

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

на правах рукописи

ЛИШАЕВ ДЕНИС НИКОЛАЕВИЧ

**ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРОСЛИ ЭПИЛИТОНА КАМЕНИСТЫХ ГРУНТОВ
ЗАЛИВА ДОНУЗЛАВ И ИНКЕРМАНСКОЙ БУХТЫ
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 – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ В КРЫМСКОМ ПРИБРЕЖЬЕ ЧЁРНОГО МОРЯ (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР) ...	9
ГЛАВА 2 РАЙОНЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ КРАТКАЯ ГИДРОЛОГИ- ЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА	20
ГЛАВА 3 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ	33
3.1 Материалы отбора проб в районах исследования	33
3.1.1 Методы сбора проб каменистых грунтов	34
3.2 Методы обработки проб каменистых грунтов	35
3.2.1 Качественная обработка материала с помощью световой и электронной микроскопии	35
3.2.2 Количественная обработка материала : определение обилия видов, численности, биомассы и структурных показателей сообществ диатомовых водорослей эпилимтона каменистых грунтов	37
ГЛАВА 4 ВИДОВОЕ И ЭКОЛОГО-ФИТОГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАЗНО- ОБРАЗИЕ ВАСИЛЛАРИОРНУТА ЭПИЛИТОНА ЗАЛИВА ДОНУЗЛАВ И ЕГО МАРИХОЗЯЙСТВ	41
4.1 Таксономическая структура и эколого-фитогеографическая характеристика диатомовых водорослей эпилимтона залива Донузлав	42
4.2 Видовой состав диатомовых водорослей в районе марихозяйств	52
4.3 Сравнительный анализ эколого-фитогеографических характеристик диатомовых водорослей эпилимтона и эпифитона залива Донузлав	56
ГЛАВА 5 ВИДОВОЕ И ЭКОЛОГО-ФИТОГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ВАСИЛЛАРИОРНУТА ЭПИЛИТОНА ИНКЕРМАНСКОЙ БУХТЫ	63
5.1 Таксономическая структура диатомовых водорослей эпилимтона Инкерманской бухты	63
5.2 Видовой состав диатомовых водорослей и их экологические и фитогео- графические характеристика	64

5.3 Сравнительный анализ флор диатомовых водорослей залива Донузлав и Инкерманской бухты	71
ГЛАВА 6 СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СООБЩЕСТВ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРосЛЕЙ ЭПИЛИТОНА ЗАЛИВА ДОНУЗЛАВ И ИНКЕРМАНСКОЙ БУХТЫ	76
6.1 Динамика обилия видов, численности, биомассы, структурных показателей сообществ диатомовых водорослей залива Донаузлав	76
6.2 Количественные показатели сообществ диатомовых водорослей эпилитона Инкерманской бухты	83
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	91
ВЫВОДЫ	91
ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	93
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	94
ПРИЛОЖЕНИЕ А Список диатомовых водорослей эпилитона каменистых грунтов крымского побережья Чёрного моря	115
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Список видового состава, экологических и фитогеографических характеристик диатомовых водорослей эпилитона каменистых грунтов залива Донаузлав, 2018–2020 годы.....	123
ПРИЛОЖЕНИЕ В Список видового состава, экологических и фитогеогра- фических характеристик диатомовых водорослей эпилитона в районе марихозьяйств залива Донаузлав	127
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Список видового состава, экологических и фитогеогра- фических характеристик диатомовых водорослей эпилитона Инкерманской бухты, 2019–2020 годы	130
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Иллюстрации диатомовых водорослей в СМ и СЭМ	133

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В последние десятилетия происходят глобальные изменения климата и беспрецедентное усиление антропогенного воздействия на водные экосистемы. Поэтому изучение различных факторов, влияющих на жизнедеятельность морских организмов, представляет одну из центральных задач гидробиологии. Известно, что бентосные диатомовые водоросли (ДВ) обитают на разных природных и антропогенных субстратах и выполняют важную роль в функционировании морских экосистем. Они являются индикаторами сапробности органического загрязнения морских вод (Гусяков и др., 1992; Рябушко, 2009; Varinova et al., 2019; Рябушко и др., 2019), а их индикационные свойства можно использовать в местах природопользования для получения информации о состоянии окружающей среды.

