

1	2	3	4
<i>Th. leptopus</i> (Grunov ex Van Heurck) Hasle et Fryxell 1977 *	М	К	[71]
<i>Th. parva</i> Proschkina-Lavrenko 1955 *	С	Б	[98]
<i>Toxarium undulatum</i> J.W. Bailey 1854	М	АБТ	[98]
<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenberg) Cleve 1894	М	АБТ	[71], [98] +
<i>T. aspera</i> var. <i>intermedia</i> (Grunov) Cleve 1894	М	АБ	[71]
<i>T. aspera</i> var. <i>pulchella</i> (W. Smith) Cleve 1894	М	БТ	[71]
<i>Triceratium antediluvianum</i> (Ehrenberg) Grunov 1870 *	М	К	[71]
<i>Tryblionella apiculata</i> Gregory 1857	М	К	[65], [71]
<i>T. compressa</i> (J.W. Bailey) M. Poulin 1990	СМ	БТ	[71]
<i>T. hungarica</i> (Grunov) D.G. Mann 1990	М	К	[71]
<i>T. marginulata</i> (Grunov) D.G. Mann 1990	М	АБТ	[98]
<i>Undatella lineolata</i> (Ehrenb.) L.I. Ryabushko 2006	СМ	АБТ	[71] +
<i>U. quadrata</i> (Brébisson ex Kützing) Paddock et Sims 1980	СМ	Б	[98] +
Отдел Dinophyta			
<i>Amphidinium operculatum</i> Claparède et Lachmann 1859 *	М	К	[98]
<i>Ceratium tripos</i> (O.F. Müller) Nitzsch 1817 *	М	АБТ HOT	+
<i>Gymnodinium breve</i> Davis 1948 *	М	Б	[98]
<i>Prorocentrum cordatum</i> (Ostenfeld) Dodge 1975 *	СМ	БТ	[98] +
<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965 *	СМ	К	[98]

1	2	3	4
<i>P. lima</i> (Ehrenberg) F. Stein 1878	М	К	[98] +
<i>P. micans</i> Ehrenberg 1834 *	М	К	[98] +
<i>Protoperidinium brevipes</i> (Paulsen) Balech 1974 *	М	АБ	[98]
Отдел Haptophyta			
<i>Emiliana huxleyi</i> (Lohmann) W.W. Hay et H.P. Mohler 1967 *	М	К	[98]
Отдел Chlorophyta			
<i>Acutodesmus obliquus</i> (Turpin) Hegewald et Hanagata 2000 *	П	БТ	[98]
<i>Clorella vulgaris</i> Beij 1890 *	П	БТ	[98]
<i>Micractinium pusillum</i> Fresenius 1858 *	П	БТ	[98]

Примечание. (*) – планктонные виды; (**) – бентопланктонные виды; ЭК – экологические формы: М – морской, СМ – солоноводно-морской, С – солоноватоводный, П – пресно-водный, ПС – пресноводно-солоноватоводный; ФГ – фитогеографические элементы: Б – бореальный, АБ – аркто-бореальный, БТ – бореально-тропический, АБТ – аркто-бореально-тропический, К – космополит, нот – нотальный; (+) – вид указан у автора.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Сравнительные данные по встречаемости микроводорослей в различных экотопах крымского побережья Чёрного моря и их экологическая (ЭК) и фитогеографическая (ФГ) характеристики

(по Л.И. Рябушко, 2013 с дополнениями Д.С. Балычевой)

