

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«Институт биологии южных морей
имени А. О. Ковалевского РАН»

на правах рукописи

**ШИРОЯН
АРМИНЕ ГЕОРГИЕВНА**

**ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРОСЛИ ЭПИФИТОНА МАКРОФИТОВ
КРЫМСКОГО ПРИБРЕЖЬЯ ЧЁРНОГО МОРЯ**

Специальность 1.5.16 – гидробиология

Диссертация на соискание учёной степени
кандидата биологических наук

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

Севастополь – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ ЭПИФИТОНА МАКРОФИТОВ КРЫМСКОГО ПРИБРЕЖЬЯ ЧЁРНОГО МОРЕЯ (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)	10
ГЛАВА 2 ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНОВ ИССЛЕДОВАНИЯ	21
2.1 Залив Донузлав, бухты Карантинная и Инкерманская, акватория биостанции Батилиман	22
2.2 Мидийно-устричная ферма (бухта Карантинная и залив Донузлав)	29
ГЛАВА 3 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	33
3.1 Материалы отбора проб макрофитов в разных акваториях Крыма	33
3.1.1 Эпифитон красных водорослей	37
3.1.2 Эпифитон бурых водорослей	42
3.1.3 Эпифитон зелёных водорослей	46
3.1.4 Эпифитон цветковых растений	50
3.2 Методы отбора проб макрофитов	52
3.3 Методы обработки макрофита-базифита	52
3.4 Методы обработки диатомовых водорослей эпифитона макрофитов ..	52
3.4.1 Качественная обработка	53
3.4.2 Количественная обработка	54
ГЛАВА 4 ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И ФЛОРИСТИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ ЭПИФИТОНА ДОННОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ	58
4.1 Общая таксономическая структура Bacillariophyta	58
4.1.1 Новые, редкие, массовые и потенциально опасные виды	59
4.2 Экологическая и фитогеографическая характеристики диатомовых водорослей эпифитона макрофитов	76
4.3 Характеристика состава диатомовых водорослей эпифитона по районам исследования	80

4.4 Сравнительный анализ диатомовых водорослей эпифитона макрофитов в районе мидийно-устричных ферм (бухта Карантинная и залив Донузлав)	83
4.5. Сравнение диатомовых водорослей эпифитона макрофитов и перифитона полимерных материалов в бухте Карантинная	86
ГЛАВА 5 КОЛИЧЕСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ В СООБЩЕСТВАХ ЭПИФИТОНА МАКРОФИТОВ	88
5.1 Структурные характеристики сообществ диатомовых водорослей в зависимости от таксономического статуса макрофита	88
5.2 Количественные показатели сообществ диатомовых водорослей эпифитона макрофитов по сезонам	94
5.3 Количественные показатели сообществ диатомовых водорослей по районам исследования	100
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	110
ВЫВОДЫ	112
ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	114
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	116
ПРИЛОЖЕНИЕ I Таксономическая структура Bacillariophyta эпифитона макрофитов крымского побережья Чёрного моря	140
ПРИЛОЖЕНИЕ II Микрофотографии Bacillariophyta (СМ и СЭМ)	149
ПРИЛОЖЕНИЕ III Экологические и фитогеографические характеристики микроводорослей эпифитона макрофитов	155
ПРИЛОЖЕНИЕ IV Встречаемость диатомовых водорослей по сезонам	160
ПРИЛОЖЕНИЕ V Встречаемость микроводорослей по районам	164

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Известно, что диатомовые водоросли (ДВ) являются важным компонентом и преобладающей группой среди микроводорослей бентали морей. Они поддерживают кислородный режим в море, служат источником органического вещества и пищи для различных гидробионтов. Бентосные виды активно поселяются на поверхности разнообразных субстратов и донной растительности, и вносят значительный вклад в продукционную составляющую морских экосистем. В прибрежье они являются единым экологическим и флористическим комплексом, образующиеся под воздействием течений, сгонно-нагонных явлений и других факторов среды [108]. Исследование их видового разнообразия и структурно-функциональных характеристик является одной из основных задач гидробиологии, связанных с проблемами определения качества воды и охраны природных ресурсов.

Диатомовые водоросли широко исследованы на различных типах субстратов в разных экотопах и регионах Чёрного моря [11; 23; 24; 26; 85; 116, 118; 166], но в меньшей степени в эпифитоне макрофитов. Поэтому необходимость установления таксономического статуса видов диатомовых водорослей и макрофитов, их взаимодействия на качественном и количественном уровне, выявление новых, редко встречающихся, потенциально опасных и сапробионтных видов явилось теоретическим и практическим обоснованием выполнения данной работы. Недостаточная изученность видового разнообразия диатомовых водорослей эпифитона донной растительности крымского прибрежья Чёрного моря, малочисленность данных об их количественном составе и структурных показателях в зависимости от типа макрофита, сезона года и района исследования под влиянием изменения факторов среды является актуальностью выбранной темы.

Степень разработанности темы исследования. Микроводоросли эпифитона макрофитов Чёрного моря исследованы фрагментарно. Основные

работы относятся к изучению качественного состава и отчасти количественных данных по диатомовым водорослям на макрофитах [51; 58; 60, 62]. В то время не были разработаны методы количественного учёта ДВ в зависимости от площади поверхности макрофита и поэтому не определены количественные характеристики ДВ (численность, биомасса и др.) на единицу площади поверхности макрофита. Также отсутствовали сведения по структуре сообществ с учётом количественных индексов разнообразия. Дальнейшее усовершенствование методологии и методов исследования ДВ микрофитобентоса [116, 118] позволило получить данные по отдельным видам грацилярий, филлофор и других видов макрофитов [104, 106, 107]. Позже было проведено комплексное и одновременное изучение качественного и количественного распределения видов ДВ в эпифитоне разных видов макрофитов крымского побережья Чёрного моря в зависимости от сезона года и районов исследования [118; 125; 127; 129].

Цель работы – изучить видовое разнообразие и количественную характеристику сообществ диатомовых водорослей эпифитона макрофитов крымского побережья Чёрного моря.

Для достижения указанной цели были поставлены следующие задачи:

1. Изучить видовой состав микроводорослей эпифитона макрофитов из разных районов крымского побережья, охватывая места расположения мидийно-устричных ферм.

2. Определить общность видов диатомовых водорослей в эпифитоне бурых, красных, зелёных водорослей-макрофитов и морских трав.

3. Провести эколого-флористический (с выявлением индикаторов сапробности воды) и фитогеографический анализ диатомовых водорослей эпифитона макрофитов.

4. Исследовать количественную характеристику сообществ диатомовых водорослей эпифитона макрофитов (обилие видов, численность, биомасса, индексы видового разнообразия, выравненности, доминирования) по сезонам и районам исследования.

Методы исследования. При отборе и обработке качественных и количественных проб ДВ эпифитона донной растительности использованы методы диатомового анализа, стандартные гидробиологические методы, методология и методы изучения морского микрофитобентоса [31; 116, 118]. Микрофотографии ДВ выполнены с помощью светового (СМ) Axioskop 40 С. Zeiss и сканирующего электронного микроскопах (СЭМ) Hitachi НТА.

Научная новизна полученных результатов. В пяти районах крымского побережья Чёрного моря изучены МВ эпифитона 35-ти видов донной растительности, из них на 24 видах – впервые. Обнаружен 151 вид и ввт микроводорослей, в том числе 141 таксон Bacillariophyta, которые относятся к 3 классам, 15 порядкам, 30 семействам и 57 родам, из них 11 новых видов для Крыма и Чёрного моря. Определены качественные и количественные характеристики ДВ. Установлено, что во флоре ДВ преобладают бентосные виды (83 %). Для ДВ эпифитона впервые приведены эколого-флористические и фитогеографические характеристики элементов флоры и представлены количественные данные (количество видов, численность и биомасса, а также структурные показатели), характеризующие сообщества ДВ эпифитона макрофитов по сезонам года и районам исследования.

Теоретическая значимость. Работа расширяет знания о видовом составе, эколого-флористических и фитогеографических характеристиках диатомовых водорослей эпифитона донной растительности в крымском побережье. Общий список микроводорослей пополнен 11 новыми для моря и 15 редко встречающимися в крымском побережье видами ДВ. Установлены сходство и различия качественных и количественных характеристик диатомовых в эпифитоне макрофитов бурых, красных и зелёных водорослей-макрофитов, а также морских трав. Данные об обилии и количестве видов, численности, биомассе, индексах видового разнообразия, выравненности и доминирования видов в структуре сообществ диатомовых водорослей дополняют сведения о микрофитобентосе Чёрного моря.

Практическая значимость. Выявлено 44 вида-сапробионта ДВ – индикаторов качества воды с доминированием бета-мезосапробионтов (52 %), индикаторов умеренного органического загрязнения. Отмечено 12 потенциально опасных и токсичных видов микроводорослей из отделов Dinophyta и Bacillariophyta, а также Cyanobacteria. Эти сведения необходимы для оценки экологического состояния среды в районах размещения ферм по культивированию моллюсков и контроля качества продукции марихозяйств. Исследования по изучению эпифитона макрофитов можно использовать для комплексного биомониторинга морского побережья.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Видовое разнообразие микроводорослей эпифитона донной растительности является флористической основой для оценки количественной составляющей структуры их сообществ.

2. Экологические, фитогеографические и количественные характеристики сообществ диатомовых водорослей эпифитона можно использовать при комплексном анализе состояния водной среды обитания гидробионтов Чёрного моря.

3. Количественная структура сообществ диатомовых водорослей эпифитона макрофитов зависит от типа таллома, сезона года и района исследования.

Степень достоверности результатов. Достоверность результатов обеспечена большим количеством собранных проб, применением современных методов световой и электронной микроскопии и определителей ДВ. Использованы стандартные гидробиологические методы и методы диатомового анализа. Обработка данных выполнена с применением программы MS Excel и пакета статистических программ PRIMER® 5.2.8. Все полученные результаты и выводы подкреплены данными и представлены в рисунках и таблицах

Личный вклад соискателя. Автор принимал непосредственное участие в сборе проб, обработке материала, анализе данных, написании текстов статей и материалов конференций, представлении устных докладов на научных семинарах, школе диатомологов, международных конференциях, самостоятельно

интерпретировал и обобщал полученные данные. Диссертационная работа написана лично соискателем.

Апробация работы. Материалы диссертационной работы были представлены: Всероссийская конф. с междунар. участием, посвящ. 100-летию кафедры микологии и альгологии биол. ф-та МГУ им. М.В. Ломоносова, 110-летию со дня рождения проф. М.В. Горленко, памяти проф. Ю.Т. Дьякова. «Микология и альгология России XX-XXI век: смена парадигм» (Москва, 2018); 2nd International UNIDOCAP Black Sea Symposium on Biodiversity (Samsun, Turkey, 2018); Междунар. науч.-техн. конф. СКОС-19 «Системы контроля окружающей среды» (Севастополь, 2019); XI всерос. науч. практ. конф. молодых учёных по проблемам водных экосистем, посвящён. памяти д.б.н., проф. С.Б. Гулина «Понт Эвксинский–2019» (Севастополь, 2019); 2-ая междунар. науч.-практ. школа-конф. «Наземные и морские экосистемы Причерноморья и их охрана» (пос. Курортное, 2020); Всерос. онлайн-конф. «Актуальные проблемы изучения черноморских экосистем» (Севастополь, 2020); Всерос. науч. конф. с междунар. Участием «Инновационные технологии защиты окружающей среды в современном мире» (Казань, 2021); XVII междунар. науч. конф. «Диатомовые водоросли: морфология, биология, систематика, флористика, экология, палеогеография, биостратегия» (Минск, 2021); Междунар. науч. конф. «Изучение водных и наземных экосистем: история и современность», посвящён. 150-летию Севастопольской биологической станции – Института биологии южных морей имени А.О. Ковалевского и 45-летию НИС «Профессор Водяницкий» (Севастополь, 2021).

Структура и объём работы. Диссертация изложена на 167 страницах, включает введение, 5 глав, заключение, выводы, список литературы, состоящий из 214 источников, из них 60 иностранных, 5 приложений. Текст иллюстрирован 53 рисунками и 22 таблицами.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 16 научных работ, из которых: 6 – в специализированных научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, в т.ч. свидетельство о гос. регистрации базы данных, 4 статьи входят в базы WoS и Scopus, 10 работ – в сборниках материалов и тезисов международных и

российских конференций. В статьях, опубликованных в соавторстве, вклад соискателя состоит в выборе и разработке методов исследования, получении экспериментальных данных, обсуждении и написании статей и тезисов. Права соавторов публикаций не нарушены.

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность научному руководителю диссертационной работы, д.б.н. Л.И. Рябушко за поддержку, советы, ценные консультации и совместные публикации. Выражаю благодарность за поддержку и совместные публикации кандидатам биологических наук Д.С. Балычевой, А.В. Бондаренко, Е.С. Мирошниченко, А.А. Благиной, а также за консультации по определению видов донной растительности: к.б.н. И.К. Евстигнеевой, к.б.н. В.В. Александрову, м.н.с. Е.Б. Чернышёвой; м.н.с. Д.Н. Лишаеву – за сбор проб, техническую помощь и совместные публикации; н.с. С.В. Щурову и А.М. Щербич – за участие в сборе материала, а также В.Н. Лишаеву – за обработку проб диатомовых водорослей при работе на СЭМ.

ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ ЭПИФИТОНА МАКРОФИТОВ КРЫМСКОГО ПРИБРЕЖЬЯ ЧЁРНОГО МОРЯ (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)

Диатомовые водоросли бентоса морей – важный компонент водных экосистем, определяющий начальные этапы формирования сообществ микрофитобентоса. В настоящее время из всего разнообразия микроводорослей бентали морей, систематический состав диатомовых водорослей наиболее изучен. Диатомовые водоросли используют донную растительность как один из обычных естественных субстратов, представляющих обширную поверхность для их поселений.

При изучении качественного состава диатомовых водорослей пелагиали некоторые авторы отмечали встречаемость бентосных форм, а в бентали указывали планктонные виды [12; 18; 84, 85; 95, 96; 114; 117; 118; 120; 134; 136]. Объясняется это нестабильными условиями водных масс в море в результате смешивания вод во время штормов. Под воздействием ветров и течений в море фитопланктон увеличивает своё видовое разнообразие за счёт бентосных форм, которые поднимаются со дна водоёма в толщу воды, а планктонные формы оседают на дно и используют донные субстраты для сохранения своих покоящихся форм и спор или для окончательного вымирания клеток [34, 35; 97; 118]. А.И. Прошкина-Лавренко (1963) отмечено, что в фитопланктоне Чёрного моря существует более 40 % бентосных видов диатомовых. Это также показано в работах по исследованию микрофитобентоса Чёрного, Азовского и Японского морей [12; 118; 120; 121; 197].

Многие виды водорослей микрофитобентоса являются основными кормовыми объектами обитателей морей [102; 120]. Они создают высокую первичную продукцию микрофитобентоса [14; 17; 53; 118; 147] и вносят значительный вклад в обогащение морской среды органическими веществами.

Известно, что водоросли-макрофиты в качестве экзометобалитов секретируют в окружающую среду вещества – аттрактанты или реппеленты, которые привлекают или мешают развитию эпифитона макрофитов [138]. Скорость выделения экзометобалитов зависит от вида макрофита, что и определяет редкий облик сообщества эпифитных организмов на разнообразных видах водорослей [141; 142].

Диатомовые водоросли являются важными видами-индикаторами солёности [95] и органического загрязнения вод, которые используются в основном для планктона пресных водоёмов [4; 5; 62]. Но в последние годы донные ДВ используются в системе биоиндикации морских вод [7-9; 23; 24; 116; 120; 126; 157; 159]. Известно, что среди диатомовых водорослей есть виды, которые могут переходить на гетеротрофный способ питания и утилизировать растворённые органические вещества [20; 184; 186; 187]. Существуют сведения о негативном воздействии сточных вод разного происхождения (содержащие органические вещества) на морские микро- и макроводоросли [54].

Выявлено, что макрофиты уменьшают быстроту течения поблизости субстрата. Они поддерживают существенно невысокую биомассу прикрепленных диатомовых водорослей на м² в районах с умеренным течением. А в медленной воде они могут поддерживать более высокую биомассу, поскольку оседание отрицательно влияет на популяции диатомей на невегетированных субстратах [212].

Анализ отечественных и мировых литературных источников показал, что диатомовые водоросли донных сообществ обнаружены на разных субстратах и в различных регионах Мирового океана, в том числе в морях: Баренцево, Белое, Балтийское, Азовское, Чёрное, Каспийское, Мраморное, Эгейское, Средиземное, Японское, Восточно-Китайское, Красное и Средиземное, а также в районах Сахалина, Курильских островов, Арктики и Антарктики [13; 14; 16; 42; 43; 49; 52; 53; 57; 58; 64-67; 88; 97; 102; 117; 118; 120; 121; 123; 131; 137; 146; 147; 154; 155; 156; 169; 171; 172; 182; 183].

К настоящему времени появились публикации, объединяющие информацию по диатомовым водорослям прибрежных морских обитаний Мирового океана. Это большая работа из серии “*Iconographia Diatomologica*”, которая включает 1183 видов и ввт, принадлежащих к 130 родам, и иллюстрированная более 4500 микрофотографиями [214]. Представлены также фотографии региональных сводок по диатомовым водорослям сублиторали Балтийского моря, которые объединяют 500 видов и ввт [175-179], побережья Кувейта – 272 вида и ввт [154], залива Тагус (Атлантическое побережье, Португалия) – 185 видов и ввт [194]; Белого моря – более 800 видов и ввт [15; 131; 157]. Атлас диатомовых микрофитобентоса Японского моря включает 259 видов и ввт [122].

Изученность ДВ Чёрного моря охватывает ряд направлений: морфологию, систематику, флористику, экологию, а также данные о фитогеографических, структурно-функциональных и продукционных характеристиках, обобщённых в ряде диссертационных и монографических работ [3; 11; 19; 23, 24; 58; 79; 85; 96; 97; 101; 110; 114; 116; 118; 162-166]. Кроме этого, выполнены экспериментальные работы по использованию методов репродуктивной биологии бентосных ДВ по скрещиваемости/нескрещиваемости видов, имеющих важное теоретическое и практическое значение при идентификации видовой принадлежности и оценке видового единства их популяций [26; 27; 98, 99, 101].

Интерес к изучению систематики и экологии диатомовых водорослей микрофитобентоса Чёрного моря возрос в конце XX и начале XXI столетий в связи с применением СЭМ и ТЭМ [23, 24; 102], а также расширения тематики экологических исследований [3; 13; 85; 116, 118; 124; 125; 129; 130; 148; 149]. Получено много новых данных по экологическим и фитогеографическим характеристикам сообществ ДВ в разных экотопах моря: эпифитоне, эпилитоне, перифитоне и рыхлых грунтах, для которых составлены списки таксономического состава видов, а также проанализировано видовое разнообразие.

Состояние изученности бентосных диатомовых водорослей Чёрного моря отражено в работах многих авторов [9; 11; 16; 19; 22-24; 28; 44; 46; 48; 58; 61; 67; 79; 80-83; 85; 92; 93; 97; 103, 110, 114, 116, 118, 119; 121; 124; 127; 139; 148; 162-167;

190, 191; 198, 199, 201, 202]. Из этих работ следует, что к настоящему времени донные ДВ исследованы во всех секторах моря: болгарском, грузинском (в меньшей степени), румынском, турецком, российском и украинском.

Работ о состоянии изученности ДВ эпифитона донной растительности в Чёрном море меньше, чем на других субстратах. Для северо-западной части моря можно отметить данные о ДВ эпифитона 9 видов макрофитов Филлофорного поля Зернова, выполненных в 3-х рейсах НИС «Академик Ковалевский» в 1989, 1990, 1993 гг. [103; 127]. Обнаружено 129 видов Bacillariophyta, из них большое количество принадлежит 62 бентосным видам родов: *Diploneis* (12), *Amphora* (10), *Navicula* (9), *Halamphora* (7), *Cocconeis*, *Lyrella*, *Nitzschia* и *Coscinodiscus* по 6 видов [103, 127]. В эпифитоне макрофитов двух видов из рода *Phyllophora* летом 1989 г. в эпифитоне филлофор найдено 88 видов ДВ, осенью 1990 г. – 105, в мае 1993 г. – 40. В эпифитоне *Phyllophora crispa* зарегистрировано 60 и 61 вид, *Ph. truncata* – 20 и 58. Всего отмечено общих видов 17/44/24 соответственно в 1989/1990/1993 гг. [103].

В прибрежной зоне Одесского залива на макрофитах родов *Bryopsis*, *Ceramium*, *Cladophora*, *Ectocarpus*, *Polysiphonia*, *Ulva* было обнаружено 23 вида и ввт ДВ [140]. Установлено, что степень заселения ими макрофитов бывает неодинаковой, наряду с этим слабо обрастают виды с пластинчатым типом талломов (10–50 %) по сравнению с цилиндрическим типом (50–100 %).

Однако остановимся на изученности ДВ крымского побережья Чёрного моря. Разработка видового разнообразия донных диатомовых принадлежит ряду авторов [58; 80-83; 91; 118; 150; 151; 190; 191], в том числе у берегов Карадага [84; 100; 109; 148; 153]. Тем не менее, работ об исследовании ДВ эпифитона донной растительности в этом регионе достаточно мало. Ниже рассмотрим некоторые из них.

Известно, что качественный состав и сезонные изменения в количественной структуре эпифитона макрофитов зависят от некоторых биотических и абиотических факторов. К ним относятся, различного рода биохимические процессы водорослей-макрофитов и их эпифитов, выедание диатомовых

водорослей различными консументами, структура поверхности и форма таллома макрофитов, возраст, физиологическое состояние и др. [57; 61; 105; 106; 109; 112, 113; 118; 123; 125].

Диатомовые водоросли эпифитона выполняют разнообразные экологические функции [185]. Они могут жить прикрепленными к поверхности растений с помощью внеклеточных полимерных веществ и конкурировать с макрофитами за ресурсы (например, свет и питательные вещества). ДВ представляют собой отличную модельную систему для изучения взаимодействий между эпифитами и их растениями-хозяевами в различных условиях окружающей среды.

Исследованию ДВ эпифитона-макрофитов в разных регионах моря посвящён ряд работ, в которых указан не только видовой состав, но и впервые дана сезонная динамика количественных характеристик в зависимости от типа субстрата, температуры и глубины обитания [103; 104; 106, 107; 118; 127; 129]. Экспериментально показано, что талломы макрофитов, имеющие пластинчатые и осевые структуры по-разному заселяются ДВ, предпочтительно осевые [105; 118]. Это было подтверждено дальнейшими работами [107; 118]. Исследовано не только видовое богатство донных диатомовых водорослей, но и их структурно-функциональные характеристики, сезонная динамика популяций и сообществ в разных морских экотопах. Это особенно важно в связи с проблемами оценки качества воды и охраны природных ресурсов [118].

Среди микроводорослей имеются виды, интенсивное развитие которых способно вызывать "цветение" воды в море, а также потенциально токсичные виды, выделяющие токсичные метаболиты, например, домоевую кислоту. По показателям их количественного развития можно оценивать качество водных экосистем. Значимость ДВ также заключается в их использовании для целей экологической безопасности [110; 115].

Одна из первых работ по изучению видового состава и количественных характеристик бентосных ДВ на поверхности стеклянных пластин и макрофитов в Севастопольской бухте принадлежат З.С. Кучеровой [57]. Она указала на 17 видах

макрофитов 12 видов ДВ, отметив, что динамика плотности поселения ДВ на макрофитах имеет много общего с микрофитообрастаниями на стёклах, различия проявляются в количественных соотношениях. В целом, для некоторых районов Чёрного моря и прилегающих водоёмов можно отметить достаточно хорошую изученность систематического состава ДВ микрофитобентоса, сезонной изменчивости его состава и количественных показателей.

При комплексных исследованиях видового состава макрофитов, обитающих на глубине 0–20 м у мыса Омега (Севастополь) в открытой части моря [41], и микроводорослей эпифитона 15 видов бурых, красных и зелёных водорослей проведён сравнительный анализ видового состава, численности и биомассы ДВ, а также установлены их структурные показатели (индекс Шеннона, коэффициент Сёренсена) [107].

Исследованы водоросли-макрофиты Rhodophyta: *Antithamnion cruciatum* (Agardh) Näg., *Ceramium rubrum* (Huds.) Agardh, *Corallina officinalis* L., *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. et Thur., *Jania rubens* (L.) Lamour., *Laurencia papillosa* (Forsk.) Grev., *L. obtusa* (Huds.) Lamour., *Phyllophora nervosa* (DC.) Grev., *Polysiphonia subulifera* (Agardh) Harv. Phaeophyta: *Cystoseira crinita* Bory, *Dilophus fasciola* (Roth) Howe, *Sphacelaria cirrhosa* (Roth) Agardh, *Stilophora rhizoides* (Ehrenb.) J. Agardh и Chlorophyta: *Cladophora albida* (Huds.) Kütz., *Ulva rigida* Agardh. Обнаружено 42 вида ДВ, из них на 6 видах отдела Rhodophyta найдено 33 вида ДВ, на 3 видах отдела Phaeophyta – 21 и на зелёной водоросли *Ulva rigida* Agardh – 18 видов. Наиболее активно заселялись диатомовыми водорослями талломы *C. crinita* на глубине 10 м. В наименьшей степени обрастали ДВ зелёные водоросли *Cl. albida* и *U. rigida* у уреза воды при входе в бухту Круглую.

При изучении диатомовых водорослей эпифитона разных видов макрофитов в акваториях Севастополя (Троицкая балка, Стрелецкая, Матюшенко и Казачья бухты, а также мысы Херсонес и Айя), для которых указано 11 общих видов и разновидностей ДВ: *Amphora parvula*, *Berkeleya rutilans*, *B. micans*, *Cylindrotheca closterium*, *Diatomella salina* var. *septata*, *Grammatophora marina*, *Cerataulina*

pelagica, *Licmophora abbreviata*, *Navicula ammophila* var. *intermedia*, *Nitzschia* sp., *Tabularia fasciculata* [118].

Впервые исследованы ДВ в эпифитоне двух видов грацилярий *Gracilaria verrucosa* (Huds.) Papenf. и *Gracilaria dura* (Agardh) J. Agardh в крымском побережье [104: 106]. Красные водоросли рода *Gracilaria* Grev. иногда преобладают в донных сообществах шельфа Чёрного моря и являются одними из ценных агароносов, объектов культивирования для получения агара [40; 134]. В Казачьей бухте располагаются наибольшие скопления грацилярий *Gr. verrucosa* и *Gr. dura*, скопившиеся в основном в восточной части бухты на илисто-песчаных и песчаных грунтах среди зарослей zostеры на глубине 3-8 м [40; 41; 69; 75; 76].

Отмечено, что грацилярии максимально развиваются в летне-осенний период, а диатомовые – в ранневесенний период. Разные условия обитания грацилярий показали широкий спектр доминирующих ДВ (26 видов), из них 23 встречались во все сезоны года, 13 являются широко распространёнными не только в Чёрном море, но и в других морях Мирового океана. Вид *Nitzschia hybrida* f. *hyalina*, широко распространён у крымских берегов, достигает массового развития в январе. В эпифитоне донной растительности бывшего заказника «Бухта Казачья» указано 110 видов и ввт ДВ, в том числе 97 – в эпифитоне грацилярий, 22 – цистозир и 30 – зелёных водорослей [118].

В Чёрном море распространёнными два вида бурой водоросли цистозир – *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. Agardh. и *Cystoseira crinita* Duby, которые обладают широкой экологической изменчивостью, отличаются строением и условиями обитания [25; 41; 71; 112; 113]. Наибольшее количество видов ДВ обнаружено на стволах и ветвях *C. barbata*. Однако, как показано авторами, численность и распределение количества видов ДВ в соответствии с возрастом структурных элементов цистозир зависит в основном от района исследования, т.е. определяющую роль в формировании данных показателей играют внешние абиотические факторы среды. Кроме бентосных видов и видов-обрастателей, на талломах цистозир изучены также бентопланктонные виды диатомей, встречающиеся и в бентосе, и в планктоне Чёрного моря: *Coscinodiscus jonesianus*,

N. hybrida f. *hyalina*, *Entomoneis paludosa*, *Pleurosigma elongatum*, *Leptocylindrus danicus*, *Nitzschia* sp., *Striatella* spp. и другие. В эпифитоне *C. barbata* в августе 2002 г. в Мартыновой бухте (г. Севастополь) на глубине 2,5 м при температуре воды 24,4 °С и солёности 18 ‰ найдено 14 видов Bacillariophyta с преобладанием морских видов (67 %) и β -мезосапробионтов (53 %) и космополитов (33 %) [128].

Основными видами-доминантами, определяющими структуру диатомового сообщества в зарослях макрофитов, были представители родов *Cocconeis*, *Striatella*, *Licmophora*, *Navicula* [113]. Средние значения количества видов диатомовых, обнаруженных в эпифитоне всех исследованных макрофитов, к концу лета повышались в 3–4 раза независимо от района обитания. Коэффициент сходства видового состава диатомовых водорослей в мае и августе в среднем составил 60 %. С увеличением глубины отмечена тенденция к уменьшению значений этого коэффициента.

При изучении эпифитона водорослей-макрофитов *Cladophora* sp., *Codium vermilara* (Olivi) Delle Chiaje, *Bryopsis plumosa* (Hudson) C. Agardh, *Ulva linza* Linnaeus, *U. lactuca* Linnaeus, отобранных с глубины 15–25 м в Севастопольской бухте, А.И. Прошкина-Лавренко [97] отмечала, что некоторые виды зелёных водорослей родов *Bryopsis* и *Ulva* не обрастают диатомовыми. Ранее ульву относили к видам, не обрастающим ДВ [195]. Однако этот вид обитает в основном на мелководье, поэтому из-за условий среды, возможно, авторы не всегда могли их обнаружить. Так, Л.И. Рябушко [118] отмечала, что иногда во время спороношения в эпифитоне ульвы ДВ не были обнаружены. Наши исследования диатомовых водорослей эпифитона зелёной водоросли *Br. plumosa* из разных регионов Чёрного и Эгейского морей показали, что макрофит заселяется в основном диатомовыми водорослями с разной степенью интенсивности [125].

Позже было установлено, что зелёные водоросли-макрофиты достаточно интенсивно заселяются диатомовыми. В районах крымского побережья Чёрного моря детально изучены диатомовые водоросли эпифитона зелёных водорослей-макрофитов [118; 119]. По результатам исследований видового разнообразия ДВ

эпифитона 14 видов зелёных водорослей крымского побережья Чёрного моря за период с 1987 по 2012 гг. обнаружено 106 видов и внутривидовых таксонов Bacillariophyta, из них в эпифитоне – 53. Наибольшее количество ДВ (39) найдено в эпифитоне *Ulva rigida* C. Agardh, численность их варьировала от 1,8 до 12 10^3 кл. $см^{-2}$ с максимумом в августе при температуре воды 23 °С.

Исследованы диатомовые водоросли эпифитона трёх видов зелёных водорослей-макрофитов *Ulva compressa* L., *U. intestinalis* L. и *Cladophora sericea* (Huds.) Kütz., собранных Л.И. Рябушко в ноябре 2018 г. в Самсунском заливе Чёрного моря (Турция) с нижней части валуна, погружённого в воду в районе пляжа г. Самсун в зоне прибоя на глубине 0,3 м [77]. Обнаружено 17 видов ДВ, принадлежащих к 2 классам, 6 порядкам, 8 семействам и 12 родам, близким по видовому составу с крымским побережьем. Из них на талломах *U. compressa* – 15 видов ДВ, *U. intestinalis* – 8 и *C. sericea* – 5.

Кроме водорослей-макрофитов, в качестве базифита для поселения диатомовых водорослей изучали и высшую водную растительность, в частности, морские травы. Так, для побережья Средиземного моря приведён видовой состав ДВ эпифитона *Z. marina* [179] и для крымского побережья Чёрного моря [111; 118; 130; 152].

В Чёрном море *Zostera marina* L. занимает доминирующее положение среди цветковых растений, имеющая ряд эколого-биологических особенностей (мощная корневая система, высокая интенсивность размножения), которые обеспечивают этому виду доминирование в некоторых районах, в частности, указаны в заливе Донузлав и в бухтах Карантинная и Казачья [1; 68; 69; 70]. В эпифитоне *Zostera noltii* Hornemann в Казачьей бухте указано более 30 видов диатомовых водорослей, принадлежащих 24 родам, с указанием численности и биомассы и доминирующего вида *Cocconeis scutellum* [193].

Бухта Карантинная охвачена многолетним изучением ДВ эпифитона макрофитов. На талломах красных водорослей *Callithamnion corymbosum*, отмечено обилие колоний *Licmophora abbreviata*, *Grammatophora marina*, *Berkeleya rutilans*, *Tabularia tabulata*; *Ceramium pedicellatum*, диатомеи и их

колонии крайне редки, вероятно из-за прибойя; встречены единичные клетки ДВ *Nitzschia tenuirostris* и распавшиеся колонии *Detonula confervacea*, здесь отмечены *Campylodiscus fastuosus*, *Cylindrotheca closterium*, *Licmophora abbreviata*, *L. flabellata*, *Tabularia fasciculata*, *T. tabulata*, *Trachyneia aspera*. [118]. Кроме макрофитов, проведены комплексные исследования ДВ эпизоона культивируемой мидии *Mytilus galloprovinciales* Lam. и перифитона стеклянных пластин. [2, 3; 111; 118; 123; 129]. В разных местах бухты Карантинная, включая в полузакрытой части и в районе мидийно-устричной фермы для сравнения изучены сообщества ДВ в эпифитоне макрофитов и перифитоне экспериментальных полимерных материалов (мусор) [150-152].

Залив Донузлав обследован слабее других районов Крыма. До сих пор для залива отсутствуют работы по изучению сезонной динамики количественных характеристик и других показателей донных сообществ ДВ. Для этого водоёма имеется ряд данных по фитопланктону, в которых указаны некоторые бентосные виды ДВ. Из макрофитов здесь отмечены неприкрепленные красные водоросли *Laurencia obtusa* (Huds.) J.V. Lamour, *Polysiphonia subulifera* (C. Agardh) Harv. и бурые *Cystoseira barbata* C. Agardh f. *aurantia* (Kütz.) Giaccone, а также представители рода *Chara* L. (*Ch. vulgaris* (L.) emend. Wallr. = *Ch. foetida* A. Br.), *Ch. aculeolata* Kütz. и морские травы [70].

По данным П.М. Христюка (1949), в пресноводной части оз. Донузлав выявлено 15 видов ДВ из 11 родов: *Cyclotella meneghiniana* Kütz., *Tabularia fasciculata*, *Achnanthes brevipes*, *Frustulia vulgaris* (Thwaites) De Toni, *Caloneis amphisbaena* (Bory) Cleve, *Gyrosigma spenseri* (Quek.) Griff. et Henfr., *Hantzschia amphioxys* (Ehrenb.) Grun., *Nitzschia brevissima* Grun., *N. lorenziana* Grun., *N. reversa* W. Sm., *N. umbonata* (Ehrenb.) Lange-Bert., *Tryblionella hungarica* (Grun.) D.G. Mann, *Surirella linearis* W. Sm., *S. ovalis* Bréb., *S. brebissonii* var. *kuetzingii* Krammer et Lange-Bert. [цит. по 59]. Указанный вид *N. reversa* является в настоящее время синонимом *Cylindrotheca closterium* [114; 200].

В планктоне пресноводной части оз. Донузлав Лилицкая и Царенко [59] указали 40 видов и ввт ДВ, в т.ч. ими обнаружено четыре новых таксона для

флоры Украины (*Actinocyclus subtilis* (W. Greg.) Ralfs in A. Pritch., *Achnanthes subsessilis* Kütz., *Amphora mexicana* A. Schmidt, *Plagiotropis lepidoptera* (W. Greg.) Kütz. var. *intermedia* Kisseler). Эти виды являются бентосными, которые из-за мелководья нашли в фитопланктоне. Авторы отмечают, что это первые сведения, приведённые для планктона Донузлав. Однако первые сведения о ДВ фитопланктона этого водоёма приведены в работе сотрудников ИнБЮМ [132]. Ими обнаружено 45 видов ДВ, из которых 16 являются бентосными и 8 – бентопланктонными. Следует отметить, что за период времени, прошедшего за время исследования, в списке видов имеются ошибочные и уже устаревшие названия. Нами изучены ДВ эпифитона макрофитов и эпилимона каменистых грунтов зал. Донузлав после соединения озера с морем [130; 151; 152].

Другим районом наших исследований Bacillariophyta является Инкерманская бухта. В районе устья реки Чёрная (сильно загрязненная внутренняя часть Севастопольской бухты) на рыхлых грунтах обнаружено 116 видов и ввт диатомовых [82]. Акватория б/с Батилиман представлено исследованием только макрофитобентоса [63], данные о ДВ отсутствуют.

Выводы по главе 1. Анализ собственных и литературных данных по состоянию изученности ДВ крымского побережья Чёрного моря показал, что имеющиеся сведения, начиная от первых работ, где авторы изучают видовой состав, систематику и описание новых видов, и до настоящего времени, имеют, в основном, ботаническую направленность. Также имеются ограниченные данные о сезонной динамике численности и биомассы ДВ и описание структуры сообществ разных экотопов моря. В большинстве работ содержатся сведения о видовом составе диатомовых водорослей на разных субстратах, но крайне мало данных, охватывающих регулярные комплексные исследования – одновременное изучение флористических и экологических характеристик ДВ, особенно эпифитона макрофитов. Практически отсутствуют работы о количественных характеристиках ДВ эпифитона донной растительности крымского побережья. В районах мидийно-устричных ферм отсутствуют не только данные о количестве и сезонной динамике ДВ, но даже нет итоговых списков видов.

ГЛАВА 2 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Чёрное море принадлежит к средиземноморскому типу, отличается от морей открытых, широко сообщающихся с океаном. Море является достаточно тепловодным водоёмом, имеющим пониженную солёность воды (15–18 ‰), вдвое ниже океанической. Температура поверхностной воды в летнее время достигает 27–29 °С, с глубиной температура падает, а с 150–200 м до дна остаётся постоянной в течение круглого года (около 9 °С).

Флора крымского побережья Чёрного моря характеризуется высоким структурным разнообразием и представлена водорослями-макрофитами и высшими цветковыми растениями. Зелёные водоросли распространяются вглубь до 5 м, глубже количество видов уменьшается. Бурые водоросли растут до 25–30 м, а глубже преобладают красные водоросли [71]. На глубине 20–25 м водоросли распределяются по скалистым склонам, поскольку прозрачность воды здесь достигает 15–18 м и видовое разнообразие максимальное.

Значительная протяжённость прибрежных участков крымского побережья Чёрного моря, а также разнообразие гидрологических и гидрохимических условий обитания донной растительности, оказывает влияние на распределение микроводорослей на макрофитах-базифитах в локальных местообитаниях. Кроме этого, на распределение макрофитов, как и на ДВ микробиобентоса, влияют и другие разные факторы среды – волнение моря (шторм, интенсивность прибойных явлений, течения и др.), прозрачность воды и характер подстилающих грунтов. Широкий спектр разнообразных субстратов можно рассматривать как потенциальный субстрат для заселения микроводорослей [118].

Микроводоросли поселяются на различных видах макрофитов и поэтому используют общий энергетический, минеральный и пищевой ресурс в местах совместного обитания в море. Макрофиты и диатомовые водоросли широко используются при биоиндикации вод Чёрного моря. Видовой состав и количественное развитие ДВ эпифитона макрофитов зависят от некоторых

факторов биотических (биохимические взаимодействия водорослей-макрофитов и эпифитонов), структуры поверхности и форма таллома макрофита, и абиотических (температура, солёность, освещённость, концентрация биогенных элементов, органических веществ и др.) [30; 97].

Кроме водорослей-макрофитов нами рассмотрены цветковые растения: zostера, рдест и руппия. Из них особенно ценным является пектин zostерин, производимый из морской травы zostеры, аналогов которому нет в других растениях. По своим биохимическим свойствам является полисахаридом пектиновой природы [144].

2.1 Залив Донузлав, бухты Карантинная и Инкерманская, акватория биостанции Батилиман

Диатомовые водоросли, обитающие на поверхности донной растительности (эпифитон), являются объектом наших исследований в следующих районах крымского побережья Чёрного моря (рисунок 2.1):

- Залив Донузлав, акватория и районы мидийно-устричных ферм;
- Бухта Карантинная: пляж, район мидийно-устричной фермы и акватория, примыкающая к корпусу ИнБЮМ,
- Инкерманская бухта, акватория которой подвержена сильному антропогенному влиянию.
- Акватория б/с Батилиман отличается высокой прозрачностью воды.

Залив Донузлав (рис. 2.1, 2.2) расположен в северо-западной части Крымского полуострова. Его статус до конца не определён. В литературных источниках указан как лиман, озеро и залив [201]. Локализуется залив на западе полуострова, неподалеку от курорта Евпатория (Тарханкут). Длина береговой линии зал. Донузлав составляет 104 км. Широкая южная часть залива и прибрежные районы являются наиболее мелководными и имеют глубины 1–3 м.

В средней части глубины составляют 7–15 м, в районе центральной котловины достигают 12–20 м, наибольшая глубина – 27 м. Температура воды на

поверхности залива выше, чем на взморье, что обусловлено быстрым прогреванием вод на мелководье [45].

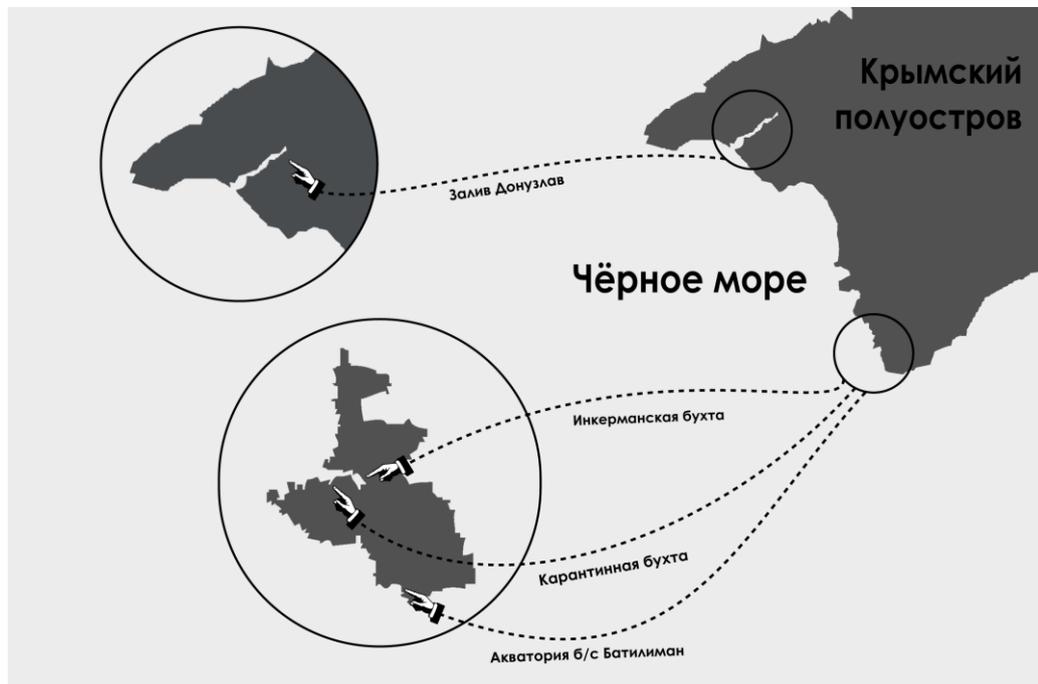


Рисунок 2.1 – Общая карта-схема районов исследования диатомовых водорослей крымского побережья Чёрного моря



Рисунок 2.2 – Схема отбора проб в заливе Донузлав (цифры – номера станций)

В распределении солёности существенных отличий между станциями не отмечено, а для вертикального распределения солёности характерно

квазипостоянство по глубине. В местах выхода подземных вод происходит значительное уменьшение концентрации растворённых солей и наблюдается сильное заболачивание прибрежных участков [135].