Из всех морей России диатомовые водоросли микрофитобентоса Чёрного моря наиболее изучены. Разные направления их исследования отражены в крупных научных обобщениях (Прошкина-Лавренко, 1963; Бодяну, 1979; Гусяков, 2002; Л. Рябушко, 2009, 2013; Неврова, 2015; 2022; Н. Давидович, 2020) и многих статьях. Вместе с тем, для эпилимита Чёрного моря, в т.ч. крымского побережья, имеется мало данных о динамике структурных показателей сообществ ДВ в зависимости от сезона года и районов исследования, включая локальные места расположения морских ферм по выращиванию моллюсков. Поэтому изучение одного из основных компонентов микрофитобентоса Чёрного моря – диатомовых водорослей эпилимита каменистых грунтов в новых районах моря, до сих пор не исследованных, определяет актуальность выбранной темы.

Степень разработанности темы. Каменистые грунты морского побережья, являются важным субстратом для поселения диатомовых водорослей. ДВ бентоса Чёрного моря имеют разную степень изученности по многим вопросам систематики, фитогеографии и экологии. Для ДВ каменистых грунтов эти исследования носят в основном ботаническую направленность (Гусяков, 1978, 2002; Бодяну, 1979; Чепурнов, 1988; Неврова, 1992, 1998, 2022), хотя имеются некоторые сведения о количественных показателях сообществ ДВ. При изучении микроводорослей бентоса разных районов крымского побережья Чёрного и Азовского морей был применен методологический подход, заключающийся в комплексном исследовании ДВ с одновременным анализом состава, количественного распределения видов и описания структурных показателей сообществ ДВ в сезонном аспекте (Рябушко, 2009, 2013; Балычева, 2014; Бондаренко, 2017; Широян, 2022). Однако этот подход ещё не реализован в достаточной степени для ДВ эпилимита каменистых грунтов. Сведения о сезонной

динамике видовых, количественных и структурных показателей сообществ ДВ эпилимтона с учётом индексов разнообразия и кластерного анализа недостаточны.

Цель работы – изучение видового разнообразия и сезонной динамики количественных и структурных характеристик сообществ диатомовых водорослей эпилимтона каменистых грунтов залива Донузлав и Инкерманской бухты крымского побережья Чёрного моря.

Для достижения указанной цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Провести инвентаризацию видового состава диатомовых водорослей эпилимтона крымского побережья Чёрного моря.

2. Изучить видовой состав диатомовых водорослей эпилимтона Инкерманской бухты, залива Донузлав и его мидийно-устричных ферм.

3. Оценить сходство видового состава диатомовых водорослей эпилимтона зал. Донузлав и Инкерманской бухты на основе кластерного анализа.

4. Дать анализ эколого-фитогеографических характеристик флор диатомовых водорослей зал. Донузлав и Инкерманской бухты.

5. Исследовать сезонную динамику количественных и структурных показателей сообществ диатомовых водорослей зал. Донузлав и Инкерманской бухты.

Научная новизна. Проведена новая инвентаризация видового состава диатомовых водорослей эпилимтона каменистых грунтов крымского побережья Чёрного моря. Составлен общий список ДВ (296 таксонов) с преобладанием класса Bacillariophyceae. Составлен список систематического состава ДВ эпилимтона зал. Донузлав (75 видов) и Инкерманской бухты (61). Подготовлены списки ДВ вместе с эколого-флористическими и фитогеографическими характеристиками флоры, а также иллюстрации некоторых видов, выполненных в световом (СМ) и сканирующем электронном (СЭМ) микроскопах. Впервые для 2-х районов, включая марихозьяства зал. Донузлав, установлены сходства и различия сезонных видовых комплексов, характеризующихся динамикой обилия видов, численности, биомассы и структурных показателей сообществ ДВ.