Таксон	ЭП	ЭЗ	ЭФ	ПФ	ЭК	ФГ
1	2	3	4	5	6	7
Суанопрокaryota						
<i>Anabaena</i> sp.	-	+	-	-	-	-
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	+	-	+	-	П	Б
<i>Chamaecalyx swirenkoi</i>	+	-	+	+	С	Б
<i>Hyella caespitosa</i>	+	-	-	-	СМ	БТ
<i>Kyrtuthrix maculans</i>	+	-	-	-	М	БТ
<i>Lyngbya</i> sp.	-	-	-	+	-	-
<i>Leptolyngbya fontana</i>	-	-	-	+	ПС	Б
<i>L. minuta</i>	+	-	-	-	ПС	Б
<i>Mastigocoleus testarum</i>	-	-	-	+	М	БТ
<i>Merismopedia glauca</i> f. <i>mediterranea</i>	+	-	-	-	М	БТ
<i>Microcystis aeruginosa</i>	-	-	+	-	ПС	БТ
<i>Myxohyella lutea</i>	-	-	-	+	С	Б
<i>Oscillatoria bonnemaisonii</i>	+	-	-	+	М	БТ
<i>O. miniata</i>	-	-	-	+	М	БТ
<i>Phormidium gracile</i>	+	-	-	-	М	БТ
<i>Ph. nigroviride</i>	-	-	-	+	М	БТ нот
<i>Ph. rupicola</i>	-	-	-	+	П	Б
<i>Phormidium</i> sp.	-	-	-	+	-	-
<i>Porphyrosiphon luteus</i>	-	-	-	+	М	БТ
<i>Pseudanabaena catenata</i>	-	-	-	+	М	БТ

Продолж. Прилож. В

1	2	3	4	5	6	7
<i>Pseudocapsa sphaerica</i>	+	-	-	+	М	Б
<i>Spirulina adriatica</i>	+	-	+	-	М	Б
<i>S. breviararticulata</i>	-	-	-	+	М	Б
<i>S. meneghiniana</i>	+	-	+	-	ПС	Б
<i>S. tenuissima</i>	+	-	+	+	М	БТ
<i>Synechococcus elongatus</i>	+	-	-	-	ПС	БТ
Euglenophyta						
<i>Trachelomonas caudata</i>	+	-			П	БТ
<i>Trachelomonas</i> sp. 1	+	-	-	-	-	-
<i>Trachelomonas</i> sp. 2	+	-	-	-	-	-
Dinophyta						
<i>Amphidinium operculatum</i>	+	-	-	+	М	К
<i>Ceratium tripos</i>	-	-	-	+	М	АБТ HOT
<i>Dinophysis acuminata</i>	+	+	-	-	М	К
<i>Gymnodinium breve</i>	-	-	-	+	М	Б
<i>Gymnodinium simplex</i>	+	-	-	-	М	БТ
<i>Noctiluca scintillans</i>	+	-	+	-	М	К
<i>Polykrikos schwartzii</i>	+	-	-	-	С	
<i>Prorocentrum compressum</i>	+	-	+	-	М	Б
<i>Pr. cordatum</i>	+	-	+	+	СМ	БТ
<i>Pr. gracile</i>	+	-	-	-	М	Б
<i>Pr. lima</i>	+	+	+	+	М	К
<i>Pr. micans</i>	+	-	+	+	М	К
<i>Pr. minimum</i>	+	-	-	-	М	АБТ
<i>Pr. vaginula</i>	+	-	-	-	М	БТ
<i>Protoperidinium brevipes</i>	+	+	-	+	М	АБ
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	-	-	-	+	СМ	К