Гидрохимические исследования зал. Донузлав в местах отбора проб показали, что содержание растворённого кислорода здесь находится в диапазоне от 10,14 до 10,42 мл·л⁻¹ при среднем значении 10,29 мл·л⁻¹ [201]. Значения БПК₅ были низкими, варьировали от 0,34 до 0,82 мгО₂·л⁻¹, что в 2,5–6 раз ниже минимально допустимой концентрации (2,0 мгО₂·л⁻¹), что свидетельствует об относительной чистоте вод. Величина окисляемости варьировала в пределах от 2,68 до 3,67 мгО₂·л⁻¹ и была ниже минимально допустимого уровня (4,0 мгО₂·л⁻¹), что подтверждает отсутствие загрязнения воды в этом районе. Значения органического фосфора изменялись от 6,1 до 9,5 мкг·л⁻¹, а концентрации минерального фосфора (PO₄) находились в узком диапазоне (от 0,9 до 1,7 мкг·л⁻¹).

В целом воды зал. Донузлав имеют низкий уровень загрязнения и не превышают норм санитарно-допустимых показателей. Минерализация вод в разных частях неоднородна и зависит от водообмена с морем. Динамику вод залива определяют ветровые условия, формирующие сгонно-нагонные процессы.

Весной вода интенсивно прогревается и происходит формирование термической стратификации. В температурном режиме неглубоких вод наблюдается переменчивость; температура доходит до 11 °С, вода нагревается до 10 – 15 м; зимой минимальная отмечена в феврале 2020 г (7 °С), максимальная (26 °С) – в июле 2018 г. (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Температура воды (T , °С) в заливе Донузлав в 2018 – 2020 гг.

Дата	20.06.18	21.06.18	28.01.19	19.11.19	07.12.19	11.01.20	14.02.20
T , °С	25,0	24,4	10,0	14,1	8,9	9,8	7,0

Летний сезон характеризуется развитым сезонным термоклином. В сентябре наступает выхолаживание вод, которое продолжается до ноября, когда вследствие

конвективного смешивания размывается слой скачка и выравнивается температура по всей толщине воды.

Солёность воды в зал. Донузлав изменяется в пределах 17,5–18,2 ‰ в зависимости от температуры, времени года и глубины. До соединения с морем содержание солей большей части озера составляло 90–95 ‰ [36]. Солёность воды, согласно нашим наблюдениям, изменялась от 16,66–18,52 ‰. Повышение солёности связано с уменьшением объёма вод, которые поступают через судоходный канал. Через него осуществляется интенсивный водообмен между заливом и морем (течение в верхнем слое направлено из залива, в придонном – из моря в залив) [86].

В растительном покрове залива указаны морские травы и некоторые водоросли-макрофиты, что обусловлено составом и структурой донных осадков, но они ещё слабо исследованы [70]. Макрофиты собраны в 2018, 2019 и 2020 гг. Летом (20–21 июня) 2018 г. пробы отобраны на станциях 3, 8, 9, которые находятся на мористой части косы Южной (рисунок 2.2).

В Севастопольской бухте выделяют малые бухты, среди которых нами исследованы Карантинная и Инкерманская. Севастопольская бухта фактически является бывшим руслом реки Чёрная. Эта река является единственной, которая питает пресной водой акваторию бухты. Впадая в море в верховьях бухты, р. Чёрная образует небольшую илистую дельту.

Бухта Карантинная расположена к западу от южного входного мола (44°36'56.4"N, 33°30'12.4"E и 44°36'37,7"N, 33°30'04.0"E), общая протяжённость – около 8 км (рис. 2.3). Бухта непосредственно связана с открытой частью моря и подвержена интенсивному загрязнению. Значительное воздействие на показатель качества воды в бухте оказывает поступление сточных вод до 547 тыс. м³·год⁻¹, что способствует образованию высокой концентрации биогенных элементов в акватории [89]. Согласно данным Государственной инспекцией охраны Чёрного моря, ежедневно в Карантинную бухту сбрасывается до 50 м³ сточных вод [50].

В бухте Карантинная почти без очистки поступают хозяйственно-бытовые, промышленные и ливневые стоки. Техногенное влияние в этом районе столь

существенно, что она представляет природно-антропогенную систему. Из-за многолетних систематических загрязнений нарушен естественный состав и качество вод бухты [78]. Индекс E-TRIX для вод бухты Карантинная варьирует от 2,42–4,18, значение индекса ниже 4 соответствует чистой морской воде [203]. Донные осадки в бухте также загрязнены, в них обнаружено достаточно значимое содержание битумоидов и нефтеуглеводородов [74].



Рисунок 2.3 – Станции отбора проб в бухте Карантинная

Минимальная температура воды, отмеченная в феврале 2019 года, составляла 3,0 °С, максимальная – в июле 26,0 °С (таблица 2.2). При сборе материала в 2018 г. солёность прибрежных вод составляла в среднем 17,9 ‰, а в 2019 г. и начале 2020 г. – 18,6 ‰.

Таблица 2.2. – Температура воды (T , °С) в период отбора проб в бухте Карантинная, 2018-2020 гг.

T , °С	Дата
18,0	15.08.18
22,6	08.06.18
26,0	11.07.18
22,6	06.08.18
25,0	11.09.18
13,0	27.11.18
3,0	28.02.19
10,0	04.03.19
10,6	05.04.19
15,0	14.05.19
23,6	10.06.19
23,0	01.07.19
17,4	29.10.19
12,7	03.12.19
9,6	13.01.20
9,2	17.02.20
8,8	23.02.20

Донная растительность в бухте Карантинная представлена водорослями-макрофитами, относящимися к красным, бурым и зелёным. Прибрежные макрофиты бентоса нами отобраны в районе пляжа и акватории, примыкающей к корпусу ИнБЮМ, с мая 2018 г. по март 2020 г. для определения качественного и количественного состава диатомовых водорослей эпифитона донной растительности.

Инкерманская бухта (рисунок 2.4) расположена в устье реки Чёрная ($44^{\circ}36'49.9''N$, $33^{\circ}35'59.4''E$). Этот солоноватый водоём относится к верховью Севастопольской бухты в черте города Инкерман. Как и другие реки региона р. Чёрная относится к паводному типу. Основная часть стока приходится на зимний и весенний периоды. Даже в условиях зарегулированного стока р. Чёрная оказывает большое влияние на полузамкнутую акваторию бухты [37]. Из-за близкого расположения города Инкерманская бухта характеризуется сложной экологической обстановкой. Нами она выбрана как сильно загрязнённая бухта с деятельностью предприятий, которые зачастую сбрасывают свои сточные воды без очистки. Техногенное влияние на бухту настолько существенно, что она представляет собой природно-антропогенную систему.

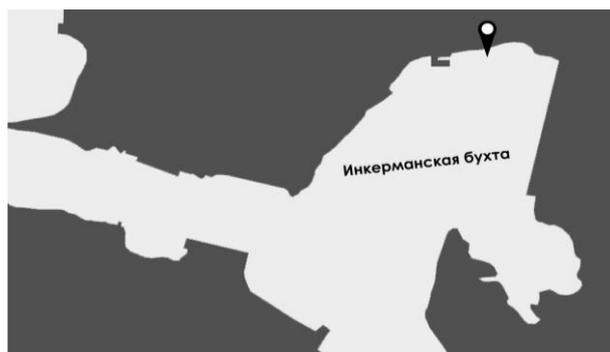


Рисунок 2.4 – Вид Инкерманской бухты в районе отбора проб

Устье реки Чёрной является весьма мощным источником фосфатов для Севастопольской бухты. Воды реки, трансформируясь, достигают района фермы в бухте Карантинная [56]. Особенности пространственного распределения окисленных форм неорганического азота (нитратов и нитритов) в водах реки

практически такие же, как и фосфатов, а также река является поставщиком кремневой кислоты [47]. Температурный режим Инкерманской бухты характеризуется тем, что минимум средней температуры приходится на февраль. В апреле начинается прогрев воды и формирование сезонного термоклина, который наиболее развит в июле. Минимальная температура (3 °С) отмечена в феврале, максимальная (26 °С) – в июле 2019 г. (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Температура воды (T , °С) в Инкерманской бухте, 2018–2020 гг.

Дата	24.12.18	23.01.19	26.02.19	12.03.19	25.04.19	25.05.19	16.06.19	08.07.19	22.08.19	26.09.19	06.10.19	18.11.19	08.12.19
T , °С	11,0	8,0	3,0	8,0	10,0	20,0	22,0	26,0	23,0	20,3	19,4	15,0	9,3

Солёность вод бухты формируется под воздействием водных масс реки. Сток реки зарегулирован, солёность поверхностного слоя в бухте ниже, чем за пределами бухты. Сезонные изменения солёности поверхностных вод бухты реки весьма существенны и могут варьировать от 11,0 до 17,9 ‰, причём и в половодье, и в межень – во время летних засух [38]. Наибольшее значение солёности поверхностных вод в среднем зарегистрированы в декабре, когда течение из Чёрного моря усиливается. Наименьшее значение солёности отмечено в июле. В среднем солёность поверхностных вод в период исследования составила 15,5 ‰.

Несмотря на существенное антропогенное влияние, в Инкерманской бухте встречаются заросли макрофитов, в основном *Cystoseira crinita*, *C. barbata*, реже – *Polysiphonia subulifera* и морские травы *Ruppia cirrhoza* и *Stuckenia pectinata*. Нами исследованы прибрежные диатомовые водоросли бентоса северного берега бухты. Материал собирали ежемесячно в течение годового цикла с декабря по декабрь 2018–2019 гг.

Акватория биостанции Батилиман (рисунки 2.5) находится в крайней западной части Южного берега Крыма на побережье Чёрного моря (44°41'82.7"N,

33°68'98.9"E) и относится к открытому типу, что способствует динамической активности вод. Воды достаточно аэрированы от поверхности до дна. Обеспеченность кислородом во всем слое воды высокая (94–120 %); отмечено отсутствие дефицита кислорода в придонном слое.

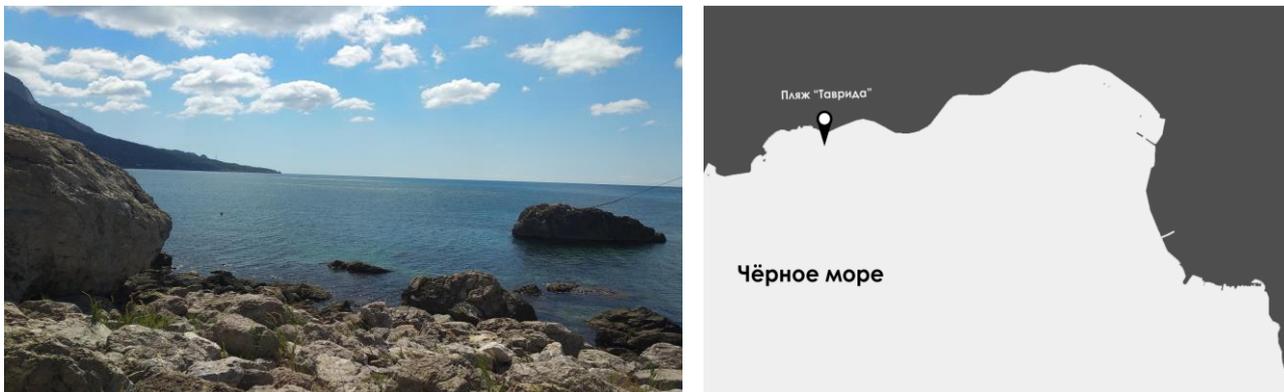


Рисунок 2.5 – Акватория биостанции Батилиман в месте отбора

Интерес к этому району обусловлен как его уникальными рекреационными характеристиками, так и оптимальными качествами для развития аквакультуры. В целом, исследованный район является условно не загрязнённым.

2.2 Районы мидийно-устричных ферм (Карантинная и Донузлав)

Мидийно-устричная ферма в бухте Карантинная находится между южным молем Севастопольской бухты и западной границей гидрологического памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического» (рисунок 2.6). Исследования гидролого-гидрохимических характеристик в районе фермы показали, что между температурой и солёностью наблюдается средняя корреляция, между температурой и содержанием растворённого кислорода в воде – очень сильная. Довольно сильная взаимозависимость отмечена между солёностью, нитратами и нитритами на горизонте 6 м. Между остальными гидролого-гидрохимическими параметрами установлены средние связи, но менее устойчивые [123]. Ранее для данного района отмечены повышенные, по

сравнению с фоном, концентрации минеральных и органических форм азота, фосфора, растворённого органического вещества, БПК₅ [55].

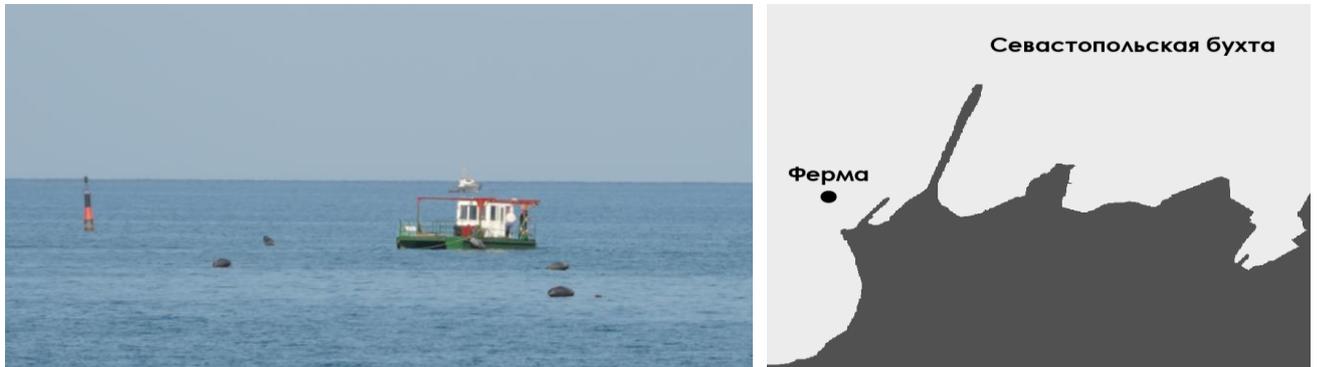


Рисунок 2.6 – Мидийно-устричная ферма в бухте Карантинная и место отбора проб

Наибольшие значения индекса эвтрофикации E-TRIX отмечены для вод Севастопольской и Карантинной бухт. Главную роль в эвтрофикации среды играют высокие концентрации азота и фосфора. По значению E-TRIX воды Севастопольского взморья относятся к низкому трофическому уровню. Это указывает на низкие концентрации биогенных веществ, неплохую аэрацию вод и их высокую прозрачность [21]. Благодаря близкому расположению к выходу из бухты, за счёт водообмена с прилегающей частью моря, обновление вод происходит достаточно интенсивно [145]. Выявлено, что наличие в морской среде широкого спектра техногенных веществ, например, хлорированных углеводородов (α -, γ -, β - гексахлорциклогексан, ДДТ, его метаболиты и др.) оказывает негативное влияние на экосистему.

Концентрация биогенных элементов в воде находится под влиянием многолетних, кратких периодических и сезонных колебаний. Наибольшая концентрация фосфора достигает $38,7 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$; кремния – $208,7 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$; нитритов – $5,0 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$, минимальная – $3; 16,3; 0,2 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$ [181]. Изменения концентрации биогенных элементов вблизи фермы, обусловленные жизнедеятельностью выращиваемых двустворчатых моллюсков в толще воды и придонном слое, не обнаружено. Вероятно, при смене водных масс происходит вынос продуктов жизнедеятельности моллюсков за пределы акватории, что и мешает их

аккумуляции в толще вод фермы. Для мидийно-устричной фермы характерны существенные изменения температуры воды, опускающейся ниже 10 °С в январе, а потом повышающейся до 26,6°С в августе (таблица 2.4).

Отмечено, что в августе 2018 г. с увеличением глубины до 11 м освещённость понижалась до 40 %. Внутригодовая изменчивость солёности отличается большим разнообразием, максимальная величина составляла 18,35 ‰ в феврале, а минимальная – 15,2 ‰ в июле.

Таблица 2.4 – Температура воды (T , °С) в районе мидийно-устричной фермы в бухте Карантинная в период отбора проб, 2018–2020 гг.

Дата	T , °С
20.07.18	25,0
15.08.18	26,6
18.09.18	24,4
17.01.19	8,6
08.02.19	8,6
04.03.19	10,0
04.04.19	9,8
14.05.19	15,0
14.06.19	22,0
18.07.19	23,2
18.10.19	17,2
12.11.19	16,2
12.12.19	11,4
19.02.20	9,0
20.03.20	9,1

Коллекторы с моллюсками заселяются представители всех крупных групп водорослей – зелёных, красных и бурых, а также микроводорослями планктона и бентоса [123; 134].

Мидийно-устричная ферма в заливе Донузлав. Защищённость водоёма от ветров, его стабильные гидролого-гидрохимические характеристики, а также наличие естественных популяций моллюсков (мидий и устриц) делает залив перспективным для промышленного культивирования рыб, моллюсков и водорослей. Солёность воды в районах отбора проб макрофитов составляла от 12,13 до 18,52 ‰. Минимальная температура (7 °С) отмечена в марте, максимальная (26 °С) – в июле 2018 г. (таблица 2.5). Концентрация растворённого кремния в январе 2019 г варьировала от 49,7 до 137,4 мкг·л⁻¹. Максимум отмечен осенью и зимой, минимум зарегистрирован в районе фермы на станции 4 (рисунок 2.2).

Таблица 2.5 – Температура воды (T , °C) на мидийно-устричной ферме в заливе Донузлав, 2018 – 2019 гг.

T , °C	Дата
11,0	13.04.18
24,4	19.06.18
26,0	12.07.18
19,8	05.10.18
10,0	28.01.19
7,0	22.03.19
10,6	08.04.19
11,0	30.04.19
20,7	27.05.19
25,3	21.06.19
24,6	11.07.19
22,0	22.08.19
22,0	16.09.19
15,9	09.10.19

Выводы по главе 2. Анализ общей характеристики районов исследования ДВ эпифитона макрофитов в крымском побережье Чёрного моря показал, что акватории различаются своими гидролого-гидрохимическими параметрами среды, и находятся под воздействием разнообразных антропогенных факторов в каждом конкретном местообитании, оказывающих влияние на качественный и количественный состав диатомовых водорослей и структуру их сообществ.

ГЛАВА 3 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Донная флора морей делится на макрофитобентос, состоящий из разнообразных макрофитов, и микрофитобентос (бактерии, водоросли и грибы). Макрофиты опоясывают мелководную зону Чёрного моря до глубины 60–80 м. Основную массу макрофитов составляют зелёные, красные и бурые водоросли, а также морские травы. Наибольшая масса макрофитов характерна для прибрежных скал на глубине 0–10 м. Флора крымского побережья Чёрного моря характеризуется высоким структурным разнообразием и представлена 5 отделами водорослей-макрофитов и одним – высшим цветковым растением [33].

Микроводоросли поселяются на различных видах макрофитов. Видовой состав и количественное развитие ДВ эпифитона макрофитов зависят от многих факторов: биотических (биохимические взаимодействия водорослей-макрофитов и эпифитов), структуры поверхности и формы таллома макрофита, и абиотических (температура, солёность, освещённость, концентрация биогенных элементов, органических веществ и др.) [31; 97]. Кроме водорослей-макрофитов нами рассмотрены цветковые растения: zostера, рдест и руппия. Из них особенно ценным является пектин zostерин, производимый из морской травы zostеры. По своим биохимическим свойствам он является полисахаридом [57; 143].

В главе рассмотрены материалы и методы сбора макрофитов, качественной и количественной обработки диатомовых водорослей, обнаруженных в эпифитоне разных видов донной растительности.

3.1 Материалы отбора проб макрофитов в разных акваториях Крыма

Макрофиты, как субстраты для поселения диатомовых водорослей, являются основным материалом в нашем исследовании, которые были собраны в пяти районах крымского побережья Чёрного моря (табл. 3.1).

Таблица 3.1 – Объём материала, собранного в крымском прибрежье Чёрного моря

Макрофит-базифит	Дата отбора проб	Глубина, м	Солёность, ‰	T°C	Кол-во проб
I-й район. Залив Донузлав (9 станций)					
<i>Ericaria crinita</i> (Duby) Molinari et Guiry, 2020	13.04.18	0,3	17,8	11,0	6
<i>E. crinita</i>					
<i>E. crinita</i>	19.06.18	1,0	18,01	23,4	3
<i>E. crinita</i>	20.06.18	0,5	18,52	25	12
<i>Zostera marina</i> Linnaeus, 1753					
<i>E. crinita</i>					
<i>Cladophora coelotrix</i> Kützing, 1845	21.06.18	1,0	18,54	24,4	3
<i>E. crinita</i>	12.07.18	1,0	18,52	26	3
<i>Z. marina</i>	05.10.18	0,2	16,58	19,8	6
<i>E. crinita</i>					
<i>E. crinita</i>	28.01.19	0,4	16,95	10,0	6
<i>E. crinita</i>		0,3	16,86		
<i>Gongolaria barbata</i> (Stackhouse) Kuntze, 1891	22.03.19	0,2	18,1	15	6
<i>G. barbata</i>					
<i>E. crinita</i>	08.04.19	0,1	17,97	10,6	9
<i>Ulva compressa</i> Linnaeus, 1753		0,1			
<i>Z. marina</i>		6			
<i>E. crinita</i>	30.04.19	0,2	16,76	11	6
<i>E. crinita</i>		0,1		10	
<i>G. barbata</i>	27.05.19	0,2	15,56	20,7	3
<i>E. crinita</i>	21.06.19	0,5	13,86	25,3	9
<i>G. barbata</i>					
<i>Cladophora vadorum</i> (Areschoug) Kützing, 1849					
<i>G. barbata</i>	11.07.19	0,5	15,67	24,6	3
<i>E. crinita</i>	22.08.19	0,5	12,13	22	6
<i>Ruppia cirrhosa</i> (Petagna) Grande, 1918					
<i>Stuckenia pectinata</i> (L.) Börner, 1912	16.09.19	4	16,7	22	9
<i>Lamprothamnium papulosum</i> (K. Wallroth) J. Groves, 1916		4			
<i>Z. marina</i>		1,5			
<i>L. papulosum</i>	09.10.19	2	17,71	15,9	6
<i>E. crinita</i>		1			
<i>Gelidium spinosum</i> (S.G. Gmelin) P.C. Silva, 1996	19.11.19	1	17,8	14,1	6
<i>G. barbata</i>	07.12.19	1	16,7	8,9	3
<i>G. barbata</i>	11.01.20	0,5	19,01	9,8	3
<i>G. barbata</i>	14.02.20	0,1	16,66	7,0	3
Всего:					111
II район. Бухта Карантинная (2 станции)					
<i>Chaetomorpha chlorotica</i> (Montagne) Kützing, 1849	18.05.18	0,1	17,7	18	3
<i>Cladophora liniformis</i> Kützing, 1849	08.06.18	0,1	17,81	22,6	3

<i>Ectocarpus siliculosus</i> (Dillwyn) Lyngbye, 1819	11.07.18	0,1	17,84	26	3
<i>E. crinita</i>	06.08.18	0,1	17,97	22,6	3
<i>E. crinita</i>	04.09.18	0,1	18	25	3
<i>G. barbata</i>	11.09.18	0,1	18	25	3
<i>Polysiphonia elongata</i> (Hudson) Sprengel, 1827	27.11.18	1,0	17,84	13	9
<i>E. crinita</i>					
<i>Gelidium latifolium</i> (Grevelli) Bornet ex Hauck., 1883					
<i>G. barbata</i>	28.02.19	0,2	16,96	3	3
<i>Cl. liniformis</i>	04.03.19	4,5	18,00	10	9
<i>Polysiphonia denudata</i> (Dillwyn) Greville ex Harvey, 1833					
<i>Ulva linza</i> Linnaeus, 1753					
<i>Cl. liniformis</i>	05.04.19	1,5	17,7	10,6	6
<i>Ceramium arborescens</i> J. Agardh, 1894	14.05.19	0,1	18,07	15	3
<i>U. compressa</i>	10.06.19	0,1	15,69	23,6	3
<i>Cladophora laetevirens</i> (Dillwyn) Kützinger, 1843	13.06.19	0,1	15,62	24,2	3
<i>Ulva rigida</i> C.A. Agardh, 1823	01.07.19	0,1	14,67	23	6
<i>Cl. vadorum</i>					
<i>Ul. compressa</i>	04.07.19	0,1	16,02	25,2	3
<i>Z. marina</i>	29.10.19	1,5	17,51	17,4	3
<i>E. crinita</i>	03.12.19	2	17,81	12,7	3
<i>G. barbata</i>	09.01.20	0,1	19,7	8,2	3
<i>E. crinita</i>	13.01.20	6	19,5	9,6	9
<i>G. latifolium</i>					
<i>U. rigida</i>					
<i>G. barbata</i>	17.02.20	0,1	18,35	9,2	3
<i>G. barbata</i>	23.03.20	0,1	18,02	8,8	9
<i>Polysiphonia subuliphera</i> (C.A. Agardh) Harvey, 1834					
<i>G. latifolium</i>					93
Всего:					93
III район. Мидийно-устричная ферма (1 станция)					
<i>Phyllophora crispa</i> (Hudson) P.S. Dixon 1964	20.07.18	12	18,03	25,0	9
<i>Nereia filiformis</i> (J. Agardh) Zanardini, 1846					
<i>U. rigida</i>					
<i>N. filiformis</i>	15.08.18	12	17,97	26,6	6
<i>Ph. crispa</i>	18.09.18	17	17,76	24,4	3
<i>U. rigida</i>	17.01.19	4,5	17,96	8,6	6
<i>Cl. vadorum</i>					
<i>Laurencia coronopus</i> J. Agardh, 1852	08.02.19	4	16,96	8,6	3
<i>Ceramium secundatum</i> Lyngbye, 1819	08.02.19	4	16,96	8,6	3
<i>Callithamnion corymbozum</i> Lyngbye, 1819	04.03.19	6	18,00	10	3
<i>Bryopsis plumosa</i> (Hudson) C.A. Agardh, 1823	04.03.19	6	18,00	10	3
<i>Pylaiella littoralis</i> Kjellman, 1872	04.03.19	6	18,00	10	3
<i>Ulva clathrata</i> (Roth) C.A. Agardh, 1811	04.04.19	3	17,7	9,8	12
<i>C. arborescens</i>					
<i>U. compressa</i>					
<i>P. littoralis</i>					

<i>Feldmannia paradoxa</i> (Montagne) Hamel, 1939	14.05.19	2	18,07	15	3
<i>P. littoralis</i>	14.06.19	4	14,64	22	9
<i>U. rigida</i>		6	17,98	22	
<i>E. crinita</i>		6	17,98		
<i>E. crinita</i>	18.07.19	7	15,2	23,2	9
<i>U. rigida</i>		9			
<i>Codium vermilara</i> (Olivi) Delle Chiaje, 1829		1			
<i>Cladophoropsis membranacea</i> Børgesen, 1905	21.10.19	1	18,01	18	9
<i>Ph. crispa</i>		17			
<i>N. filiformis</i>		17			
<i>C. vermilara</i>	12.11.19	10	17,57	16,2	9
<i>Ph. crispa</i>					
<i>N. filiformis</i>					
<i>G. barbata</i>	12.12.19	17	19,17	11,4	6
<i>Ph. crispa</i>					
<i>G. barbata</i>	19.02.20	16	18,35	9,0	3
<i>Ulva torta</i> (Mertens) Trevisan, 1842	16.03.20	2	18,18	8,1	9
<i>Ceramium virgatum</i> Roth 1797					
<i>Bryopsis adriatica</i> (J. Agardh) Frauenfeld, 1854					
Всего:					108
IV район. Инкерманская бухта (1 станция)					
<i>E. crinita</i>	24.12.18	0,3	16,7	9	3
<i>E. crinita</i>	23.01.19	0,5	16,9	8	3
<i>E. crinita</i>	26.02.19	0,3	13,1	3	3
<i>E. crinita</i>	12.03.19	0,1	15,55	8	3
<i>E. crinita</i>	25.04.19	0,1	16,5	10	3
<i>E. crinita</i>	25.05.19	0,1	13,531	20	3
<i>P. subulifera</i>	16.06.19	0,1	16,21	22	3
<i>R. cirrhosa</i>	08.07.19	0,1	12,8	26	3
<i>St. pectinata</i>	22.08.19	0,1	14,93	23	3
<i>St. pectinata</i>	26.09.19	0,1	15,55	20,3	3
<i>E. crinita</i>	06.10.19	0,5	16,62	19,4	3
<i>G. barbata</i>	18.11.19	1	15,65	15	3
<i>G. barbata</i>	08.12.19	1	17,02	9,3	3
Всего:					39
V район. Акватория биостанции Батилиман (1 станция)					
<i>E. crinita</i>	10.05.18	0,5	18,03	14	3
<i>E. crinita</i>	10.05.19	0,5	15,67	16	6
<i>E. crinita</i>					
<i>Z. marina</i>	17.05.19	14	15,67	14	6
<i>U. rigida</i>		12			
<i>E. crinita</i>		8	15,67	14	9
<i>C. vermilara</i>		14			
<i>Cladostephus spongiosus</i> (Hudson) C.A. Agardh, 1817		12			
<i>P. elongata</i>	19.05.20	2	17,83	16,5	3
Всего:					27
Итого: собрано 35 видов макрофитов. Обработано 378 проб макрофитов и ДВ.					

ВОДОРΟΣЛИ-МАКРОФИТЫ

3.1.1 Эпифитон красных водорослей

***Laurensia coronopus* J. Agardh, 1852** – Лауренция чашевидная (рисунок 3.1). Слоевица 5–15 см высотой, 0,5–3 мм толщиной, цвет варьирует от жёлтого до зеленовато-бурого и красновато-коричневого цвета. Ветки короткие, расположены в разных направлениях и разных плоскостях. Талломы образуют густой покров. Вид встречается на камнях и скалах, искусственных субстратах на глубинах 0,2–15 м. Широко распространён в Чёрном море, кроме румынского побережья [32]. Поселяется на слоевищах цистозиры, образуя эпифитную синузию. Вместе с хозяином произрастает как на защищённых участках, так и на открытых, поскольку относится к числу достаточно прочно прикрепляющихся эпифитов, способных выдерживать удары волн открытого моря.



Рисунок 3.1 – Талломы *Laurensia coronopus*

***Phyllophora crispa* (Hudson) P.S. Dixon, 1964** (= *Phyllophora nervosa* P.S. Dixon, 1964) – Филлофора курчавая (рисунок 3.2). Талломы имеют тёмно-красный цвет, часто дают хорошие небольшие ветвистые побеги, которые могут сливаться в довольно толстый слой, побеги прямо стоячие до 2–50 см. Вид имеет маленькое дисковидное основание и короткие стебли (менее 10 мм) [189]. Обитает на скалах и каменистых субстратах до 30 м. Видообразующий Филлофорного поля Зернова

Чёрного моря. Вид широко распространён в Чёрном море, включён в Красную книгу Крыма и Севастополя.



Рисунок 3.2 – Талломы *Phyllophora crispa*

***Polysiphonia subuliphera* (C.A. Agardh) Harvey, 1834** – Полисифония шилоносная (рисунок 3.3) Вид состоит из разветвлённых талломов длиной до 20 см, буроватого или ярко-красного цвета. Растёт в виде пучков очень разветвлённых осей, прикреплённых ризоидами, сегментированных, отчётливых главных осей. Основная ветвь отсутствует. Водоросль встречается на камнях, скалах и ракушечнике до глубины 20 м, в умеренных и чрезвычайно защищённых волнами районах, в чистых и загрязнённых местах [189]. В основном это эпифитный вид, широко распространён в Чёрном море (СЗЧ, Крым, Кавказ), у берегов Румынии, Болгарии, Турции.



Рисунок 3.3 – Талломы *Polysiphonia subulifera*

***Polysiphonia denudata* (Dillwyn) Greville ex Harvey, 1833** – Полисифония обнажённая (рисунок 3.4). Талломы водоросли прямостоящие с многократно разветвлёнными осями. Каждая ветвь состоит из центральной оси с 5–7 удлинёнными веточками одинаковой длины. Основные ветви длинные, снабжены со всех сторон большим числом тонких веточек [189]. Водоросль редкая, растёт на скалах, камнях, ракушечнике, или на крупных водорослях-макрофитах в защищённых местах псевдолиторали и верхней сублиторали, в загрязнённых и опреснённых местах. Встречается в Чёрном море у берегов СЗЧ, Крыма и Кавказа.



Рисунок 3.4 – Талломы *Polysiphonia denudata*

***Ceramium secundatum* Lyngbye, 1819** – Церамиум односторонний (рисунок 3.5). Водоросль цилиндрическая и в основном односифонная, небольшого размера не более 30 см в длину. Встречается в виде пучков вертикальных осей длиной до 14 см, плотно разветвлённых и прикреплённых многоклеточными ризоидами. Основные оси имеют сильно закрученные вершины. Кончики ветвей растут как клешни. Встречается на других видах водорослей, а также на скалах и искусственных субстратах в сублиторали на глубине до 11 м. Вид распространён в Чёрном море у берегов СЗЧ, Крыма, Кавказа, Болгарии, Турции [189].



Рисунок 3.5 – Талломы *Ceramium secundatum*

***Gelidium latifolium* (Grevelli) Bornet ex Hauck., 1883** – Гелидиум широколистный (рисунок 3.6). Талломы водоросли тёмно-красного цвета, вырастают из вертикальных осей длиной до 20 см, сжимаясь и разветвляясь по 1 или 2 раза. Главные ветви обычно длинные, покрытые более короткими веточками, расположенными под острым углом к оси ветви. Это в основном эпилитный вид, обитающий в нижней литорали и сублиторали до 15 м. Вид фотофильный, ему требуется повышенная освещённость. Обитает на камнях и скалистых грунтах, раковинах моллюсков в верхней сублиторали на глубине 0,5–

11 м. Встречается в Чёрном море круглогодично у берегов Крыма, Кавказа, Румынии, Болгарии [189].



Рисунок 3.6 – Талломы *Gelidium latifolium*

***Gelidium spinosum* (S.G. Gmelin) P.C. Silva, 1996** – Гелидиум черноморский (рисунок 3.7) Талломы сильно разветвлённые в виде кустистых комков. Водоросль имеет окрас от красного до красновато-коричневого. Встречается на камнях, скалах и ракушечнике на глубине 0,5–25 м в чистых и загрязнённых районах моря, часто эпифитирует на более крупных водорослях – цистозире, филлофоре [189].



Рисунок 3.7 – Талломы *Gelidium spinosum*

3.1.2 Эпифитон бурых водорослей

***Nereia filiformis* (J. Agardh) Zanardini, 1846** – Нерейя нитевидная (рисунок 3.8). Слоевища водоросли бывают от золотистого до оливково-жёлтого цвета, сильно разветвлённые, цилиндрические, 8–25 см высотой и 1–2 мм толщиной. Вид – многолетник, встречается на камнях, скалах или ракушечниках, искусственных субстратах глубиной 3–20 м. Водоросль отдаёт предпочтение затенённым местам в чистых водах. Вид распространён в сублиторали Чёрного моря, за исключением румынского побережья. Вид редкий, включён в Красную книгу Крыма и Севастополя [189].



Рисунок 3.8 – Талломы *Nereia filiformis*

***Ericaria crinita* (Duby) Molinari et Guiry 2020** (= *Cystoseira crinita* Duby 1830) – Ерикария косматая (рисунок 3.9). Вид – многолетник, распространён на камнях или скалах до глубины 30 м, на открытых берегах с волновой активностью. Слоевища крупные, 10–120 см, тёмно-коричневые. Стволы тонкие с гладкой поверхностью [189]. Широко встречается в Чёрном море.



Рисунок 3.9 – Слоевища *Ericaria crinita*

***Gongolaria barbata* (Stackhouse) Kuntze, 1891** (= *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. Agardh 1820) – Гонголария бородастая (рисунок 3.10). Вид является одним из крупных и наиболее изученных водорослей-макрофитов Чёрного моря. Слоевища кустистые, обильно ветвистые от тёмно-бурого до светло-оливкового цвета и неправильно разветвлённые. Предпочтительно обитает в закрытых и полузакрытых участках моря [189]. Обитает на камнях, подводных скалах, прикрепляясь к субстрату мощной дисковидной частью. Однако гонголария может расти и неприкреплённой. В прибойных местах боковые ветви отламываются значительно раньше, как только достигают полной зрелости, и под действием штормовых волн часто отрываются от ствола вместе с основанием.



Рисунок 3.10 Слоевища *Gongolaria barbata*

***Cladostephus spongiosus* (Hudson) C.A. Agardh, 1817** – Кладостефус губчатый (рисунок 3.11) Растение разветвлённое, высотой до 12 см, невыразительно кольчатая с мелкими густо сближенными серповидно изогнутыми или почти прямыми веточками по всей длине. Мутовки с короткими веточками неясные, очень сближенные. Почти сливающиеся, короткие веточки с шиповидной вершиной, к основанию суженные, простые [189]. Одноклеточные и многоклеточные спорангии развиваются со всех сторон мутовчатых веточек, часто расположены со всех сторон на одной ножке. Указан в эпифитоне цистозиры, а также в обрастании подводных скал и камней (на глубине 1–10 м). Вид относят к редким, с ограниченным ареалом распространения. В Чёрном море встречается у Южного берега Крыма.



Рисунок 3.11 – Слоевища *Cladostephus spongiosus*

***Pylaiella littoralis* Kjellman, 1872** – Пилайелла прибрежная (рисунок 3.12). Вид имеет талломы от желтоватого до тёмно-коричневого цвета, произрастает на каменистых и скальных грунтах, на поверхности разных видов макрофитов, участвуя в создании обильных матов на поверхности макрофита-базифита в виде густых, часто спутанных пучков однотипных нитей диаметром до 60 мкм. Талломы иногда свободно плавают в море на литорали, в охраняемых и устьевых местообитаниях. Распространён в Чёрном, Каспийском, Средиземном морях, в Северно- Ледовитом океане, в северном половине Атлантического и Тихого океанов, в Новой Зеландии [189].



Рисунок 3.12 – Слоевища *Pylaiella littoralis*

***Ectocarpus siliculosus* (Dillwyn) Lyngbye, 1819** – Эктокарпус стручковатый (рисунок 3.13). Вид относится к роду нитчатых бурых водорослей. Слоевища в виде кустиков 2–10 см высотой. Имеет золотисто-коричневый, соломенно-бурый или зеленоватый цвет. Длина равна ширине или в 1,5–2,5 раза больше её. Хлоропласты лентовидные, рассечённые, спирально изогнутые. Прикрепляются с помощью ризоидов. Вид встречается на камнях, раковинах, на водорослях, искусственных субстратах глубиной до 30 м в псевдолиторали и сублиторали, на днищах плавающих судов, у уреза воды. Встречается в Чёрном море у берегов СЗЧ, Крыма, Кавказа, Румынии и Болгарии [189].



Рисунок 3.13 –Слоевища *Ectocarpus siliculosus*

3.1.3 Эпифитон зелёных водорослей

***Ulva rigida* C.A. Agardh, 1823** – Ульва жёсткая (рисунок 3.14). Водоросль бывает от яркого зелёного до тёмно-зелёного цвета, а при стрессе может быть даже бесцветной. Обитает на камнях и скалах, в защищённых тихих местах. Размножается весной и летом. Вид можно использовать в пищу из чистых местообитаний в качестве салата, поэтому называют «морской салат», или как корм для животных. Устойчив к эвтрофикации. Широко распространён в Чёрном море у берегов СЗЧ, Крыма, Кавказа [189].



Рисунок 3.14 – Слоевища *Ulva rigida*

***Ulva compressa* Linnaeus, 1753** – ульва сдавленная (рисунок 3.15). Слоевища мягкое, скрученное, трубчатое, цвета от яркого до тёмно-зелёного, образует густые пучки или маты. В нижней части клетки с поверхности округло-прямоугольные, удлинённые в узких частях. Прикрепляется подошвой, которая состоит из сросшихся ризоидальных клеток, образующих ножку и базальную “подушку”. Растёт на твёрдых субстратах в литоральных лужах, в средней и нижней литорали и сублиторали. Вид встречается от умеренных до тропических широт в Атлантическом, Индийском и Тихом океанах [141].



Рисунок 3.15 – Слоевища *Ulva compressa*

***Ulva linza* Linnaeus, 1753** – Ульва линзовидная (рисунок 3.16). Слоевища пластинчатые, гладкие или скудно разветвлённые в основании, от светло- до желтовато-зелёного цвета. Пластины на длинной цилиндрической ножке с клиновидным или сердцевидным основанием; двухслойные, плоские. Клетки с поверхности в основном в продольных рядах, беспорядочно расположены в верхней части; угловатые. Водоросль произрастает на камнях и скалах на илисто-песчатым грунте, в литорали и сублиторали, в защищённых районах, солоноватых и загрязнённых водах. Вид распространён от Арктики до умеренных широт в Южном полушарии [189].



Рисунок 3.16 – Слоевища *Ulva linza*

***Bryopsis plumosa* (Hudson) C.A. Agardh, 1823** – Бриопсис перистый (рисунок 3.17). Слоевища кустистые, сильно разветвлённые от светло- до тёмно зелёного цвета. Кустики достигают высоты 2–15 см. Основные ветви могут иметь так же перистые веточки; веточки развиваются в верхней половине ветвей, нижняя половина ветвей до основания голая. Вид обитает на скалах, камнях и ракушечнике на глубине 0,5–15 м. Наиболее часто отмечен в загрязнённой морской воде. Вид является солоноватоводно-морским, аркто-бореально-тропическим и нотальным, широко распространён в различных морях Мирового

океана [125]. Вид обнаружен в Атлантическом, Тихом и Индийском океанах, Средиземном, Эгейском, Красном и Азовском морях, у западного побережья Гренландии и о. Исландии, на Британских, Азорских, Канарских и Фарерских островах, от Британской Колумбии до Калифорнии, у берегов Ямайки, Португалии, Испании, Франции, Норвегии, Сенегала, Ганы, Мавритании, Африки, Японии и Австралии [39]. В Чёрном море водоросль отмечена в северо-западной части, вдоль крымского побережья в Каркинитском заливе, Севастопольской и Казачьей бухтах, Прикерченском районе, а также в Новороссийской бухте, у берегов Кавказа, Болгарии, Румынии и Турции. Вид обнаружен в марте 1988 г. в бухте Карантинная и подробно описана морфологическая осевая структура слоевища бриопсиса перистого [94]. Указан нами в бухтах Чёрного моря и на о. Родос Эгейского моря [125].



Рисунок 3.17 – Талломы *Bryopsis plumosa*

***Codium vermilara* (Olivi) Delle Chiaje, 1829** – Кодиум червеобразный (рисунок 3.18). Талломы водоросли обычно тёмно-зелёного цвета. Слоевища 20–40 см длиной, 0,3–0,8 см толщиной. Вид обитает на камнях и скалах на глубине 5–25 м в чистых местообитаниях, чувствителен к антропогенному загрязнению и снижению прозрачности воды. Встречается одиночными растениями или группами, часто с другими водорослями, зарослей не образует. Обитает на

камнях, скалах и раковинах моллюсков в сублиторали на глубине 5–15 м. Указан у берегов России, Украины и Турции. Вид входит в Красную Книгу Крыма [189].