Продолж. Прилож. В

1	2	3	4	5	6	7
Cryptophyta						
<i>Hillea fusiformis</i>	+	-	-	-	М	Б
Chrysophyta						
<i>Chrysamoeba radians</i>	+	-	-	-	ПС	Б
<i>Chrysococcus rufescens</i>	+	-	-	-	П	Б
Haptophyta						
<i>Emiliana huxleyi</i>	+	+	+	+	М	К
<i>Oolithotus fragilis</i>	-	+	+	-	ПС	Б
Ochrophyta						
<i>Dictyocha speculum</i>	+	-	+	-	М	К
Bacillariophyta						
<i>Achnanthes brevipes</i> var. <i>brevipes</i>	+	-	-	+	СМ	К
<i>A. brevipes</i> var. <i>intermedia</i>	-	-	-	+	СМ	К
<i>A. longipes</i>	+	+	+	+	М	АБТ
<i>A. mirabilis</i>	-	-	-	+	СМ	Б
<i>A. pseudogroenlandica</i>	-	+	-	+	М	АБТ
<i>Actinocyclus octonarius</i>	-	-	-	+	М	БТ HOT
<i>Actinoptychus senarius</i>	+	-	+	-	М	К
<i>Amphora angusta</i>	-	-	-	+	СМ	К
<i>A. arcus</i>	+	+	-	-	М	АБ
<i>A. bigibba</i>	+	+	-	-	М	БТ
<i>A. caroliniana</i>	-	+	+	+	СМ	АБТ
<i>A. hyalina</i>	+	+	+	+	М	АБТ HOT
<i>A. inconspicua</i>	-	-	-	+	С	Б
<i>A. laevis</i>	-	+	+	-	СМ	АБТ
<i>A. obtusa</i>	-	-	-	+	М	БТ
<i>A. obtusa</i> f. <i>distinguenda</i>	-	-	-	+	М	Б

Продолж. Прилож. В

1	2	3	4	5	6	7
<i>A. ostrearia</i>	+	+	-	+	М	БТ
<i>A. parvula</i>	+	+	+	+	СМ	Б
<i>A. proteus</i>	+	+	+	+	М	К
<i>A. terroris</i>	-	-	-	+	М	АБТ нот
<i>A. truncata</i>	-	-	-	+	М	АБ
<i>Anaulus minutus</i>	-	+	+	-	М	БТ нот
<i>Anomoeoneis sculpta</i>	-	+	-	-	С	Б
<i>Ardissonea baculus</i>	-	+	+	+	СМ	БТ
<i>A. crystallina</i>	+	+	+	+	СМ	БТ
<i>A. formosa</i>	+	-	-	-	М	БТ
<i>A. robusta</i>	-	-	+	-	М	БТ
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	-	-	-	+	С	БТ нот
<i>Bacillaria paxillifera</i>	+	+	+	+	СМ	К
<i>B. socialis</i> var. <i>baltica</i>	-	+	+	-	М	АБТ
<i>Berkeleya micans</i>	+	-	+	-	СМ	Б нот
<i>B. rutilans</i>	+	+	+	+	СМ	АБ нот
<i>Caloneis liber</i>	+	+	-	+	М	К
<i>C. westii</i>	+	-	-	-	СМ	Б
<i>Campylodiscus decorus</i>	-	-	-	+	М	БТ
<i>C. fastuosus</i>	+	+	+	-	М	АБТ
<i>C. noricus</i>	-	-	-	+	М	Б
<i>C. thuretii</i> var. <i>lineolatus</i>	-	-	-	+	СМ	Б
<i>Carinasigma rectum</i>	+	+	+	-	М	БТ нот
<i>Catacombis gaillonii</i>	-	-	+	-	СМ	БТ
<i>Cerataulina pelagica</i>	+	+	+	+	М	БТ нот
<i>Chaetoceros socialis</i> *	-	-	-	+	М	Б
<i>C. socialis</i> f. <i>radians</i> *	-	-	-	+	М	Б