Рисунок 3.18 – Слоевища *Codium vermilara*

3.1.4 Эпифитон цветковых растений

***Zostera marina* Linnaeus, 1753** – морская трава зостера (рисунок 3.19). Растение имеет разветвлённую корневую систему, формирует подводные луга, иногда с травостоем до 100 см. Цветут и опыляются под водой, пыльцу переносят потоки воды. В солёной морской воде растение приобрело ряд биохимических особенностей, которые обусловлены его биологической активностью [189]. Эколого-биологические особенности *Z. marina* (мощная корневищная система, высокая интенсивность размножения и устойчивость к эвтрофированию) обеспечивают этому виду доминирование в районах с повышенной антропогенной нагрузкой и нестабильным составом донных осадков. В экосистеме зостера представляет собой одно из звеньев пищевой цепочки – разлагаемое растительное вещество [189]. Вид широко распространён в Чёрном море.



Рисунок 3.19 – Листья *Zostera marina*

***Stuckenia pectinata* (L.) Börner, 1912** – Рдест гребенчатый (рисунок 3.20). Растение имеет длинные узкие линейные листья шириной менее 2 мм; каждый состоит из двух тонких параллельных трубок. Является полностью погружённым донным водным растением. Иногда его называют ленточным сорняком, представляет опасность для водного транспорта. Вид устойчив к эвтрофикации, обитает в пресной и солоноватой воде, является космополитом, встречается на всех континентах [189].



Рисунок 3.20– Листья и стебли *Stuckenia pectinata*

3.2 Методы отбора проб макрофитов

Макрофиты разных видов извлекали из воды с помощью водолазного снаряжения или ручным способом в течение годового цикла и по отдельным сезонам на глубинах от 0,1 до 17 м (таблица 3.1). Материал помещали в ёмкость с морской водой, каждую снабжали соответствующей этикеткой с указанием даты и места отбора, типа субстрата, температуры, солёности и глубины. Некоторые образцы высушивали для дальнейшей работы с гербарным материалом. Всего собрано и обработано 35 видов макрофитов, 378 проб, в т.ч. 207 количественных.

3.3 Методы обработки макрофита-базифита

Для изучения видового состава диатомовых водорослей эпифитона макрофитов собирали несколько смывов с разных образцов одного и того же вида, что обеспечивало максимальную концентрацию ДВ в пробе. Для количественного учёта сбор материала сводился к минимизации потерь клеток.

3.4 Методы обработки диатомовых водорослей эпифитона макрофитов

Методы обработки проб микрофитобентоса различаются между собой и разделяются на качественные и количественные [118]. Кроме этого, представлены фотоснимки макрофитов, микрофотографии диатомовых водорослей, выполненные с помощью светового микроскопа (СМ) в прижизненном состоянии и постоянных препаратах, а также снимки с помощью электронного сканирующего микроскопа (СЭМ).

3.4.1 Качественная обработка

В лаборатории с макрофитов мягкой синтетической щёткой счищали микроводоросли и смывали их фильтрованной морской водой в ёмкость. Слегка обсушенный макрофит взвешивали на весах AS 220/C с точностью 10^{-4} г для расчётов площади его поверхности для определения численности и биомассы диатомовых на единицу площади поверхности макрофита. Всего обработано около 600 препаратов микроводорослей.

Методы световой микроскопии. Для определения видового состава диатомовых водорослей использовали световой микроскоп Axioskop 40 C. Zeiss с программой AxioVision Rel. 4.6, с помощью которой можно измерять размеры объектов, а также подсчитать тонкие структуры панцирей диатомовых. Микроскопирование ДВ для качественного и количественного анализа проводили при увеличениях СМ при 10×20 , 10×40 и с помощью объектива 10×100 с использованием иммерсионного масла C. Zeiss (показатель преломления $n_e = 1,518$). В случае анализа мелкоклеточных форм и структуры морфологии диатомовых, которые слабо просматриваются в прижизненных пробах, изготавливали постоянные препараты, приготовленные по стандартной методике с использованием кислот [31; 118]. После очистки панцири заключали в смолу Naphrax LTD (коэффициент преломления 1,74).

Методы электронной микроскопии. Панцири и створки диатомовых очищенные для постоянных препаратов (см. выше) исследовали в СЭМ типа Hitachi HTA SU3500 (Япония), а полученные микрофотографии помещены в Приложении II.

Идентификация ДВ. При составлении таксономической структуры качественного состава диатомовых водорослей эпифитона макрофитов крымского побережья Чёрного моря использовали классификационную систему, разработанную Ф.Е. Раундом с соавторами [196] с дополнениями [118, 122]. Видовую принадлежность определяли по литературным источникам, определителям и атласам [23; 29-31; 96, 97; 121; 171; 174; 179, 180; 208, 209],

международную альгобазу [173], а также источники по индексам сапробности [4, 5; 62; 125; 156], для составления экологической и фитогеографической характеристик ДВ использовали данные авторов [23; 42; 97; 118; 120, 121].

3.4.2 Количественная обработка

При количественном учёте ДВ смыв с определённого субстрата переливали в мерный цилиндр с целью определения первоначального объёма пробы для расчёта численности клеток на единицу площади поверхности субстрата. Использовали счётную камеру Горяева объёмом 0,9 мм³, а для хранения диатомовых водорослей в качестве коллекционного материала каждую пробу фиксировали 96 % этиловым спиртом из расчёта 2 мл на 100 мл пробы [116].

Для количественного учёта пробу интенсивно взбалтывали, добиваясь равномерного распределения диатомовых водорослей в счётной камере. После чего с помощью пипетки брали каплю материала из пробы и переносили в камеру Горяева. Подсчёт клеток микроводорослей осуществляли с помощью светового микроскопа в камере в трёх повторностях. Этот метод прямого учёта клеток в счётной камере является весьма трудоёмким, но имеет свои преимущества, которая позволяет оценить количественный вклад отдельных компонентов микрофитобентоса в составляющую донных сообществ водоёма [118].

Площадь поверхности макрофита (S , см²) вычисляли по методике определения комплекса морфофункциональных показателей для многоклеточных форм водорослей, разработанной Г.Г. Миничевой [72]. Для этого у макрофита измеряли диаметр различных участков слоевищ, определяя их средние значения с использованием формулы:

$$S / W = 3334 / d^{0,916} \quad (1),$$

где S/W – площадь удельной поверхности макрофита, W – сырая масса макрофита, d – средний диаметр слоевищ макрофита.

Численность клеток (N , кл·см⁻²) ДВ вычисляли по формуле В.И. Рябушко [118]:

$$N = n \cdot V / S \cdot V_k \quad (2),$$

где n – число клеток в камере Горяева; V – объём пробы, S – площадь поверхности субстрата (макрофита), V_k – объём камеры Горяева, равный $0,9 \text{ мм}^3$.

Биомассу клеток ($B, \text{ мг} \cdot \text{см}^{-2}$) диатомовых рассчитывали по формуле [118]:

$$B = h \cdot V \cdot b / S \cdot V_k \quad (3),$$

где b – сумма биообъёмов клеток в мкм^3 ; h – удельный вес водорослей, равный для бентосных диатомовых $1,2 \cdot 10^{-9} \text{ мг} \cdot \text{мкм}^{-3}$ [90], для планктонных видов – $1 \cdot 10^{-9} \text{ мг} \cdot \text{мкм}^{-3}$; V – объём пробы, мл; V_k – объём камеры Горяева. Объём клеток рассчитывали методом геометрического подобия, исходя из линейных размеров и формы объектов.

При расчёте численности и биомассы ДВ, обитающих на поверхности морской травы *Zostera marina*, общую площадь рассчитывали как сумму площадей двух её поверхностей.

Для каждого вида измеряли морфометрические параметры. При учёте численности ДВ оценивали обилие (S) тех видов, которые были учтены только в камере Горяева после трехкратного её просмотра. После чего составляли список общего количества всех встреченных в ней видов. Видовое разнообразие ДВ анализировали, используя индекс Шеннона-Вивера (H), как показателя равномерности распределения значимости видов по численности [205]:

$$H = - \sum p_i \log_2 p_i \quad (4),$$

где $p_i = n_i / N$ – доля i -го вида, рассчитываемая как частное от деления его численности n_i на общую численность N всех видов, взятых для анализа.

Для оценки видовой структуры сообщества ДВ также рассчитывали степень выровненности видов в сообществе с помощью индекса Пиелу (e) [192]:

$$e = H / \log_2 n \quad (5),$$

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

Для каждого района находили средние значения по месяцам указанных выше показателей (N, B, S, e, H, D_{BP}) для разных макрофитов. Приведённые методы обработки материала позволяют сравнить количественные данные в одни и те же месяцы.

Для районов исследования оценку сходства качественного состава диатомовых водорослей осуществляли с помощью коэффициента Сёрнсена [210]:

$$Ks = 2 C / (A + B) \quad (7),$$

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

Для определения меры доминирования видов диатомовых водорослей, отражающей относительное значение любого вида в сообществе, использовали индекс Бергера–Паркера [161]:

$$D_{BP} = N_{max} / N \quad (6),$$

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

Количественный анализ ДВ проведён, используя коэффициент Брея-Кёртиса [168]:

$$I_{BC} = \frac{2 \sum_{i=1}^n \min(y_{ij}, y_{ik})}{\sum_{i=1}^n (y_{ij} + y_{ik})} 100\%, \quad (7),$$

где y_{ik} и y_{ij} – параметры (численность, биомасса) i -го таксона (или экологической группы) в k и j пробах, n – общее количество таксонов (экологических групп).

Сходство и различие видов диатомовых водорослей в эпифитоне макрофитов в зависимости от их видовой принадлежности, сезона года и района исследования вычисляли с помощью пакета прикладных программ PRIMER 5.2.8 [170]. Из них использована программа CLUSTER – графическая интерпретация кластерного анализа относительного сходства станций. Программа неметрического MDS ординация – графическое представление степени сходства (различия) станций. Определяется как расстояние между станциями в многомерном пространстве с последующим наложением их на двухмерное пространство. Статистическая достоверность графического представления выражается показателем «Stress», его высоким уровнем достоверности считаются значения в диапазоне от 0,05 до 0,2.

Программа ANOSIM – однофакторный непараметрический тест на достоверность отличий между зависимыми массивами данных на основе

сопоставления степени вариабельности средних значений ранговых сходств (R-статистика) для комбинаций всех возможных пар станций из разных групп. Программа BIOENV – результат сопоставления биотической (фиксированной) и абиотической (вторичной) матриц сходства для расчёта наиболее высоких значений коэффициента ранговой корреляции Спирмена (ρ_{\max}), изменение которых в наибольшей степени соответствует изменению распределения численности, биомассы и видового состав ДВ.

Выводы по главе 3. Представлены материалы сборов 35 видов макрофитов в качестве субстратов для заселения ДВ из пяти районов крымского побережья Чёрного моря. Описаны методики отбора и обработки проб макрофитов, а также качественных и количественных проб ДВ. Микрофотографии ДВ выполнены с помощью светового и сканирующего электронного микроскопа. Всего собрано и обработано 378 проб макрофитов и микроводорослей, в т.ч. 207 количественных и около 600 препаратов для изучения морфологических структур ДВ. Структуру сообществ диатомовых водорослей эпифитона макрофитов исследовали с помощью индексов Шеннона-Вивера, Бергера–Паркера, Пиелу, коэффициентов Сёрнсена и Брея-Кёртиса. Полученные данные обработаны статистическими методами.

ГЛАВА 4 ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И ФЛОРИСТИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ ЭПИФИТОНА ДОННОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Морские микро- и макроводоросли обитают на разнообразных природных и антропогенных субстратах. Микрофитобентос наиболее обильно представлен видами класса *Bacillariophyceae*, так как в него входят, в основном, бентосные виды и виды-обрастатели, для которых необходим субстрат для прикрепления. ДВ эпифитона макроводорослей остаётся пока на начальном этапе исследования для многих регионов крымского побережья Чёрного моря.

В данной главе представлен анализ таксономической структуры и флористического состава макроводорослей в эпифитоне 35-ти видов макроводорослей (7 видов бурых, 11 – красных 13 – зелёных, 1 вид харовой) и морских трав (3 вида). Исследования биоразнообразия макроводорослей являются основой для дальнейшего анализа количественных характеристик сезонной динамики популяций и сообществ, которые будут рассмотрены в главе 5.

4.1 Общая таксономическая структура *Bacillariophyta*

Анализ таксономической структуры видов отдела *Bacillariophyta* крымского побережья Чёрного моря (Приложение I) показал, что в эпифитоне 35-ти видов макроводорослей и морских трав обнаружен 141 вид и ввт, представленный тремя классами: *Coscinodiscaceae* (13 видов и ввт), *Fragilariaceae* (22), *Bacillariophyceae* (106), 15 порядками, 30 семействами и 57 родами (таблица 4.1). Общий список встречаемости макроводорослей составил 151 таксон, включая кроме диатомовых водорослей, 7 видов *Dinophyta* и 3 вида *Cyanobacteria*. На основе собственных данных, подготовлены их эколого-флористические и фитогеографические характеристики по литературным источникам (Приложение III).

Таблица 4.1 – Таксономическая структура Bacillariophyta эпифитона макрофитов крымского побережья Чёрного моря

Класс	Количество таксонов			
	Порядок	Семейство	Род	Вид и ввт
Coscinodiscaceae	2	7	9	13
Fragilariophyceae	5	5	10	22
Bacillariophyceae	8	18	38	106
Всего:	15	30	57	141

Класс Coscinodiscaceae представлен в основном планктонными или бентопланктонными видами рода *Coscinodiscus* (3 вида). Так как бентопланктонные виды обитают в толще воды и изредка встречаются на дне водоёмов, они слабее связаны с субстратом, а планктонные виды оседают на дно во время шторма или при взмучивании вод. В классе Fragilariophyceae наибольшим разнообразием отмечены представители родов *Cocconeis* (5 видов) и *Licmophora* (8), которые являются факультативными видами-обрастателями.

Класс Bacillariophyceae представлен наибольшим количеством видов родов *Nitzschia* (13), *Navicula* (10), *Pleurosigma* (9) и *Amphora* (7), которые относятся к двушовным видам, способны к активному движению по субстрату. Они имеют разнообразные приспособления к жизни на дне моря, включающие преимущественно бентосные формы, разнообразные и наиболее богатые по видовому составу и количественному многообразию.

4.1.1 Новые, редкие, массовые и потенциально опасные виды

При изучении видового состава диатомовых водорослей, опираясь на результаты предыдущих исследований микрофитобентоса Чёрного моря, нами встречены виды, которые ранее не были указаны для Крыма и Чёрного моря. В эпифитоне макрофитов обнаружены новые и редко встречающиеся таксоны, а также массовые и потенциально опасные виды для биоты и человека.

Новые виды для крымского побережья и Чёрного моря.

За время изучения флоры диатомовых водорослей эпифитона макрофитов нами выявлены 11 новых видов и ввт для Крыма и Чёрного моря (таблица 4.2). Из них 5 видов найдено в Донузлаве, 6 – бухте Карантинная и 1 вид – Инкерманской бухте.

Таблица 4.2 – Встречаемость новых видов диатомовых водорослей, обнаруженных в эпифитоне макрофитов Крыма и Чёрного моря

Вид	Районы исследования			
	Залив Донузлав	Бухта Карантин ная	Мидийно- устричная ферма	Инкерман- ская бухта
<i>Anaulus maritimus</i>	+	–	–	+
<i>Cocconeis scutellum</i> var. <i>japonica</i>	+	–	–	–
<i>Donkinia carinata</i>	+	–	–	–
<i>Grammatophora arctica</i>	–	–	+	–
<i>Pinnularia cardinaliculus</i>	–	+	–	–
<i>Pleurosigma clevei</i>	–	–	+	–
<i>Pleurosigma inflatum</i>	–	–	+	–
<i>Licmophora hyalina</i>	+	–	–	–
<i>T. aspera</i> var. <i>contermina</i>	–	+	–	–
<i>Petroneis</i> sp. 1	+	–	–	–
<i>Petroneis</i> sp. 2	–	+	–	–

Ниже остановимся на таксономической, морфометрической, экологической и фитогеографической характеристиках, и общей встречаемости ДВ в крымском побережье и Чёрном море (рисунки 4.1–4.14).

Порядок Anaulales Round et Crawford 1990

Семейство Anaulaceae (Schütt) Lemmermann 1899

Род *Anaulus* C.G.Ehrenberg 1844

Anaulus maritimus Nikolaev 1969

Вид обнаружен в феврале 2019 г. в трёх районах. В Инкерманской бухте в эпифитоне бурой водоросли *Ericaria crinita* на глубине 0,3 м при температуре 3 °С

и солёности воды 13,1 ‰, на талломах *Gongolaria barbata* в бух. Карантинная на глубине 0,2 м при той же температуре, в сентябре 2019 г. в зал. Донузлав на поверхности морской травы *Stuckenia pectinata* при $t_{\text{воды}} = 22\text{ °C}$ и бурой водоросли *Gongolaria barbata* в феврале 2020 г. на глубине 0,3 м, а также в июне 2019 г. в районе мидийно-устричной фермы бух. Карантинная в эпифитоне *E. crinita* на глубине 6 м при $t_{\text{воды}} = 22\text{ °C}$. Размеры популяции вида изменялись от 8,79 до 12,84 мкм длина и 5,62–9,6 мкм ширина.

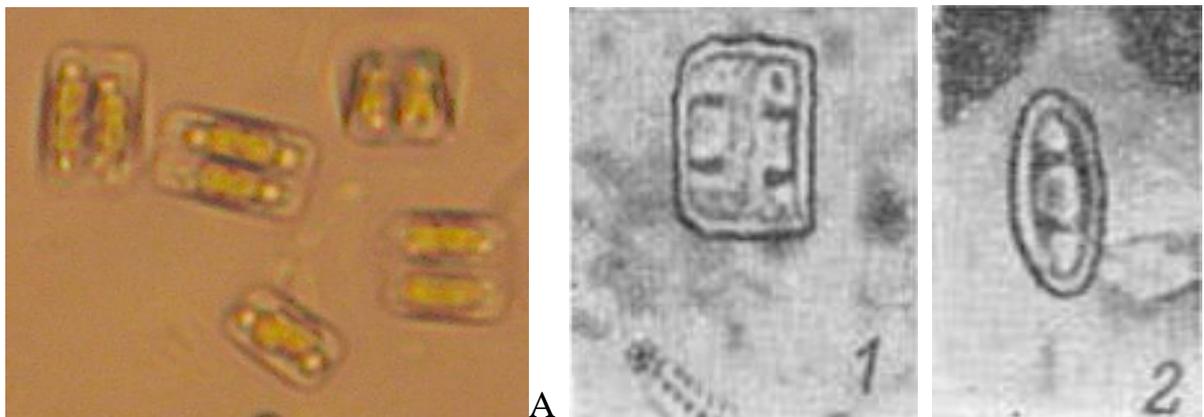


Рисунок 4.1 – СМ. Вид *Anaulus maritimus* в прижизненном состоянии:

А (ориг.), 1, 2 [из: 87]

Впервые этот вид указан в августе 1964 г. в российских водах в бух. Валентин Японского моря в эпифитоне бурых водорослей *Cystoseira crassipes* и *Sargassum* sp., размеры составляли 8–12 мкм длина и 5–6 мкм ширина [87]. В песках бухты Прибойная зал. Восток в августе 1981 г. найден и в желудке двустворчатого моллюска *Mastra sulcatararia* на глубине 5 м в районе б/с «Восток», зимой на камнях на глубине 10 м, а также в бухтах Кит и Валентин в эпифитоне водорослей-макрофитов *Saccharina japonica* (= *Laminaria japonica*) и *C. crassipes* [102].

Экология и общее распространение: бентосный, морской, сублиторальный, колониальный, бореальный вид [122].

Порядок Achnanthes Silva, 1962

Семейство Cocconeidaceae Kützing, 1844

Род *Cocconeis* Ehrenberg, 1837

Cocconeis scutellum var. *japonica* (A.W.F.Schmidt) Skvortzow, 1929

Вид обнаружен в ноябре 2019 г. в эпифитоне бурой водоросли *Gongolaria barbata* в зал. Донузлав при температуре воды 14,1 °С на глубине 0,5 м и солёности воды 17,82 ‰. Размеры 25,22 мкм длина и 15,07 мкм ширина.

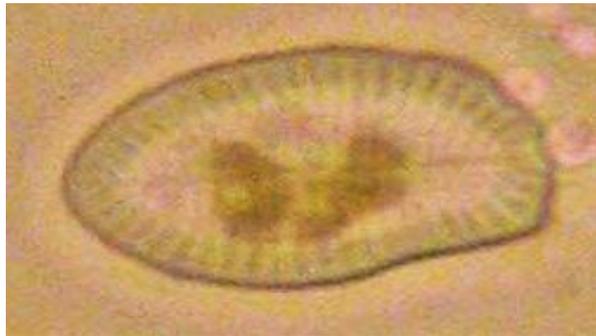


Рисунок 4.2 – СМ. Уродливая створка *Cocconeis scutellum* var. *japonica* (ориг.)

Экология и общее распространение: морской, литоральный, бореальный вид. Впервые описан в пробах саргасовых водорослей бух. Золотой Рог Японского моря [206], а также обнаружен в перифитоне прибрежных вод залива Петра Великого [6], на асбестовых пластинах в бух. Сухопутная Уссурийского залива [122]. Указан в пресноводных водоёмах Англии [213], Турции [155], Китая [169], Великих озёрах Сев. Америки [211].

Порядок Naviculales Bessey 1907

Семейство Naviculaceae Kützing 1844

Род *Donkinia* Ralfs ex Pritchard 1861

Donkinia carinata (Donkin) Ralfs ex Pritchard 1861

Вид обнаружен в эпифитоне бурой водоросли *Gongolaria barbata* (= *C. barbata*) в зал. Донузлав в декабре 2019 г. на глубине 1 м при температуре воды 8,9 °С. Размеры клеток составляли 122,4 мкм длина и 12,7 мкм ширина.

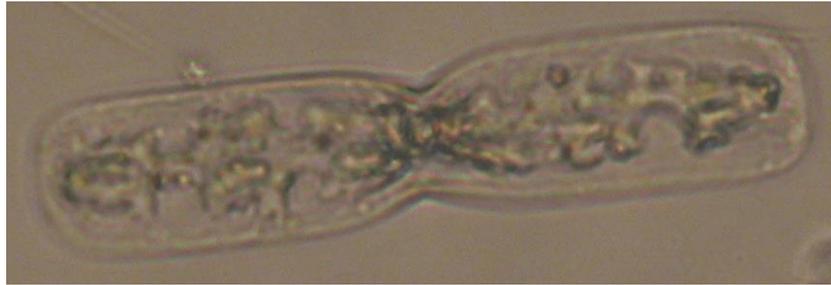


Рисунок 4.3 – СМ. Панцирь *Donkinia carinata* с хлоропластами (ориг.)

Экология и общее распространение: бентосный, морской, литоральный и сублиторальный, эвритермный, бореально-тропический вид. В Японском море указан в бентосе бухты Троицы, островов Римского-Корсакова зал. Посьета, летом в песках бух. Прибойной зал. Восток на глубине 5–6 м, а также в эпифитоне водорослей-макрофитов бух. Соболя Уссурийского залива [122].

Порядок Striatellales Round, 1990

Семейство Striatellaceae Kützing, 1844

Род *Grammatophora* Ehrenberg 1840

Grammatophora arctica P.T. Cleve 1868

Вид *Gr. arctica* обнаружен в апреле в бухте Карантинная в районе мидийно-устричной фермы в эпифитоне красной водоросли *Ceramium arborescens* при температуре воды 9,8 °С на глубине 3 м и солёности воды 17,7‰. Размеры 18,46 мкм длина и 17,17 мкм ширина.

Экология и общее распространение: вероятно бентопланктонный, морской, аркто-бореальный вид, распространён у берегов арктических, субарктических и антарктических морей [30].

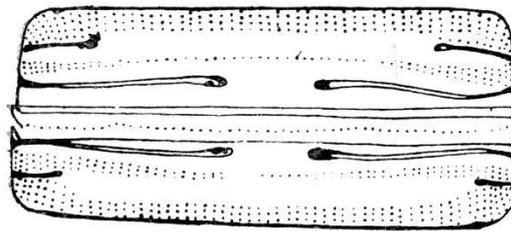
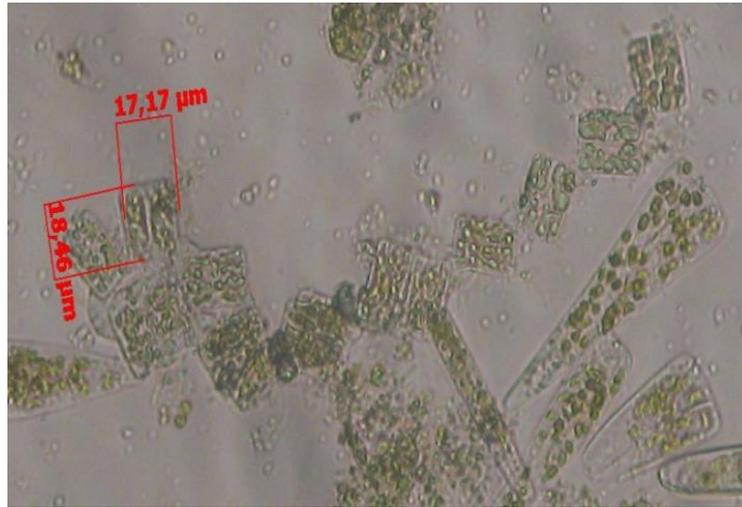


Рисунок 4.4 – А – колонии *Grammatophora arctica* в сообществе с *Licmophora hyalina*, клетки в колонии в прижизненном состоянии с размерами, вид с пояска (ориг.), Б – вид панциря с септами [30, с. 13, табл. 4, рис. 1a].

Порядок Naviculales Bessey, 1907

Семейство Pinnulariaceae D.G. Mann, 1990

Род *Pinnularia* Ehrenberg, 1840

Pinnularia cardinaliculus Cleve, 1895



Рисунок 4.5 – СМ. Панцирь *Pinnularia cardinaliculus* [30, с. 216, т. 68, рис. 5]

Вид обнаружен в июле 2019 г. в бух. Карантинная в эпифитоне зелёной водоросли *Cladophora vadorum* на глубине 0,1 м при температуре 23 °С, при солёности воды 14,67 ‰.

Экология и общее распространение: вид бентосный и пресноводный. Найден в реке Каме. Известен в Шотландии [30].

Порядок Naviculales Bessey, 1907
Семейство Naviculaceae Kützing, 1844
Род *Navicula* Bory de St.-Vinsent, 1822
Pleurosigma clevei Grunow 1880



Рисунок 4.6 – СМ. Клетка *Pleurosigma clevei* с хлоропластами [из:122]

Вид *P. clevei* обнаружен единично в живом виде в эпифитоне красной водоросли *Phyllophora crispa* в Карантинной бухте в районе мидийно-устричной фермы в октябре 2019 г. на глубине 17 м при температуре воды 18,0 °С. Размер клетки составлял 137,38 мкм длина и 7,64 мкм ширина.

Экология и общее распространение: вид морской, сублиторальный, аркто-бореальный. Указан в эпифитоне зелёной водоросли *Ulva lactuca* и бурой *Sargassum pallidum* в зал. Петра Великого Японского моря, а также у берегов Швеции [122].

Семейство Naviculaceae Kützing 1844
Род *Pleurosigma* W. Smith 1852
Pleurosigma inflatum Shadbolt 1853

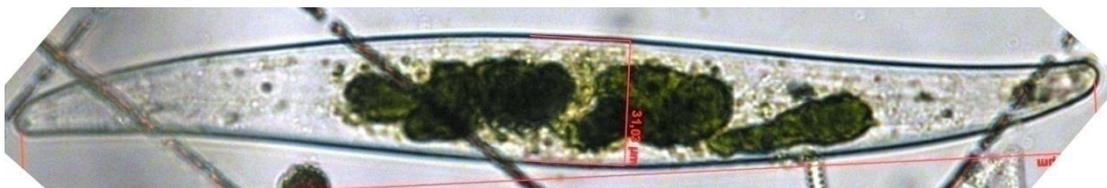


Рисунок 4.7 – СМ. Створка *Pleurosigma inflatum* с хлоропластами (ориг.)

Вид обнаружен в районе мидийно-устричной фермы бух. Карантинная в эпифитоне зелёной водоросли *Ulva rigida* в январе 2019 г. на глубине 4,5 м при температуре воды 8,6 °С, а также в эпифитоне бурой водоросли *E. crinita* в июне 2019 г. на глубине 6 м при температуре 22 °С. Размеры составляли 66,93–70,44 мкм длина и 5,8–13,3 мкм ширина. Вид впервые указан для Крыма и Чёрного моря.

Экология и общее распространение: морской, литоральный и сублиторальный, эвритермный, бореально-тропический, ноталный вид. Известен в Северном, Японском, Восточно-Китайском и Адриатическом морях, Мексиканском заливе, у берегов США, Британии, Китая, Тайваня, Бразилии, Австралии и Новой Зеландии [122], а также у берегов Аргентины [204]. Впервые вид указан для микрофитобентоса Японского и Азовского морей [13; 122]. Встречен летом на мелководье Керченского пролива в эпифитоне зелёных водорослей и эпифитоне каменистых грунтов, а также в эпифитоне зелёной водоросли *Chaetomorpha linum* в западной части зал. Сиваш [13].

Порядок Licmophorales Round 1990

Семейство Licmophoraceae Kützing 1844

Род *Licmophora* C.A. Agardh 1827

Licmophora hyalina (Kützing) Gruow 1867

Вид обнаружен в эпифитоне бурой водоросли *Ericaria crinita* в зал. Донузлав в апреле 2019 г. на глубине 0,2 м при температуре воды 10,6 °С, в мае 2019 г. в эпифитоне макрофита *Feldmannia paradoxa* в районе мидийно-устричной фермы в бухте Карантинная на глубине 2 м при температуре 15 °С, а также в Инкерманской бухте в августе 2019 г. на морской траве *Stuckenia pectinata* на глубине 0,1 м при температуре 23°С. Размеры 55,56–75,05 мкм длина и 8,67–22,82 мкм ширина.

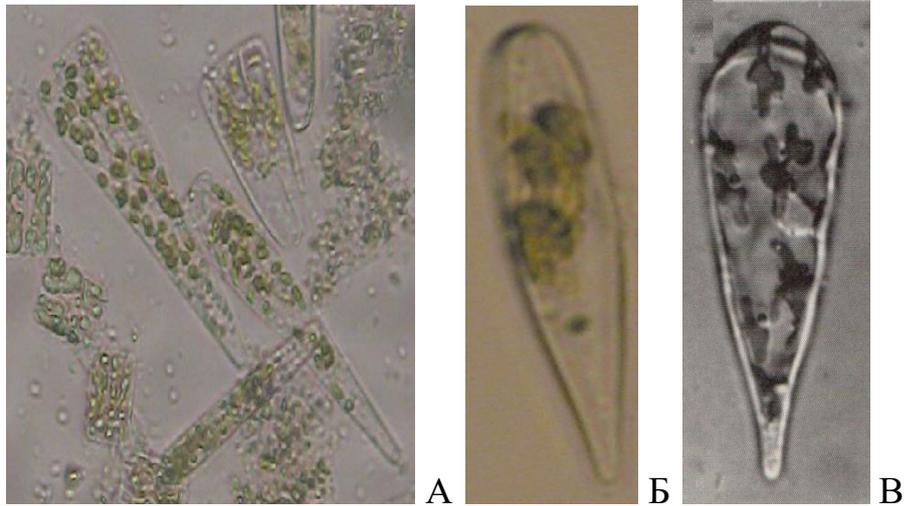


Рисунок 4.8 – СМ. *Licmophora hyalina* с хлоропластами (ориг. А, Б): А – клетки в прижизненном состоянии в сообществе, вид с пояска, Б, В – отдельные клетки, вид со створки, В [из: 183]

Экология и общее распространение: бентосный, морской, аркто-бореальный вид. Известен в Баренцовом море [49, табл. 6, рис. 4а-4в], Адриатическом, Эгейском морях и у берегов Швеции [183].

Порядок Naviculales Bessey, 1907

Семейство Naviculaceae Kützing, 1844

Род *Trachyneis* Cleve, 1894

Trachyneis aspera var. *contermina* Schmidt 18

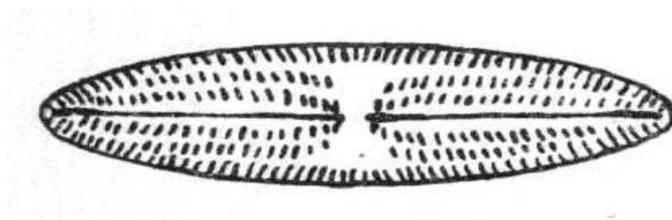


Рисунок 4.9 – СМ. Створка *Trachyneis aspera* var. *contermina* [30, с. 230, т. 73, рис. 2]

Вид обнаружен в эпифитоне зелёной водоросли *Cladophora vadorum* летом 2019 г. в бухте Карантинная на глубине 0,1 м при температуре 23°C на глубине 2 м и солёности воды 14,67 ‰.

Экология и общее распространение: бентосный и морской вид. Известен в микрофитобентосе Японского моря [30].

Порядок Lyrellales D.G. Mann

Семейство Lyrellaceae Lyrellaceae D.G. Mann 1990

Род *Petroneis* A.J. Stickle et D.G. Mann 1990

Petroneis sp. 1

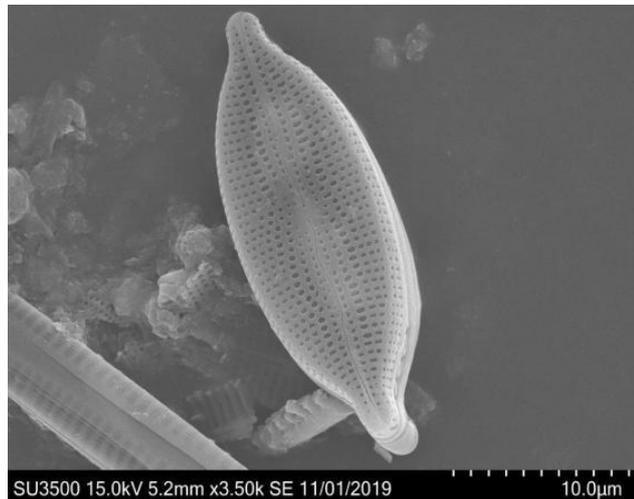


Рисунок 4.10 – СЭМ. Створка *Petroneis* sp. 1 (ориг.)

Вид обнаружен в эпифитоне *E. crinita* зал. Донузлав в октябре 2019 г. при температуре воды 15,9 °C и солёности 17,71 ‰ на глубине 1 м. Размеры в СМ = 31,9 мкм длина и 13,6 мкм ширина; 24 штр. в 10 мкм; СЭМ = 27,2 мкм длина, 13,4 мкм ширина, 22 штр. в 10 мкм.

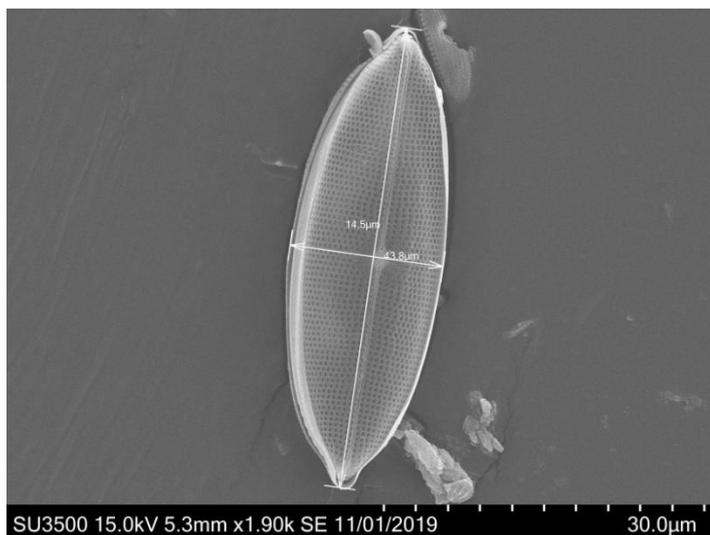


Рисунок 4.11 – СЭМ. *Petroneis* sp. 2 (ориг.)

Вид обнаружен в эпифитоне *Cladophora liniformis* в бухте Карантинная в июне 2018 г. на глубине 0,1 м при температуре воды 22,6 °С и солёности 17,81 ‰. Размеры в СЭМ: 43,8 мкм длина, 14,5 мкм ширина.

Редко встречающиеся виды. К этим видам отнесены диатомовые водоросли, которые редко встречались в районах исследования. На двух станциях (зал. Донузлав и бухта Карантинная) – в единичных экземплярах. Они нуждаются в дополнительном изучении. Кроме этого, в каждом районе указано количество массовых и редко встречающихся видов (15 таксонов), которые обнаружены только на одной из станций (таблица 4.3). Ниже представлено описание некоторых видов и даны их микрофотографии.

Таблица 4.3 – Флористический состав диатомовых водорослей в эпифитоне макрофитов в районах исследования крымского побережья Чёрного моря

Район	Кол-во таксонов	Массовые виды	Редко встречающиеся виды
Залив Донузлав	36	<i>Grammatophora marina</i> , <i>Licmophora abbreviata</i> , <i>Cocconeis scutellum</i> , <i>Navicula ramosissima</i> , <i>Nitzschia hybrida</i> f. <i>hyalina</i> , <i>Berkeleya rutilans</i> , <i>Ardissonea crystallina</i> , <i>Tabularia tabulata</i> , <i>T. fasciculata</i>	<i>Actinophychus senarius</i> , <i>Amphora copulata</i> , <i>A. crassa</i> , <i>Petroneis</i> sp. 1, <i>Tryblionella punctata</i> , <i>Navicula cryptocephala</i>

Бухта Карантинная	74	<i>Gr. marina, C. scutellum, L. abbreviata, N. ramosissima, B. rutilans, Nitzschia sigma, Melosira moniliformis var. subglobosa</i>	<i>Amphora proteus, A. ovalis, Parlibellus hamulifer, Nitzschia spathulata, N. vidovichii, Hyalodiscus scoticus</i>
Инкерманская бухта	58	<i>N. ramosissima, Achnanthes brevipes, B. rutilans, Caloneis liber, C. scutellum, Cyllindrotheca closterium, Halamphora coffeiformis, H. hyalina, L. abbreviata</i>	<i>Navicula veneta, Fragilaria striatula</i>
Биостанция Батилиман	45	<i>B. rutilans, Caloneis liber, C. scutellum, C. closterium, Gr. marina, L. abbreviata, N. ramosissima, Striatella unipunctata</i>	<i>Entomoneis paludosa</i>

Порядок Thalassiosirales Glezer et Makarova 1986

Семейство Heliopeltaceae H.L. Smith 1872

Род *Actinoptychus* Ehrenberg 1843

Actinophytichus senarius (Ehrenberg) Ehrenberg 1843

Вид обнаружен единично только в эпифитоне харовой водоросли *Lamprothamnium papulosum* в зал. Донузлав 09.10.2019 г. при температуре 15,9 °С на глубине 2 м и солёности воды 17,71 ‰.

Экология и общее распространение: морской, неритический, бентопланктонный, эвритермный и эвригалинный вид, космополит. Известен в Тихом и Атлантическом океанах, Азовском, Чёрном, Северном, Восточно-Китайском морях, у берегов Северной Америки, Бразилии, Румынии, Индии, Испании, Японии, Китая. Вид указан в зал. Восток Японского моря летом на глубине 0,5–10,0 м на каменистых и песчаных грунтах, желудках беспозвоночных [102], в эпифитоне водорослей-макрофитов и перифитоне антропогенных субстратов в заливах Амурский, Восток, Находка, Уссурийский, Славянка, бухте Золотой Рог, искусственной лагуне в черте г. Владивостока [10; 122].

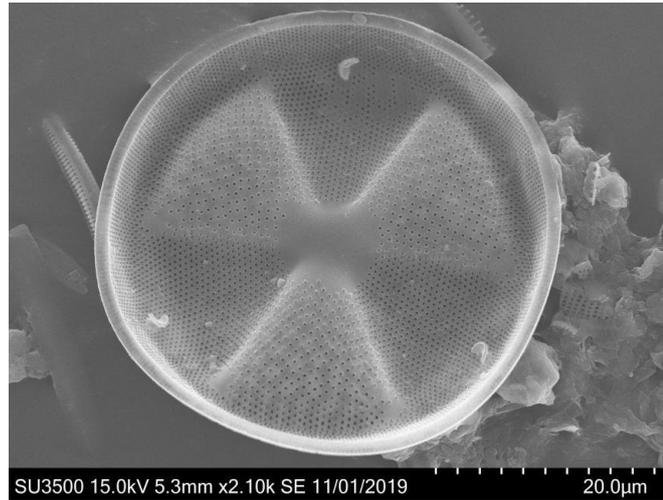


Рисунок 4.12 – СЭМ. *Actinophytchus senarius* (ориг.)

Порядок Bacillariales Hendeу 1937

Семейство Bacillariaceae Ehrenb. 1831

Род *Tryblionella* W. Smith 1853

Tryblionella punctata W. Smith 1853

В зал. Донузлав в эпифитоне бурой водоросли *Ericaria crinita* в апреле 2019 г. найден редкий вид *Tryblionella punctata* при температуре воды 10,6 °С на глубине 0,1 м. Размеры 40,54 мкм длина и 16,28 мкм ширина.



Рисунок 4.13 – СМ. *Tryblionella punctata* (ориг.)

Экология и общее распространение: бентосный вид, солоноватоводный, космополит. Указан в прибрежье Аральского, Каспийского, Балтийского,

Японского морей, а также известен в устьях рек и солёных континентальных водоёмах [30].

Род *Nitzschia* Hassall 1845

Nitzschia vidovichii (Grunow) Grunow 1862

Вид найден в эпифитоне бурой водоросли *C. barbata* в бухте Карантинной на глубине 0,1 м (17.02.2020 г., $T_{\text{воды}} = 9,2^{\circ}\text{C}$). Размеры створки 79,1 мкм длина 6,8 мкм ширина.

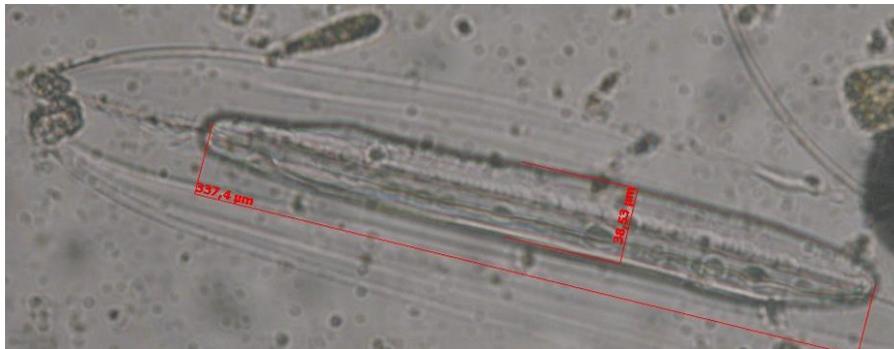


Рисунок 4.14 – СМ. *Nitzschia vidovichii* (ориг.)

Экология и общее распространение: морской, литоральный и сублиторальный, эвритермный, бореальный вид. Указан в эпифитоне Эгейского моря у турецких берегов в сентябре при температуре воды 24°C , Чёрном, Адриатическом и Средиземном морях, у берегов Швеции, Румынии, Франции, Бразилии, на Канарских островах [122]. В Японском море найден в поверхностной плёнке ила в зал. Посьета [88], на глубинах 10–27 м в бух. Витязь и на камнях в бух. Астафьева на глубине 0,3 м, весной на камнях зал. Восток на 0,5-1,0 м, а также в эпифитоне водорослей-макрофитов зал. Угловой и Тавричанского лимана [9]. Клетки иногда заключены в студенистые трубки [102].