Продолж. Прилож. В

1	2	3	4	5	6	7
<i>Climaconeis inflexa</i>	+	+	+	+	М	Б нот
<i>Cocconeis costata</i>	+	+	+	+	М	К
<i>C. distans</i>	-	-	+	-	М	АБТ
<i>C. maxima</i>	-	-	-	+	М	БТ
<i>C. notata</i>	-	+	+	+	М	АБ нот
<i>C. pediculus</i>	-	-	+	-	ПС	АБ
<i>C. placentula</i> var. <i>placentula</i>	-	-	-	+	С	К
<i>C. placentula</i> var. <i>euglypta</i>	-	-	+	-	СМ	АБТ
<i>C. placentula</i> var. <i>intermedia</i>	-	-	-	+	М	АБ
<i>C. pseudomarginata</i>	-	-	-	+	М	АБТ
<i>C. scutellum</i> var. <i>adjuncta</i>	-	-	-	+	СМ	Б
<i>C. scutellum</i> var. <i>scutellum</i>	+	+	+	+	СМ	К
<i>C. scutellum</i> var. <i>ornata</i>	-	-	+	-	М	Б
<i>C. scutellum</i> var. <i>parva</i>	+	-	+	-	СМ	АБТ
<i>C. speciosa</i>	-	+	+	-	СМ	АБ
<i>C. stauroneiformis</i>	-	+	-	-	СМ	АБ
<i>Coscinodiscus granii</i>	-	+	+	-	М	Б нот
<i>C. janischii</i>	+	-	-	-	М	Б нот
<i>C. jonesianus</i>	+	+	+	+	М	Б
<i>C. radiatus</i>	-	-	+	-	М	К
<i>Craticula halophila</i> var. <i>halophila</i>	-	-	+	-	СМ	Б
<i>Craticula halophila</i> var. <i>convergens</i>	+	-	-	-	С	Б
<i>Cyclotella choctawhatcheeana</i>	+	+	+	+	М	БТ нот
<i>C. stelligera</i>	-	+	-	-	П	Б
<i>Cylindrotheca closterium</i>	+	+	+	+	М	К
<i>Cymbella pusilla</i>	+	+	+	+	СМ	БТ

Продолж. Прилож. В

1	2	3	4	5	6	7
<i>Diatoma tenuis</i>	-	+	-	-	ПС	К
<i>D. vulgaris</i>	+	+	-	+	ПС	Б нот
<i>D. vulgaris</i> f. <i>subsalina</i>	-	-	-	+	С	Б
<i>Diatomella salina</i> var. <i>septata</i>	+	-	+	-	СМ	Б
<i>Dimeregramma minor</i>	-	-	-	+	М	АБТ
<i>Diploneis bombus</i>	+	+	+	+	М	БТ
<i>D. chersonensis</i>	-	-	+	-	М	АБТ
<i>D. didyma</i>	+	-	+	-	СМ	АБТ
<i>D. fusca</i>	-	-	-	+	М	АБТ
<i>D. parma</i>	-	-	+	-	ПС	Б
<i>D. smithii</i> var. <i>smithii</i>	+	+	+	+	СМ	К
<i>D. subadvena</i>	+	+	+	-	М	Б нот
<i>D. subcincta</i>	-	+	-	-	М	АБТ
<i>D. suborbicularis</i>	+	+	-	+	М	БТ нот
<i>D. vacillans</i>	-	-	-	+	М	БТ
<i>Ditylum brightwellii</i>	-	-	+	-	М	БТ
<i>Endictya oceanica</i>	-	-	-	+	М	Б
<i>Entomoneis alata</i>	-	+	+	+	С	АБТ нот
<i>E. gigantea</i>	-	-	-	+	М	АБТ
<i>E. paludosa</i>	+	+	+	+	СМ	АБ нот
<i>E. paludosa</i> var. <i>duplex</i>	+	-	-	-	С	АБ
<i>Eunotogramma</i> sp.	+	-	-	-	-	-
<i>Falcula media</i> var. <i>subsalina</i>	+	+	+	+	М	Б
<i>Fallacia forcipata</i>	-	-	+	-	М	АБТ
<i>F. phyllophorae</i>	-	+	-	-	С	Б
<i>F. pygmaea</i>	-	-	-	+	СМ	Б
<i>Fragilaria delicatissima</i>	+	-	-	-	СМ	Б