Массовые виды ДВ, развивающиеся в донных сообществах круглогодично, либо являются типичными для определённых сезонов года практически на каждой станции. В зал. Донузлав в сентябре в эпифитоне харовой водоросли *Lamprothamnium papulosum* при температуре воды 22°C найден вид *Navicula*

ramosissima с численностью $75,3 \cdot 10^3$ кл.·см⁻² (таблица 4.3). В эпифитоне зелёной водоросли *Ulva compressa* в апреле 2019 г. при температуре воды 10,6 °С в массе обнаружен *C. scutellum*, численность составляла $124,4 \cdot 10^3$ кл.·см⁻². Типичный вид-обрастатель *L. abbreviata* найден в мае 2019 г. на талломах *C. barbata*, численность составляла $16,7 \cdot 10^3$ кл.·см⁻².

В бухте Карантинная массовыми были: *L. abbreviata*, *Gr. marina*, *M. moniliformis* var. *subglobosa*, *Anaulus maritimus* (таблица 4.3). Вид-обрастатель *L. abbreviata* обнаружен в июне 2018 г. на слоевищах зелёной водоросли *C. liniformis* при температуре воды 22,6 °С, на красной водоросли *P. elongata* при 13 °С, а также в апреле 2019 г. на *C. liniformis* при 10,6 °С, численность составляла $6,8 \cdot 10^3$, $44,1 \cdot 10^3$ и $12,5 \cdot 10^3$ кл.·см⁻², соответственно. *M. moniliformis* var. *subglobosa* обнаружена на поверхности бурой водоросли *Ectocarpus siliculosus* в июле 2018 г., численностью $2,9 \cdot 10^3$ кл.·см⁻². *A. maritimus* не только новый, но массовый – в феврале 2019 г. на бурой водоросли *G. barbata* при температуре воды 3 °С, численность составляла $104,8 \cdot 10^3$ кл.·см⁻² и $39,4 \cdot 10^3$ кл.·см⁻².

В Инкерманской бухте массовыми видами диатомовых водорослей в феврале 2019 г. были *A. maritimus* с высокой численностью $268,7 \cdot 10^3$ кл.·см⁻² в эпифитоне *E. crinita* и *N. ramosissima*, в эпифитоне *Stuckenia pectinata* – численностью $65,7 \cdot 10^3$ кл.·см⁻² (таблица 4.3).

В районе биостанции Батилиман к массовому виду на макрофите *P. elongata* отнесена *St. unipunctata* с небольшой численностью $4,9 \cdot 10^3$ кл.·см⁻² при $T_{\text{воды}} = 16,5$ °С (таблица 4.3).

Кроме этого, отметим круглогодичные виды, встречающиеся во все сезоны года в разных районах: *Ardissonea crystallina*, *Achnanthes brevipes*, *A. longipes*, *Amphora marina*, *Berkeleya rutilans*, *Caloneis liber*, *Cocconeis scutellum*, *Cylindrotheca closterium*, *Grammotophora marina*, *Halamphora coffeiformis*, *H. hyalina*, *Haslea ostrearia*, *H. subagnita*, *Licmophora abbreviata*, *L. flabellata*, *L. hastata*, *Navicula directa*, *N. perrhombus*, *N. ramosissima*, *N. cancellata*, *Neosynedra provincialis*, *Nitzschia distans*, *N. hybrida* f. *hyalina*, *N. longissima*, *N. sigma*, *N. tenuirostris*, *Parlibellus delognei*, *Seminavis ventricosa*, *Striatella unipunctata*,

Tabularia fasciculata, *T. tabulata*, *Thalassiosira eccentrica*, *Trachineis aspera*, *Undatella lineolata*.

Потенциально-опасные виды микроводорослей. Известно, что некоторые виды микроводорослей могут синтезировать яды и способны отрицательно влиять на биоту и человека. По районам исследования нами обнаружено 9 видов потенциально опасных, из них потенциально токсичные в основном динофитовые водоросли, в том числе два вида диатомовых (таблица 4.4).

Многие планктонные микроводоросли отнесены к вредоносным видам-возбудителям «цветения» воды и «красных приливов» в море, некоторые из них встречается и в бентосе Азово-Черноморского бассейна [3; 13; 110, 115, 118; 126]. Некоторые виды ДВ, *C. pelagica*, *C. closterium* и *L. abbreviata*, могут вызывать массовое развитие и оказывать негативное влияние на некоторых обитателей моря, в частности, на икру рыб [110]. Ранее вид *Pseudo-nitzschia seriata* был указан как *Nitzschia seriata* в фитопланктоне Чёрного моря [96], у берегов Феодосии в феврале 1959 г. численностью 0,2 млн кл.·л⁻¹ [73], в марте 1959 г. в Одесском заливе до 1 млн кл.·л⁻¹ [37], а также в бентосе Казачьей бухты [108].

Таблица 4.4 – Встречаемость потенциально опасных видов диатомовых водорослей в исследуемых районах крымского побережья Чёрного моря

Вид	Залив Донузлав	Бухта Карантинная	Мидийно- устричная ферма	Инкерман- ская бухта	Акватория б/с Батилиман
Bacillariophyta					
<i>Cerataulina pelagica</i> *	–	+	–	+	–
<i>Cylindrotheca closterium</i> *	+	+	+	+	+
<i>Licmophora abbreviata</i> *	+	+	+	+	+
<i>Halamphora coffeiformis</i> **	+	+	+	+	+

<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> **	–	–	+	–	–
Dinophyta					
<i>Gymnodinium sanguineum</i> **	–	+	–	–	–
<i>Prorocentrum balticum</i> **	+	–	–	–	–
<i>P. cordatum</i> **	–	–	–	+	–
<i>P. lima</i> **	+	+	+	+	+
<i>P. micans</i> **	–	+	–	+	–
<i>Protoceratium reticulatum</i> **	–	–	–	+	–
<i>Protoperidinium brevipes</i> **	–	+	–	–	–

Примечание. * – виды, вызывающие «цветение» воды, ** – потенциально токсичные виды.

Вид *Ps. seriata* обнаружен в июле и августе 2018 г. в районе мидийно-устричной фермы на трёх видах макрофитов при температуре 25–26,6 °С. Этот вид обитает в Азово-Черноморском бассейне [110], является возбудителем «цветения» воды, продуцирует домоевую кислоту, вызывающую гибель рыбы, а у человека синдром ASP – амнезийного моллюскового отравления [184; 188].

Одной из причин увеличения численности потенциально опасных видов в море является, в частности, высокий уровень трофности водоёма [110]. Некоторые планктонные виды проводят часть жизненного цикла в илистом грунте и при благоприятных условиях переходят из илов в воду. Следовательно, дно водоёмов является хранилищем многих видов планктонных видов [34; 35], а также и потенциально-опасных.

Интересно отметить имеющуюся скудную информацию о токсичных водорослях-макрофитах [110; 133]. Несмотря на важную роль водорослей в питании животных и человека, а также в различных областях промышленности, среди них отмечены некоторые токсичные виды, выделяющие ацетиленовые производные, терпеноиды, полифенолы и алкалоиды и др., в т.ч. указан

токсичный вид красной водоросли *Laurencia obtusa* [133], два вида этого рода обитают в Чёрном море, включая *Laurencia coronopus*, обнаруженную районе наших исследований на мидийно-устричной ферме в бух. Карантинная в феврале 2019 года (см. Гл. 3).

4.2. Экологическая и фитогеографическая характеристики диатомовых водорослей эпифитона макрофитов

Установлено, что бентосные диатомовые водоросли неразрывно связаны с субстратом или экотопом их обитания [118; 195], а на мелководье Чёрного моря показано взаимодействие фитопланктона и микрофитобентоса как целого эколого-флористического комплекса видов [108]. Флористический состав микрофитобентоса характеризуется определёнными особенностями и это связано с различающимися гидролого-гидрохимическими условиями обитания ДВ (глубиной, температурой воды на мелководье, солёностью, растворёнными химическими элементами). Эти условия обуславливают различия видовой структуры ДВ, присутствие одних видов в одном районе и временами их отсутствие в другом. Такая же ситуация отмечается и в отношении типичных видов, которые наблюдаются практически на каждой станции одного района, а на взморье другого зарегистрированы редко. Отношение видов к местообитанию характеризуется по районам исследования преобладанием бентосных видов, бентопланктонных и планктонных (таблица 4.5).

Таблица 4.5 – Экологические и фитогеографические характеристики диатомовых водорослей из разных районов крымского побережья Чёрного моря

Характеристики флоры ДВ	Районы				
	I	II	III	IV	V
Количество видов по местообитанию, %					
Бентосные	86	82	81	85	87
Бентопланктонные	9	13	14	12	13
Планктонные	5	5	5	3	-

Экологические группы, %					
Морские	53	51	56	50	47
Солоноватоводно-морские	32	34	33	35	42
Солоноватоводные	7	7	6	12	7
Пресноводно-солонатоводные	6	7	4	3	4
Пресноводные	2	1	1	-	-
Виды-индикаторы сапробности воды, %					
Ксеносапробионты	-	-	2	-	2
Олигосапробионты	10	14	7	14	15
Бета-мезосапробионты	49	47	48	59	58
Альфа-мезосапробионты	10	3	7	14	8
Полисапробионты	31	33	38	10	19
Фитогеографические элементы, %					
Аркто-бореальные	5	4	14	7	9
Аркто-бореально-тропические	14	15	10	14	15
Бореальные	20	16	13	12	11
Бореально-тропические	10	13	9	7	7
Космополиты	30	30	32	39	36
Нотальные	21	22	22	21	22

Примечание: I – Залив Донузлав, II – Бухта Карантинная, III – Мидийно-устричная ферма, IV – Инкерманская бухта, V – Акватория б/с Батилиман.

Известно, что качество воды в водоёме можно определить по индикаторным организмам, сравнивая между собой видовой состав диатомовых водорослей из чистых и загрязнённых акваторий [62]. Диатомовые водоросли, обитающие в водоёмах неодинаковой сапробности, являются хорошими индикаторами качества воды [4; 118; 158; 160; 207].

Однако вследствие слабой изученности их индикационные характеристики мало применяются для морских вод [9; 23; 116, 118; 124; 159]. Для крымского побережья нами выделены виды-индикаторы органического загрязнения вод (Приложение III), известные из литературных источников. Выявлено 44 вида – индикаторов сапробности с преобладанием бета-мезосапробионтных (52 %) видов ДВ. По отношению видов к водородному показателю (pH) морской воды зафиксировано 45 видов алкалифилов и 3 вида – индифферентных, по отношению видов к температурному фактору воды – 50 эвритермных видов, встречающиеся в морях Мирового океана.

Одним из основных показателей в распределении гидробионтов в море, в частности диатомовых водорослей, является солёность воды [95; 116]. Этот показатель широко применяется при характеристике ДВ по их отношению к солёности воды. Проведён анализ флоры диатомовых водорослей эпифитона макрофитов крымского побережья, который показал, что доминируют в основном две группы – морские виды (56 %), солоноватоводно-морские (28 %) и другие (таблица 4.5, рисунок 4.15).

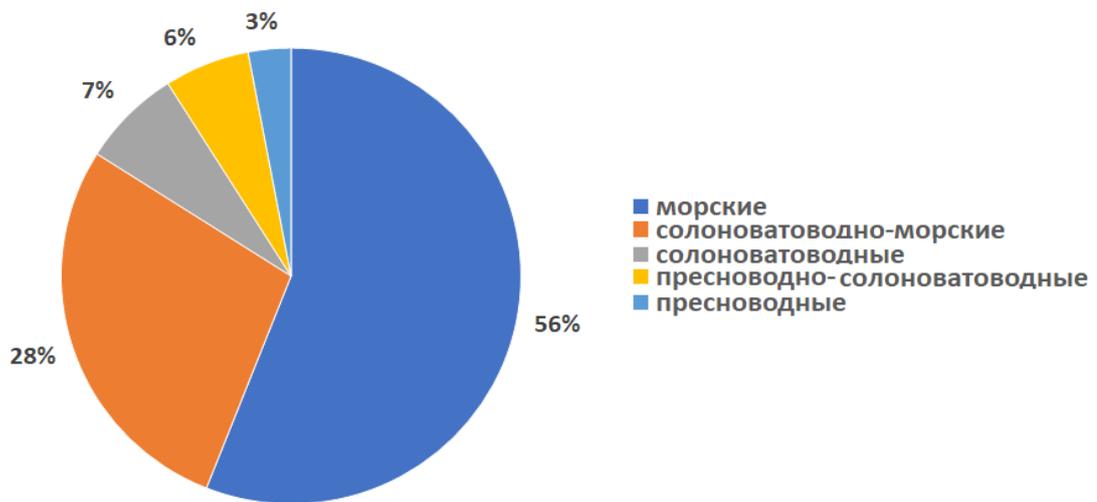


Рисунок 4.15– Экологическая характеристика видов диатомовых водорослей по их отношению к солёности воды в крымском побережье Чёрного моря, %

С экологической характеристикой флоры ДВ тесно связана и фитогеография, т. е. ареал их распространения в различных акваториях Мирового океана.



Рисунок 4.16 – Фитогеографические элементы флоры диатомовых водорослей в крымском побережье Чёрного моря, %

В эпифитоне макрофитов в районах наших исследований преобладают четыре группы – космополиты (26 %), аркто-бореально-тропические (24 %) бореально-тропические (23 %) и бореальные (16 %), включая нотальные формы, встречающиеся в южном полушарии (рисунок 4.16).

Рассмотрим флористический состав ДВ по сезонам года. Качественный состав диатомовых водорослей в районах исследования в большей или меньшей степени различается между собой по сезонам (Приложение IV).

Зимой при уменьшении температуры воды в море до 3 °С отмечено активное развитие колониальных видов диатомовых водорослей, в основном *L. abbreviata*, которая зафиксирована на водорослях-макрофитах в летнее-осенний сезон. Колониальность даёт некоторые преимущества, предохраняет ДВ бентоса прибрежных местообитаний от повреждения и высыхания, выдвигая клетки прикреплённых форм к свету, и позволяет противостоять разнообразным неблагоприятным факторам среды [31]. В донных сообществах колонии, которые состоят из 2–4, иногда и большего количества клеток, это, в основном, колонии диатомей *Grammatophora marina*, *L. abbreviata*, *L. flabellata*, *Striatella unipunctata* и виды рода *Tabularia*. Одиночноживущие клетки одношовных диатомей, в

частности *Cocconeis scutellum*, часто встречались в виде обильных скоплений, которые концентрируются на талломах различных видов макрофитов.

Весной в массе отмечены колонии бентосного вида *Berkeleya rutilans*, временами достигающего макроскопических форм, видимых невооружённым глазом. В весенний период с увеличением температуры воды в море (9,8 – 20,7 °С) необычных изменений в составе видов не замечено, но зафиксирована тенденция уменьшения колониальных видов, разрушения их колоний и увеличения количества одиночноживущих видов.

Летний комплекс ДВ по своим количественным и качественным показателям не выделяется стабильностью, что объясняется разнообразием экологических условий за счёт растянутого тёплого сезона, характерного для Чёрного моря. Наибольшее количество видов ДВ встречено летом (86) и осенью (88) (Приложение IV). При увеличении температуры воды летом до 26,6 °С встречаются как одиночноживущие виды родов *Amphora*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Pleurosigma*, так и колониальные *B. rutilans*, *Neosynedra provincialis*, *Parlibellus delognei* и виды рода *Licmophora*. Вид *N. provincialis* указан впервые для вод Чёрного моря в эпифитоне цистозире в Казачьей и Стрелецкой бухтах [108; 118].

Осенью ДВ эпифитона макрофитов характеризуются структурным преобразованием сообществ. Происходит смена одиночноживущих форм диатомей родов *Cocconeis*, *Amphora* колониальными формами водорослей родов *Berkeleya*, *Navicula*, *Tabularia*, *Grammatophora*, *Licmophora*. Ранее было показана смена видового состава ДВ в эпифитоне грацилярий Казачьей бухты Чёрного моря, связанная с сезонностью у определённых видов, т.е. отношением их к температурному фактору [106].

4.3 Характеристика состава диатомовых водорослей эпифитона по районам исследования

Анализ данных по исследованию диатомовых водорослей эпифитона макрофитов показал, что они слабо изучены не только по составу видов, но и по

количественному распределению на разных видах макрофитов. Ниже нами подготовлен список встречаемости диатомовых водорослей по районам исследования (Приложение V). Наиболее значимые таксоны ДВ представлены родами *Navicula*, *Nitzschia*, *Amphora*, *Licmophora* и др. (таблица 4.6).

Таблица 4.6 – Количество видов диатомовых водорослей по родам и районам крымского побережья Чёрного моря

Род	Количество видов по районам				
	Залив Донузлав (I)	Бухта Карантинная (II)	Мидийно-устричная ферма (III)	Инкерманская бухта (IV)	Акватория б/с Батилиман (V)
<i>Amphora</i>	6	3	2	2	1
<i>Cocconeis</i>	4	2	3	3	2
<i>Gyrosigma</i>	1	2	2	–	2
<i>Licmophora</i>	6	6	8	4	4
<i>Navicula</i>	10	7	7	6	6
<i>Nitzschia</i>	9	8	7	3	4
<i>Pleurosigma</i>	5	4	4	2	2
<i>Tryblionella</i>	2	-	1	1	-

Основными по видовому разнообразию являются представители родов *Navicula* (36 видов) и *Nitzschia* (31). По видовому разнообразию одиночноживущие виды часто превосходят колониальные формы. Представители родов *Grammatophora*, *Licmophora*, *Halamphora*, а также виды *Nitzschia sigma*, *N. hybrida* f. *hyalina* являются типичными для всех районов исследования (Приложение V).

Особенностью микрофитобентоса крымского побережья Чёрного моря является наличие видов, обнаруженных в районах наших исследований:

- залив Донузлав: *Cocconeis scutellum* var. *japonica*, *Dimeregramma minor*, *Diploneis bombus*, *Diploneis splendida*, *Diploneis smithii* var. *pumila*, *Fallacia pygmaea*, *Glyphodesmis distans*, *Mastogloia exigua*, *Petroneis* sp. 1, *Navicula cryptocephala*, *Navicula lanceolata*, *Nitzschia vidovichii*, *Surirella ovata*, *Tryblionella punctata*;

- бухта Карантинная: *Campylodiscus fastuosus*, *Nitzschia recta*, *Pinnularia cardinaliculus* и *Pinnularia gibba*;
- район мидийно-устричной фермы Карантинной бухты: *Diploneis chersonensis*, *Diploneis interupta*, *Gomphonemopsis pseudexigua*, *Grammatophora arctica*.
- Инкерманская бухта: *Cocconeis distans*, *Fragilaria striatula*, *Lyrella lyroides*, *Parlibellus rhombicus*, *Pleurosigma rigidum*, *Tryblionella hungarica*.

Развитие колоний *Licmophora flabellata* отмечено в октябре, а *Grammatophora marina* – в феврале в бух. Карантинная, *Achnanthes brevipes* – в марте и *L. abbreviata* – в феврале и ноябре в Инкерманской бухте; *L. flabellata* – в октябре в бух. Карантинная и в апреле на мидийно-устричной ферме.

Анализ результатов исследования показал, что максимальная общность флор зафиксирована для акваторий (I) и (III) районов, которые существенно удалены друг от друга, но обладают близким гидрологическим режимом (таблица 4.7). Сравнение видового состава диатомовых водорослей с использованием коэффициента сходства видов Сёренсена (K_s), исследованных разных типов макрофитов, показало следующее: общность флор ДВ по коэффициенту K_s , для I и II районов составляет 59 %; I и III районов – 67 %; I и IV районов – 61 %; II и III – 65 %, II и IV – 59 %; III и IV районов – 60 %. Наряду с заметным сходством флор, можно отметить некоторые различия в видовой структуре ДВ. Так, общими были 2 вида диатомовых *G. marina* и *L. abbreviata*, встречающимися в массе в (I) и (III) районах. Диатомея *N. ramosissima* отмеченная летом в эпифитоне (III), была типичной и для (I). Район I отличается от других по таксономическому составу и преобладанию одиночноживущих видов.

Коэффициент K_s флористического сходства видов ДВ по районам исследования имеет близкое значение к 60 %, указанным для эпифитона макрофитов у мыса Омега в Крыму [107; 118]. Анализ экологической и фитогеографической структуры микрофитобентоса по районам исследования показал следующее. Количество планктонных видов ДВ, обнаруженных в бентосе (I–III), одинаковое. Наименьшее число (3 %) отмечено в IV районе (таблица 4.5).

По шкале галобности в исследуемых районах крымского побережья преобладают морские и солоноватоводно-морские формы, при этом ощутимый вклад (56 %) морские виды вносят в альгофлору бентоса (III), для которого зарегистрировано минимальное количество солоноватоводных форм (6 %).

Для всех районов характерно доминирование по числу видов бета-мезосапробионтов (индикаторов сапробности воды). Среди ДВ донных сообществ в Инкерманской бухте (IV) зарегистрировано большее разнообразие бета-мезосапробионтов при минимальном количестве ксеносапробионтов (таблица 4.6) по сравнению с другими акваториями. В бентосе мидийно-устричной фермы (III район) олигосапробионты составляют наименьшее количество видов, которые также являются индикаторами органического загрязнения.

4.4. Сравнительный анализ диатомовых водорослей эпифитона макрофитов в районе мидийно-устричных ферм (бухта Карантинная и залив Донузлав)

Изучение микрофитобентоса мидийно-устричных ферм имеет большое значение, поскольку микроводоросли вносят основной вклад в развитии биоразнообразия донных сообществ, создают высокую первичную продукцию, принимают участие в поддержании кислородного баланса водоёмов, являются кормовой базой для гидробионтов [118; 123]. Поэтому для оценки видового разнообразия диатомовых водорослей нами выделены 2 района мидийно-устричных ферм в бух. Карантинная и зал. Донузлав. Такое внимание к этим районам не случайно, поскольку своеобразные растительные сообщества, немалое количество краснокнижных видов макрофитов, особенно в бух. Карантинная, требуют охраны и постоянного биомониторинга. Отметим, что в районах ферм диатомовые водоросли эпифитона макрофитов ранее не изучали.

Известно, что увеличение содержания биогенных элементов и выделение метаболитов культивируемыми моллюсками способствует эвтрофированию морских вод и избыточной численности микроводорослей, а также ядовитых

видов, токсины которых оказывают отрицательное воздействие на биоту, а в итоге, и на здоровье человека [115; 118]. В акватории указанных ферм проводятся регулярные измерения параметров среды, характеризующих водные массы, например, температура, солёность, гидрохимические показатели и др.

Таксономическая структура Bacillariophyta в эпифитоне 20 видов макрофитов фермы в бух. Карантинная представлена двумя классами, 10 порядками, 18 семействами, 47 родами (таблица 4.7). Массовые виды ДВ: *Tabularia fasciculata*, *Pseudo-nitzschia seriata*, *Gr. marina*, *L. abbreviata* (таблица 4.8). *T. fasciculata* доминировала в сообществе *Phyllophora crispa*, численность составляла $266,5 \cdot 10^3$ кл.·см⁻², вид *Pseudo-nitzschia seriata* на талломах *Nereia filiformis* достигала $527,6 \cdot 10^3$ кл.·см⁻², *Gr. marina*, в эпифитоне *Bryopsis plumosa* с численностью $149,7 \cdot 10^3$ кл.·см⁻² и *L. abbreviata* доминировала в сообществе *Laurensia coronopus* с численностью $48,7 \cdot 10^3$ кл.·см⁻².

Таблица 4.7 – Таксономическое разнообразие Bacillariophyta в районе мидийно-устричных ферм в бухте Карантинная (I) и зал. Донузлав (II)

Классы	Районы							
	I	II	I	II	I	II	I	II
	Количество таксонов							
	порядок		семейство		род		вид	
Coscinodiscophyceae	–	–	–	1	–	1	–	1
Bacillariophyceae	5	18	13	20	39	33	58	57
Fragilariophyceae	5	4	5	4	8	6	20	11
Итого:	10	22	18	25	47	40	78	70

ДВ на талломах зелёной водоросли *Bryopsis plumosa* исследованы ранее в бухтах крымского побережья Чёрного моря: Казачья, Карантинная и Коктебельская, а также на о. Родос и банке Монселл Эгейского моря. На этой водоросли нами указано 54 вида и ввт диатомовых водорослей, в том числе в бух. Карантинная – 20 видов [125]. Наблюдая за развитием сообществ МВ в условиях фермы в течение сезона, можно отметить, что внешний вид обрастаний

периодически меняется. В некоторые сезоны появляется много водорослей, образующих «бороды» зелёного цвета до метра длиной, обрастание в виде «корок» различного цвета. Водоросли составляют основную долю биомассы сообщества обрастания мидийных коллекторов.

В районе фермы зал. Донузлав в эпифитоне 10 видов макрофитов обнаружено 69 видов ДВ, представленных тремя классами, 22 порядками, 25 семействами, 40 родами (таблица 4.7). Массовыми были ДВ: *Grammatophora marina* (таблица 4.8), которая доминировала в сообществе *C. crinita*, численность составляла $126,5 \cdot 10^3$ кл.·см⁻², вид *Nitzschia hybrida* f. *hyalina* на талломах *C. crinita* достигала $102,6 \cdot 10^3$ кл.·см⁻², *Cocconeis scutellum* в эпифитоне *Ulva compressa* с численностью $124,4 \cdot 10^3$ кл.·см⁻².

Таблица 4.8 – Флористический состав диатомовых водорослей мидийно-устричных ферм крымского побережья Чёрного моря

Район	Кол-во видов	Массовые виды	Редко встречающиеся виды
Мидийно-устричная ферма, бухта Карантинная	78	<i>Tabularia fasciculata</i> , <i>Pseudo-nitzschia seriata</i> , <i>Grammatophora marina</i> , <i>Licmophora abbreviata</i> .	<i>Licmophora gracilis</i> , <i>Hyalodiscus scoticus</i> , <i>Bacillaria socialis</i> , <i>Navicula pennata</i> var. <i>pontica</i> , <i>Licmophora dalmatica</i>
Мидийно-устричная ферма, залив Донузлав	69	<i>Gr. marina</i> , <i>Nitzschia hybrida</i> f. <i>hyalina</i> , <i>Cocconeis scutellum</i> , <i>Navicula ramosissima</i>	<i>Falcula media</i> var. <i>subsalina</i> , <i>Diploneis bombus</i> , <i>Entomoneis paludosa</i>

Таким образом, в эпифитоне макрофитов обеих ферм Карантинная/Донузлав основой таксономического разнообразия является класс Bacillariophyceae. Как и в других районах крымского побережья, здесь наиболее богаты по видовому составу порядки *Naviculales* и *Bacillariales*, включающие преимущественно бентосные формы с ведущим положением родов *Navicula* 7/7, *Pleurosigma* 4/3, *Nitzschia* 7/6 и *Cocconeis* 3/3, соответственно.

4.5 Сравнение диатомовых водорослей эпифитона макрофитов и перифитона полимерных материалов в бухте Карантинная

Впервые для сравнения изучены ДВ эпифитона макрофитов и перифитона разных типов экспериментальных синтетических полимерных материалов в бухте Карантинная, включая открытую часть, и район мидийно-устричной фермы. В целом, в двух экотопах по составу видов ДВ отмечена высокая встречаемость (87–100 %). Отметим общую характеристику флоры ДВ для указанных экотопов. Основу сообщества составляли бентосные виды (94 % и 82 %, соответственно). Полимерные антропогенные материалы, как и макрофиты, заселяются ДВ по-разному, количество обнаруженных видов было примерно на том же уровне (63/72), но сходство сообществ оказалось разным. Всего обнаружено 67 видов Bacillariophyta, из них 59 являются общими для эпифитона [129: 130]. В полузакрытой части бухты всего в перифитоне полимерных синтетических материалов обнаружено 72 вида и ввт ДВ на глубинах 1,5–3 м, из них 63 являются общими, обнаруженными на макрофитах [202].

Наибольшее видовое разнообразие принадлежит родам *Amphora*, *Navicula*, *Nitzschia* и *Pleurosigma*, а также видам *Cylindrotheca closterium*, *Nitzschia sigma*; *Halamphora hyalina*; *Haslea ostrearia*; *Achnanthes brevipes*, *Ardissonea crystallina*, *Berkeleya rutilans*, *Caloneis liber*, *Cocconeis scutellum*, *Grammatophora marina*, *Halamphora coffeiformis*, *Licmophora abbreviata*, *Navicula ramosissima*, *Tabularia fasciculata*. Во флоре ДВ преобладают в основном морские виды, другие группы представлены минимальным количеством. Основная доля видов-индикаторов

является бета-мезосапробионтами, то есть видами, типичными для вод с умеренным уровнем органического загрязнения. Отметим близкие по процентному соотношению количество космополитов (28/26 %) и борельных (11/16 %) видов.

В перифитоне и эпифитоне макрофитов отмечены мелкоклеточные виды, встречающиеся в этом районе, такие как *Berkeleya rutilans*, *Halamphora coffeiformis*, *Haslea subagnita*, *Parlibellus delognei*, а ведущую роль занимали и крупноклеточные виды: *Nitzschia sigma*, *N. longissima*, *Pleurosigma elongatum*, *Tabularia tabulata*. Единожды на полимерных материалах зарегистрированы *Entomoneis paludosa*, *Navicula ammophila* var. *intermedia*, *N. salinarum*, *Surirella ovata*.

Выводы по главе 4. Получены новые данные по изучению ДВ эпифитона макрофитов, которые дополняют и расширяют сведения для микрофитобентоса крымского побережья, в частности, и в целом для Чёрного моря. В эпифитоне 35 видов макрофитов таксономическая структура ДВ представлена 141 видом и ввт. Отмечены новые и редко встречающиеся, массовые и потенциально опасные виды. Видовая структура ДВ изменяется в зависимости от вида макрофита, сезона и районов исследования, имея черты сходства и различия под влиянием абиотических факторов среды.

Для флоры диатомовых водорослей перифитона синтетических полимерных материалов разного типа, экспонированных в бухте Карантинная, и эпифитона макрофитов характерно преобладание представителей класса Bacillariophyceae, что в целом типично для морского микрофитобентоса. Среди обрастаний поверхности антропогенных и природных субстратов отмечены сходные черты по встречаемости широко распространённых и близких по составу для данной акватории видов. Однако в целом, для ДВ каждого изученного района имеются различия в списках видов, характерных и для других районов крымского побережья. Вероятно, это указывает на то, что заселение субстратов независимо от их природы или химического состава воды продиктовано составом биоты, характерной для общего района исследования.

ГЛАВА 5 КОЛИЧЕСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ В СООБЩЕСТВАХ ЭПИФИТОНА МАКРОФИТОВ

Анализ эколого-флористических и фитогеографических характеристик показал, что важными показателями структуры сообществ являются следующие количественные характеристики: количество видов, обилие видов, численность, биомасса, индексы видового разнообразия Шеннона, выровненности Пиелу, доминирования Бергер-Паркера и другие, которые дополняют флористические исследования, отражая сходство и различия сообществ диатомовых водорослей на разных видах макрофитов.

На основе видового состава ДВ эпифитона макрофитов в главе приведены количественные характеристики: минимальные, максимальные и средние значения численности и биомассы, количества видов и структурные показатели сообществ в зависимости от статуса макрофита, по сезонам года и районам исследования. Показаны их величины сходства и различия.

5.1 Структурные показатели сообществ диатомовых водорослей в зависимости от таксономического статуса макрофита

Слоевища макрофитов по форме таллома подразделяются на цилиндрические и пластинчатые. Все бурые водоросли имеют цилиндрическое строение таллома. Среди красных и зелёных водорослей встречались талломы двух типов (таблица 5.1). Рассмотрим количественные характеристики ДВ на представителях класса бурых водорослей: *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata*, *Ectocarpus siliculosus*, *Feldmannia paradoxa*, *Pylaiella littoralis*, *Nereia filiformis*; красных водорослей: *Polysiphonia elongata*, *P. denudata*, *Gelidium latifolium*, *Ceramium arborescens*, *C. secundatum*, *Phyllophora crispa*, *Laurencia coronopus*, *Callithamnion corymbosum*; зелёных водорослей: *Ulva compressa*, *U. linza*, *U.*

rigida, *U. clathrata*, *U. torta*, *Cladophora liniformis*, *C. vadorum*, *Bryopsis plumosa*, имеющих разный тип талломов – цилиндрический и пластинчатый.

Таблица 5.1 – Количественные характеристики сообществ ДВ на водорослях-макрофитах в зависимости от таксономической принадлежности и формы их таллома

Водоросли-макрофиты			Диатомовые водоросли		
Группы	Тип таллома	Кол-во проб	Кол-во видов	$N \cdot 10^3$, кл. $\cdot \text{см}^{-2}$	B , мг $\cdot \text{см}^{-2}$
Бурые	Цилиндрический	6	108	499,0	0,007
Красные	Цилиндрический	7	51	81,8	0,002
	Пластинчатый	1	18	494,5	0,002
Зелёные	Цилиндрический	3	40	116,7	0,007
	Пластинчатый	5	46	273,9	0,002

В эпифитоне бурых водорослей по численности преобладали виды ДВ: *Licmophora abbreviata*, *Navicula ramosissima*; на красных – *Grammatophora marina*, *L. abbreviata*; на зелёных – *L. abbreviata*. По биомассе доминировали ДВ: на бурых водорослях – *Striatella unipunctata*, *Cocconeis scutellum*, на красных – *C. scutellum*, *L. abbreviata*, на зелёных – *S. unipunctata*, *L. abbreviata*. На всех макрофитах обнаружено 42 общих вида.

Выявлено, что наибольшие показатели ДВ отмечены на бурых водорослях с цилиндрическим типом талломов. Однако на красной водоросли пластинчатого типа *Phyllophora crispa* численность ДВ была соизмерима с 6 видами бурых водорослей. Максимальные значения численности ДВ $N=1118 \cdot 10^3$ кл. $\cdot \text{см}^{-2}$ при $B = 3,24$ мг $\cdot \text{см}^{-2}$ выявлены в эпифитоне *Ph. crispa* в июле 2018 г. при $T_{\text{воды}} = 25,0$ °С (мидийно-устричная ферма, бух. Карантинная), что связано с повышенным содержанием биогенных элементов, которые влияют на увеличение количественных показателей ДВ [118; 123]. Минимальные значения $N = 17 \cdot 10^3$ кл. $\cdot \text{см}^{-2}$ и $B = 0,13$ мг $\cdot \text{см}^{-2}$ зарегистрированы в эпифитоне *Ulva linza* в марте 2019 г. при $T_{\text{воды}} = 10$ °С. Наибольшие значения $N = 1001 \cdot 10^3$ кл. $\cdot \text{см}^{-2}$ и $B = 2,07$ мг $\cdot \text{см}^{-2}$ ДВ

обнаружены на макрофите *Nereia filiformis* с цилиндрической формой таллома в августе 2018 г. при $T_{\text{воды}} = 26,6$ °С в районе мидийно-устричной фермы, минимальные $N = 4 \cdot 10^3$ кл.·см⁻² и $B = 0,02$ мг·см⁻² на талломах *Polysiphonia denudata* в марте 2019 г. при $T_{\text{воды}} = 10$ °С (бух. Карантинная).

Для сравнения сходства численности и биомассы сообществ диатомоавых водорослей в зависимости от таксона макрофитов выбраны 13 видов: *Ceramium arborescens*, *Cladophora liniformis*, *E. crinita*, *G. barbata*, *Lamprothamnium papulosum*, *Nereia filiformis*, *Polysiphonia elongata*, *Pylaiella littoralis*, *Ph. crispa*, *Ulva compressa*, *U. rigida*, *Stuckenia pectinata*, *Z. marina*, которые присутствовали в пробах не менее 3-х раз.

По значениям численности ДВ выполнены кластерный и неметрический MDS анализы, графики которых выделили 2 группы (1 и 2) и отдельные виды макрофитов (рисунки 5.1, 5.2). Сходство численности ДВ изменялось по группам от 9,0 между группой 2 и отдельными видами макрофитов до 20,8 % между группой 1 и 2.

В первую группу вошли 48 видов ДВ, средняя численность их составляла $N = 58 \cdot 10^3$ кл.·см² на макрофитах: *C. liniformis*, *P. elongata*, *C. arborescens*. Во вторую группу вошли 82 вида ДВ на макрофитах: *Ph. crispa*, *N. filiformis*, *L. papulosum*, *U. compressa*, *S. pectinata*, *Z. marina*, средняя численность составляла $326 \cdot 10^3$ кл.·см² (рисунки 5.1, 5.2). В группах доминировали общие виды ДВ: *L. abbreviata*, *L. flabellata*, *N. ramosissima*, *C. scutellum*, *Pseudo-nitzschia seriata*, *Tabularia fasciculata*, *Nitzschia sigma*. Сообщества ДВ в эпифитоне *U. rigida*, *E. crinita* и *P. littoralis* отличались от двух выделенных групп (рисунки 5.1, 5.2) и между собой. На *U. rigida* обнаружен 21 вид ДВ с $N = 12,5 \cdot 10^3$ кл.·см² с доминированием *Achnanthes brevipes* и *A. longipes*. На *E. crinita* – 91 вид ДВ с доминированием *B. rutilans*, *Cylindrotheca closterium*, *G. marina*. На *P. littoralis* – 29 видов ДВ с $N = 152 \cdot 10^3$ кл.·см² с доминированием *Licmophora oedipus*, *St. unipunctata*.

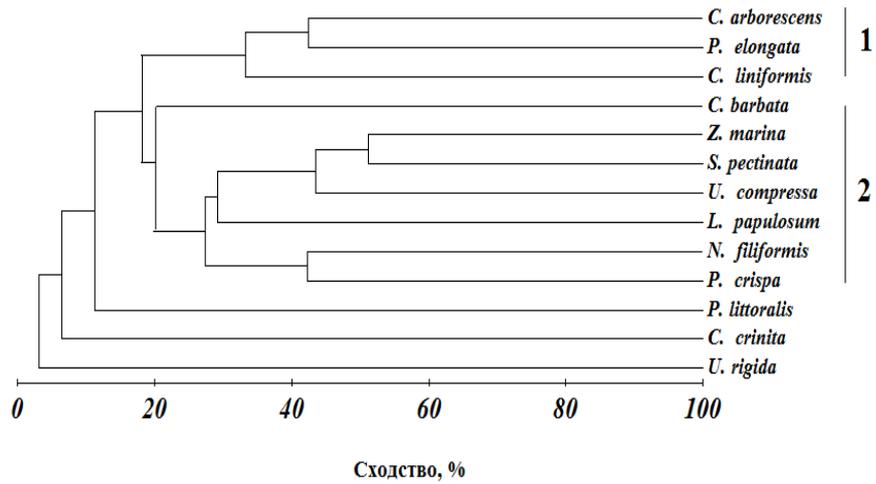


Рисунок 5.1 – Дендрограмма сходства средних значений численности в сообществах ДВ в эпифитоне 13 видов макрофитов по 2 группам и отдельным видам

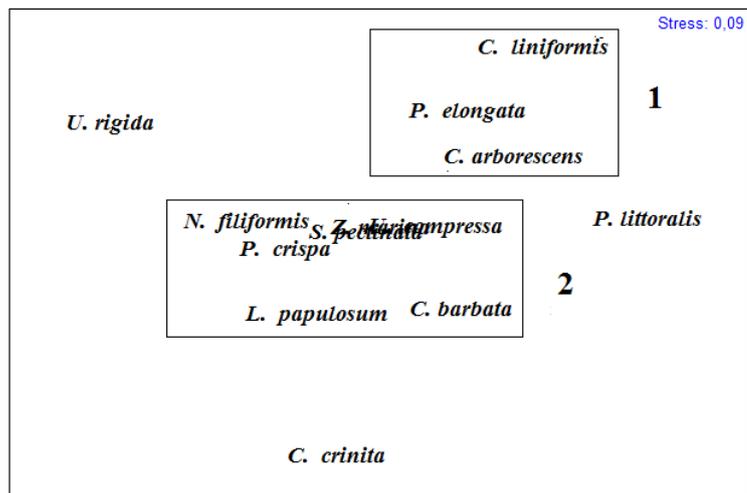


Рисунок 5.2 – Неметрический MDS анализ средних значений численности ДВ в эпифитоне 13 видов макрофитов по 2-м группам и отдельным видам

График, показывающий количество видов и численность ДВ по группам и отдельным видам макрофитов (рисунок 5.3), подтвердил результаты кластерного и MDS анализов.

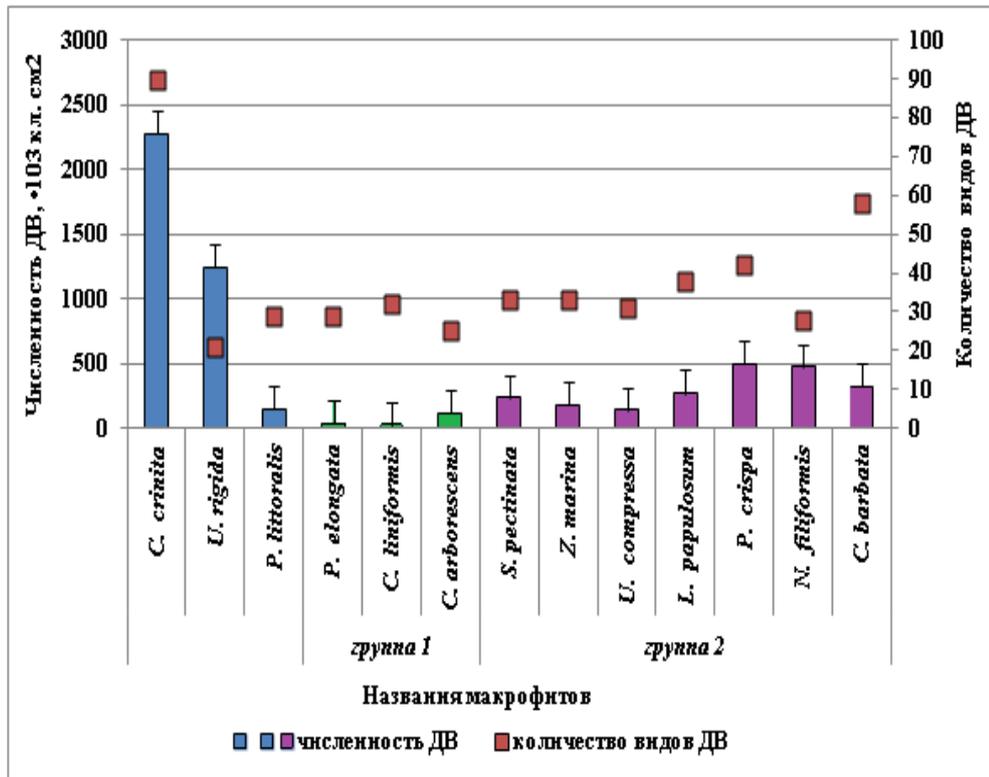


Рисунок 5.3 – Средние значения количества видов и численности сообществ ДВ по группам макрофитов

В результате анализа данных по биомассе ДВ в эпифитоне 13 видов макрофитов выявлено 3 группы по уровню сходства, составляющие 11,0 % (рисунки 5.4, 5.5).