Продолж. Прилож. В

1	2	3	4	5	6	7
<i>Fr. striatula</i>	+	+	-	-	М	К
<i>Fragilariopsis cylindrus</i> *	-	-	-	+	М	Б
<i>Gomphonemopsis pseudexigua</i>	+	+	+	-	М	АБТ нот
<i>Grammatophora angulosa</i>	+	+	+	+	М	К
<i>Gr. marina</i>	+	+	+	+	М	К
<i>Gr. serpentina</i>	-	+	+	-	М	БТ нот
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	-	-	-	+	ПС	АБТ
<i>G. balticum</i>	-	-	+	-	СМ	АБТ
<i>G. fasciola</i>	+	+	-	+	М	АБТ
<i>G. macrum</i>	-	-	-	+	М	БТ
<i>G. prolongatum</i> var. <i>prolongatum</i>	+	+	+	+	М	АБ нот
<i>G. prolongatum</i> var. <i>closterioides</i>	-	-	+	-	М	Б
<i>G. tenuissimum</i>	+	+	-	+	С	БТ нот
<i>Halamphora acutiuscula</i>	-	-	-	+	СМ	К
<i>H. angularis</i>	-	-	-	+	С	БТ
<i>H. coffeiformis</i>	+	+	+	+	СМ	АБТ
<i>H. costata</i>	+	-	-	-	М	БТ
<i>H. exigua</i>	+	-	+	-	СМ	АБТ
<i>H. granulata</i> var. <i>granulata</i>	+	-	+	-	М	БТ нот
<i>H. granulata</i> var. <i>punctata</i>	-	-	-	+	СМ	Б
<i>H. hybrida</i>	+	-	-	+	С	Б
<i>Hantzschia amphioxys</i>	-	-	-	+	ПС	АБТ
<i>Haslea crystallina</i>	+	-	-	-	М	Б
<i>H. crucigera</i>	-	-	-	+	М	АБ
<i>H. ostrearia</i>	+	-	-	+	М	Б
<i>H. subagnita</i>	+	+	-	+	СМ	Б
<i>Hemiaulus hauckii</i>	-	-	+	-	М	БТ

Продолж. Прилож. В

1	2	3	4	5	6	7
<i>Hyalodiscus ambiguus</i>	-	-	+	+	СМ	БТ
<i>H. scoticus</i>	+	+	+	+	СМ	К
<i>Leptocylindrus danicus</i>	-	+	-	-	М	К
<i>L. minimus</i>	+	-	+	-	М	БТ нот
<i>Licmophora abbreviata</i>	+	+	+	+	М	АБ
<i>L. dalmatica</i>	+	+	+	+	М	Б
<i>L. ehrenbergii</i>	+	-	+	+	М	БТ нот
<i>L. flabellata</i>	+	+	+	+	М	БТ нот
<i>L. gracilis</i> var. <i>gracilis</i>	+	-	+	+	М	АБТ
<i>L. gracilis</i> var. <i>anglica</i>	-	-	-	+	М	Б
<i>L. hastata</i>	+	-	-	+	М	Б
<i>L. ovulum</i>	+	-	+	+	М	БТ
<i>L. paradoxa</i>	+	-	-	+	М	К
<i>Lyrella abrupta</i>	-	+	+	+	М	БТ
<i>L. circumsecta</i>	-	-	-	+	М	БТ
<i>L. hennedyii</i> var. <i>hennedyii</i>	-	+	+	+	М	АБТ нот
<i>L. hennedyii</i> var. <i>neapolitana</i>	-	-	+	-	М	Б
<i>L. lyra</i> var. <i>lyra</i>	-	-	+	+	М	БТ нот
<i>L. lyra</i> f. <i>typica</i>	-	-	+	-	СМ	Б
<i>L. lyroides</i>	-	-	+	-	М	БТ
<i>L. nebulosa</i>	-	-	-	+	М	БТ
<i>L. spectabilis</i>	-	-	+	+	М	АБТ
<i>Mastogloia angulata</i>	-	-	-	+	М	Б нот
<i>M. binotata</i>	-	-	-	+	М	БТ
<i>M. braunii</i>	-	-	+	+	СМ	БТ
<i>M. paradoxa</i>	-	-	-	+	М	БТ
<i>M. pumila</i>	+	-	-	+	ПС	БТ