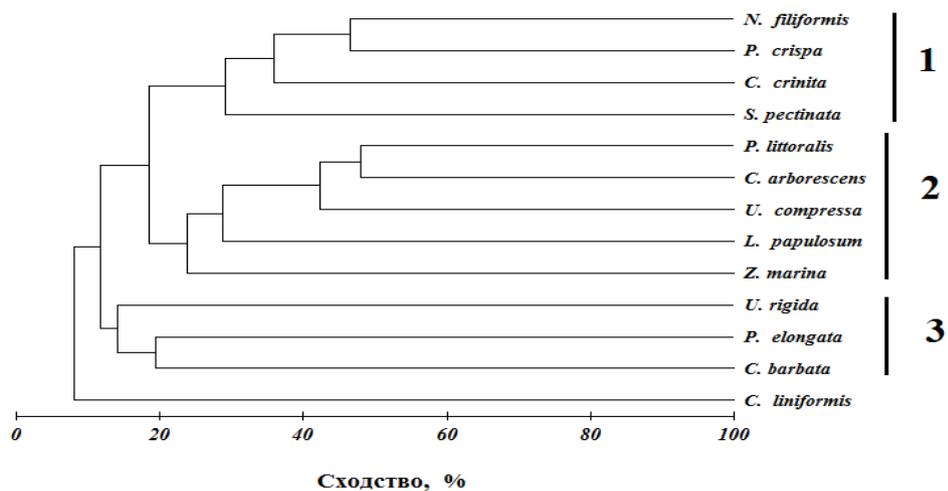


Рисунок 5.4 – Дендрограмма сходства средних значений биомассы сообществ ДВ в эпифитоне макрофитов

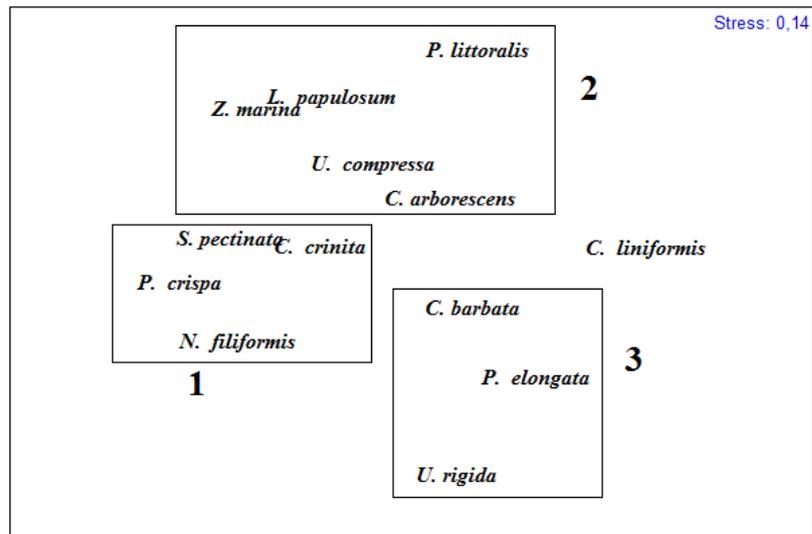


Рисунок 5.5 – Неметрический MDS анализ сходства диатомовых водорослей по средним значениям их биомассы в эпифитоне макрофитов

В первую группу вошли макрофиты: *S. pectinata*, *E. crinita*, *P. crispa*, *N. filiformis*; во вторую – *Z. marina*, *L. papulosum*, *U. compressa*, *C. arborescens*, *P. littoralis*, в третью – *U. rigida*, *P. elongata*, *G. barbata*. График биомассы и количества видов ДВ по группам макрофитов подтверждает результаты кластерного и MDS анализов. Не установлена зависимость биомассы ДВ от количества видов, обнаруженных на макрофитах 3-х групп (рисунок 5.6).

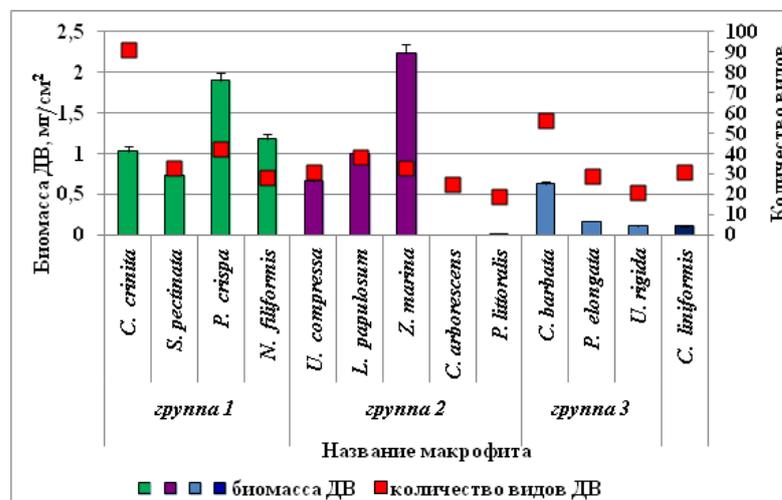


Рисунок 5.6 – Средние значения количества видов и биомассы сообществ ДВ по группам макрофитов

ANOSIM-анализ выявил значимое различие в структуре сообществ ДВ в эпифитоне отдельных видов макрофитов по численности и количеству видов (объединили в группу 0) и группой 2 ($R = 0,519$), по биомассе и количеству видов выявлено высокое различие в структуре сообществ ДВ между *C. liniformis* и группой 1.

5.2 Количественные показатели сообществ диатомовых водорослей эпифитона макрофитов по сезонам

Для анализа структурных и продукционных характеристик диатомовых водорослей огромное значение имеет вклад некоторых компонентов сообщества первичных продуцентов, особенно доминирующих и массовых видов, учитывая сезонность их развития, размерную структуру, которые оказывают влияние на величины численности и биомассы сообществ и популяций индивидуальных видов ДВ. По этим данным можно показать наибольший вклад видов и прогнозировать время вспышки их численности, что особенно существенно для обнаружения и потенциально опасных видов микроводорослей [110, 116].

В данном подразделе рассмотрим доминирующие виды, вносящие существенный вклад в сообщества ДВ эпифитона макрофитов. Одним из таких видов является типичный обрастатель разнообразных субстратов *Licmophora abbreviata* – морской, колониальный, космополит, встречается круглогодично на разных субстратах, в отдельные сезоны отмечен в массе [110, 118]. В эпифитоне *E. crinita* в Инкерманской бухте биомасса популяции вида в феврале составила $0,19 \text{ мг} \cdot \text{см}^{-2}$, а в бух. Карантинная численность отмечена в августе ($N = 85,1 \cdot 10^3 \text{ кл.} \cdot \text{см}^{-2}$ при $T_{\text{воды}} = 22,6 \text{ }^\circ\text{C}$) и ноябре 2018 г. ($44,1 \cdot 10^3 \text{ кл.} \cdot \text{см}^{-2}$ при $T_{\text{воды}} = 13 \text{ }^\circ\text{C}$).

По данным изучения сезонной динамики биомассы популяции *L. abbreviata* на раковинах мидии из Казачьей бухты выявлено, что наибольшие значения численности $128,8 \cdot 10^3 \text{ кл.} \cdot \text{см}^{-2}$ отмечали в марте 1996 г. при $T_{\text{воды}} = 7,7 \text{ }^\circ\text{C}$ [111, 118]. В 2018 г. в зимне-весенний период при температуре $10 \text{ }^\circ\text{C}$ в бухте

Карантинная зарегистрированы максимальные линейные размеры клеток (84,39 мкм длина и 21,45 мкм ширина), которые связаны с особенностями их жизненного цикла. Объясняется это тем, что кроме вегетативного способа размножения ДВ, у них установлена стадия, когда наибольшее деление клетки завершается аукоспоробразованием с заменой панциря [98, 99]. Ранее, в феврале 1985 г. обнаружено, что в лабораторных условиях на черноморском клоне *L. abbreviata*, выделенная из моря, имеет размерный диапазон клеток в культуре (длина от 25 до 46 мкм), а в период аукоспоробразования получались крупные клетки размером от 100 до 108 мкм [101].

Другим видом-доминантом бентосных сообществ является *Cocconeis scutellum* – бентосный вид, солоноватоводно-морской, космополит и убикивист, постоянно встречающийся в разных экотопах Чёрного моря, в том числе и на макрофитах [118]. Вид отмечен нами на макрофитах и на листьях морской травы zostеры, имеет сравнительно некрупные клетки (19,46 – 37,2 мкм длина и 11,38 – 24,43 мкм ширина). Приведём данные о сезонной динамике этого вида в зал. Донузлав (рисунок 5.7). Отмечено, что численность вида на макрофитах изменялась от $2,95 \cdot 10^3$ до $114,15 \cdot 10^3$ кл. · см⁻².

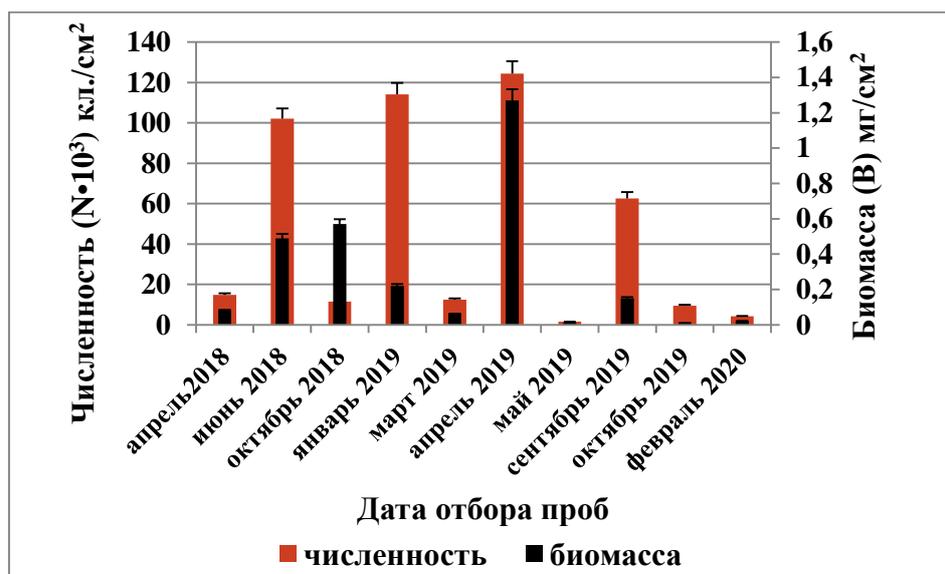


Рисунок 5.7 – Средние значения численности и биомассы вида-обрастателя *Cocconeis scutellum* в заливе Донузлав

Наибольшие количественные показатели *C. scutellum* отмечены в эпифитоне *E. crinita* в апреле с $N = 114,15 \cdot 10^3$ кл.·см⁻², которые доминируют и по численности, и по биомассе $B = 1,28$ мг·см² при $T_{\text{воды}} = 10,6$ °С. Вид *C. scutellum* характеризуется широким диапазоном экологической толерантности, что обеспечивает высокий уровень его количественного развития в разных экотопах моря. Вид отнесён как к условно чистым районам, так и подверженным значительному загрязнению.

Grammatophora marina – бентосный, морской вид, космополит. На макрофитах встречался круглогодично, но в некоторых пробах обнаружен единично. Вид широко встречается на различных субстратах в Чёрном море и является колониальным видом-обрастателем [97; 118]. В зависимости от субстрата и температуры воды в море изменяются количественные характеристики вида. Наибольшие значения численности популяции *Gr. marina* отмечены в бух. Карантинная в эпифитоне бурой водоросли *Gongolaria barbata* в сентябре 2018 г. ($39,42 \cdot 10^3$ кл.·см⁻², $T_{\text{воды}} = 25$ °С) и феврале 2019 г. в районе мидийно-устричной фермы той же бухты на макрофите *Ceramium secundatum* ($33,81 \cdot 10^3$ кл.·см⁻², $T_{\text{воды}} = 8,6$ °С).

Для сравнения с бентосными видами отметим планктонный вид-доминант *Pseudo-nitzschia seriata* – морской, колониальный, космополит. Периодически встречается в микрофитобентосе Чёрного моря [118]. Вид – возбудитель «цветения» воды, продуцирует домоевую кислоту (ASP) [188], указан для Чёрного и Азовского морей [110]. Встречался летом, осенью в районе мидийно-устричной фермы (бух. Карантинная) и зарегистрирован летом как доминант. Линейные размеры клеток варьировали от 58,7 до 87,8 мкм длина и 6 – 7 мкм ширина. Численность изменялась от 7,03 до $527,8 \cdot 10^3$ кл.·см⁻².

Рассмотрим структуру сообществ ДВ в эпифитоне макрофитов в разные сезоны года (таблица 5.2) (Приложение IV).

Зимой по численности доминировали *C. scutellum*, *L. abbreviata*, *N. ramosissima*, весной – *L. abbreviata*, летом – *C. scutellum* и *N. ramosissima*, осенью – *C. scutellum*, *N. ramosissima*, *A. crystallina*, *L. abbreviata*. В это время

существенная роль в эпифитоне макрофитов принадлежит мелкоклеточному виду диатомовой водоросли *Berkeleya rutilans*, встречающаяся во всех исследуемых районах. Чаще всего отмечены виды родов *Achnanthes*, *Amphora*, *Licmophora*, *Nitzschia*, *Tabularia*.

Таблица 5.2 – Количество видов ДВ, обнаруженных на макрофитах крымского побережья Чёрного моря по сезонам

Сезоны	Зима				Весна					Лето				Осень			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Итого:	61	51	42	43	67	56	59	45	45	71	60	59	43	77	52	55	51

Примечание. I – залив Донузлав; II – Карантинная бухта; III – район мидийно-устричной фермы, IV – Инкерманская бухта, V – акватория биостанции Батилиман.

Зимой основную биомассу ДВ составляли *C. scutellum*, *L. abbreviata*, *N. ramosissima*, весной – *S. unipunctata*, *T. tabulata*, летом – *Thalassiosira eccentrica*, осенью – *A. crystallina*, *Thalassiosira eccentrica*, *C. scutellum*, *Undatella lineolata*. Зимой доминировала по биомассе *C. scutellum*, весной – *St. unipunctata*, летом – *C. scutellum*, осенью – *Ardissonea crystallina*.

Весной в эпифитоне макрофитов зарегистрировано 77 видов и ввт ДВ. В этот сезон в побережье отмечали бурный рост некоторых видов макрофитов и активное развитие ДВ. В апреле в донных сообществах доминировали колониальные формы ДВ, которые обильно заселяют различные виды макрофитов. Наряду с ними присутствовали типичные виды *N. ramosissima*, *G. marina*, *L. abbreviata* и др. В мае 2019 г. в зал. Донузлав зафиксировано увеличение видового разнообразия ДВ. В это время в зал. Донузлав и на мидийно-устричной ферме в бух. Карантинная доминировала ДВ – *L. abbreviata*. Из-за существенного прогрева воды в водоёме в поздне-весенний период летний сезон в море наиболее продолжительный [118]. Летом температура морской воды в период исследований изменялась от 22,6 до 26,6 °С и состав эпифитона

макрофитов характеризовался высоким видовым разнообразием. Доминирующее положение ДВ на макрофитах, так же как и весной, занимали колониальные диатомовые *G. marina*, *B. rutilans*, *T. tabulata*, *L. abbreviata*. В начале лета многие колонии ДВ разрушались, следовательно, встречались в основном в виде одиночных клеток.

В августе отмечено многочисленное обрастание макрофитов колониями диатомовых, в основном родов *Licmophora* и *Tabularia*, и видами *C. scutellum*, *N. ramosissima*. Значительную роль в донных сообществах вносили представители рода *Nitzschia*: *N. distans*, *N. hybrida* f. *hyalina*, *N. lanceolata*, *N. longissima*, *N. sigma*, *N. tenuirostris*. При этом максимумы численности ДВ не всегда совпадают с пиками биомассы, что обусловлено вкладом разноразмерных особей видов и их сезонным развитием. Иногда высокую биомассу определяют малочисленные крупноклеточные виды. Временами высокие значения общей численности и биомассы ДВ объясняются процессами эвтрофирования, активно протекающими в контактной зоне море-берег.

Осенью в диапазоне температуры воды от 13 до 25,0 °С типичными для осеннего сезона являются диатомовые *Achnanthes brevipes*, *Gr. marina*, *Navicula amorphila* var. *intermedia* и др. Среди редких видов отмечены: *Licmophora hastata*, *Diploneis chersonensis*, *Nitzschia lanceolata*, *N. vidovichi*, *Navicula salinarium*. Кроме этого, осенью наблюдали увеличение численности и биомассы ДВ.

По коэффициенту Брея-Кёртиса проведёны анализы численности и биомассы [168] по сезонам. Кластерный и неметрический MDS анализы показали сходство численности ДВ на макрофитах по сезонам – от 6 (осень↔зима) до 35 % (зима↔весна) (рисунок 5.8), а по биомассе – от 27 (весна↔лето) до 54 % (зима↔весна) (рисунок 5.9). ANOSIM – анализ показал, что статистически значимо различаются по численности структура сообществ ДВ весной и осенью ($R = 0,52$; уровень значимости 0,1%). Однофакторный непараметрический тест на достоверность отличий между сезонами по биомассе ДВ выявил, что они статистически значимо не отличаются. Не было статистически значимых

различий в структуре сообществ ДВ по биомассе, так как максимальное различие значений биомассы между сезонами составляло 3,3 раза (весна и лето).

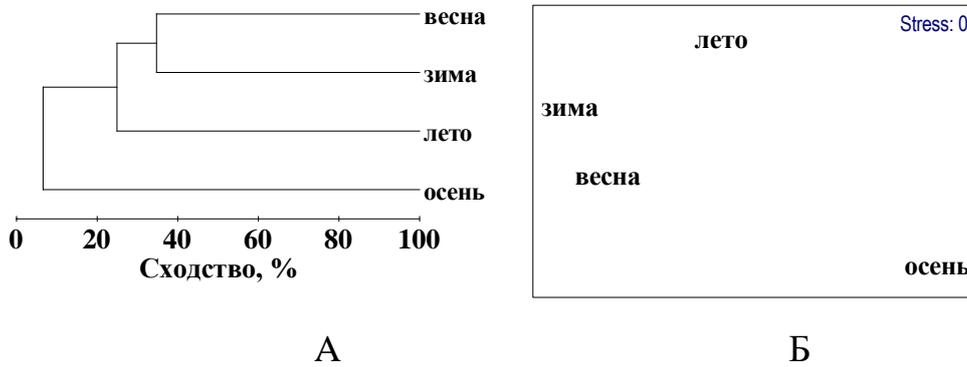


Рисунок 5.8 – Дендродграмма (А) и неметрический MDS (Б) анализ сходства средних значений численности в сообществах ДВ по сезонам года

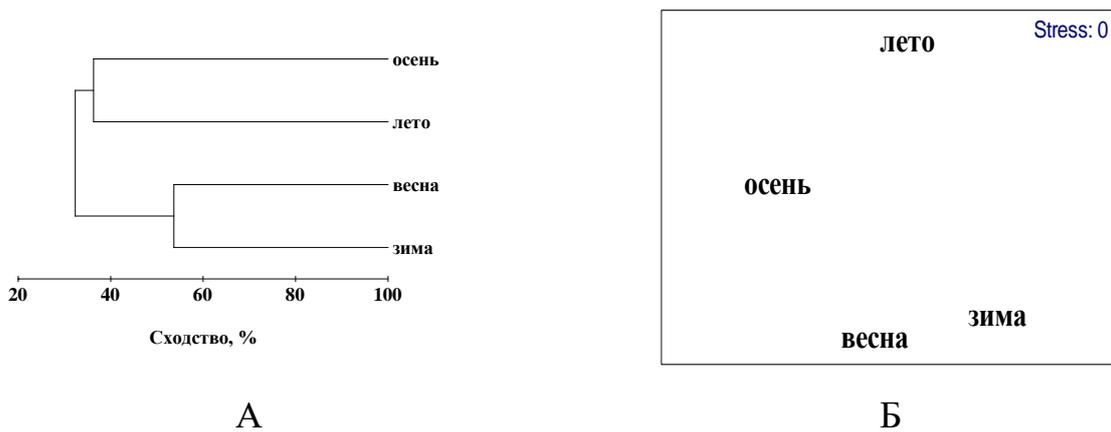


Рисунок 5.9 – Дендродграмма (А) и неметрический MDS (Б) анализ сходства средних значений биомассы в сообществах ДВ по сезонам года

На протяжении всего срока исследований одновременно учтены некоторые факторы среды: температура и солёность воды, глубина отбора проб. Эти данные приведены в главе 2. Средние значения температуры составляли 15,2 °С (3–26,6 °С); солёности – 17,4 ‰ (13,1–18,5 ‰), глубина отбора проб – 2,0 м (0,1–17,0 м).

По итогам объединения структурных показателей численности, биомассы, количества видов и абиотической матриц сходства осуществлён расчёт наиболее высоких показателей коэффициентов ранговой непараметрической корреляции Спирмана (ρ_{\max}). Расчёты индексов вычисляли для значений численности и

биомассы ДВ. Анализ показал, что на численность и биомассу ДВ наибольшее влияние оказывают 2 переменные – солёность и глубина (таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Наиболее высокие значения коэффициента ранговой корреляции Спирмана (ρ_{\max})

Факторы	Значение ρ_{\max}
Численность	
Солёность	0,093
Глубина, солёность	0,087
Глубина, солёность, температура	0,040
Биомасса	
Глубина	0,096
Глубина, солёность	0,030
Глубина, температура	0,011

Наибольшие значения индекса ρ_{\max} как для численности ДВ, так и биомассы гораздо ниже статистически вероятных значений. Следовательно, не выявлено статистически доказанной связи между абиотическими переменными (температура и солёность воды, глубина отбора проб) и изменением численности и биомассы ДВ в эпифитоне макрофитов в границах значений этих факторов.

5.3 Структурные показатели сообществ диатомовых водорослей по районам исследования

В связи с тем, что сообщества ДВ в эпифитоне макрофитов исследованы по сезонам в разных районах крымского побережья, ниже приведены их характеристики. Представлены таблицы со средними количественными данными по сообществам ДВ и их доминирующие виды в эпифитоне макрофитов по пяти районам. Несмотря на определённые общие черты районов исследования, флористический состав ДВ имеет заметные отличия и характеризуется

некоторыми свойствами, что связано с гидролого-гидрохимическими условиями обитания (гидродинамикой, солёностью и степенью прогреваемости водоёма и др.). Всё это обуславливает преобладание некоторых видов в одном районе исследования, иногда отсутствие в другом. В отношении типичных видов прослеживается сходная ситуация, т. е. они встречаются практически на каждой станции одного района, а в прибрежье другого района зарегистрированы редко.

Залив Донузлав. Всего обнаружено 106 видов ДВ (Приложение V). Анализ количественных показателей и структуры сообществ ДВ проведён по пробам, при изменении температуры воды от 7 до 22 °С на пяти видах макрофитов с 6 видами-доминантами ДВ (таблица 5.4).

Таблица 5.4 — Средние значения структурных показателей сообществ ДВ и доминирующие виды эпифитона макрофитов залива Донузлав

Месяц макрофит	$T, ^\circ\text{C}$	$(N \pm A) \cdot 10^3$ кл. · см ⁻²	$B, \text{ мг} \cdot \text{см}^{-2}$	K	H	e	Доминанты ДВ, % $D_{\text{ВР}}$
Январь <i>Ericaria crinita</i>	10,0	380±84,2	0,87±0,14	14	3,03	0,78	<i>Cocconeis scutellum</i> , 28,0
Март <i>Gongolaria barbata</i>	7,0	341±61,8	0,62±0,44	15	1,03	0,80	<i>Nitzschia hybrida</i> f. <i>hyalina</i> , 26,0
Апрель <i>E. crinita</i>	10,6	29±3,4	0,09±0,02	28	4,66	0,97	<i>Licmophora abbreviata</i> , 7,0
Апрель <i>Ulva compressa</i>	10,6	187±56,4	1,38±0,33	13	2,1	0,56	<i>C. scutellum</i> , 66,0
Апрель <i>E. crinita</i>	10,6	23±3,3	0,20±0,05	11	3,22	0,93	<i>C. scutellum</i> , 29,0
Май <i>G. barbata</i>	10,2	33±4,9	0,09±0,01	17	2,9	0,71	<i>L. abbreviata</i> , 49,0
Сентябрь <i>Stuckenia pectinata</i>	22,0	217±88,7	1,49±0,44	12	3,1	0,89	<i>C. scutellum</i> , 28,0
Сентябрь <i>Lamprothamnium papulosum</i>	22,0	361±100	0,98±0,47	19	3,89	0,92	<i>Navicula ramosissima</i> , 20,0
Октябрь <i>L. papulosum</i>	15,9	182±25,1	2,4±0,23	26	4,44	0,96	<i>Berkeleya rutilans</i> , 13,0
Октябрь <i>E. crinita</i>	15,9	39±3,6	0,44±0,09	15	3,57	0,91	<i>Ardissonea crystallina</i> , 22,0

Примечание: численность ($N \cdot 10^3$, кл.·см⁻²), биомасса (B , мг·см⁻²), количество видов (K), индексы видового разнообразия (H), выравненности Пielу (e) и % доминирования Бергер-Паркера (D_{BP}).

Наибольшая численность сообщества ДВ в зал. Донузлав отмечена в январе, марте и сентябре при высоких значениях биомассы в октябре. В общем, структура сообщества ДВ по индексам H , e , D_{BP} характеризуется однородностью в течение всего года. Наибольшее количество видов 28 зарегистрировано в апреле на талломах *E. crinita*. Индексы видового разнообразия H и e имели близкие значения в октябре при $T = 15,9$ °С в эпифитоне *E. crinita* и *L. papulosum*.

Бухта Карантинная. Всего идентифицировано 77 видов ДВ (Приложение V). В 2018 г. пробы отобраны с мая по ноябрь с предельными значениями температуры воды от 13,0 (ноябрь) до 26,0 (июль), в 2019 г. от 3,0 (февраль) до 17,4 °С (октябрь) в эпифитоне 11 видов макрофитов с 9 видами-доминантами ДВ (таблица 5.5).

Таблица 5.5 – Структурные показатели сообществ ДВ и доминирующие виды ДВ сообществ в эпифитоне макрофитов бухты Карантинная, 2018-2019 гг.

Месяц, вид	$T, ^\circ\text{C}$	$(N \pm \Delta) \cdot 10^3$ кл.·см ⁻²	B , мг·см ⁻²	K	H	e	Доминанты ДВ, % D_{BP}
Май 2018 <i>Chaetomorpha</i> <i>chlorotica</i>	18,0	31±6,6	0,3±0,06	25	4,4	0,87	<i>Grammatophora marina</i> , 15,0; <i>Cocconeis scutellum</i> , 15,0
Июнь <i>Cladophora</i> <i>liniformis</i>	22,6	14±1,8	0,04±0,007	23	2,85	0,63	<i>Licmophora abbreviata</i> , 48,0
Июль <i>Ectocarpus</i> <i>siliculosus</i>	26,0	7±3,3	0,04±0,02	14	2,68	0,69	<i>Melosira moniliformis</i> var. <i>subglobosa</i> , 32,0
Август <i>Ericaria</i> <i>crinita</i>	22,6	349±86,1	1,05±0,13	15	3,03	0,78	<i>C. scutellum</i> , 29,0
Сентябрь <i>E. crinita</i>	25,2	65±8,7	0,53±0,23	10	2,86	0,86	<i>Navicula ramosissima</i> , 25,0
Сентябрь <i>Gongolaria</i> <i>barbata</i>	25,2	105±18,0	0,23±0,07	14	2,7	0,71	<i>Gr. marina</i> , 37,0

Ноябрь <i>Polysiphonia elongata</i>	13,0	66±12,0	0,28±0,12	18	2,08	0,50	<i>L. abbreviata</i> , 67,0
Ноябрь <i>E. crinita</i>	13,0	33±2,4	0,06±0,01	7	2,77	0,80	<i>Licmophora flabellata</i> , 16,0
Ноябрь <i>Gelidium latifonium</i>	13,0	39±1,5	0,45±0,001	19	3,89	0,92	<i>Berkeleya rutilans</i> , 12,0
Февраль 2019 <i>G. barbata</i>	3,0	233±48,9	0,5±0,16	23	2,82	0,62	<i>Anaulus maritimus</i> , 45
Март <i>Cl. liniformis</i>	10,0	6±1,3	0,03±0,007	12	2,8	0,78	<i>L. abbreviata</i> , 29
Март <i>Polysiphonia denudata</i>	10,0	4±2,0	0,02±0,009	10	2,16	0,62	<i>Gr. marina</i> , 46
Март <i>Ulva linza</i>	10,0	17±4,4	0,13±0,02	8	2,8	3,06	<i>L. abbreviata</i> , 29
Апрель <i>Cl. liniformis</i>	10,6	41±2,7	0,21±0,09	18	2,82	0,68	<i>L. abbreviata</i> , 52
Апрель <i>Ceramium arborescens</i>	10,6	143±12,4	0,43±0,008	19	3,83	0,90	<i>L. abbreviata</i> , 5
Май <i>Ulva compressa</i>	15,0	66±21,0	0,44±0,018	15	3,77	0,97	<i>Tabularia tabulata</i> , 13,0
Октябрь <i>E. crinita</i>	17,4	122±27,2	3,08±0,71	23	4,14	0,92	<i>L. flabellata</i> , 16,0
Декабрь <i>G. barbata</i>	12,7	8±0,5	0,13±0,05	25	4,5	0,97	<i>N. ramosissima</i> , 9,0

Пики численности и биомассы ДВ отмечены на талломах *Ericaria crinita* в августе 2018 г., численности в феврале и биомассы в мае 2019 г. соответственно на талломах *Gongolaria barbata* и *Ulva compressa* при доминировании диатомеи *Anaulus maritimus*. Наименьшая численность клеток ДВ зафиксирована в бух. Карантинная в марте (10 °С) соответственно в эпифитоне макрофитов *Polysiphonia denudata* и *Cladophora liniformis*, а также в июле (26,0 °С) на *Ectocarpus siliculosus*. Наибольшие значения видового разнообразия ($H = 4,4$ и $e = 0,87$) сообществ ДВ отмечены в мае 2018 г. и в декабре 2019 г. ($H = 4,5$; $e=0,97$) при низких значениях индексов доминирования, что указывает на относительно равномерное распределение ДВ в сообществе.

Район мидийно-устричной фермы в бухте Карантинная. Всего найдено 78 видов и ввт (Приложение V). Пробы собраны: июль – сентябрь 2018 г. при диапазоне температуры воды от 24,4 до 26,6 °С на 3-х видах макрофитов, с января – июнь, октябрь 2019 г. при колебаниях температуры воды от 8,6 до 22,0 °С в эпифитоне 14 видов макрофитов (таблица 5.6). Для этого района выявлены некоторые особенности в структуре ДВ. В течение летних месяцев при $T_{\text{воды}} = 25\text{--}26,6$ °С отмечены наибольшие количественные значения сообщества ДВ ($K = 26$, $N_{\text{max.}} = 1118 \cdot 10^3$ кл.·см⁻² при $B_{\text{max.}} = 3,24$ мг·см⁻²).

Выявлено 9 видов-доминантов ДВ, из которых все бентосные и один планктонный потенциально токсичный вид *Pseudo-nitzschia seriata*.

Таблица 5.6 – Структурные показатели и доминирующие виды ДВ в эпифитоне макрофитов в районе мидийно-устричной фермы, 2018-2019 гг.

Месяц, вид	$T, ^\circ\text{C}$	$(N \pm \Delta) \cdot 10^3$, кл.·см ⁻²	B , мг·см ²	K	H	e	Доминанты, % $D_{\text{ВР}}$
Июль 2018 г. <i>Phyllophora crispa</i>	25	1118±375	3,24±0,68	26	4,18	0,89	<i>Tabularia fasciculata</i> , 23,0
Июль <i>Nereia filiformis</i>	25	368±32,1	1,1±0,12	20	3,17	0,73	<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> , 41,0
Июль <i>Ulva rigida</i>	25	92±14,1	0,18±0,02	16	2,58	0,65	<i>P. seriata</i> , 57,0
Август <i>N. filiformis</i>	26,6	1001±156,5	2,06±0,53	14	2,5	0,66	<i>P. seriata</i> , 52,0
Август <i>Ph. crispa</i>	26,6	290±45,6	1,16±0,17	13	3,3	0,89	<i>P. seriata</i> , 25,0
Сентябрь <i>Ph. crispa</i>	24,4	103±35,2	0,041±0,01	12	3,5	0,98	<i>Tabularia tabulata</i> , 16,0
Январь 2019 г. <i>U. rigida</i>	8,6	24±6,4	0,03±0,002	10	3,12	0,94	<i>Licmophora abbreviata</i> , 32,0
Январь <i>Cladophora vadorum</i>	8,6	18±12,0	0,02±0,01	10	2,91	0,86	<i>L. abbreviata</i> , 22,0
Февраль <i>Laurencia coronopus</i>	8,6	257±53,0	1,08±0,04	17	3,72	0,91	<i>L. abbreviata</i> , 19,0
Февраль <i>Ceramium</i>	8,6	149±19,6	0,37±0,04	16	3,4	0,85	<i>Grammatophora marina</i> , 23,0

<i>secundatum</i>							
Март <i>Callithamnion corymozum</i>	10	21±1,10	0,08±0,008	20	3,3	0,76	<i>Gr. marina</i> , 20,0
Март <i>Bryopsis plumosa</i>	10	394±8,7	0,66±0,03	20	2,9	0,67	<i>Gr. marina</i> , 38,0
Март <i>Pyaiella littoralis</i>	10	19±5,7	0,009±0,001	19	3,02	0,71	<i>T. tabulata</i> , 33,0
Апрель <i>Ulva clathrata</i>	9,8	55±2,8	0,08±0,01	13	1,3	0,35	<i>L. abbreviata</i> , 81,0
Апрель <i>Ceramium arborescens</i>	9,8	83±22,0	0,28±0,03	14	2,92	0,77	<i>Licmophora paradoxa</i> , 37,0
Апрель <i>Ulva compressa</i>	9,8	179±12,9	1,0±0,067	16	3,37	0,84	<i>Licmophora oedipus</i> , 31,0
Апрель <i>P. littoralis</i>	9,8	173±13,4	0,53±0,017	16	2,62	0,64	<i>L. oedipus</i> , 36,0
Май <i>Feldmannia paradoxa</i>	15	28±4,3	1,3±0,006	20	3,0	0,69	<i>L. abbreviata</i> , 30,0
Июнь <i>Ericaria crinita</i>	22	19±4,8	0,08±0,01	27	4,32	0,89	<i>Navicula ramosissima</i> , 16,0
Октябрь <i>Ph. crispa</i>	18	170±8,0	0,98±0,1	21	4,3	0,97	<i>L. abbreviata</i> , 8,0
Октябрь <i>N. filiformis</i>	18	47±21,7	0,36±0,2	14	3,7	0,97	<i>Nitzschia sigma</i> , 15,0

Инкерманская бухта. Всего в бухте обнаружено 57 видов и ввт (Приложение V). Исследованы количественные характеристики сообществ ДВ эпифитона макрофитов *E. crinita*, *G. barbata* и морской травы *St. pectinata* (таблица 5.7). Температура воды изменялась от 3,0 (февраль) до 23,0 °С (август).

Таблица 5.7 – Структурные показатели и доминирующие виды ДВ в эпифитоне макрофитов по сезонам в Инкерманской бухте

Месяц, вид	$T, ^\circ\text{C}$	$(N \pm \Delta) \cdot 10^3$ кл. · см ⁻²	$B,$ мг · см ⁻²	K	H	e	Доминанты, % $D_{\text{ВР}}$
Январь 2019 г <i>Ericaria crinita</i>	8,0	257±90,0	0,53±0,09	21	3,5	0,81	<i>Navicula menisculus</i> , 22,0
Февраль <i>E. crinita</i>	3,0	518±54,4	1,57±0,04	23	2,2	0,48	<i>Anaulus maritimus</i> , 51,0
Март <i>E. crinita</i>	8,0	387±21,0	2,14±0,92	11	3,3	0,95	<i>Navicula ramosissima</i> , 18,0
Апрель <i>E. crinita</i>	10,0	113±16,2	0,27±0,12	13	3,75	0,98	<i>Tabularia parva</i> , 13,0
Август <i>Stuckenia</i> <i>pectinata</i>	23,0	254±89,6	0,17±0,03	19	3,3	0,76	<i>Navicula ramosissima</i> , 22,0
Сентябрь <i>St. pectinata</i>	20,3	250±31,4	0,5±0,11	19	2,95	0,64	<i>N. ramosissima</i> , 13,0
Октябрь <i>E. crinita</i>	19,4	72±6,2	0,23±0,014	18	4,57	1,09	<i>Berkeleya rutilans</i> , 9,0
Ноябрь <i>Gongolaria</i> <i>barbata</i>	15,0	15±9,0	0,02±0,003	14	2,97	0,78	<i>Diatomella salina</i> var. <i>septata</i> , 32,0

Наибольшая численность в Инкерманской бухте зарегистрирована в эпифитоне бурой водоросли *E. crinita* в зимний сезон (январь-март) при температуре 3–8 °С с доминированием колониального мелкоклеточного вида *Anaulus maritimus* в феврале при минимальной температуре воды за все сезоны исследования. В августе ($T = 23$ °С) отмечена относительно высокая численность ДВ в эпифитоне морской травы *St. pectinata* (таблица 5.7). Следует отметить, что в целом для бухты были характерны доминирующие виды, имеющие небольшие размеры: *Navicula ramosissima*, *N. menisculus* и *Diatomella salina* var. *septata*, что, вероятно, связано с более загрязнённым районом исследования.

Акватория биостанции Батилиман. В эпифитоне 6 видов макрофитов обнаружено 45 видов и ввт ДВ (Приложение V). Количественные исследования ДВ проведены в мае 2019 и 2020 гг. в эпифитоне двух видов макрофитов *Z. marina* и *Polysiphonia elongata*. Наибольшее количество видов ДВ отмечено на талломах

красной водоросли-макрофите *P. elongata* в мае 2019 г., а численность и биомасса – на *Z. marina* в мае 2020 г. при близкой температуре воды и соответствующих показателях индексов *H* и *e* (таблица 5.8).

Таблица 5.8 – Структурные показатели и доминирующие виды ДВ в эпифитоне макрофитов у биостанции Батилиман

Месяц вид	<i>T</i> , °C	$(N \pm \Delta) \cdot 10^3$ кл. · см ⁻²	<i>B</i> , мг · см ⁻²	<i>K</i>	<i>H</i>	<i>e</i>	ДВ – доминанты
Май 2019 г. <i>Zostera marina</i>	14,0	$440 \cdot 10^3 \pm 7,6$	$1,57 \pm 0,02$	18	3,87	0,93	<i>Navicula ramosissima</i>
Май 2020 г. <i>Polysiphonia elongata</i>	16,5	$18 \cdot 10^3 \pm 3,2$	$0,05 \pm 0,01$	25	3,58	0,86	<i>Striatella unipunctata</i> ,

В целом, анализ индексов и коэффициентов, отражающих разнообразие организмов, важен для оценки устойчивости экосистем к её загрязнению или изменению условий окружающей среды.

Известно, что менее чувствительны экосистемы с большим количеством видов и относительно размеренным их распределением по численности (без очевидного доминирования одного-двух видов). Значения индекса Шеннона в исследуемых эпифитных сообществах ДВ варьировало от 0,35 до 1,0, при среднем значении 0,8.

Сходства районов по численности и биомассе ДВ определено на основании кластерного и неметрического MDS анализов (рисунок 5.10, 5.11).

По численности эти значения изменялись от 7 (Инкерманская бухта ↔ бух. Карантинная, 39 общих видов) до 38 % (мидийно-устричная ферма ↔ Инкерманская бухта, 48 общих видов). Сходство районов по биомассе ДВ изменялось от 27 (Инкерманская бухта ↔ бух. Карантинная, 47 общих видов) до 52 % (Ферма ↔ Донузлав, 56 общих видов).

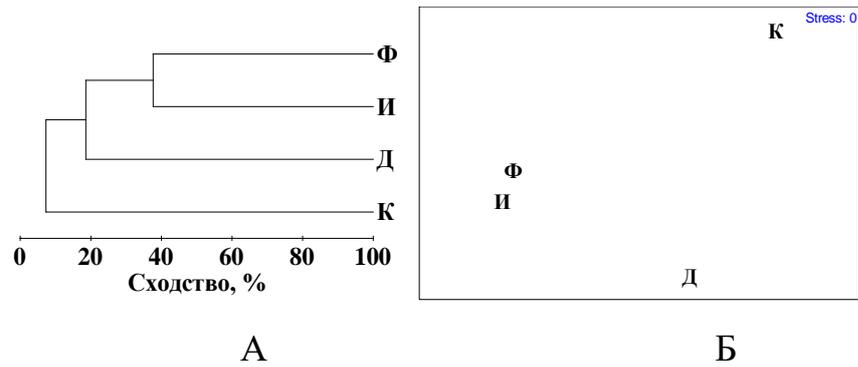


Рисунок 5.10 — Дендрограмма (А) и неметрический MDS (Б) анализа сходства средней численности сообществ ДВ на макрофитах по районам исследования.

И – Инкерманская бухта, К – бухта Карантинная, Д – залив Донузлав,
Ф – мидийно-устричная ферма

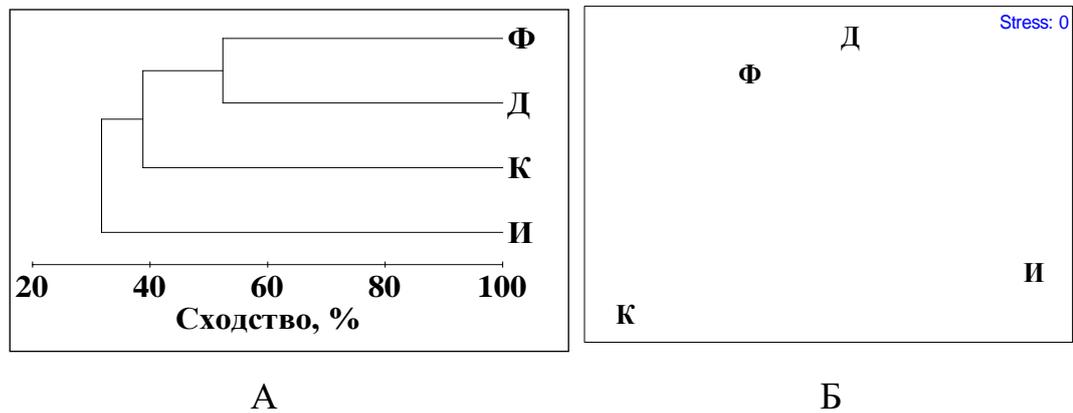


Рисунок 5.11 — Дендрограмма (А) и неметрический MDS (Б) анализа сходства по средним значениям биомассы сообществ ДВ на макрофитах по районам исследования

ANOSIM анализ показал, что районы статистически значимо не отличаются по численности ДВ (максимальное различие в 9 раз, Инкерманская и Карантинная бухты), по биомассе наибольшее различие выявлено между заливом Донузлав ↔ бухта Карантинная, но данные значения статистически не значимы. Следовательно, исследуемые районы имеют сходную структуру сообществ ДВ.

Выводы по главе 5. Впервые представлены количественные данные сообществ ДВ (количество видов, численность, биомасса и структурные показатели индексов разнообразия) для эпифитона разных видов макрофитов.

Показано, что количественное распределение ДВ зависит от типа таллома макрофита, сезона года и района исследования. Наибольшие значения численности отмечены в эпифитоне бурых водорослей. Сходство численности ДВ по сезонам по коэффициенту Брея-Кёртиса изменялась от 6 (осень↔зима) до 35 % (зима↔весна), по биомассе – от 27 (весна↔лето) до 54 % (зима↔весна). По районам его значения по численности ДВ изменялись от 7 (Инкерманская бухта↔бухта Карантинная, 39 общих видов) до 38 % (мидийно-устричная ферма↔Инкерманская бухта, 48 общих видов), по биомассе от 27 (Инкерманская бухта↔бух. Карантинная, 47 общих видов) до 52 % (Ферма↔Донузлав, 56 общих видов).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ собственных и литературных данных по состоянию изученности диатомовых водорослей эпифитона макрофитов Чёрного моря показал, что сведения при изучении видового состава, систематики, описании новых видов в настоящее время носили отрывочный характер и имели, в основном, ботаническую направленность. Данные по сезонной динамике количества видов, численности и биомассы диатомовых водорослей, описание структуры их сообществ в эпифитоне макрофитов для разных районов побережья весьма ограничены. Крайне мало комплексных исследований, охватывающих одновременное изучение флористических и экологических характеристик диатомовых водорослей. Работ по изучению ДВ эпифитона донной растительности крымского побережья недостаточно, нет даже обобщённых списков видов. Всё это определило направление исследований данной диссертационной работы.