Продолж. Прилож. В

1	2	3	4	5	6	7
<i>M. pusilla</i>	+	+	-	+	СМ	БТ нот
<i>Melosira lineata</i>	+	-	+	+	СМ	АБТ
<i>M. moniliformis</i> var. <i>moniliformis</i>	+	+	+	+	СМ	К
<i>M. moniliformis</i> var. <i>suboglosa</i>	-	-	+	+	СМ	Б
<i>M. nummuloides</i>	+	-	+	+	СМ	К
<i>Navicula ajajensis</i>	-	-	+	-	П	Б
<i>N. ammophila</i> var. <i>intermedia</i>	+	+	+	+	СМ	АБ
<i>N. bottnica</i>	-	-	+	-	СМ	Б
<i>N. cancellata</i> var. <i>cancellata</i>	+	+	+	+	М	К
<i>N. cancellata</i> var. <i>retusa</i>	-	+	+	-	М	АБТ
<i>N. directa</i>	+	+	+	+	М	К
<i>N. distans</i>	+	-	+	+	М	АБТ
<i>N. grevilleana</i>	-	-	+	+	М	Б
<i>N. menisculus</i>	-	-	+	-	ПС	АБТ
<i>N. palpebralis</i>	-	-	+	-	М	АБТ
<i>N. pennata</i> var. <i>pennata</i>	-	-	-	+	СМ	БТ
<i>N. pennata</i> var. <i>pontica</i>	+	+	+	+	СМ	Б
<i>N. ramosissima</i>	+	+	+	+	СМ	АБТ
<i>Neosynedra provincialis</i>	+	+	+	+	М	Б
<i>Nitzschia acicularis</i>	-	-	+	+	П	Б
<i>N. anomala</i>	-	-	+	-	М	Б
<i>N. holsatica</i>	+	+	-	+	ПС	Б нот
<i>N. hybrida</i>	+	-	+	+	СМ	К
<i>N. hybrida</i> f. <i>hyalina</i>	+	+	+	+	СМ	Б
<i>N. lanceolata</i> var. <i>lanceolata</i>	-	+	+	-	С	БТ нот
<i>N. lanceolata</i> var. <i>minor</i>	-	-	-	+	С	БТ
<i>N. longissima</i>	+	+	+	+	СМ	К

Продолж. Прилож. В

1	2	3	4	5	6	7
<i>N. lorenziana</i> var. <i>incerta</i>	+	-	-	-	С	Б
<i>N. lorenziana</i> var. <i>subtilis</i>	+	-	-	-	СМ	АБ
<i>N. ovalis</i>	-	-	-	+	СМ	АБ
<i>N. palea</i> var. <i>palea</i>	+	-	-	-	ПС	К
<i>N. palea</i> var. <i>tenuirostris</i>	+	-	+	-	ПС	Б
<i>N. rectilonga</i>	+	-	-	-	М	Б
<i>N. rupestris</i>	-	+	+	+	СМ	Б
<i>N. sigma</i> var. <i>sigma</i>	+	-	+	+	С	АБТ
<i>N. sigma</i> var. <i>intercedens</i>	+	-	+	+	С	Б нот
<i>N. sigmoidea</i>	-	-	-	+	СМ	БТ
<i>N. spathulata</i>	-	-	+	-	М	БТ
<i>N. tenuirostris</i>	+	+	+	+	С	Б
<i>N. vermicularis</i>	-	+	-	-	С	БТ нот
<i>N. vidovichii</i>	+	+	+	+	М	Б
<i>N. vitrea</i>	-	-	-	+	С	БТ
<i>Odontella aurita</i>	-	-	+	+	М	К
<i>Paralia sulcata</i>	-	-	+	+	М	АБТ
<i>Parlibellus delognei</i> var. <i>delognei</i>	+	+	+	+	М	АБТ
<i>P. delognei</i> var. <i>pararhombicus</i>	+	-	+	-	С	Б
<i>P. rhombicus</i>	-	-	-	+	СМ	БТ
<i>Pauliella taeniata</i>	+	+	+	+	М	Б
<i>P. microstauron</i> var. <i>ambigua</i>	+	-	-	-	П	Б
<i>P. quadratarea</i>	-	-	+	-	М	К
<i>Petrodictyon gemma</i> var. <i>gemma</i>	-	-	-	+	СМ	АБ нот
<i>Phaeodactylum tricornutum</i> *	-	-	-	+	М	БТ нот
<i>Placoneis climentis</i>	+	-	-	+	ПС	БТ
<i>Pl. hauckianum</i>	-	-	+	-	П	БТ нот

Продолж. Прилож. В

1	2	3	4	5	6	7
<i>Plagiogramma staurophorum</i>	+	-	+	-	М	АБТ
<i>Plagiotropis gibberula</i>	+	-	-	-	СМ	Б
<i>Pl. lepidoptera</i>	+	+	+	+	М	АБТ
<i>Pleurosigma angulatum</i>	+	+	+	+	М	К
<i>Pl. elongatum</i>	+	+	+	+	СМ	К
<i>Pl. formosum</i>	+	-	+	+	М	АБТ
<i>Pl. rigidum</i>	-	-	-	+	М	БТ
<i>Pl. strigosum</i>	-	-	-	+	М	АБТ
<i>Podosira hormoides</i>	-	+	-	+	М	К
<i>Proboscia alata</i>	-	-	-	+	М	К
<i>Proschkinia complanata</i>	-	-	-	+	М	Б
<i>P. complanatoides</i>	+	-	-	+	М	АБТ
<i>Psammodyction constrictum</i>	+	+	+	-	М	АБТ
<i>P. panduriforme</i> var. <i>panduriforme</i>	+	+	-	+	М	БТ HOT
<i>P. panduriforme</i> var. <i>continua</i>	+	-	+	-	М	Б
<i>P. panduriforme</i> var. <i>delicatulum</i>	+	-	-	-	М	АБ
<i>Pseudo-nitzschia calliantha</i>	+	-	-	+	М	К
<i>P. delicatissima</i>	+	+	+	+	М	К
<i>P. prolongatum</i>	+	-	-	-	М	К
<i>P. pseudodelicatissima</i>	-	+	+	+	М	К
<i>P. pungens</i>	-	+	+	+	М	К
<i>P. seriata</i>	+	-	+	+	М	К
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	-	+	+	+	М	БТ
<i>Rhabdonema arcuatum</i> var. <i>arcuatum</i>	-	+	+	+	М	К
<i>Rh. arcuatum</i> var. <i>ventricosum</i>	-	-	+	-	М	АБ
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	-	-	-	+	ПС	АБ HOT

Продолж. Прилож. В

1	2	3	4	5	6	7
<i>Rh. marina</i>	+	+	+	+	М	АБ
<i>Rh. pullus</i>	+	+	-	-	М	АБ
<i>Rhopalodia gibba</i> var. <i>ventricosa</i>	-	-	-	+	П	БТ
<i>R. gibberula</i>	-	+	+	+	С	АБТ
<i>R. musculus</i>	-	-	-	+	СМ	БТ
<i>Seminavis ventricosa</i>	+	+	+	+	М	К
<i>Skeletonema costatum</i>	+	+	+	+	СМ	К
<i>Sk. subsalsum</i>	+	-	-	-	СМ	Б
<i>Scoliopleura westii</i>	-	-	-	+	СМ	АБ
<i>Stauroneis constricta</i>	-	-	-	+	М	Б
<i>S. simulans</i>	+	+	-	+	СМ	Б
<i>Striatella delicatula</i>	+	+	+	+	СМ	АБТ
<i>St. interrupta</i>	-	+	+	-	М	БТ
<i>St. unipunctata</i>	+	+	+	+	М	БТ
<i>Surirella fastuosa</i>	-	+	+	+	М	АБТ нот
<i>S. fluminensis</i>	-	-	-	+	М	Б
<i>S. minuta</i>	-	-	-	+	М	Б
<i>S. ovalis</i>	-	-	-	+	С	АБТ
<i>Synedra curvata</i>	-	-	-	+	С	Б
<i>S. superba</i>	-	+	-	-	М	Б нот
<i>Tabellaria flocculosa</i>	+	-	+	-	П	АБТ
<i>Tabularia fasciculata</i>	+	+	+	+	СМ	К
<i>T. tabulata</i>	+	+	+	+	СМ	К
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	-	+	+	+	М	К
<i>Thalassiosiphysa hyalina</i>	+	+	+	+	М	БТ
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	+	-	+	+	М	К
<i>Th. leptopus</i>	-	-	-	+	М	К