Анализ характеристик выбранных районов исследования диатомовых эпифитона макрофитов крымского побережья Чёрного моря показал, что акватории различаются по гидролого-гидрохимическим параметрам, влияющим на качественный и количественный состав ДВ. Новые данные, полученные в ходе изучения диатомовых водорослей эпифитона макрофитов, дополняют и расширяют сведения для микрофитобентоса крымского побережья и в целом для Чёрного моря.

Для эпифитона 35 видов макрофитов, в т.ч. 7 видов бурых, 11 – красных, 13 – зелёных и 1 – харовой, а также 3 видов морских трав описана таксономическая структура ДВ. Кроме ДВ, зарегистрированы 7 видов Dinophyta и 3 вида цианобактерий. Отмечены 11 новых видов и 15 редко встречающихся видов для крымского побережья Чёрного моря. Изучены массовые и потенциально опасные виды, виды-индикаторы сапробности органического загрязнения вод с наибольшим количеством бета-мезосапробионтов. Установлено, что по экологическим характеристикам преобладают бентосные виды, по отношению к солёности воды

– морские и солоноватоводно-морские виды, по фитогеографическим характеристикам – космополиты с элементами тропических и нотальных форм. Выявлены виды-сапробионты с доминированием бета-мезосапробионтов,

Флористический состав диатомовых водорослей имеет ряд особенностей, характеризующих видовую структуру для каждого района исследования, в том числе по сезонам.

Впервые представлены количество, обилие видов, численность, биомасса и структурные показатели индексов разнообразия сообществ диатомовых водорослей для эпифитона бурых, красных, зелёных водорослей и морских трав.

В целом, данные о видовом разнообразии, экологических, фитогеографических характеристиках и структурно-функциональных показателях сообществ диатомовых водорослей эпифитона донной растительности расширяют представление о состоянии среды обитания гидробионтов Чёрного моря. Они являются основой для изучения функциональной роли микро- и макрозвена донной растительности как единого целого в морском прибрежье. Изучение потенциально опасных и сапробионтных видов – индикаторов органического загрязнения вод необходимо для контроля экологического состояния среды в местах культивирования моллюсков.

ВЫВОДЫ

1. Изучен видовой комплекс микроводорослей (МВ) эпифитона 35 видов донной растительности крымского побережья Чёрного моря, из них на 24 видах – впервые. Общий список МВ представлен 151 видом и ввт, в том числе – 141 таксоном Bacillariophyta с преобладанием класса Bacillariophyceae (106 видов и ввт), принадлежащих к 8 порядкам, 18 семействам, 39 родам, а также зарегистрированы Dinophyta (7 видов) и Cyanobacteria (3). Для крымского побережья и Чёрного моря выявлено 11 новых и 15 редко встречающихся видов.

2. Среди диатомовых водорослей (ДВ) преобладают бентосные виды (83 %), по отношению к солёности воды – морские (56 %) и солоноватоводно-морские (28 %). Выявлено 44 вида-сапробионта с доминированием бета-мезосапробионтов (46 %) – индикаторов умеренного органического загрязнения вод. Фитогеографические элементы ДВ включают: космополиты – 26 %, аркто-бореально-тропические – 24 %, бореально-тропические – 23 %, бореальные – 16 % с элементами нотальных форм.

3. В эпифитоне бурых водорослей обнаружено 109 видов диатомовых водорослей, красных – 63, зелёных – 61 и морских травах – 50. Зимой отмечено 73 вида, весной – 77, летом – 86 и осенью – 88. В заливе Донузлав зарегистрировано 106 видов, в бухте Карантинная – 77, в мидийно-устричной ферме – 78, в Инкерманской бухте – 57, в районе б/с Батилиман – 45.

4. Впервые представлены количественные данные сообществ ДВ для эпифитона макрофитов. Максимальная численность зарегистрирована в эпифитоне бурой водоросли в районе марихозьяства в бухте Карантинная – $1118 \cdot 10^3$ кл.·см⁻² при биомассе $3,24$ мг·см⁻², что на порядок выше, чем на красных и зелёных водорослях и морских травах.

5. В эпифитоне бурых водорослей по численности ДВ доминируют: *Licmophora abbreviata*, *Navicula ramosissima*; красных – *Grammatophora marina*, *L. abbreviata*; зелёных – *L. abbreviata*; по биомассе на бурых – *Striatella unipunctata*, *Cocconeis scutellum*, красных – *C. scutellum*, *L. abbreviata*, зелёных – *St.*

unipunctata, *Licmophora abbreviata*. На всех макрофитах обнаружено 42 общих вида диатомовых водорослей.

6. Сходство численности ДВ по сезонам года по коэффициенту Брея-Кёртиса составляли от 6,0 (осень↔зима) до 35 % (зима↔весна), а по биомассе – от 27 (весна↔лето) до 54 % (зима↔весна). Сходство численности ДВ по районам по коэффициенту Брея-Кёртиса изменялись от 7 (Инкерманская бухта↔бух. Карантинная, 39 общих видов) до 38 % (мидийно-устричная ферма↔Инкерманская бухта, 48 общих видов). По биомассе – от 27 (Инкерманская бухта↔бухта Карантинная, 47 общих видов) до 52 % (Ферма↔Донузлав, 56 общих видов). Наибольшие показатели индексов Шеннона и Пиелу $H = 4,66$; $e = 0,97$ ДВ отмечены в заливе Донузлав. Максимальные значения коэффициента доминирования вида-обрастателя *Licmophora abbreviata* отмечены в районе мидийно-устричной фермы в бухте Карантинная $D_{BP} = 81$ %.

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

МВ – микроводоросли;

МЭФ – микроводоросли эпифитона донной растительности;

МАФ – макрофиты;

ДВ – диатомовые водоросли;

СМ – световой микроскоп;

СЭМ – электронный сканирующий микроскоп;

Ввт – внутривидовой таксон;

м – метр;

г – грамм;

л – литр;

см – сантиметр;

мл – миллилитр;

м³ – метр кубический

мкм – микрометр;

тыс – тысяча;

млн – миллион;

экз – экземпляры;

Б – бентосный вид;

П – планктонный вид;

БП – бентопланктонный вид;

М – морские виды;

СМ – солоноватоводно-морские виды;

С – солоноватоводные виды;

ПС – пресноводно-солоноватоводные виды;

П – пресноводные виды;

α – альфа-мезосапробионт;

β – бета-мезосапробионт;

β - α – бета-альфа-мезосапробионт;

$o-\beta$ – олиго-бета-мезосапробионт;

o – олигосапробионт;

K – космополитный вид;

B – бореальный вид;

BT – бореально-тропический вид;

AB – аркто-бореальный вид;

ABT – аркто-бореально-тропический вид;

нот – нотальный вид, встречающийся в южном полушарии;

N – численность клеток микроводорослей, X – ксено-сапробионт; $\chi-o$ – ксено-олигосапробионт, кл·см²;

B – биомасса микроводорослей, мг·см²;

K – количество видов;

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

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

% – проценты;

ст. – станция отбора проб;

S – площадь поверхности субстрата, см²;

S/W – площадь удельной поверхности макрофита, см²·г⁻¹;

V – объём пробы, мл, мм³;

W – биомасса, сырая масса макрофита, мг, г.

N_{max} – максимальная численность сообщества диатомовых водорослей, кл·см⁻²;

B_{max} – максимальная биомасса сообщества диатомовых водорослей, кл·см⁻².

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров, В. В. Жизненное состояние особей и ценопопуляций массовых видов морских трав Чёрного моря : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.17 / Владимир Владимирович Александров. – Севастополь, 2011. – 20 с.
2. Балычева, Д. С. Сезонная динамика количественных характеристик *Bacillariophyta* перифитона экспериментальных стеклянных пластин в акватории крымского побережья Чёрного моря / Д. С. Балычева // Альгология. – 2014. – Т. 24, № 3. – С. 319-326.
3. Балычева, Д. С. Видовой состав и структурно-функциональные характеристики микроводорослей перифитона антропогенных субстратов в крымском побережье Чёрного моря : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.10 / Дарья Сергеевна Балычева. – Севастополь, 2014. – 25 с.
4. Баринова, С. С. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды / С. С. Баринова, Л. А. Медведева, О. В. Анисимова. – Тель-Авив, 2006. – 498 с.
5. Баринова, С. С. Альгоиндикация водных объектов Украины: методы и перспективы / С. С. Баринова, Е. П. Белоус, П. М. Царенко. – Хайфа ; Киев : Изд-во ун-та Хайфы, 2019. – 367 с.
6. Бегун, А. А. Состав, обилие и состав сообществ микроводорослей перифитона в прибрежных водах некоторых акваторий залива Петра Великого Японского моря / А. А. Бегун, А. Ю. Звягинцев, А. В. Мощенко // Известия Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра. – 2009. – Т. 157. – С. 50-79.
7. Бегун, А. А. Биоиндикация качества морской среды по диатомовым водорослям в обрастании антропогенных субстратов / А. А. Бегун, А. Ю. Звягинцев // Известия Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра. – 2010. – Т. 161. – С. 177-198.
8. Бегун, А. А. Диатомовые водорослям перифитона экспериментальных пластин бухты Золотой Рог, Японского моря в условиях хронического

антропогенного загрязнения / А. А. Бегун, Л. И. Рябушко, А. Ю. Звягинцев // Альгология. – 2010. – Т. 20, № 4. – С. 449-470.

9. Бегун, А. А. Биоиндикационное состояние морской среды по диатомовым водорослям эпифитона макрофитов (залив Петра Великого, Японское море) / А. А. Бегун // Известия Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра. – 2012. – Т. 169. – С. 1-17.

10. Бегун, А. А. Bacillariophyta перифитона гиперэвтровной искусственной лагуны в черте г. Владивостока (Российское побережье Японского моря) / А. А. Бегун, А. Ю. Звягинцев // Альгология. – 2013. – Т. 23, № 2. – С. 167-187.

11. Бодяну, Н. Микрофитобентос / Н. Бодяну // Основы биологической продуктивности Чёрного моря. – Киев : Наукова думка, 1979. – С. 109-122.

12. Бондаренко, А. В. Микрофитобентос трёх районов украинского сектора Азовского моря / А. В. Бондаренко // Морской экологический журнал. – 2012. – Т. 11, № 3. – С. 25-32.

13. Бондаренко, А. В. Микроводоросли бентоса крымского побережья Азовского моря : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.10 / Анна Владимировна Бондаренко. – Севастополь, 2017. – 23 с.

14. Бондарчук, Л. Л. Бентосные диатомеи Кандалакшского залива Белого моря : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.18 / Л. Л. Бондарчук. – Москва, 1970. – 21с.

15. Бондарчук, Л. Л. Некоторые данные по фотосинтезу бентосных диатомей Белого моря / Л. Л. Бондарчук // Донная флора и продукция краевых морей СССР. – Москва : ИОАН СССР, 1980. – С. 108-118.

16. Вильбасте, С. А. Сезонная динамика развития микроскопических бентосных водорослей в мелководных бухтах северо-восточной части Балтийского моря / С. А. Вильбасте // Ботанический журнал. – 1990. – Т. 75, № 4. – С. 516-521.

17. Витченко, Т. В. Структурно-продукционные характеристики морского микрофитобентоса литоральной зоны Восточного Мурмана : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.18 / Татьяна Валерьевна Витченко. – Москва, 2005. – 25 с.

18. Воловик, С. П. Флора водных и прибрежно-водных экосистем Азово-Черноморского бассейна / С. П. Воловик, И. Г. Корпакова, Д. Ф. Афанасьев, В. В. Федяева, В. В. Громов. – Краснодар : ФГУП «АзНИИРХ», 2008. – 275 с.
19. Герасимюк В. П. Діатові водорості бентосу Хаджибейського та Куяльницького лиманів (північно-західне Причорномор'я) : автореф. дис. ... канд. біол. наук : 03.00.05 / В. П. Герасимюк. – Київ, 1992. – 18 с.
20. Горбенко, Ю. А. Экология морских микроорганизмов перифитона / Ю. А. Горбенко. – Киев : Наукова думка, 1977. – 252 с.
21. Губанов, В. И. Диагноз современного состояния вод Севастопольского взморья (Чёрное море) по результатам мониторинга гидрохимических характеристик / В. И. Губанов, Ю. А. Мальченко, Е. А. Куфтаркова, Н. П. Ковригина // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2004. – Вып. 10. – С. 141-148.
22. Гусяков, Н. Е. Диатомовые водоросли обрастаний Одесского побережья Чёрного моря : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 / Николай Емельянович Гусяков. – Одесса, 1978. – 22 с.
23. 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 : Наукова думка, 1992. – 112 с.
24. Гусяков, М. О. Діатові водорості бентосу Чорного моря та суміжних водойм (морфологія, систематика, екологія, біогеографія) : автореф. дис. ... д-ра біол. наук : 03.00.05 / Микола Омелянович Гусяков. – Київ, 2002. – 36 с.
25. Гутник, А. А. Некоторые особенности развития черноморской цистозеры (*Cystoseira barbata* и *C. crinita*) / А. А. Гутник // Ботанический журнал. – 1973. – Т. 58, № 1. – С. 20-32.
26. Давидович, Н. А. Репродуктивная биология диатомовых водорослей : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.02.01 / Николай Александрович Давидович. – Москва, 2020. – 45 с.
27. Давидович, О. И. Половое воспроизведение некоторых видов бентосных диатомовых водорослей и его зависимость от абиотических факторов

среды : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.10 / Ольга Ивановна Давидович. – Севастополь, 2018. – 23 с.

28. Декенбах, К. Н. О водоростях Балаклавской бухты. Предварительное сообщение / К. Н. Декенбах // *Scripta Botanica*. – 1902. – Vol. 4, no. 1. – P. 12-16.

29. Диатомовый анализ. Кн. 2. Определитель ископаемых и современных диатомовых водорослей. Порядки *Centrales* и *Mediales*. – Москва ; Ленинград : Гос. издат. геол. лит., 1949. – 238 с.

30. Диатомовый анализ. Кн. 3. Определитель ископаемых и современных диатомовых водорослей. Порядок *Pennales*. – Москва ; Ленинград : Гос. издат. геол. лит., 1950. – 398 с.

31. Диатомовые водоросли СССР. Ископаемые и современные / отв. ред. А. И. Прошкина-Лавренко. – Ленинград : Наука, 1974. – Т. 1. – 403 с.

32. Евстигнеева, И. К. Сезонная морфодинамика слоевищ некоторых видов лауренций, структура их популяций и сообществ в Чёрном море : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.18 / Ирина Константиновна Евстигнеева. – Севастополь, 1986. – 25 с.

33. Зенкевич, Л. А. Моря СССР, их фауна и флора / Л. А. Зенкевич. – Москва : Учпедгиз, 1956. – 424 с.

34. Згуровская, Л. Н. Видовой состав и распределение планктонных водорослей в донных илах Чёрного моря / Л. Н. Згуровская // *Океанология*. – 1978. – Т. 18, вып. 4. – С. 716-721.

35. Згуровская, Л. Н. Сравнение таксономического состава диатомовых водорослей в планктоне и донных осадках у берегов Кара-Дага / Л. Н. Згуровская // *Океанология*. – 1979. – Т. 19, вып. 6. – С. 1087-1093.

36. Зуев, Г. В. Влияние подводной добычи песка на экосистему лимана Донузлав / Г. В. Зуев, А. Р. Болтачёв // *Экология моря*. – 1999. – Вып. 48. – С. 5-9.

37. Иванов, А. И. Особенности качественного состава и количественного распределения фитопланктона в северо-западной части Чёрного моря / А. И. Иванов // *Труды Всесоюзного гидробиологического общества*. – 1960. – Т. 10. – С. 182-196.

38. Иванов, В. А. Гидролого-гидрохимический режим Севастопольской бухты и его изменения под воздействием климатических и антропогенных факторов / В. А. Иванов, Е. И. Овсяный, Л. Н. Репетин, А. С. Романов, О. Г. Игнатъева. – Севастополь, 2006. – 90 с. – (Препринт / Морской Гидрофизический институт НАН Украины).
39. Калугина-Гутник, А. А. Фитобентос Чёрного моря / А. А. Калугина-Гутник. – Киев : Наукова думка, 1975. – 248.
40. Калугина-Гутник, А. А. Условия произрастания *Gracilaria verrucosa* (Huds.) Parnell и запасы макрофитов в бухте Казачья (Чёрное море) / А. А. Калугина-Гутник, Е. А. Куфтаркова, Н. В. Миронова // Растительные ресурсы. – 1987. – Вып. 4. – С. 520-531.
41. Калугина-Гутник, А. А. Состояние ценопопуляций *Cystoseira crinita* Borg и *C. barbata* (Good. et Wood.) Ag. (Phaeophyta) у мыса Омега Севастопольской бухты (Чёрное море) / А. А. Калугина-Гутник, И. К. Евстигнеева, Н. В. Миронова // Альгология. – 1992. – Т. 2, № 4. – С. 73-79.
42. Караева, Н. И. Диатомовые водоросли бентоса Каспийского моря / Н. И. Караева. – Баку : Элм, 1972. – 258 с.
43. Караева, Н. И. Диатомовые водоросли бентоса Каспийского моря : автореф. дис. ... д-ра. биол. наук : 03.00.05 / Нинель Исрафиловна Караева. – Баку, 1975. – 43 с.
44. Ковальчук, Ю. Л. Диатомовые обрастания твёрдых субстратов : монография / Ю. Л. Ковальчук, Е. Л. Неврова, Е. А. Шалаева. – Москва : Тов-во науч. изд. КМК, 2008. – 174 с.
45. Ковригина, Н. П. Гидрохимическая характеристика вод озера Донузлав по данным 1990–1997 гг. / Н. П. Ковригина, М. С. Немировский // Экология моря. – 1999. – Вып. 48. – С. 10-14.
46. Ковтун, О. А. Новые таксоны диатомовых водорослей бентоса Тилигульского лимана (Северо-Западное Причерноморье) / О. А. Ковтун // Мікробіологія і біотехнологія. – 2008. – № 1. – С. 36-43.

47. Кондратьев, С. И. Исследование гидрохимического состава вод реки Чёрной (Крым) в 2006–2011 / С. И. Кондратьев // Современное состояние и перспективы наращивания морского ресурсного потенциала юга России : тез. докл. Междунар. науч. конф., пгт. Кацивели, 15-18 сентября 2014 г. – Севастополь : ЭКОСИ – Гидрофизика, 2014. – С. 234-236.
48. Кондратьева, Н. В. Развитие альгологических исследований в Украине / Н. В. Кондратьева, Л. И. Рябушко, О. Н. Виноградова, О. А. Кислова, Т. Ф. Шевченко // Альгология. – 2001. – Т. 11, № 1. – С. 3-36.
49. Короткевич, О. С. Диатомовая флора литорали Баренцева моря / О. С. Короткевич // Труды Мурманского морского биологического института. – 1960. – Вып. 1. – С. 68-338.
50. Кравцова, М. В. Оценка экологических рисков в процессе утилизации твёрдых бытовых отходов / М. В. Кравцова, А. В. Васильев, Д. А. Волков, Ю. Ю. Башкиров // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16, № 1 (7). – С. 1849-1857.
51. Куваева, С. Б. Диатомовые обрастания в Чёрном море / С. Б. Куваева // Труды Института океанологии Академии наук СССР. – 1962. – Т. 58. – С. 328-331.
52. Кузнецов, Л. Л. Роль микрофитобентоса в формировании продукции прибрежных вод Восточного Мурмана (на примере губы Дальнезеленецкой) : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.18 / Леонид Леонидович Кузнецов. – Москва, 1988. – 20 с.
53. Кузнецов, Л. Л. Продукция фитоценозов и трансформация биогенных веществ в экосистеме Баренцева моря : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.18 / Леонид Леонидович Кузнецов. – Москва, 2002. – 40 с.
54. Кузьминова, Н. С. Влияние сточных вод на морские водоросли / Н. С. Кузьминова, И. И. Руднева // Альгология. – 2005. – Т. 15, № 1. – С. 128-141.
55. Куфтаркова, Е. А. Гидрохимический режим района экспериментальной мидиевой фермы (рейд Севастополя, Чёрное море) / Е. А. Куфтаркова, М. С. Немировский, Н. Ю. Родионова // Экология моря. – 2002. – Вып. 59. – С. 61-65.

56. Куфтаркова, Е. А. Оценка влияния мидийной фермы на гидрохимические условия района её функционирования (Севастопольская бухта, Чёрное море) / Е. А. Куфтаркова, А. А. Субботин, Н. Ю. Родионова // Гидробиологический журнал. – 2009. – Т. 45, № 1. – С. 110-120.
57. Кучерова, З. С. Влияние эктокринов макрофитов на развитие эпифитных диатомовых / З. С. Кучерова // Биология моря. – 1970. – Вып. 18. – С. 123-133.
58. Кучерова, З. С. Диатомовые водоросли и их роль в ценозе обрастания Чёрного моря : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.18 / Зоя Сергеевна Кучерова. – Севастополь, 1973. – 25 с.
59. Лилицкая, Г. Г. Bacillariophyta оз. Донузлав (Крым, Украина) / Г. Г. Лилицкая, П. М. Царенко // Альгология. – 2012. – Т. 22, № 1. – С. 102-113.
60. Маккавеева, Е. Б. К экологии и сезонным изменениям диатомовых обрастаний на цистозире / Е. Б. Маккавеева // Труды Севастопольской биологической станции. – 1960. – Т. 13. – С. 27-38.
61. Маккавеева, Е. Б. Беспозвоночные зарослей макрофитов Чёрного моря / Е. Б. Маккавеева. – Киев : Наукова думка, 1979. – 227 с.
62. Макрушин, А. В. Биологический анализ качества вод / А. В. Макрушин. – Ленинград : ЗИН АН СССР, 1974. – 60 с.
63. Маслов, И. И. Фитобентос урочища Батилиман (мыс Айя, Чёрное море) / И. И. Маслов // Збірник наукових праць Луганського аграрного університету. Серія “Біологічні науки”. – 2002. – № 16 (28). – С. 72.
64. Мельников, И. А. К экологии массовых скоплений колониальных диатомовых водорослей под арктическим дрейфующим льдом / И. А. Мельников, Л. Л. Бондарчук // Океанология. – 1987. – Т. 27, № 2. – С. 317-321.
65. Мережковский, К. С. Диатомовые водоросли (Diatomaceae) Белого моря / К. С. Мережковский // Труды Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей. – 1878. – Т. 9. – С. 425-466.

66. Мережковский, К. С. Заметка о диатомовых водорослях Геническа (Азовское море) / К. С. Мережковский // Записки Новороссийского общества естествоиспытателей. – 1902. – Т. 24, № 2. – С. 33-72.

67. Мережковский, К. С. Список диатомовых Чёрного моря / К. С. Мережковский // Ботанические записки. – 1903. – Т. 19. – С. 50-88.

68. Мильчакова, Н. А. Пространственно-временная характеристика структуры фитоценозов и популяций *Zostera marina* L. в Чёрном море : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.18 / Наталья Афанасьевна Мильчакова. – Севастополь, 1988. – 19 с.

69. Мильчакова, Н. А. Сравнительная характеристика структуры популяций видов zostеры в чистых и смешанных фитоценозах морских трав бухты Казачья / Н. А. Мильчакова // Экология моря. – 1989. – Вып. 31. – С. 26-29.

70. Мильчакова, Н. А. Донная растительность некоторых районов лимана Донузлав (Чёрное море) / Н. А. Мильчакова, В. В. Александров // Экология моря. – 1999. – Вып. 48. – С. 68-72.

71. Мильчакова, Н. А. Бурые водоросли Чёрного моря: систематический состав и распространение / Н. А. Мильчакова // Альгология. – 2002. – Т. 12, № 3. – С. 324-337.

72. Миничева, Г. Г. Показатели поверхности водорослей в структурно-функциональной оценке макрофитобентоса (на примере северо-западной части Чёрного моря) : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.18 / Галина Георгиевна Миничева. – Севастополь, 1989. – 19 с.

73. Миронов, О. Г. Диатомовые водоросли у берегов Феодосии / О. Г. Миронов // Ботанический журнал. – 1961. – Т. 46, № 6. – С. 892-896.

74. Миронов, О. Г. Санитарно-биологические аспекты экологии Севастопольских бухт / О. Г. Миронов, Л. Н. Кирюхина, С. В. Алёмов. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. – 185 с.

75. Миронова, Н. В. Морфо-биологическая характеристика и распространение *Gracilaria verrucosa* (Huds.) Papenf. в Чёрном море / Н. В. Миронова // Экология моря. – 2000. – Вып. 50. – С. 48-52.

76. Миронова, Н. В. Морфо-биологическая характеристика и распространение *Gracilaria dura* (Ag.) J. Ag. в Чёрном море / Н. В. Миронова // Экология моря. – 2000. – Вып. 51. – С. 63-67.

77. Мирошниченко, Е. С. Диатомовые водоросли и цианобактерии эпифитона зелёных водорослей-макрофитов Самсунского залива Чёрного моря (Турция) / Е. С. Мирошниченко, А. Г. Широян, Л. И. Рябушко // Понт Эвксинский – 2019 : материалы XI Всерос. науч.-практ. конф. для молодых учёных по проблемам водных экосистем, посвящ. памяти д.б.н., проф. С. Б. Гулина, 23-27 сент. 2019 г., Севастополь. – Севастополь, 2019. – С. 48-50.

78. Мухаметов, С. С. Экстремальные значения гидрохимических параметров в водах Севастопольской бухты в феврале 2015 г. в результате ливневого стока / С. С. Мухаметов, С. И. Кондратьев // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2017. – № 6. – С. 9-16.

79. Неврова, Е. Л. Состав, распределение и динамика развития донных диатомовых водорослей в некоторых районах Чёрного моря : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.17 / Елена Леонидовна Неврова. – Севастополь, 1992. – 19 с.

80. Неврова, Е. Л. Донные диатомовые водоросли на мелководье у Севастополя (Чёрное море) / Е. Л. Неврова // Альгология. – 1998. – Т. 8, № 3. – С. 278-285.

81. Неврова, Е. Л. Таксономическое разнообразие и структура таксоцены бентосных диатомовых (Bacillariophyta) в Севастопольской бухте (Чёрное море) / Е. Л. Неврова // Морской экологический журнал. – 2013. – Т. 12, № 3. – С. 55-67.

82. Неврова, Е. Л. Структура и таксономическое разнообразие донных диатомовых в приустьевых зонах рек Бельбек и Черная (Юго-Западный Крым, Украина) / Е. Л. Неврова // Альгология. – 2013. – Т. 23, № 4. – С. 471-492.

83. Неврова, Е. Л. Эколого-таксономическая оценка донных диатомовых в Балаклавской бухте (Юго-Западный Крым, Чёрное море) / Е. Л. Неврова // Альгология. – 2014. – Т. 24, № 1. – С. 47-66.

84. Неврова, Е. Л. Оценка разнообразия диатомовых бентоса у побережья Карадага / Е. Л. Неврова // 100 лет Карадагской научной станции им. Т. И.

Вяземского : сб. науч. тр. / ред. А. В. Гаевская, А. Л. Морозова. – Симферополь : Н. Орианда, 2015. – С. 462-492.

85. Неврова, Е. Л. Донные диатомовые водоросли (Bacillariophyta) Чёрного моря: разнообразие и структура таксоценов различных биотопов : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.02.01 ; 03.02.10 / Елена Леонидовна Неврова. – Москва, 2015. – 46 с.

86. Немировский, М. С. Динамика вод озера Донузлав / М. С. Немировский, Н. П. Ковригина // Экология моря. – 2000. – Вып. 51. – С. 10-13.

87. Николаев, В. А. Новые виды морских диатомовых водорослей / В. А. Николаев // Новости систематики низших растений. – 1969. – Т. 6. – С. 29-34.

88. Николаев, В. А. Диатомовые водоросли бентоса залива Посьет Японского моря : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 / В. А. Николаев. – Ленинград, 1970. – 17 с.

89. Овсяный, Е. И. Основные источники загрязнения морской среды Севастопольского региона / Е. И. Овсяный, А. С. Романов, Р. Я. Миньковская, И. И. Красновид, Б. А. Озюменко, И. М. Цымбал // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2001. – Вып. 2. – С. 138-152.

90. Оксийук, О. П. О весе диатомовых водорослей / О. П. Оксийук, В. В. Юрченко // Гидробиологический журнал. – 1971. – Т. 7, № 3. – С. 116-119.

91. Петров, А. Н. Сравнительный анализ структуры таксоценов донных диатомовых (Bacillariophyta) в районах с различным уровнем техногенного загрязнения (Чёрное море, Крым) / А. Н. Петров, Е. Л. Неврова // Морской экологический журнал. – 2004. – Т. 3, № 3. – С. 72-83.

92. Петрова-Караджова, В. И. Диатомовые водоросли морских обрастаний / В. И. Петрова-Караджова // Известия на Института по рибни ресурси. – Варна, 1977. – Т. 15. – С. 55-65.

93. Петрова-Караджова, В. И. Динамика численности бентосных Bacillariophyta болгарского шельфа Чёрного моря / В. И. Петрова-Караджова, Д. Темнискова-Топалова // Альгология. – 1994. – Т. 4, № 4. – С. 36-40.

94. Празукин, А. В. Различные приёмы описания фитосистем разного уровня организации на примере зелёной водоросли бриопсис (*Bryopsis Lamouroux*) Чёрного моря / А. В. Празукин // Морской экологический журнал. – 2007. – Т. 6, № 1. – С. 66-81.
95. Прошкина-Лавренко, А. И. Диатомовые водоросли – показатели солёности воды // Диатомовый сборник / отв. ред.: А. И. Прошкина-Лавренко, В. С. Шешукова. – Ленинград : Изд-во Ленингр. гос. ун-та, 1953. – С. 186-205.
96. Прошкина-Лавренко, А. И. Диатомовые водоросли планктона Чёрного моря / А. И. Прошкина-Лавренко. – Москва ; Ленинград : АН СССР, 1955. – 222 с.
97. Прошкина-Лавренко, А. И. Диатомовые водоросли бентоса Чёрного моря / А. И. Прошкина-Лавренко. – Москва ; Ленинград : Наука, 1963. – 243 с.
98. Роцин, А. М. Ауксоспорообразование бентосной диатомовой водоросли *Surirella ovalis* Breb. / А. М. Роцин // Биологические науки. – 1989. – № 10. – С. 74-77.
99. Роцин, А. М. Вегетативное укрупнение клеток в жизненных циклах *Achnanthes longipes* Ag. (Bacillariophyta) / А. М. Роцин, В. А. Чепурнов // Альгология. – 1992. – Т. 2, № 3. – С. 26–32.
100. Роцин, А. М. Диатомовые водоросли. Водоросли, грибы, мохообразные Карадагского заповедника / А. М. Роцин, В. А. Чепурнов, Н. Г. Кустенко // Водоросли, грибы, мохообразные Карадагского заповедника : (аннот. списки видов). – Москва, [б. и.], 1992. – С. 7-18. – (Флора и фауна заповедников СССР).
101. Роцин, А. М. Жизненные циклы диатомовых водорослей / А. М. Роцин. – Киев : Наукова думка, 1994. – 170 с.
102. Рябушко, Л. И. Диатомовые водоросли верхней сублиторали северо-западной части Японского моря : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.18 / Лариса Ивановна Рябушко. – Севастополь, 1986. – 244 с.
103. Рябушко, Л. И. Микрофитобентос Филлофорного поля Зернова / Л. И. Рябушко ; АН Украины, Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского. – Севастополь, 1991. – 28 с. – Деп. в ВИНТИ, 2.07.91, № 2981-В91.

104. Рябушко, Л. И. Диатомовые водоросли-эпифиты *Gracilaria verrucosa* (Huds.) Parenf. из Чёрного моря / Л. И. Рябушко // Альгология. – 1991. – Т. 1, № 3. – С. 53-60.
105. Рябушко, Л. И. Микрофитообрастания искусственных и природных субстратов в Чёрном море / Л. И. Рябушко, С. Е. Завалко // Ботанический журнал. – 1992. – Т. 77, № 5. – С. 33-39.
106. Рябушко, Л. И. Структура сообщества Bacillariophyta эпифитона *Gracilaria verrucosa* (Huds.) Parenf. из Чёного моря / Л. И. Рябушко // Альгология. – 1993. – Т. 3, № 3. – С. 42-49.
107. Рябушко, Л. И. Диатомовые водоросли обрастаний донной растительности у мыса Омега Чёрного моря / Л. И. Рябушко // Альгология. – 1994. – Т. 4, № 1. – С. 62-71.
108. Рябушко, Л. И. Микрофитобентос бухты Казачья Чёрного моря (Украина) / Л. И. Рябушко, В. И. Рябушко // Альгология. – 2001. – Т. 11, № 1. – С. 70-82.
109. Рябушко, Л. И. Микроводоросли кожных покровов черноморских дельфинов-афалин и мест их обитания / Л. И. Рябушко // Морські біотехнічні системи : збірник наукових статей / гл. ред. В. В. Кулагін. – Севастополь : ЕКОСІ-Гідрофізика, 2002. – С. 188-203.
110. Рябушко, Л. И. Потенциально опасные микроводоросли Черного и Азовского морей / Л. И. Рябушко; НАН Украины, Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского ; Океанологический центр НАНУ, Операционный Центр Международного Института в Украине. – Севастополь : ЭКОСИ–Гидрофізика, 2003. – 288 с.
111. Рябушко, Л. И. Распределение диатомовых водорослей на раковинах мидий *Mytilus galloprovincialis* Lam. из Чёрного моря в зависимости от возраста моллюсков / Л. И. Рябушко, А. Ф. Козинцев // Альгология. – 2003. – Т. 13, № 1. – С. 48-54.
112. Рябушко, Л. И. Методологические аспекты исследования микроводорослей эпифитона бурой водоросли *Cystoseira barbata* (Good et Wood)

Ag. в зависимости от её возраста как биомаркера состояния окружающей среды / Л. И. Рябушко, Ю. К. Фирсов, А. В. Торская, В. И. Рябушко // Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды : тез. докл. Междунар. школы, Научно-исследовательский институт Геохимии биосферы РГУ, 15-20 сентября 2003г. – Новороссийск, 2003. – С. 75-76.

113. Рябушко, Л. И. Методические аспекты исследования микроэпифитов *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. Ag. в зависимости от её возраста для биоиндикации состояния прибрежных экосистем Чёрного моря / Л. И. Рябушко, Ю. К. Фирсов, А. В. Торская, А. М. Тоичкин // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа : сб. науч. тр. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2005. – Вып. 12. – С. 540-553.

114. Рябушко, Л. И. Микроводоросли бентоса Чёрного моря (Чек-лист, синонимика, комментарий) / Л. И. Рябушко ; ИнБЮМ НАН Украины. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006. – 143 с.

115. 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.

116. Рябушко, Л. И. Микрофитобентос Чёрного моря : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.17 / Лариса Ивановна Рябушко. – Севастополь, 2009. – 44 с.

117. Рябушко, Л. И. Микроводоросли планктона и бентоса Азовского моря (Чек-лист, синонимика, комментарий) / Л. И. Рябушко, А. В. Бондаренко ; Институт биологии южных морей НАН Украины. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. – 211 с.

118. Рябушко, Л. И. Микрофитобентос Чёрного моря / Л. И. Рябушко. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2013. – 416 с.

119. Рябушко, Л. И. Диатомовые эпифитона некоторых видов зелёных водорослей-макрофитов и перифитона антропогенных субстратов крымского побережья Чёрного моря (Украина) / Л. И. Рябушко, Д. С. Балычева, А. В. Стрижак // Альгология. – 2013. – Т. 23, № 4. – С. 419-437.

120. Рябушко, Л. И. Диатомовые водоросли микрофитобентоса Японского моря : в 2-х т. Т. 1 / Л. И. Рябушко, А. А. Бегун. – Симферополь : Н. Орианда, 2015. – 288 с.

121. Рябушко, Л. И. Состояние изученности микрофитобентоса Аргентинских островов Антарктики / Л. И. Рябушко // Труды Белорусского государственного университета. – 2016. – Т. 11, часть 1. – С. 337–350.

122. Рябушко, Л. И. Диатомовые водоросли микрофитобентоса Японского моря (Синописис и Атлас) : в 2-х т. Т. 2 / Л. И. Рябушко, А. А. Бегун – Севастополь : КИА, 2016. – 324 с.

123. Рябушко, Л. И. Микроводоросли эпизоона культивируемого моллюска *Mytilus galloprovincialis* Lam. 1819, фитопланктон и гидролого-гидрохимические характеристики акватории мидийно-устричной фермы (Севастополь, Чёрное море) / Л. И. Рябушко, Н. В. Поспелова, Д. С. Балычева, Н. П. Ковригина, О. А. Трощенко, С. В. Капранов // Морской биологический журнал. – 2017. – Т. 2, № 4. – С. 67-83. – <https://doi.org/10.21072/mbj.2017.02.4.07>

124. Рябушко, Л. И. Диатомовые обрастания синтетических полимерных материалов в Карантинной бухте (Крым, Чёрное море) / Л. И. Рябушко, Ф. В. Сапожников, А. В. Бондаренко, О. Ю. Калинина // Вопросы современной альгологии. – 2019. – № 2 (20). – С. 87-91.

125. Рябушко, Л. И. Диатомовые водоросли эпифитона *Bryopsis plumosa* (Hudson) C. Agardh (Chlorophyta, Bryopsidales) из Чёрного и Эгейского морей / Л. И. Рябушко, А. В. Бондаренко, А. Г. Широаян // Альгология. – 2019. – Т. 29, № 4. – С. 446-462. – <https://doi.org/10.15407/alg29.04.446>

126. Рябушко, Л. И. Индикаторные микроводоросли бентоса в оценке степени органического загрязнения вод на примере крымского побережья Азовского моря / Л. И. Рябушко, А. В. Бондаренко, С. С. Барина // Морской биологический журнал. – 2019. – Т. 4, № 3. – С. 69-80. – <https://doi.org/10.21072/mbj.2019.04.3.07>

127. Рябушко, Л. И. Микрофитобентос Филлофорного поля Зернова (Чёрное море) / Л. И. Рябушко // Экосистемы. – 2020. – Вып. 23 (53). – С. 16-31.

128. Рябушко, Л. И. Первая находка радиолярии *Arachnocorys circumtexta* Haesckel, 1860 и донные микроводоросли в эпифитоне бурой водоросли *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. A. Agardh (Крым, Чёрное море) / Л. И. Рябушко // Российский журнал биологических инвазий. – 2020. – Т. 13, № 3. – С. 97-101.

129. Рябушко, Л. И. Диатомовые водоросли эпифитона макрофитов крымского побережья Чёрного моря / Л. И. Рябушко, А. Г. Широян, Д. Н. Лишаев // Труды Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского – природного заповедника РАН. – 2020. – № 3 (15). – С. 5-11.
<https://doi.org/10.21072/eco.2021.15.01>

130. Рябушко, Л. И. Видовой состав и экология диатомовых водорослей эпифитона макрофитов и эпилитона каменистых грунтов в крымском побережье Чёрного моря / Л. И. Рябушко, А. Г. Широян, Д. Н. Лишаев // Диатомовые водоросли: экология, палеогеография, биостратиграфия морфология, биология, систематика, флористика : сб. тез. XVII междунар. конф., Минск, 23-28 августа 2021 г., Республика Беларусь ; Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси». – Минск, 2021. – С. 121-124

131. Сабурова М. А. Пространственное распределение микрофитобентоса песчано-илистой литорали Белого моря : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.18 / Мария Александровна Сабурова. – Москва, 1995. – 21 с.

132. Самышев, Э. З. Структура и функционирование сообществ планктона и бентоса оз. Донузлав в условиях антропогенного загрязнения и оценка перспектив его рыбохозяйственного использования / Э. З. Самышев, Л. Г. Сеничкина, Н. Г. Сергеева, Т. В. Михайлова, Т. М. Панкратова // Системы контроля окружающей среды. Методические, технические и программные средства : сб. науч. тр. / НАН Украины, Морской гидрофизический институт. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2001. – С. 301-325.

133. Саут, Р. Основы альгологии / Р. Саут, А. Уиттик. – Москва : Мир, 1990. – 595 с.

134. Сеничева, М. И. Видовое разнообразие, сезонная и межгодовая изменчивость микроводорослей в планктоне у берегов Крыма / М. И. Сеничева // Микроводоросли Чёрного моря: проблемы сохранения биоразнообразия и биотехнологического использования / НАН Украины, Институт биологии южных морей. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. – С. 5-18.

135. Скребец, Г. Н. Социально-экономические условия как фактор формирования современных ландшафтов на территории Сакского административного района / Г. Н. Скребец., К. А. Цалко // Учёные записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. География. Геология. – 2016. – Т. 2 (68), № 2. – С. 112-123.

136. Студеникина, Е. И. Фитопланктон Азовского моря в условиях антропогенных воздействий / Е. И. Студеникина, А. Я. Алдакимова, Г. С. Губина. – Ростов-на-Дону : Эверест, 1999. – 175 с.

137. Судьина, Е. Г. Биохимическая характеристика марикультуры *Gracilaria verrucosa* (Huds.) Papenf. и перспективы её использования / Е. Г. Судьина, А. А. Калугина-Гутник, Е. И. Шнюкова, Г. И. Лозовая, П. А. Мушак, С. И. Лось, Н. Д. Тупик, Р. Н. Фомишина, Н. В. Миронова // Альгология. – 1994. – Т. 4, № 2. – С. 3-14.

138. Телитченко, М. М. Введение в проблемы биохимической экологии: Биотехнология, сельское хозяйство, охрана среды / М. М. Телитченко, С. А. Остроумов. – Москва : Наука, 1990. – 288 с.

139. Темнискова-Топалова, Д. Таксономический состав бентосных водорослей (Bacillariophyta) / Д. Темнискова-Топалова, В. Б. Петрова-Караджова, М. Т. Валева // Альгология. – 1994. – Т. 4, № 2. – С. 39-47.

140. Теренько, Г. В. Роль диатомовых в обрастаниях макрофитов прибрежных экосистем Чёрного моря // Материалы X Междунар. конф. диатомологов стран СНГ. – Минск : БГПУ, 2007. – С. 150-153.

141. Титлянов, Э. А. Морские растения стран Азиатско-Тихоокеанского региона, их использование и культивирование / Э. А. Титлянов, Т. В. Титлянова. – Владивосток : Дальнаука, 2012. – 377 с.

142. Фирсов, Ю. К. Иерархический структурно-функциональный анализ морской многоклеточной водоросли *Cystoseira barbata* : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.18 / Юрий Константинович Фирсов. – Севастополь, 1984. – 20 с.

143. Хайлов, К. М. Внешнеметаболические связи макрофитов в прибрежных морских фитоценозах / К. М. Хайлов // Ботанический журнал. – 1971. – Т. 56, № 11. – С. 1557-1563.

144. Хайлов, К. М. Функциональная морфология морских многоклеточных водорослей / К. М. Хайлов, А. В. Празукин, С. А. Ковардаков, В. Е. Рыгалов. – Киев : Наукова думка, 1992. – 280 с.

145. Хоролич, Н. Г. Расчёт водообмена мелководного залива (бухты) с морем / Н. Г. Хоролич // Труды Государственного океанографического института. – 1986. – № 168. – С. 113-118.

146. Цой, И. Б. Атлас диатомовых водорослей и силикофлагеллат голоценовых осадков морей Восточной Арктики России / И. Б. Цой, М. С. Обрезкова. – Владивосток : ТОИ ДВО РАН, 2017. – 146 с.

147. Цой, И. Б. Атлас диатомовых водорослей Дагинского грязевого вулканна (Восточный Сахалин) / И. Б. Цой, Э. А. Емельянова. – Владивосток : ТОИ ДВО РАН, 2021. – 220 с.