Продолж. Прилож. В

1	2	3	4	5	6	7
<i>Th. parva</i>	-	+	+	+	СМ	Б
<i>Toxarium undulatum</i>	-	+	+	+	М	АБТ
<i>Toxonidea insignis</i>	-	-	+	-	М	Б
<i>Trachyneis aspera</i> var. <i>aspera</i>	+	+	+	+	М	АБТ нот
<i>T. aspera</i> var. <i>intermedia</i>	-	-	-	+	М	АБ
<i>T. aspera</i> var. <i>pulchella</i>	-	-	-	+	М	БТ
<i>Triceratium antediluvianum</i>	-	-	+	+	М	К
<i>Tryblionella apiculata</i>	-	+	-	+	М	К
<i>T. coarctata</i>	-	+	-	-	СМ	Б
<i>T. compressa</i>	-	-	-	+	СМ	БТ
<i>T. granulata</i>	-	-	+	-	М	К
<i>T. hungarica</i>	+	-	-	+	С	К
<i>T. marginulata</i>	-	+	+	+	М	К
<i>T. marginulata</i> f. <i>minuta</i>	-	-	+	-	М	АБ
<i>T. navicularis</i>	-	+	-	-	СМ	Б
<i>T. punctata</i>	-	+	-	-	С	К
<i>Undatella lineolata</i>	+	-	-	+	СМ	АБТ
<i>U. quadrata</i>	+	+	-	+	СМ	Б
<i>Ulnaria ulna</i>	-	-	+	-	ПС	АБТ
Chlorophyta						
<i>Actinocloris sphaerica</i>	+	-	-	-	П	Б
<i>Acutodesmus obliquus</i>	-	-	-	+	П	БТ
<i>Chlamidomonas</i> sp.	+	-	-	-	-	-
<i>Chlorella vulgaris</i>	+	-	-	+	П	БТ
<i>Chlorococcum infusionum</i>	+	-	-	-	П	Б
<i>Coelastrum microporum</i>	+	-	-	-	П	БТ
<i>Coelastrum</i> sp.	+	-	-	-	-	-

Продолж. Прилож. В

1	2	3	4	5	6	7
<i>Coenocystis obtusa</i>	+	-	-	-	П	Б
<i>Golenkinia radiata</i>	+	-	-	-	П	БТ
<i>Hyaloraphidium contortum</i>	+	-	-	-	П	БТ
<i>Mesotenium</i> sp.	+	-	-	-	-	-
<i>Microctinium pusillum</i>	+	-	-	+	П	БТ
<i>Pyramichlamys vectensis</i>	+	-	-	-	М	Б
<i>Raphidocelis rotunda</i>	+	-	-	-	П	Б
<i>Selenochloris quadriloba</i>	+	-	-	-	М	Б
<i>Tetraedrön</i> sp.	+	-	-	-	-	-
<i>Tetraselmis viridis</i>	+	-	-	-	С	Б
Итого: 341 вида и ввт	175	115	163	230	-	-

Примечание. ЭП – эпилитон, ЭЗ – эпизоон, ЭФ – эпифитон, ПФ – перифитон; ЭК – экологические формы: М – морской, СМ – солоноватоводно-морской, С – солоноватоводный, П – пресно-водный, ПС – пресноводно-солоноватоводный; ФГ – фитогеографические элементы: Б – бореальный, АБ – аркто-бореальный, БТ – бореально-тропический, АБТ – аркто-бореально-тропический, К – космополит, НОТ – нотальный ;