148. Чепурнов, В. А. Бентосные диатомовые водоросли и гарпактикоиды черноморского каменистого мелководья района Карадага и их пищевые отношения : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.18 / В. А. Чепурнов. – Севастополь, 1988. – 25 с.

149. Чербаджи, И. И. Продукционные показатели микрофитобентоса залива Восток : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.18 / И. И. Чербаджи. – Владивосток, 1982. – 21 с.

150. Широян, А. Г. Диатомовые водоросли эпифитона макрофитов Карантинной бухты крымского побережья Чёрного моря / А. Г. Широян // Наземные и морские экосистемы Причерноморья и их охрана : сб. тез. II Всерос. науч.-практ. школы-конф., 28 сентября-02 октября 2020 г., пгт. Курортное,

Феодосия, Республика Крым, РФ. – Севастополь : ФГБНУ «Институт природно–технических систем», 2020. – С. 289-290.

151. Широян, А. Г. Качественный состав, экологические и фитогеографические характеристики, численность и биомасса диатомовых водорослей эпилимтона и эпифитона макрофитов залива Донузлав, Чёрное море (2018-2019 гг.) / А. Г. Широян, Д. Н. Лишаев, Л. И. Рябушко : св-во о гос. рег. базы данных 2020620459 Российская Федерация; № 2020620252; заявл. 26.02.2020; опубл. 11.03.2020, Бюл. № 3.

152. Широян, А. Г. Диатомовые водоросли эпифитона морской травы *Zostera marina* Linnaeus (Крым, Чёрное море) / А. Г. Широян // Инновационные технологии защиты окружающей среды в современном мире : материалы Всерос. науч. конф. с Междунар. участием, 18-19 марта 2021 г., Казань, РФ. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2021. – С. 1754-1758.

153. Шоренко, К. И. К вопросам таксономии, репродукции и распространения *Nitzschia longissima* (Bréb.) Grunow (Bacillariophyta) / К. И. Шоренко, О. И. Давидович, Н. А. Давидович // Альгология. – 2013. – Т. 23, № 2. – С. 113-137.

154. Al-Yamani, F. Y. Illustrated Guide on the Benthic Diatoms of Kuwait's Marine Environments Kuwait / F. Y. Al-Yamani, M. A. Saburova ; Institute for Scientific Research. – Kuwait : Lucky Press Kuwait, 2011. – 552 p.

155. Aysel, V. Check-list of the freshwater algae of Turkey / V. Aysel // Journal of Black Sea / Mediterranean Environment. – 2005. – Vol. 11. – P. 1-124.

156. Aykulu, G. Colonisation of epipelagic diatoms on the littoral sediments of İzmit Bay / G. Aykulu // Turkish Journal of Botany. – 2005. – Vol. 29, no. 2. – P. 83-94.

157. Azovsky, A. Composition, diversity and distribution of microbenthos across the intertidal zones of Ryazhkov Island (the White Sea) / A. Azovsky, M. Saburova, D. Tikhonenkov, K. Khazanova, A. Esaulov, Y Mazei // European Journal of Protistology. – 2013. – Vol. 49, no. 4. – P. 500-515. – <https://doi.org/10.1016/j.ejop.2013.05.002>

158. Bahls, L. L. Benthic diatom diversity as a measure of water quality / L. L. Bahls // Proceedings of the Montana Academy of Sciences. – 1979. – Vol. 38. – P. 1-6.

159. Barinova, S. Microphytobenthos as an indicator of water quality and organic pollution in the western coastal zone of the Sea of Azov / S. Barinova, A. Bondarenko, L. Ryabushko, S. Kapranov // *Oceanological and Hydrobiological Studies*. – 2019. – Vol. 48, iss. 2. – P. 125-139. – <https://doi.org/10.2478/ohs-2019-0013>
160. Battarbee, R. W. Diatoms as indicators of surface water acidity / R. W. Battarbee, D. F. Charles, S. Dixit, I. Renberg. *The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth sciences* / Eds: E. F. Stoermer, J. P. Smol. Cambridge : Cambridge University Press, 1999. – P. 85-127.
161. Berger, W. H. Diversity of planktonic foraminifera in deep sea sediments / W. H. Berger, F. L. Parker // *Science*. – 1970. – Vol. 168. – P. 1345-1347. – <https://doi.org/10.1126/science.168.3937.1345>
162. Black Sea Biological Diversity. – Romania. – New York : UN Publ., 1997. – Vol. 4. – 314 p. (P. 68-72 ; 194-210).
163. Black Sea Biological Diversity. – Bulgaria. – New York : UN Publ., 1998a. – Vol. 5. – 131 p. (P. 70-78).
164. Black Sea Biological Diversity. – Georgia. – New York : UN Publ., 1998b. – Vol. 8. – 167 p. (P. 65-69).
165. Black Sea Biological Diversity. – Turkey. – New York : UN Publ., 1998c. – Vol. 9. – 144 p. (P. 67-75).
166. Black Sea Biological Diversity. – Ukraine. – New York : UN Publ., 1998d. – Vol. 7. – 351 p. (P. 199-214).
167. Bodeanu, N. Structure et dynamique de l' algoflore unicellulaire dans les eaux du littoral Roumain de la mer Noire / N. Bodeanu // *Cercetări Marine*. – 1987–1988. – № 20/21. – 250 p.
168. Bray, R. An Ordination of the Upland Forest Communities of Southern Wisconsin / R. Bray, J. T. Curtis // *Ecological Monographs*. – 1957. – Vol. 27, no. 4. – P. 325-349.
169. Checklist of biota of Chinese seas / Ed: J. Y. Liu. – Beijing : Science Press, Academia Sinica, 2008. – 1267 p

170. Clarke, K. R. Change in Marine Communities: an approach to statistical analysis and interpretation : 2nd edition / K. R. Clarke, R. M. Warwick. – Plymouth : PRIMER-E, 2001. – 190 p.

171. Gerasimiuk, V. P. Species Diversity of Microphytobenthos of the Red Sea (Egypt) / V. P. Gerasimiuk, O. A. Kovtun // International Journal on Algae. – 2014. – Vol. 16, no. 1. – P. 57-67. – <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v16.i1.40>

172. Gerasimiuk, V. P. Microphytobenthos of the Red Sea Coast in the Area of Sharm-el-Sheikh / V. P. Gerasimiuk // International Journal on Algae. – 2019. – Vol. 21, no. 2. – P. 137-148. – <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v21.i2.40>

173. Guiry, M. D., Guiry, G. M. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication. – Galway : National University of Ireland. – URL: <http://www.algaebase.org> (accessed on 20.01.2022).

174. Hustedt, F. Die Kieselalgen Flora Deutschland, Osterreich und Schweiz unter Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete / F. Hustedt. In: Kryptogamen Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz / Ed. L. Rabenhorst. – Leipzig : Akad Verl.-Geest & Portig. – 1962. – Bd. 7, Teil 3, Lief 2. – S. 161-348.

175. Intercalibration and distribution of diatom Species in the Baltic Sea / Ed. P. J. Snoeijs. – Upsala : Opulus Press, 1993. – Vol. 1. – 130 p.

176. Intercalibration and distribution of diatom Species in the Baltic Sea / Eds: P. J. Snoeijs, S. Vilbaste. – Upsala : Opulus Press, 1994. – Vol. 2. – 125 p.

177. Intercalibration and distribution of diatom Species in the Baltic Sea / Eds: P. J. Snoeijs, M. Potapova. – Upsala : Opulus Press, 1995. – Vol. 3. – 126 p.

178. Intercalibration and distribution of diatom Species in the Baltic Sea / Eds: P. J. Snoeijs, J. Kasperoviciene. – Upsala : Opulus Press, 1996. – Vol. 4. – 126 p.

179. Intercalibration and distribution of diatom Species in the Baltic Sea / Eds: P. J. Snoeijs, J. Balashova. – Upsala : Opulus Press, 1998. – Vol. 5. – 144 p.

180. Jacobs, R. P. W. M. The annual pattern of diatoms in the epiphyton of eelgrass (*Zostera marina* L.) at Roscoff, France / R. P. W. M. Jacobs, N. M. P. M.

Noten // Aquatic Botany. – 1980. – Vol. 8. – P. 355-370. –
[https://doi.org/10.1016/0304-3770\(80\)90065-0](https://doi.org/10.1016/0304-3770(80)90065-0)

181. Kapranov, S. V. Long-term variations of thermohaline and hydrochemical characteristics in the mussel farm area in the coastal waters off Sevastopol (Black Sea) in 2001–2018 / S. V. Kapranov, N. P. Kovrigina, O. A. Troshchenko, N. Yu. Rodionova // Continental Shelf Research. – 2020. – Vol. 206. – Article no. 104185 (24 p.). –
<https://doi.org/10.1016/j.csr.2020.104185>

182. Kuylenstierna, M. Benthic Algal Vegetation in the Nordre Älv Estuary (Swedish West Coast) : Thesis / M. Kuylenstierna ; Department of Marine Botany, University of Göteborg. Göteborg, Sweden, 1989. – Vol. 1. – 244 p.

183. Kuylenstierna, M. Benthic Algal Vegetation in the Nordre Älv Estuary (Swedish West coast) : Thesis / M. Kuylenstierna ; Department of Marine Botany, University of Göteborg. – Göteborg, Sweden, 1990. – Vol. 2. – 76 p.

184. Lefebvre, K. A. Domoic acid and human exposure risks: a review / K. A. Lefebvre, A. Robertson // Toxicon. – 2010. – Vol. 56, no. 2. – P. 218-230. –
<https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2009.05.034>

185. Letáková, M. Ecology and Applications of Freshwater Epiphytic Diatoms — Review," Cryptogamie / M. Letáková, A. Poulíčková // Algologia. – 2018. – Vol. 39, no.1. – P. 3-22. <https://doi.org/10.7872/crya/v39.iss1.2018.3>

186. Lewin, J. C. Heterotrophy in marine diatoms / J. C. Lewin // Journal of General Microbiology. – 1953. – Vol. 9, iss. 2. – P. 305-313. –
<https://doi.org/10.1099/00221287-9-2-305>

187. Lewin, J. C. Diatoms / J. C. Lewin, R. R. L. Guillard // Annual Review of Microbiology. – 1963. – Vol. 17. – P. 373-414. –
<https://doi.org/10.1146/annurev.mi.17.100163.002105>

188. Lundholm, N. Domoic acid, the toxic amino acid responsible for amnesic shellfish poisoning, now in *Pseudonitzschia seriata* (Bacillariophyceae) in Europe / N. Lundholm, J. Skov, R. Pocklington, Ø. Moestrup // Phycologia. – 1994. – Vol. 33, iss. 6. – P. 475-478. – <https://doi.org/10.2216/i0031-8884-33-6-475.1>

189. Milchakova, N. A. Marine plants of the Black Sea. An illustrated field Guide / N. A. Milchakova. – Sevastopol : Digit Print Press, 2011. – 144 p.

190. Petrov, A. Database on Black Sea benthic diatoms (Bacillariophyta): its use for a comparative study of diversity peculiarities under technogenic pollution impacts / A. Petrov, E. Nevrova // Ocean Biodiversity Informatics : Proceed. of an Intern. Conf. on Marine Biodiversity Data Management (Hamburg, Germany, 29 Nov.–1 Dec., 2004). – Paris, 2007. – P. 153–165. – (IOC Workshop Report, no. 202 ; VLIZ Special Publication, no. 37).

191. Petrov, A. Structure and taxonomic diversity of benthic diatoms assemblage in a polluted marine environment (Balaklava Bay, Black Sea) / A. Petrov, E. Nevrova, A. Terletskaia, M. Milyukin, V. Demchenko // Polish Botanical Journal. – 2010. – Vol. 55, no. 1. – P. 183-197.

192. Pielou, E. C. The measurement of diversity in different types of biological collections / E. C. Pielou // Journal of Theoretical Biology. – 1966. – Vol. 10. – P. 370-383. – [https://doi.org/10.1016/0022-5193\(66\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0022-5193(66)90013-0)

193. Prazukin, A. V. Vertical distribution of epiphytic diatoms in relation to the eelgrass *Zostera noltii* canopy biomass and height / A. V. Prazukin, R. I. Lee, Yu. K. Firsov, S. V. Kapranov // Aquatic Botany. – 2022. – Vol. 176. – Article no. 103466 (12 p.). – <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2021.103466>

194. Ribeiro, L. Intertidal benthic diatoms of the Tagus estuary: taxonomic composition and spatial-temporal variation : PhD Thesis / L. Ribeiro. – Lisbon, Portugal : Universidade de Lisboa, 2010. – 311 p.

195. Round, F. E. Benthic marine diatoms / F. E. Round // Oceanography and Marine Biology: An Annual Review. – 1971. – Vol. 9. – P. 83-139.

196. 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.

197. Ryabushko, L. I. The Qualitative and Quantitative Characteristics of the Benthic Diatoms near Kazantip Cape of the Sea of Azov / L. . Ryabushko, A. V. Bondarenko // Journal of the Black Sea / Mediterranean Environment. – 2016. – Vol. 22, no. 3. – P. 237-249.

198. Ryabushko, L. The microphytobenthos diatoms of the shallow waters of the Black and Azov sea ecosystems (1987–2017) / L. Ryabushko, D. Balycheva, A. Bondarenko // *Journal of the Black Sea / Mediterranean Environment*. – 2018. – Vol. 24, no. 3. – P. 233-245.

199. Ryabushko, L. I. Diatoms of *Bryopsis plumosa* (Hudson) C. Agardh (Chlorophyta, Bryopsidales) Epiphyton from the Black and Aegean Seas / L. I. Ryabushko, A. V. Bondarenko, A. G. Shiroyan // *International Journal on Algae*. – 2019. – Vol. 21, iss. 4. – P. 321-334. – <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v21.i4.30>

200. Ryabushko, L. I. Different aspects of studying a diatom *Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Reimann et Lewin 1964 in natural and laboratory conditions / L. I. Ryabushko, D. S. Balycheva, A. V. Bondarenko, S. N. Zheleznova, A. A. Begun, I. V. Stonik // *Marine Biological Journal*. – 2019. – Vol. 4, no. 2. – P. 52-62. – <https://doi.org/10.21072/mbj.2019.04.2.06>

201. Ryabushko, L. I., Species Diversity of Epilithon Diatoms and the Quality of the Waters of the Donuzlav Gulf Ecosystem (Crimea, the Black Sea) / L. I. Ryabushko, D. N. Lishaev, N. P. Kovrigina // *Diversity*. – 2019. – Vol. 11, iss. 7. – Article no. 114 (12 p.). – <https://doi.org/10.3390/d11070114>

202. Ryabushko, L. Diatom and cyanobacteria communities on artificial polymer substrates in the Crimean coastal waters of the Black Sea / L. Ryabushko, E. Miroschnichenko, A. Blaginina, A. Shiroyan, D. Lishaev // *Marine Pollution Bulletin*. – 2021. – Vol. 169. – Article no. 112521 (10 p.). – <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112521>

203. Ryabushko, V. I. Fucoxanthin and heavy metals in brown algae of genus *Cystoseira* C. Agardh from water areas with different anthropogenic influences (Black Sea) / V. I. Ryabushko, A. V. Prazukin, E. V. Gureeva, N. I. Bobko, N. G. Kovrigina, M. V. Nekhoroshev // *Marine Biological Journal*. – 2017. – Vol. 2, no. 2. – P. 70-79. – <https://doi.org/10.21072/mbj.2017.02.2.07>

204. Sar, E. A. Diatomeas de ambientes marinos costeros de Argentina. Especies del género *Pleurosigma* (Pleurosigmataceae) / E. A. Sar, F. A. S. Sterrenburg, A. S. Lavigne, I. Sunesen // *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. – 2013. – Vol. 48.

– P. 17-51.

205. Shannon, C. E. The mathematical theory of communication / C. E. Shannon, W. Weaver. – Urbana : Univer. of Illinois Press, 1949. – 117 p.

206. Skvortzow, B. W. On some marine diatoms from Siberian shore of Japanese Sea / B. W. Skvortzow // *Shokubutsugaku Zasshi*. – 1929. – Vol. 43, no. 506. – P. 125-138. – <https://doi.org/10.15281/jplantres1887.43.57>

207. Sládecek, V. System of Water Analysis from the Biological Point of View / V. Sládecek // *Archiv fur Hydrobiologie-Beiheft Ergebnisse der Limnologie*. – 1973. – Vol. 7. – P. 1-218.

208. Smith, W. A synopsis of the British diatomaceae / W. Smith. – London, 1853. – Vol. 1. – 89 p.

209. Smith, W. A synopsis of the British diatomaceae / W. Smith. – London, 1856. – Vol. 2. – 107 p.

210. 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 // *Kongelige Danske Videnskabernes Selskab. Biologiske meddelelser*. – 1948. – Vol. 5, no. 4. – P. 1-34.

211. Stoermer, E. F. Checklist of diatoms from the Laurentian Great Lakes. II / E. F. Stoermer, R. G. Jr. Kreis, N. A. Andresen // *Journal of Great Lakes Research*. – 1999. – Vol. 25, no. 3. – P. 515-566.

212. Watson W. G. The effects of aquatic macrophytes on the stream microenvironment / W. G. Watson, F. L. Rose // *Aquatic Botany*. – 1982. – Vol. 14. – P. 309-324. – [https://doi.org/10.1016/0304-3770\(82\)90105-X](https://doi.org/10.1016/0304-3770(82)90105-X)

213. Whitton, B. A. A coded list of freshwater algae of British Isles / B. A. Whitton, D. M. Jahn, L. R. Johnson, P. N. G. Boulton, M. G. Kelly, E. Y. Haworth. – Wallingford : Institute of Hydrology, 2003. – 274 p.

214. Witkowski, A. Diatom flora of marine coasts I / A. Witkowski, H. Lange-Bertalot, D. Metzeltin. – Königstein, Germany : A. R. G. Gantner Verlag, 2000. – 925 p. – (Iconographia Diatomologica : annotated diatom micrographs / Ed. H. Lange-Bertalot ; vol. 7).

**ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ВАСИЛЛАРИОРНЫТА ЭПИФИТОНА
МАКРОФИТОВ КРЫМСКОГО ПРИБРЕЖЬЯ ЧЁРНОГО МОРЯ**

КЛАСС COSCINODISCOPHYCEAE

Порядок Thalassiosirales Glezer et Makarova, 1986

Семейство Thalassiosiraceae Lebour, 1930

Род *Thalassiosira* Cleve, 1873

Th. eccentrica (Ehrenberg) Cleve, 1904

Род *Hyalodiscus* Ehrenberg, 1845

H. scoticus (Kützing) Grunow, 1879

Семейство Melosiraceae Kützing, 1844

Род *Melosira* C Agardh, 1824

M. lineata (Dillwyn) C Agardh, 1824

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

M. moniliformis var. *subglobosa* (Grunow) Hustedt, 1927

Семейство Coscinodiscaceae Kützing, 1844

Род *Codcinodiscus* Ehrenberg, 1838

C. granii Gough, 1905

C. jonesianus (Grev.) Ostenfeld, 1915

C. radiatus Ehrenberg, 1840

Семейство Heliopeltaceae H.L. Smith, 1872

Род *Actinoptychus* Ehrenberg, 1843

A. senarius (Ehrenberg) Ehrenberg, 1843

Семейство Hemiaulaceae Heiberg 1863

Род *Cerataulina* H. Peragallo, 1896

C. pelagica (Cleve) Hendeby, 1937

Семейство Plagiogrammaceae De Toni, 1890

Род *Dimeregramma* Ralfs, 1861*D. minor* (Gregory) Ralfs, 1861**Род *Glyphodesmis* Grevellie, 1862***G. distans* (W. Gregory) Grunow, 1881**Семейство Anaulaceae (Schütt) Lemmermann, 1899**

Порядок Anaulales

Род *Anaulus* C.G. Ehrenberg, 1844*A. maritimus* Nikolaev, 1970**КЛАСС FRAGILARIOPHYCEAE**

Порядок Fragilariales Silva, 1962

Семейство Fragilariaceae Grevellie, 1833**Род *Diatoma* Bory, 1824***D. tenuis* C. Agardh, 1812**Род *Fragilaria* Lyngbye, 1819***F. striatula* Lyngbye, 1819**Род *Neosynedra* Williams et Round, 1986***N. provincialis* (Grunow) Williams et Round, 1986**Род *Tabularia* (Kützing) Williams et Round, 1986***T. fasciculata* (C. Agardh) Williams et Round, 1986*T. parva* (Kützing) Williams et Round, 1986*T. tabulata* (C. Agardh) Snoeijs, 1992**Род *Falcula* M. Voigh, 1960***F. media* var. *subsalina* Proschkina-Lavrenko, 1963

Порядок Licmophorales Round, 1990

Семейство Licmophoraceae Kützing, 1844**Род *Licmophora* C.A. Agardh, 1827***L. abbreviata* C.A. Agardh, 1831*L. dalmatica* (Kützing) Grunow, 1867*L. flabellata* (Grevellie) C. Agardh, 1830*L. gracilis* (Ehrenberg), Grunow, 1867

L. oedipus (Kützing) Grunow ex Van Heurck, 1881

L. hastata Mereschkowsky, 1902

L. hyalina (Kützing) Grunow, 1867

L. paradoxa (Lyngbye) C.A. Agardh, 1828

Порядок Ardissonales Round et al., 1990

Семейство Ardissonaceae Round, 1990

Род *Ardissona* De Notaris, 1870

A. crystallina (C. Agardh) Grunow, 1880

Порядок Rhabdonematales Round et Grawford, 1990

Семейство Rhabdonemataceae Round et Grawford, 1990

Род *Rhabdonema* Kützing, 1844

Rh. arcuatum (Lyngbye) Kützing, 1844

Порядок Striatellales Round, 1990

Семейство Striatellaceae Kützing, 1844

Род *Striatella* C. Agardh, 1832

S. delicatula (Kützing) Grunow ex Van Heurck, 1881

S. interrupta (Ehrenberg) Heiberg, 1863

S. unipunctata (Lyngbye) C. Agardh, 1832

Род *Grammatophora* Ehrenberg, 1840

G. arctica P.N. Cleve, 1868

G. marina (Lyngbye) Kützing, 1844

КЛАСС BACILLARIOPHYCEA

Порядок Lyrellales D.G. Mann, 1990

Семейство Lyrellaceae D.G. Mann, 1990

Род *Lyrella* N.I. Karajeva, 1978

L. lyroides (Hendey) D.G. Mann, 1990

Порядок Mastogloiales D.G. Mann, 1990

Семейство Mastogloiaceae Mereschkowsky, 1903

Род *Mastogloria* Thwaites ex W. Smith, 1856

M. exiqua F.W. Lewis, 1861

Порядок Cymbellales D.G. Mann, 1990

Семейство Cymbellaceae Grrevellie, 1833

Род *Cymbella* C.Agardh, 1830

C. cistula var. *arctica* (Lagerstedt) P.T. Cleve, 1894

Сем. Gomphonemataceae Kützing, 1844

Род *Gomphonemopsis* Medlin, 1986

G. pseudexigua (Simonsen) Medlin, 1986

Род *Rhoicoshenia* Grunow, 1860

Rh. marina (W. Smith) M. Schmidt, 1889

Род *Campylopyxis* Medlin, 1985

C. garkeana (Grunow) Medlin, 1985

Порядок Achnanthesales Silva, 1962

Семейство Achnanthaceae Kützing, 1844

Род *Achnanthes* Dory de Saint-Vincent, 1822

A. brevipes C.Agardh, 1824

A. longipes C. Agardh, 1824

Семейство Cocconeidaceae Kützing, 1844

Род *Cocconeis* Ehrenberg, 1837

C. costata Gregory, 1855

C. distans Gregory, 1855

C. placentula Ehrenberg, 1838

C. scutellum var. *scutellum*, Ehrenberg, 1838

C. scutellum var. *japonica* (A.W.F. Schmidt) Skvortzow, 1929

Порядок Naviculales Bessey, 1907

Семейство Amphipleuraceae Grunow, 1862

Род *Halampfora* (Cleve) Levkov, 2009

H. coffeiformis (C.Agardh) Levkov, 2009

H. hyalina Kützing, 1844

Семейство Berkeleyaceae D.G. Mann, 1990

Род *Parlibellus* E.J. Cox, 1988

P. delognei (Van Heurck) E.J. Cox, 1988

P. hamulifer (Grunow) E.J. Cox, 1988

P. rhombicus (Gregory) E.J. Cox, 1988

Род *Berkeleya* Creville, 1827

B. micans (Lyngbye) Grunow, 1868

B. rutilans (Trentenpohl) Grunow, 1880

Семейство *Diploneidaceae* D.G. Mann, 1990**Род *Diploneis* Ehrenberg ex Cleve, 1894**

D. bombus (Ehrenberg) Ehrenberg, 1853

D. chersonensis (Ehrenberg) Ehrenberg, 1894

D. interrupta (Kützing) P.T. Cleve, 1894

D. lineata (Donkin) P.T. Cleve, 1894

D. littoralis (Donkin) P.T. Cleve, 1894

D. splendida P.T. Cleve, 1894

D. smithii var. *smithii* (Brébisson) P.T. Cleve, 1894

D. smithii var. *pumila* (Grunow) Hustedt, 1937

Семейство *Sellaphoraceae* Mereschkowsky, 1902**Род *Fallacia* A. J. Stickle et D.G. Mann, 1990**

F. pygmaea (Kützing) A. J. Stickle et D.G. Mann, 1990

Семейство *Pinnulariaceae* D.G. Mann, 1990**Род *Diatomella* Greville, 1855**

D. salina var. *septata* (Nikolaev) I.V. Makarova, 1968

Род *Pinnularia* Ehrenberg, 1840

P. cardinaliculus Cleve, 1895

P. gibba (Ehrenberg) Ehrenberg, 1843

P. interrupta W. Smith, 1853

P. viridis var. *rupestris* (Hantzsch) Cleve, 1895

Семейство *Naviculaceae* Kützing, 1844

Род *Navicula* Bory de St.-Vincent, 1822

- N. ammophila* var. *intermedia* Grunow, 1862
N. cancellata Donkin, 1872
N. cryptocephala Kützing, 1844
N. cryptocephala var. *veneta* (Kützing) Rabenhorst, 1864
N. directa (W. Smith) Ralfs, 1861
N. distans (W. Smith) Ralfs, 1861
N. menisculus Schumann, 1867
N. perrhombus Hustedt ex Simonsen, 1934
N. pennata var. *pontica* Mereschowsky, 1902
N. ramosissima (Agardh) Cleve, 1895
N. salinarium Grunow, 1880
N. veneta Kützing, 1844

Род *Donkinia* Ralfs, 1861

- D. carinata* (Donkin) Ralfs, 1861

Род *Trachyneis* Cleve, 1894

- T. aspera* (Ehrenb.) Cleve, 1894
T. aspera var. *contermina* (A.W.F.Schmidt) Cleve, 1894

Род *Seminavis* D.G. Mann, 1990

- S. ventricosa* (Gregory) M.Garcia-Baptista, 1993

Род *Haslea* Simonsen, 1974

- H. ostrearia* (Gaillon) Simonsen, 1974
H. subsalina (Proschk.-Lavr.) I.V. Makarova et N.I. Karajeva, 1985

Род *Caloneis* Cleve, 1894

- C. liber* (W.Smith) Cleve, 1894

Род *Carinasigma* G. Reid, 2012

- C. rectum* (Donkin) G. Reid, 2012

Род *Pleurosigma* W.Smith, 1852

- Pl. aestuarii* (Brébisson et Kützing) W. Smith, 1853
Pl. angulatum (Quekett) W. Smith, 1852

Pl. clevei Grunow, 1880

Pl. elongatum W. Smith, 1852

Pl. inflatum Shadbolt, 1853

Pl. intermedium W. Smith, 1853

Pl. normani Ralfs, 1861

Pl. rigitum W. Smith, 1852

Pl. salinarum (Grunow) Grunow, 1880

Род *Gyrosigma* Hassall, 1845

G. fasciola var. *fasciola* (Ehrenberg) Griffith et Henfrey, 1856

G. fasciola var. *prolongatum* (W.Smith) P.T. Cleve, 1894

G. tenuissimum (W.Smith) Griffith et Henfrey, 1856

Семейство *Plagiotropidaceae* D.G. Mann, 1990

Род *Plagiotropis* Pfizer, 1871

Pl. lepidoptera (Gregory) Kuntze, 1898

Семейство *Proschkiniaceae* D.G. Mann, 1990

Род *Proschkinia* N.I. Karajeva, 1978

P. complanata (Grunow) D.G. Mann, 1990

P. poretzskiae (Korotkevich) D.G. Mann, 1990

Порядок *Thalassiophysales* D.G. Mann, 1990

Семейство *Catenulaceae* Mereschkowsky, 1902

Род *Amphora* Ehrenberg ex Kützing, 1844

A. copulata (Kützing) Schoeman et R.E.M. Archibald, 1986

A. crassa W. Gregory, 1857

A. marina W.Smith, 1857

A. ostrearia Brébisson, 1849

A. ovalis (Kützing) Kützing, 1844

A. parvula Proschkina-Lavrenko, 1963

A. proteus Gregory, 1857

Род *Undatella* T.B.B. Paddock et P.A. Sims, 1980

U. lineolata (Ehrenberg) L.I. Ryabushko, 2006

U. quadrata (Brébisson ex Kützing) Paddock et Sims, 1980

Порядок Bacillariales Hendey, 1937

Семейство Bacillariaceae Ehrenberg, 1831

Род *Bacillaria* Gmelin, 1791

B. paxillifera (O.F. Müller) T. Marsson, 1901

B. socialis (Gregory) Ralfs, 1861

B. socialis var. *baltica* (Grunow) De Toni, 1892

Род *Pseudo-nitzschia* H. Peragallo, 1900

P. seriata (Cleve) H. Peragallo, 1899

Род *Psammodictyon* D.G.Mann, 1990

P. panduriforme (Gregory) D.G. Mann, 1990

P. panduriforme var. *minor* (Grunow) E.Y. Haworth & M.G. Kelly, 2002

Род *Petronis* A.J. Stickle et D.G. Mann, 1990

P. monilifera (Cleve) Stickle & D.G. Mann, 1990

Род *Tryblionella* W. Smith, 1853

T. coarctata (Grunow) D.G. Mann, 1990

T. hungarica (Grunow) Frenguelli, 1942

T. punctata W. Smith, 1853

Род *Nitzschia* Hassall, 1845

Nitzschia communis Rabenhorst, 1860

N. distans (W. Smith) Ralfs, 1861

N. hybrida f. *hyalina* Proschkina-Lavrenko, 1963

N. lanceolata W. Smith, 1853

N. longissima (Brébisson ex Kützing) Ralfs, 1861

N. laevissima Grunow, 1880

N. punctata (W. Smith) Grunow, 1880

N. recta Hantzsch ex Rabenhorst, 1862

N. sigma var. *sigma* (Kützing) W. Smith, 1853

N. sigma var. *intercedens* Grunow, 1878

N. spathulata Brébisson, 1853

N. vermicularis (Kützing) Ralfs, 1861

N. tenuirostris Mereschkowsky, 1902

N. vidovichii (Grunow) Grunow, 1862

Род *Cylindrotheca* Rabenhorst, 1859

C. closterium (Ehrenberg) Reimann et Lewin, 1964

Порядок Rhopalodiales D.G. Mann, 1990

Семейство Rhopalodiaceae (Karsten) Topachevs'kyi et Oksiyuk, 1960

Род *Rhopalodia* O.F. Müller, 1895

Rh. gibberula (Ehrenberg) O.F. Müller, 1899

Род *Entomoneis* Ehrenb. 1845

E. paludosa (W.Smith) reamer, 1975

Сем. Surirellaceae Ehrenberg, 1844

Род *Surirella* Turpin, 1828

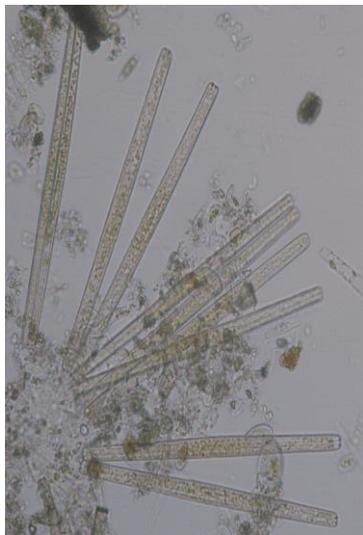
S. ovata Kützing, 1844

Род *Campylodiscus* Ehrenberg ex Kützing, 1844

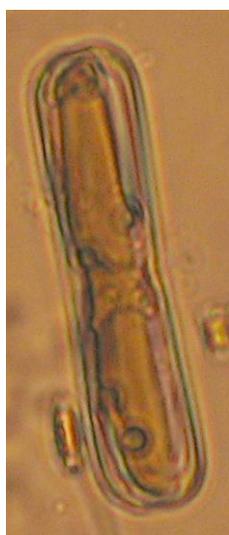
C. fastuosus Ehrenberg, 1845

C. neofastuosus Ruck et Nakov, 2016

МИКРОФОТОГРАФИИ ВАСИЛЛАРИОРНУТА
 ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРОСЛИ, ВЫПОЛНЕННЫЕ В СМ



Ardissonaea cristallina



Caloneis liber



Amphora hyalina



Diploneis chersonensis



Diploneis lineata



Gyrosigma fasciola



Falcula media var.
subsalina



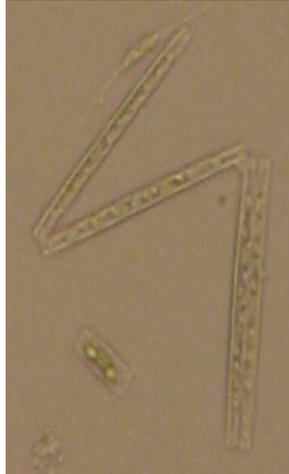
Plagiotropes lepidoptera



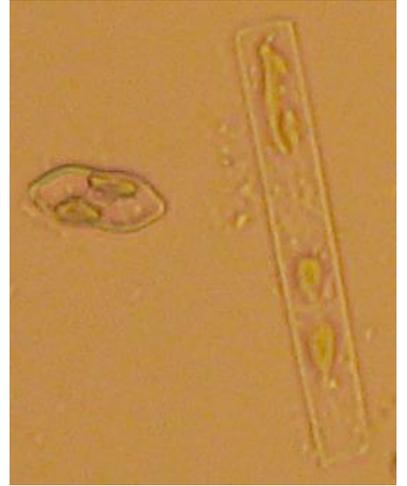
Donkinia carinata



Cylindrotheca closterium



Diatoma tenuis



Psammodictyon panduriforme var. *minor* и *Nitzschia distans*



Licmophora flabellata



Licmophora abbreviata



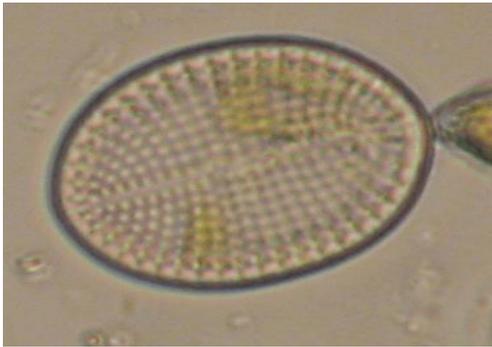
Licmophora hyalina



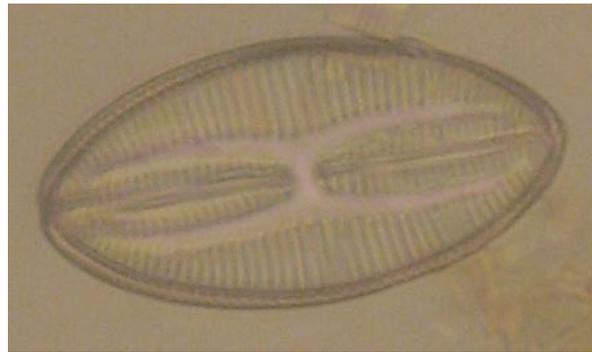
Grammatophora arctica



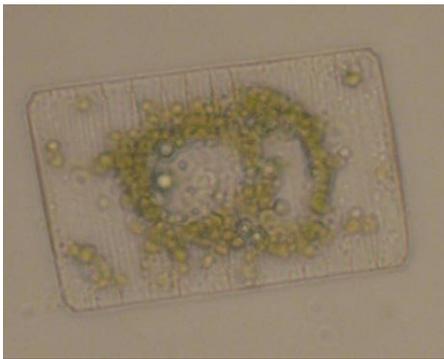
Grammatophora marina



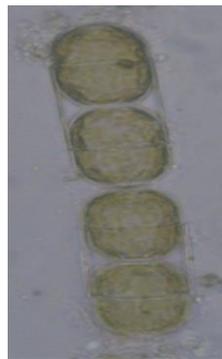
Cocconeis scutellum



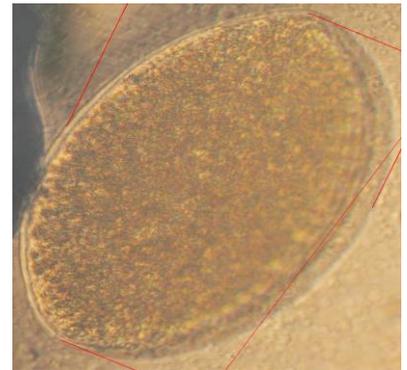
Lyrella lyroides



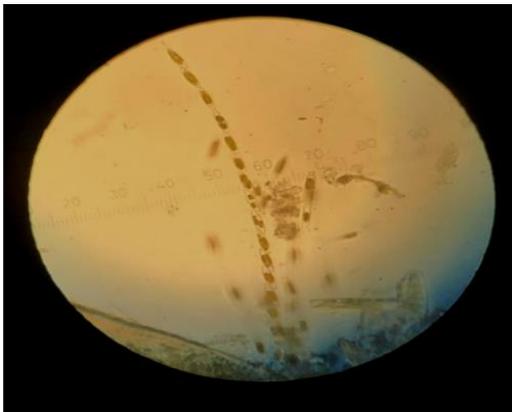
Striatella unipunctata



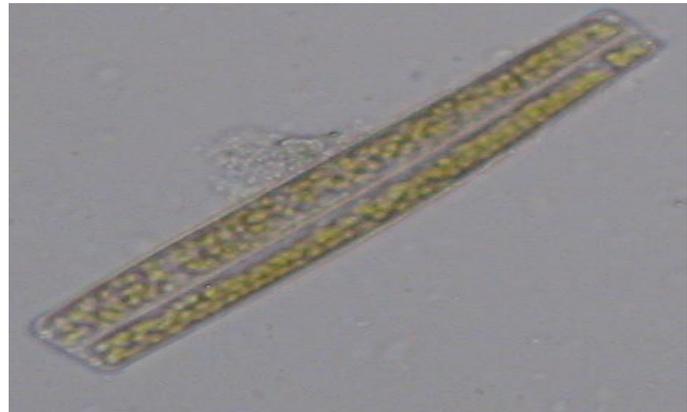
Melosira moniliformis



Surirella fastuosa

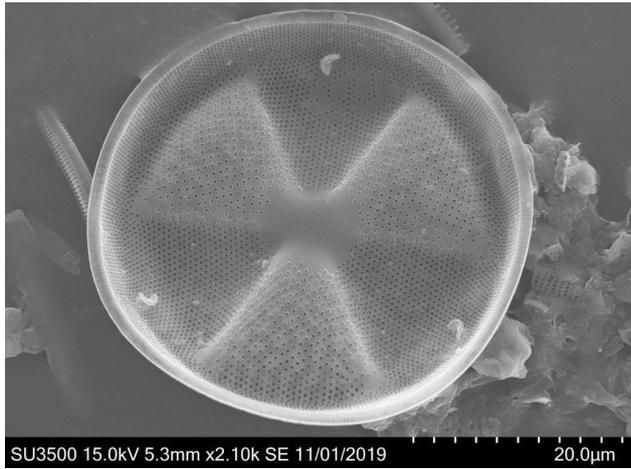
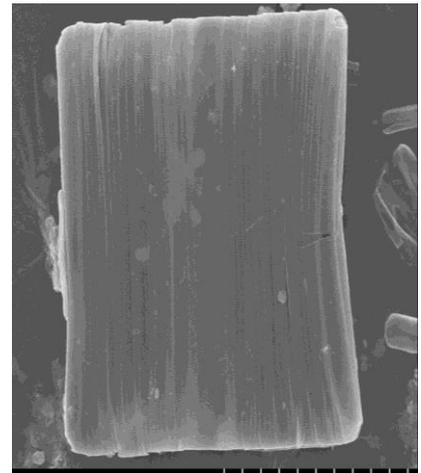
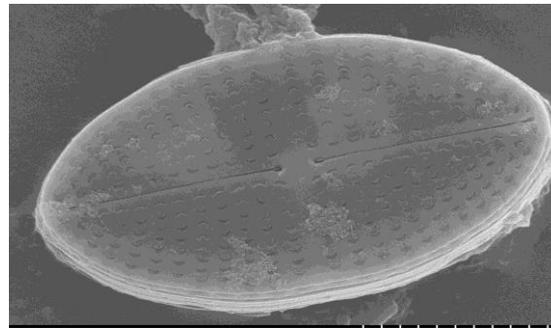
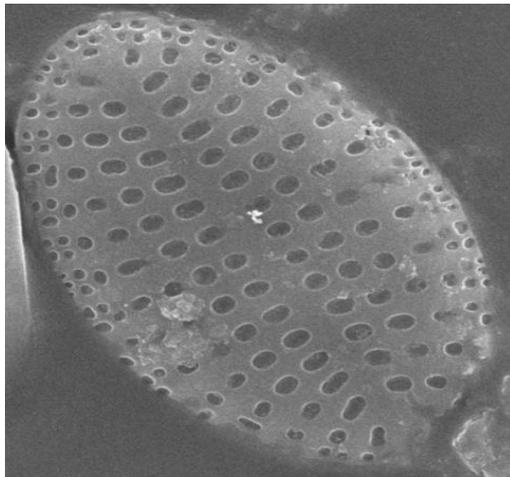
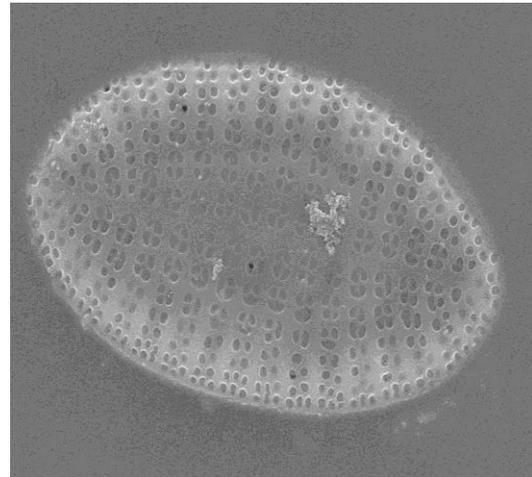


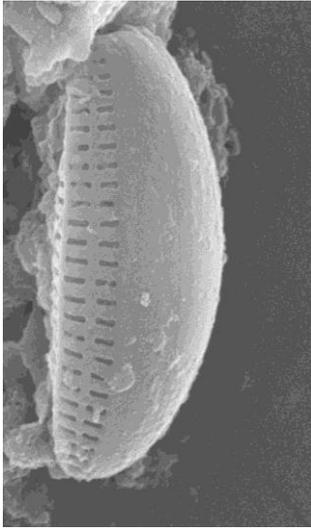
Berkeleya rutilans



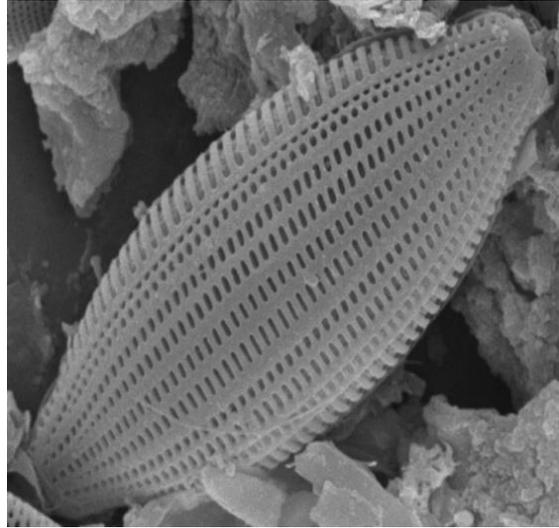
Ardissonaea crystallina

ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРОСЛИ, ВЫПОЛНЕННЫЕ В СЭМ

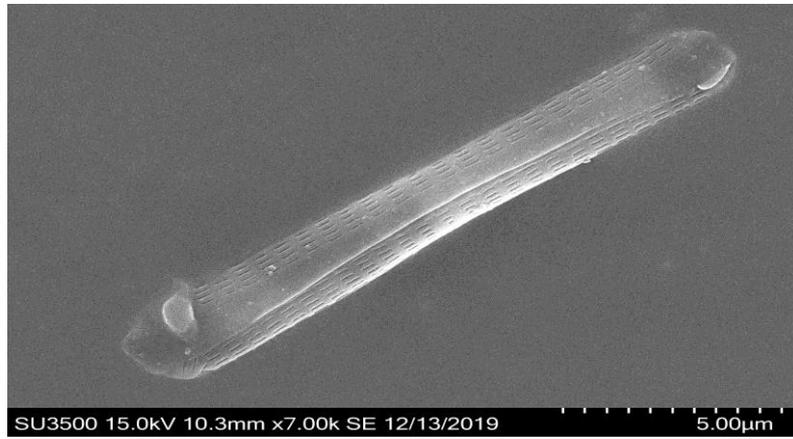
*Actinophtychus senarius**Striatella unipunctata**Cocconeis costata**Cocconeis distans**Cocconeis pinnata*



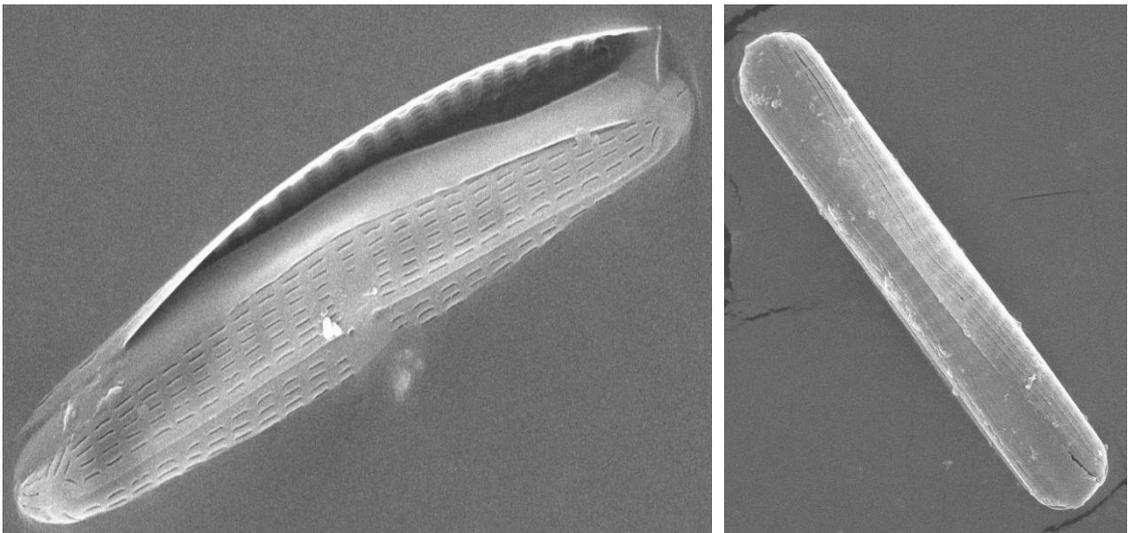
Amphora ovalis



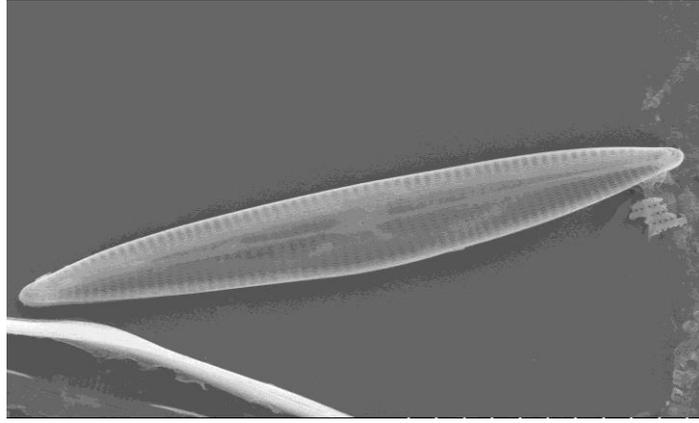
Halamphora coffeiformis



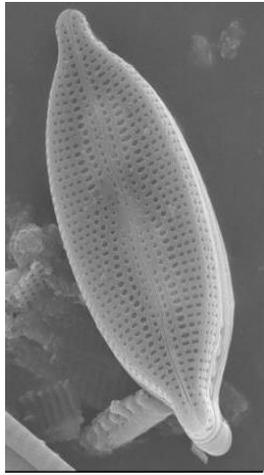
Pinnularia cardinaliculus



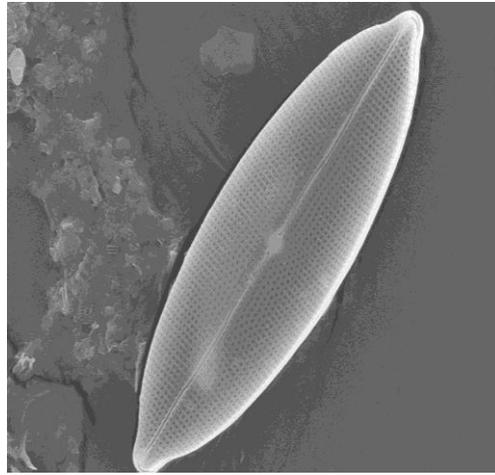
Trachyneis aspera var. *contermina*



Navicula ammophila var. *intermedia*



Petroneis sp. 1



Petroneis sp. 2

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ФИТОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ЭПИФИТОНА МАКРОФИТОВ**

№ п/п	Таксон	ОС	ФГ	МО	S
Bacillariophyta					
1.	<i>Achnathes brevipes</i> C.Agardh 1824	СМ	К	Б	β
2.	<i>A. longipes</i> C. Agardh 1824	М	АБТ	Б	β
3.	<i>Actinoptychus senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1843	М	К	Б	-
4.	<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman & R.E.M. Archibald 1986	ПС	АБТ	Б	-
5.	<i>A. crassa</i> W. Gregory 1857	М	АБТ	Б	-
6.	<i>A. marina</i> W. Smith 1857	М	БТ	БП	-
7.	<i>A. ostrearia</i> Brébisson ex Kützing 1849	М	БТ	Б	-
8.	<i>A. ovalis</i> (Kützing) Kützing 1844	СМ	К	Б	$\alpha\text{-}\beta$
9.	<i>A. parvula</i> Prosschkina-Lavrenko 1963	СМ	Б	Б	-
10.	<i>A. proteus</i> Gregory 1857	М	К	Б	$\alpha\text{-}\beta$
11.	<i>Anaulus maritimus</i> Nikolaev 1969	М	БТ нот	Б	-
12.	<i>Ardissonea crystallina</i> (C.Agardh) Grunow 1880	СМ	БТ	Б	β
13.	<i>Bacillaria paxillifera</i> (O.F. Müller) T. Marsson 1901	СМ	К	БП	$\alpha\text{-}\beta$
14.	<i>B. socialis</i> (W. Gregory) Ralfs 1861 var. <i>socialis</i>	М	Б	БП	β
15.	<i>B. socialis</i> var. <i>baltica</i> (Grunow) De Toni 1892	М	АБТ	Б	-
16.	<i>Berkeleya micans</i> (Lyngbye) Grunow 1880	СМ	Б нот	Б	α
17.	<i>B. rutilans</i> (Trentepohl ex Roth) Grunow 1880	СМ	АБТ	Б	-
18.	<i>Caloneis liber</i> (W. Smith) P.T. Cleve 1894	М	К	Б	-
19.	<i>Campylodiscus fastuosus</i> Ehrenberg 1845	М	АБТ нот	Б	-
20.	<i>Campylodiscus neofastuosus</i> Ruck et Nakov 2016	М	АБТ нот	Б	-
21.	<i>Campylopyxis garkeana</i> (Grunow) Medlin 1985	М	АБ	Б	-
22.	<i>Carinasigma rectum</i> (Donkin) G. Reid 2012	М	БТ нот	Б	-
23.	<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey 1937	М	БТ нот	БП	-
24.	<i>Cocconeis costata</i> Gregory 1855	М	К	Б	β
25.	<i>C. distans</i> W. Gregory 1855	М	АБТ	Б	-
26.	<i>C. placentula</i> Ehrenberg 1838	С	К	Б	$\alpha\text{-}\beta$
27.	<i>C. scutellum</i> Ehrenberg 1838 var. <i>scutellum</i>	СМ	К	Б	β
28.	<i>C. scutellum</i> var. <i>japonica</i> (Schmidt) Skvortzow 1929	М	Б	Б	β
29.	<i>Consinodiscus granii</i> Gough 1905	М	Б	П	-
30.	<i>C. jonesianus</i> (Greville) Ostenfeld 1915	М	Б	П	-
31.	<i>C. radiatus</i> Ehrenberg 1840	М	Б	Б	-
32.	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann et Lewin 1964	СМ	К	БП	β
33.	<i>Cymbella cistula</i> var. <i>arctica</i> (Lagerstedt) Cleve 1894	П	К	П	-
34.	<i>Diatoma tenuis</i> C. Agardh 1812	ПС	К	БП	$\alpha\text{-}\beta$

35.	<i>Diatomella salina</i> var. <i>septata</i> (Nikolaev) I.V. Makarova 1968	CM	Б	Б	-
36.	<i>Dimeregramma minor</i> (Gregory) Ralfs in Pritchard 1861	M	АБТ HOT	Б	-
37.	<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1853	M	БТ HOT	Б	-
38.	<i>D. chersonensis</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1894	M	АБТ	Б	-
39.	<i>D. interupta</i> (Kützing) Cleve 1894	CM	АБТ HOT	Б	-
40.	<i>D. lineata</i> (Donkin) Cleve 1894	M	БТ	Б	-
41.	<i>D. littoralis</i> (Donkin) Cleve 1894	M	АБ HOT	Б	-
42.	<i>D. splendida</i> P.T. Cleve 1894	M	АБТ	Б	-
43.	<i>D. smithii</i> (Brébisson) P.T. Cleve 1894 var. <i>smithii</i>	CM	К	Б	-
44.	<i>D. smithii</i> var. <i>pumila</i> (Grunow) Hustedt 1937	CM	БТ	Б	-
45.	<i>Donkinia carinata</i> (Donkin) Ralfin Pritchard 1861	M	БТ	Б	-
46.	<i>Entomoneis paludosa</i> (W. Smith) Reimer 1975 var. <i>paludosa</i>	CM	К	БП	α - β
47.	<i>Falcula media</i> var. <i>subsalina</i> Proschkina-Lavrenko 1963	M	Б	БП	σ
48.	<i>Fallacia pygmaea</i> (Kützing) Stickle & D.G.Mann 1990	CM	БТ	Б	σ - β
49.	<i>Fragilaria striatula</i> Lyngbye 1819	M	К	Б	-
50.	<i>Glyphodesmis distans</i> (W. Gregory) Grunow 1881	M	Б	Б	-
51.	<i>Gomphonemopsis pseudexigua</i> (Simonsen) Medlin 1986	M	АБТ HOT	Б	-
52.	<i>Grammatophora arctica</i> P.T. Cleve 1868	M	АБ	БП	-
53.	<i>G. marina</i> (Lyngbye) Kützing 1844	M	К	Б	β
54.	<i>Gyrosigma fasciola</i> (Ehrenberg) Griffith et Henfrey 1856 var. <i>fasciola</i>	M	К	Б	σ
55.	<i>G. fasciola</i> var. <i>prolongatum</i> (W. Smith) P.T. Cleve 1894	M	АБ	Б	-
56.	<i>G. tenuissimum</i> (W. Smith) Griffith et Henfrey 1856	CM	БТ HOT	Б	-
57.	<i>Halamphora coffeiformis</i> (C.A. Agardh) Levkov 2009	CM	АБТ	Б	α
58.	<i>H. hyalina</i> Kützing 1844	M	АБТ HOT	Б	β
59.	<i>Haslea ostrearia</i> (Gaillon) Simonsen 1974	M	БТ	Б	-
60.	<i>H. subagnita</i> (Proschkina-Lavrenko) I.V. Makar. et N.I. Karajeva 1985	C	Б	Б	-
61.	<i>Hyalodiscus scoticus</i> (Kützing) Grunow 1879	CM	К	П	-
62.	<i>Licmophora abbreviata</i> C.A. Agardh 1831	M	К	Б	β
63.	<i>L. dalmatica</i> (Kützing) Grunow 1867	M	Б	Б	-
64.	<i>L. flabellata</i> (Greville) C.A. Agardh 1830	M	БТ HOT	Б	β
65.	<i>L. gracilis</i> (Ehrenberg) Grunow 1867	M	АБТ	Б	-
66.	<i>L. hastata</i> Mereschkowsky 1902	M	Б	Б	-
67.	<i>L. hyalina</i> (Kützing) Grunow 1867	M	АБ	Б	-

68.	<i>L. oedipus</i> (Kützing) Grunow 1881	М	АБ	Б	-
69.	<i>L. paradoxa</i> (Lyngbye) C.A. Agardh 1828	М	К	Б	χ
70.	<i>Lyrella lyroides</i> (Hendey) D.G. Mann 1990	М	БТ	Б	-
71.	<i>Mastogloia exigua</i> F.W. Lewis 1861	СМ	Б	Б	-
72.	<i>Melosira lineata</i> (Dillwyn) C.A. Agardh 1824	СМ	АБТ HOT	П	α
73.	<i>M. moniliformis</i> var. <i>moniliformis</i> (O.F. Müller) C.A. Agardh 1824	СМ	АБ	П	$o-\alpha$
74.	<i>M. moniliformis</i> var. <i>subglobosa</i> Grunow 1878	СМ	Б	П	$o-\alpha$
75.	<i>Navicula ammophila</i> var. <i>intermedia</i> Grunow 1862	СМ	АБ	Б	-
76.	<i>N. cancellata</i> Donkin 1872	М	АБТ	Б	-
77.	<i>N. cryptocephala</i> Kützing 1844	ПС	АБТ HOT	Б	β
78.	<i>N. directa</i> (W. Smith) Ralfs 1861	СМ	К	Б	-
79.	<i>N. distans</i> (W. Smith) Ralfs 1861	СМ	АБТ	Б	-
80.	<i>N. menisculus</i> Schumann 1867	ПС	АБТ	Б	$o-\beta$
81.	<i>N. perrhombus</i> Hustedt ex Simonsen 1962	СМ	БТ	Б	-
82.	<i>N. pennata</i> var. <i>pontica</i> Mereschkowsky 1902	СМ	БТ	Б	-
83.	<i>N. ramosissima</i> (Agardh) P.T. Cleve 1895	СМ	АБТ HOT	Б	-
84.	<i>N. salinarum</i> Grunow 1880	С	АБТ	Б	-
85.	<i>Neosynedra provincialis</i> Williams et Round 1986	М	Б	Б	-
86.	<i>Nitzschia communis</i> Rabenhorst 1860	ПС	Б	Б	-
87.	<i>N. distans</i> (W. Smith) Ralfs ex Pritchard 1861	СМ	БТ HOT	Б	-
88.	<i>N. hybrida</i> f. <i>hyalina</i> Proshkina-Lavrenko 1963	СМ	Б	Б	β
89.	<i>N. lanceolata</i> W. Smith 1853	С	БТ	Б	-
90.	<i>N. longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861	М	К	БП	-
91.	<i>N. laevisissima</i> Grunow 1880	М	АБ	Б	-
92.	<i>N. recta</i> Hantzsch ex Rabenhorst 1862	ПС	БТ HOT	Б	$o-\beta$
93.	<i>N. sigma</i> (Kützing) W. Smith 1853 var. <i>sigma</i>	С	АБТ HOT	Б	α
94.	<i>N. sigma</i> var. <i>intersedens</i> Grunow 1878	М	Б HOT	Б	-
95.	<i>N. spathulata</i> Brébisson 1853	М	БТ	Б	-
96.	<i>N. vermicularis</i> (Kützing) C.A. Hantzsch 1860	С	БТ HOT	Б	β
97.	<i>N. vidovichii</i> (Grunow) Grunow 1862	М	Б	Б	o
98.	<i>N. tenuirostris</i> Mereschkowsky 1902	С	Б	Б	-
99.	<i>Parlibellus delognei</i> (Van Heurck) E.J. Cox 1988	М	К	Б	-
100.	<i>P. hamulifer</i> (Grunow) E.J. Cox 1988	М	БТ HOT	Б	-
101.	<i>P. rhombicus</i> (W. Gregory) E.J. Cox 1988	СМ	БТ	Б	-
102.	<i>Petroneis</i> sp. 1	-	-	-	-
103.	<i>Petroneis</i> sp. 2	-	-	-	-
104.	<i>Pinnularia cardinaliculus</i> Cleve 1895	П	АБТ	Б	-
105.	<i>P. gibba</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1843	ПС	АБТ	П	$\chi-o$
106.	<i>P. interrupta</i> W. Smith 1853	П	АБТ HOT	Б	-
107.	<i>P. viridis</i> var. <i>rupestris</i> (Hantzsch) Cleve 1895	П	АБТ HOT	П	-
108.	<i>Plagiotropes lepidoptera</i> (Gregory) Kuntze 1898	М	АБТ	Б	-
109.	<i>Proschkinia complanata</i> (Grunow) D.G. Mann 1990	М	БТ	Б	-

110.	<i>P. poretzskiae</i> (Korotkevich) D.G. Mann 1990	M	АБ	Б	-
111.	<i>Pleurosigma aestuarii</i> (Brébisson et Kützing) W. Smith 1853	M	АБ	Б	-
112.	<i>P. angulatum</i> (Queckett) W. Smith 1852	M	К	Б	-
113.	<i>P. clevei</i> Grunow 1880	M	АБ	Б	-
114.	<i>P. elongatum</i> W. Smith 1852	CM	К	Б	β
115.	<i>P. inflatum</i> Shadbolt 1853	M	БТ HOT	Б	-
116.	<i>P. intermedium</i> W. Smith 1853	M	АБТ HOT	Б	-
117.	<i>P. normanii</i> Ralfs 1861	M	К	Б	-
118.	<i>P. rigidum</i> W. Smith 1852	M	БТ HOT	Б	-
119.	<i>P. salinarium</i> (Grunow) Grunow 1880	M	БТ HOT	Б	-
120.	<i>Psammodictyon panduriforme</i> (Gregory) D.G. Mann 1990 var. <i>panduriforme</i>	M	БТ HOT	Б	-
121.	<i>P. panduriforme</i> var. <i>minor</i> (Grunow) E.Y. Haworth et M.G. Kelly 2002	M	Б	Б	-
122.	<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> (Cleve) H. Peragallo 1899	M	К	П	-
123.	<i>Rhabdonema arcuatum</i> (Lyngbye) Kützing 1844	M	К	Б	-
124.	<i>Rhoicosphenia marina</i> (W. Smith) M. Schmidt 1889	M	АБ	Б	β
125.	<i>Rhopalodia gibberula</i> (Ehrenberg) O.F. Müller 1899	C	АБТ	Б	β
126.	<i>Surirella ovata</i> Kützing 1844	ПC	АБТ	Б	-
127.	<i>Seminavis ventricosa</i> (Gregjry) M. Garcia-Baptista 1993	M	К	Б	β
128.	<i>Striatella delicatula</i> (Kützing) Grunow ex Van Heurck 1881	CM	АБ	Б	-
129.	<i>S. interupta</i> (Ehrenberg) Heiberg 1863	M	БТ	Б	-
130.	<i>S. unipunctata</i> (Lyngbye) C.A. Agardh 1832	M	БТ HOT	Б	-
131.	<i>Thalassiosira eccentrica</i> (Ehrenberg) P.T. Cleve 1904	M	К	П	-
132.	<i>Tabularia fasciculata</i> (C. Agardh) Williams et Round 1986	CM	К	Б	α - β
133.	<i>T. parva</i> (Kützing) D.M. Williams et Round, 1986	CM	АБТ HOT	Б	α
134.	<i>T. tabulata</i> (C. Agardh) Snoeijs 1992	CM	К	Б	α - β
135.	<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenberg) P.T. Cleve 1894 var. <i>aspera</i>	M	К	Б	β
136.	<i>T. aspera</i> var. <i>contermina</i> (A.W.F. Schmidt) Cleve 1894	M	К	Б	-
137.	<i>Tryblionella coarctata</i> (Grunow) D.G. Mann 1990	CM	БТ	Б	-
138.	<i>T. hungarica</i> (Grunow) Frenguelli 1942	C	К	Б	-
139.	<i>T. punctata</i> W. Smith 1853	C	К	Б	-
140.	<i>Undatella lineolata</i> (Ehrenberg) L.I. Ryabushko 2006	CM	АБТ	Б	β
141.	<i>U. quadrata</i> (Brébisson ex Kützing) Paddock et P.A. Sims 1980	CM	Б	Б	-
Dinophyta					
142.	<i>Gymnodinium sanguineum</i> Hirasaka 1922	M	БТ	П	β

143.	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich III 1970	М	К	П	-
144.	<i>P. lima</i> (Ehrenberg) F. Stein 1878	М	К	Б	-
145.	<i>P. micans</i> Ehrenberg 1834	СМ	К	БП	-
146.	<i>Protoceratium reticulatum</i> (Claparede et Lachmann) 1885	М	АБТ	П	
147.	<i>Protoperdinium brevipes</i> (Paulsen) Balech 1974	СМ	АБТ нот	П	о
148.	<i>Prorocentrum cordatum</i> (Ostenfeld) J.D. Dodge 1976	СМ	БТ	БП	-
Cyanoprokariota					
149.	<i>Stanieria minima</i> (Geitler) S.M.F. Silva et R.N. Pienaar, 2000	М	БТ	Б	-
150.	<i>Phormidium nigroviride</i> (Thwaites ex Gomont) Anagnostidis et Komárek 1988	М	К	Б	-
151.	<i>Lyngbya aestuarii</i> Liebman ex Gomont 1892	М	К	П	о

Условные обозначения. Экологические характеристики: (МО) – местообитание: Б – бентосный вид, П – планктонный и БП – бентопланктонный; S – отношение видов к сапробности воды: χ – ксено-сапробионт; χ -o – ксено-олигосапробионт, α – альфа-мезосапробионт, β – бета-мезосапробионт, β - α – бета-альфа-мезосапробионт, o- β – олиго-бета-мезосапробионт, o – олигосапробионт; ОС – отношение видов к солёности воды: М – морской, СМ – солоноватоводно-морской, С – солоноватоводный, П – пресноводный, ПС – пресноводно-солоноватоводный; фитогеографические элементы (ФГ): К – космополит, Б – бореальный вид, БТ – бореально-тропический, АБ – аркто-бореальный, АБТ – аркто-бореально-тропический, нот – нотальный, встречающийся и в южном полушарии.

**ВСТРЕЧАЕМОСТЬ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ
ПО СЕЗОНАМ 2018 – 2020 ГГ.**

№ п/п	Таксон	Зима	Весна	Лето	Осень
Bacillariophyta					
1.	<i>Achnanthes brevipes</i>	+	+	+	+
2.	<i>A. longipes</i>	+	+	+	+
3.	<i>Actinophyichus senarius</i>	+	–	–	+
4.	<i>Amphora copulata</i>	+	–	–	–
5.	<i>A. crassa</i>	–	–	–	+
6.	<i>A. marina</i>	+	+	+	+
7.	<i>A. parvula</i>	–	–	–	+
8.	<i>A. proteus</i>	–	+	–	+
9.	<i>A. ostrearia</i>	–	+	–	–
10.	<i>A. ovalis</i>	+	+	–	+
11.	<i>Anaulus maritimus</i>	+	–	+	+
12.	<i>Ardissonaea crystallina</i>	+	+	+	+
13.	<i>Bacillaria paxillifera</i>	–	+	+	+
14.	<i>B. socialis</i> var. <i>socialis</i>	–	–	+	–
15.	<i>B. socialis</i> var. <i>baltica</i>	–	+	+	–
16.	<i>Berkeleya micans</i>	–	–	+	–
17.	<i>B. rutilans</i>	+	+	+	+
18.	<i>Caloneis liber</i>	+	+	+	+
19.	<i>Campylodiscus fastuosus</i>	–	–		
20.	<i>Campylodiscus neofastuosus</i>	–	–	+	–
21.	<i>Campylopyxis garkeana</i>	+	+	+	–
22.	<i>Carinasigma rectum</i>	–	–	+	+
23.	<i>Cerataulina pelagica</i>	+	–	–	–
24.	<i>Cocconeis costata</i>	+	–	+	–
25.	<i>C. distans</i>	–	–	+	+
26.	<i>C. scutellum</i> var. <i>scutellum</i>	+	+	+	+
27.	<i>C. scutellum</i> var. <i>japonica</i>	–	–	–	+
28.	<i>C. placentula</i>	+	+	+	+
29.	<i>Consinodiscus granii</i>	–	+	+	–
30.	<i>C. jonesianus</i>	+	–	+	+
31.	<i>C. radiatus</i>	–	–	+	–
32.	<i>Cylindrotheca closterium</i>	+	+	+	+
33.	<i>Cymbella cistula</i> var. <i>arctica</i>	–	–	–	+
34.	<i>Diatoma tenuis</i>	+	+	+	–
35.	<i>Diatomella salina</i> var. <i>septata</i>	–	–	+	+

36.	<i>Dimeregramma minor</i>	–	+	–	–
37.	<i>Diploneis bombus</i>	–	–	+	+
38.	<i>D. chersonensis</i>	–	–	+	+
39.	<i>D. interrupta</i>	–	–	+	–
40.	<i>D. lineata</i>	+	+	–	+
41.	<i>D. littoralis</i>	–	+	+	+
42.	<i>D. splendida</i>	–	–	+	–
43.	<i>D. smithii</i> var. <i>smithii</i>	–	+	+	+
44.	<i>D. smithii</i> var. <i>pumila</i>	–	–	–	+
45.	<i>Donkinia carinata</i>	+	–	–	–
46.	<i>Entomoneis paludosa</i>	+	+	+	–
47.	<i>Falcula media</i> var. <i>subsalina</i>	–	+	+	+
48.	<i>Fallacia pygmaea</i>	+	–	–	–
49.	<i>Fragilaria striatula</i>	–	–	+	+
50.	<i>Gyrosigma fasciola</i> var. <i>fasciola</i>	+	+	–	–
51.	<i>G. fasciola</i> var. <i>prolongatum</i>	–	+	–	+
52.	<i>G. tenuissimum</i>	+	+	–	–
53.	<i>Glyphodesmis distans</i>	–	+	–	–
54.	<i>Gomphonemopsis pseudexigua</i>	–	+	–	–
55.	<i>Grammatophora arctica</i>	–	+	–	–
56.	<i>G. marina</i>	+	+	+	+
57.	<i>Halamphora coffeiformis</i>	+	+	+	+
58.	<i>H. hyalina</i>	+	+	+	+
59.	<i>Haslea ostrearia</i>	+	+	+	+
60.	<i>H. subagnita</i>	+	+	+	+
61.	<i>Hyalodiscus scoticus</i>	+	+	–	–
62.	<i>Licmophora abbreviata</i>	+	+	+	+
63.	<i>L. dalmatica</i>	+	+	–	–
64.	<i>L. flabellata</i>	+	+	+	+
65.	<i>L. gracilis</i>	+	+	–	–
66.	<i>L. hastata</i>	+	+	+	+
67.	<i>L. hyalina</i>	–	+	+	+
68.	<i>L. oedipus</i>	–	+	+	+
69.	<i>L. paradoxa</i>	+	+	–	–
70.	<i>Lyrella lyroides</i>	–	–	–	+
71.	<i>Mastogloia exigua</i>	–	–	–	+
72.	<i>Melosira lineata</i>	+	–	–	+
73.	<i>M. moniliformis</i> var. <i>moniliformis</i>	–	–	+	–
74.	<i>M. moniliformis</i> var. <i>subglobosa</i>	+	+	+	–
75.	<i>Navicula ammophila</i> var. <i>intermedia</i>	–	–	+	+
76.	<i>N. cancellata</i>	+	+	+	+
77.	<i>N. cryptocephala</i>	+	+	+	+
78.	<i>N. directa</i>	+	+	+	+

79.	<i>N. distans</i>	–	+	+	+
80.	<i>N. menisculus</i>	–	–	–	+
81.	<i>N. perrhombus</i>	+	+	+	+
82.	<i>N. ramosissima</i>	+	+	+	+
83.	<i>N. pennata</i> var. <i>pontica</i>	–	–	+	–
84.	<i>N. salinarum</i>	–	–	–	+
85.	<i>Neosynedra provincialis</i>	+	+	+	+
86.	<i>Nitzschia communis</i>	–	–	+	–
87.	<i>N. distans</i>	+	+	+	+
88.	<i>N. hybrida</i> f. <i>hyalina</i>	+	+	+	+
89.	<i>N. laevissima</i>	–	–	+	–
90.	<i>N. lanceolata</i>	–	–	+	–
91.	<i>N. longissima</i>	+	+	+	+
92.	<i>N. recta</i>	–	–	–	+
93.	<i>N. sigma</i> var. <i>sigma</i>	+	+	+	+
94.	<i>N. sigma</i> var. <i>intercedens</i>	–	–	+	–
95.	<i>N. spathulata</i>	–	–	+	–
96.	<i>N. vermicularis</i>	+	+	–	+
97.	<i>N. vidovichii</i>	+	–	–	–
98.	<i>N. tenuirostris</i>	+	+	+	+
99.	<i>Parlibellus delognei</i>	+	+	+	+
100.	<i>P. hamulifer</i>	–	+	–	+
101.	<i>P. rhombicus</i>	+	–	–	–
102.	<i>Petroneis</i> sp. 1	–	–	+	–
103.	<i>Petroneis</i> sp. 2				
104.	<i>Pinnularia cardinaliculus</i>	–	–	+	–
105.	<i>P. gibba</i>	+	–	–	–
106.	<i>P. interrupta</i>	–	–	–	+
107.	<i>P. viridis</i> var. <i>rupestris</i>	–	–	–	+
108.	<i>Proschkinia poretzskiae</i>	+	–	+	+
109.	<i>P. complanata</i>	–	–	+	–
110.	<i>Plagiotropes lepidoptera</i>	+	–	+	+
111.	<i>Pleurosigma aestuarii</i>	–	+	–	–
112.	<i>P. angulatum</i>	–	–	–	+
113.	<i>P. clevei</i>	+	–	–	+
114.	<i>P. elongatum</i>	+	+	+	–
115.	<i>P. inflatum</i>	–	+	+	–
116.	<i>P. intermedium</i>	+	–	–	+
117.	<i>P. normanii</i>	–	–	+	–
118.	<i>P. rigidum</i>	–	–	–	+
119.	<i>P. salinarium</i>	+	+	–	–
120.	<i>Psammodictyon panduriforme</i>	+	+	–	+
121.	<i>P. panduriforme</i> var. <i>minor</i>	–	–	+	+

122.	<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	–	–	+	+
123.	<i>Rhabdonema arcuatum</i>	–	+	–	+
124.	<i>Rhoicosphenia marina</i>	+	–	–	+
125.	<i>Rhopalodia gibberula</i>	+	+	–	+
126.	<i>Surirella ovata</i>	–	–	+	–
127.	<i>Seminavis ventricosa</i>	+	+	+	+
128.	<i>Striatella delicatula</i>	–	+	+	–
129.	<i>S. interrupta</i>	–	+	–	–
130.	<i>S. unipunctata</i>	+	+	+	+
131.	<i>Thalassiosira eccentrica</i>	+	+	+	+
132.	<i>Tabularia fasciculata</i>	+	+	+	+
133.	<i>T. parva</i>	+	+	–	+
134.	<i>T. tabulata</i>	+	+	+	+
135.	<i>Trachyneis aspera</i>	+	+	+	+
136.	<i>T. aspera</i> var. <i>contermina</i>	–	–	+	–
137.	<i>Tryblionella coarctata</i>	–	–	+	+
138.	<i>T. hungarica</i>	+	–	–	–
139.	<i>T. punctata</i>	–	+	–	–
140.	<i>Undatella lineolata</i>	+	+	+	+
141.	<i>U. quadrata</i>	+	–	–	+
Всего по сезонам:		73	77	86	88

ВСТРЕЧАЕМОСТЬ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ПО РАЙОНАМ

№ П/П	Таксон	I	II	III	IV	V
Bacillariophyta						
1.	<i>Achnanthes brevipes</i>	+	+	+	+	-
2.	<i>A. longipes</i>	+	+	+	+	+
3.	<i>Actinophychus senarius</i>	+	-	-	-	-
4.	<i>Amphora copulata</i>	+	-	-	-	-
5.	<i>A. crassa</i>	+	-	-	-	-
6.	<i>A. marina</i>	-	+	-	-	-
7.	<i>A. ostrearia</i>	+	-	-	-	-
8.	<i>A. ovalis</i>	+	+	+	+	-
9.	<i>A. parvula</i>	+	-	-	-	-
10.	<i>A. proteus</i>	+	+	+	+	+
11.	<i>Anaulus maritimus</i>	+	+	+	+	-
12.	<i>Ardissonea crystallina</i>	+	+	+	+	+
13.	<i>Bacillaria paxillifera</i>	+	+	+	-	+
14.	<i>B. socialis</i> var. <i>socialis</i>	-	-	+	-	-
15.	<i>B. socialis</i> var. <i>baltica</i>	-	+	-	-	+
16.	<i>Berkeleya micans</i>	+	+	-	-	-
17.	<i>B. rutilans</i>	+	+	+	+	+
18.	<i>Caloneis liber</i>	+	+	+	+	+
19.	<i>Campylodiscus fastuosus</i>	-	+	-	-	-
20.	<i>C. neofastuosus</i>	+	-	+	+	+
21.	<i>Campylopyxis garkeana</i>	+	-	+	+	+
22.	<i>Carinasigma rectum</i>	+	+	+	-	-
23.	<i>Cerataulina pelagica</i>	-	+	-	+	-
24.	<i>Cocconeis costata</i>	+	-	+	-	+
25.	<i>C. distans</i>	-	-	-	+	-
26.	<i>C. placentula</i>	+	+	+	+	-
27.	<i>C. scutellum</i> var. <i>scutellum</i>	+	+	+	+	+
28.	<i>C. scutellum</i> var. <i>japonica</i>	+	-	-	-	-
29.	<i>Consinodiscus granii</i>	+	+	-	-	-
30.	<i>C. jonesianus</i>	+	+	-	-	-
31.	<i>C. radiatus</i>	+	-	-	-	-
32.	<i>Cylindrotheca closterium</i>	+	+	+	+	+
33.	<i>Cymbella cistula</i> var. <i>arctica</i>	+	-	-	-	-
34.	<i>Diatoma tenuis</i>	+	+	+	-	-
35.	<i>Diatomella salina</i> var. <i>septata</i>	+	-	-	+	-
36.	<i>Dimeregramma minor</i>	+	-	-	-	-
37.	<i>Diploneis bombus</i>	+	-	-	-	-

38.	<i>D. chersonensis</i>	-	-	+	-	-
39.	<i>D. interupta</i>	-	-	+	-	-
40.	<i>D. lineata</i>	+	+	-	-	-
41.	<i>D. littoralis</i>	+	-	+	-	-
42.	<i>D. splendida</i>	+	-	-	-	-
43.	<i>D. smithii</i>	+	+	-	+	-
44.	<i>D. smithii</i> var. <i>pumila</i>	+	-	-	-	-
45.	<i>Donkinia carinata</i>	+	-	+	-	-
46.	<i>Entomoneis paludosa</i>	+	+	-	-	+
47.	<i>Falcula media</i> var. <i>subsalina</i>	+	-	+	+	+
48.	<i>Fallacia pygmaea</i>	+	-	-	-	-
49.	<i>Fragilaria striatula</i>	-	-	-	+	-
50.	<i>Gyrosigma fasciola</i>	+	+	+	-	-
51.	<i>G. fasciola</i> var. <i>prolongatum</i>	-	-	+	-	+
52.	<i>G. tenuissimum</i>	-	+	-	-	+
53.	<i>Glyphodesmis distans</i>	+	-	-	-	-
54.	<i>Gomphonemopsis pseudexigua</i>	-	-	+	-	-
55.	<i>Grammatophora arctica</i>	-	-	+	-	-
56.	<i>G. marina</i>	+	+	+	+	+
57.	<i>Halamphora coffeiformis</i> *	+	+	+	+	+
58.	<i>H. hyalina</i>	+	+	+	+	+
59.	<i>Haslea ostrearia</i>	+	+	+	+	+
60.	<i>H. subagnita</i>	+	+	+	+	-
61.	<i>Hyalodiscus scoticus</i>	-	+	+	-	-
62.	<i>Licmophora abbreviata</i>	+	+	+	+	+
63.	<i>L. dalmatica</i>	+	+	+	-	-
64.	<i>L. flabellata</i>	+	+	+	+	+
65.	<i>L. gracilis</i>	-	+	+	-	-
66.	<i>L. hastata</i>	+	+	+	+	+
67.	<i>L. hyalina</i>	+	+	+	-	-
68.	<i>L. oedipus</i>	+	-	+	+	-
69.	<i>L. paradoxa</i>	-	-	+	-	+
70.	<i>Lyrella lyroides</i>	+	-	-	-	-
71.	<i>Mastogloia exigua</i>	+	-	-	-	-
72.	<i>Melosira lineata</i>	+	-	-	+	-
73.	<i>M. moniliformis</i> var. <i>moniliformis</i>	-	+	-	-	-
74.	<i>M. moniliformis</i> var. <i>subglobosa</i>	+	+	+	-	-
75.	<i>Navicula ammophila</i> var. <i>intermedia</i>	+	-	+	-	+
76.	<i>N. cancellata</i>	+	+	-	+	-
77.	<i>N. cryptocephala</i>	+	+	+	+	+
78.	<i>N. directa</i>	+	+	+	+	+
79.	<i>N. distans</i>	+	-	-	-	-

80.	<i>N. menisculus</i>	+	+	+	+	+
81.	<i>N. perrhombus</i>	+	+	+	+	+
82.	<i>N. ramosissima</i>	+	+	+	+	+
83.	<i>N. pennata</i> var. <i>pontica</i>	+	+	+	-	-
84.	<i>N. salinarum</i>	+	-	-	-	-
85.	<i>Neosynedra provincialis</i>	+	+	-	+	+
86.	<i>Nitzschia communis</i>	+	-	-	-	-
87.	<i>N. distans</i>	+	+	+	-	+
88.	<i>N. hybrida</i> f. <i>hyalina</i>	+	+	+	+	+
89.	<i>N. lanceolata</i>	-	+	-	-	-
90.	<i>N. laevis</i>	-	-	+	-	-
91.	<i>N. longissima</i>	+	+	+	-	-
92.	<i>N. recta</i>	-	+	-	-	-
93.	<i>N. sigma</i> var. <i>sigma</i>	+	+	+	+	+
94.	<i>N. sigma</i> var. <i>intercedens</i>	+	-	+	-	-
95.	<i>N. spathulata</i>	-	+	-	-	-
96.	<i>N. vermicularis</i>	+	-	-	-	-
97.	<i>N. vidovichii</i>	+	-	-	-	-
98.	<i>N. tenuirostris</i>	+	+	+	+	+
99.	<i>Parlibellus delognei</i>	+	+	+	+	+
100.	<i>P. hamulifer</i>	+	+	-	-	-
101.	<i>P. rhombicus</i>	-	-	-	+	-
102.	<i>Petroneis</i> sp. 1	+	-	-	-	-
103.	<i>Petroneis</i> sp. 2	-	+	-	-	-
104.	<i>Pinnularia cardinaliculus</i>	-	+	-	-	-
105.	<i>P. gibba</i>	-	+	-	-	-
106.	<i>P. interrupta</i>	+	-	-	-	-
107.	<i>P. viridis</i> var. <i>rupestris</i>	-	-	+	-	-
108.	<i>P. complanata</i>	-	+	-	-	-
109.	<i>Plagiotropes lepidoptera</i>	+	+	+	-	-
110.	<i>Pleurosigma aestuarii</i>	-	+	+	-	-
111.	<i>P. angulatum</i>	+	-	-	+	-
112.	<i>P. clevei</i>	-	-	+	-	-
113.	<i>P. elongatum</i>	+	+	+	+	+
114.	<i>P. inflatum</i>	+	-	+	-	+
115.	<i>P. intermedium</i>	-	+	-	-	-
116.	<i>P. normanii</i>	+	-	-	-	-
117.	<i>P. rigidum</i>	-	+	-	-	-
118.	<i>P. salinarium</i>	+	-	-	-	-
119.	<i>Proschkinia poretskiae</i>	-	-	+	+	-
120.	<i>Psammodictyon panduriforme</i>	+	-	+	+	-
121.	<i>P. panduriforme</i> var. <i>minor</i>	+	+	-	-	-
122.	<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	+	-	+	-	-

123.	<i>Rhabdonema arcuatum</i>	+	-	+	+	-
124.	<i>Rhoicosphenia marina</i>	+	-	-	+	-
125.	<i>Rhopalodia gibberula</i>	+	-	-	+	+
126.	<i>Surirella ovata</i>	+	-	-	-	-
127.	<i>Seminavis ventricosa</i>	+	+	-	+	-
128.	<i>Striatella delicatula</i>	+	+	+	-	+
129.	<i>S. interrupta</i>	-	-	+	-	-
130.	<i>S. unipunctata</i>	+	+	+	+	+
131.	<i>Thalassiosira eccentrica</i>	+	+	+	+	-
132.	<i>Tabularia fasciculata</i>	+	+	+	+	+
133.	<i>T. parva</i>	+	-	+	+	-
134.	<i>T. tabulata</i>	+	+	+	+	+
135.	<i>Trachyneis aspera</i>	+	+	+	+	+
136.	<i>T. aspera</i> var. <i>contermina</i>	-	+	-	-	-
137.	<i>Tryblionella coarctata</i>	+	-	+	-	-
138.	<i>T. hungarica</i>	-	-	-	+	-
139.	<i>T. punctata</i>	+	-	-	-	-
140.	<i>Undatella lineolata</i>	+	+	+	+	+
141.	<i>U. quadrata</i>	+	-	+	-	-
Итого:		106	77	78	57	45
Dinophyta						
142.	<i>Gymnodinium sanguineum</i> *	-	+	-	-	-
143.	<i>Prorocentrum balticum</i> *	+	-	-	-	-
144.	<i>P. cordatum</i> *	-	-	-	+	-
145.	<i>P. lima</i> *	+	+	+	+	+
146.	<i>P. micans</i> *	-	+	-	+	-
147.	<i>Protoceratium reticulatum</i> *	-	-	-	+	-
148.	<i>Protoperidinium brevipes</i> *	-	+	-	-	-
Cyanobacteria						
149.	<i>Stanieria minima</i>	-	+	-	-	-
150.	<i>Phormidium nigroviride</i>	+	+	-	+	
151.	<i>Lyngbya aestuarii</i>	+	-	-	-	-
Всего микроводорослей:		110	83	79	62	46

Примечание. Районы исследования: I – залив Донузлав, II – бухта Карантинная, III – Мидийно-устричная ферма, IV – Инкерманская бухта, V – Акватория биостанции Батилиман.