Теоретическая и практическая значимость работы. Расширены общие сведения о диатомовых водорослях микрофитобентоса крымского побережья Чёрного моря для такого важного экотопа, как эпилимтон. Комплекс полученных данных вносит значимый вклад в гидробиологию не только Чёрного моря, но и в целом для морей России. Сведения о видовом разнообразии бентосных диатомовых водорослей, их экологических, фитогеографических и количественных характеристиках имеют как теоретическую, так и практическую значимость для использования при оценке экологического состояния морских акваторий, включая районы размещения ферм по культивированию моллюсков. Выявление видов-индикаторов сапробности, потенциально токсичных и опасных

видов ДВ для обитателей моря и человека, важно при биомониторинге прибрежных вод. Полученная база данных (Свидетельство государственной регистрации № 2020620252) о качественном составе, экологических и фитогеографических характеристиках, численности и биомассе диатомовых водорослей эпилимниона является необходимым компонентом для дальнейших исследований продуктивности зал. Донузлав (Чёрное море).

Связь работы с научными программами, планами, темами. Работа выполнена в рамках гос. задания ФИЦ ИнБЮМ по теме: «Исследование механизмов управления продукционными процессами в биотехнологических комплексах с целью разработки научных основ получения биологически активных веществ и технических продуктов морского генезиса» № 121030300149–0, а также Гранта РФФИ № 18-44-920012 р_а «Морские технологии биоминерализации с помощью бентосных диатомовых водорослей для создания инновационных инженерных материалов в Севастопольской бухте (Чёрное море)».

Методы исследования. При отборе и обработке качественных и количественных проб эпилимниона использованы методы диатомового анализа и изучения морского микрофитобентоса (Диатомовые водоросли ..., 1974; Рябушко, 2009, 2013). Световую микроскопию проводили с помощью «Axioskop 40» с программой AxioVision Rel. 4.6 (Zeiss, Германия). Некоторые виды ДВ изучали с помощью электронного сканирующего микроскопа фирмы Hitachi, Model SU 3500 (Япония) в Лаборатории Микроскопии ФИЦ ИнБЮМ. Пробоподготовка препаратов для работы на СЭМ выполнена по (Simonsen, 1962) в модификации (Blaginitina, Ryabushko, 2021). Количественную обработку проб осуществляли в счётной камере Горяева. Площадь поверхности камней рассчитывали по Р. Кэлоу (Calow, 1982). Полученные первичные данные обработаны статистическими методами. Температуру воды определяли ртутным метеорологическим глубинным термометром ТМ-10, а солёность воды – аргентометрическим методом.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Диатомовые водоросли эпилимниона крымского побережья Чёрного моря представляют собой сообщества с преобладанием пеннатных видов класса Bacillariophyceae.
2. Эколого-фитогеографический состав диатомовых водорослей эпилимниона зал. Донузлав и Инкерманской бухты характеризуется видовыми комплексами с доминированием бентосных, морских и солоноватоводно-морских видов, β -мезосапробионтов и космополитов.
3. Количественные (обилие видов, численность, биомасса) и структурные показатели (индексы Шеннона, Пиелу, Бергера-Паркера) сообществ

диатомовых водорослей эпилимниона зал. Донузлав и Инкерманской бухты определяются сезонной динамикой видового состава и доминирующих видов.

Степень достоверности результатов. Достоверность результатов обеспечена достаточным количеством собранных проб для качественной и количественной обработки материала. Для определения видов соискателем подготовлены микрофотографии ДВ, выполненные в СМ и СЭМ. Используются методы диатомового анализа, а также стандартные методы статистической обработки данных с применением программ MS Excel и Past 4.12b. Все полученные результаты и выводы подкреплены данными, приведёнными в рисунках, таблицах и микрофотографиях.

Личный вклад соискателя. Диссертационная работа является самостоятельным научным исследованием, выполненным в соответствии с поставленными целью и задачами. Автором лично проведён сбор и обработка материала, статистический анализ полученных результатов. Соискатель принимал непосредственное участие в формулировке цели, задач и основных положений диссертации, обобщении и научной интерпретации полученных данных. Диссертант представлял тезисы устных докладов на научных семинарах и конференциях. Принимал непосредственное участие в обсуждении результатов и написании текстов совместных с коллегами статей. Диссертационная работа написана лично соискателем.

Апробация работы. Материалы диссертационной работы были представлены на всероссийских и международных конференциях: Всерос. конф. с междунар. участием, посвящ. 100-летию кафедры микологии и альгологии биол. ф-та МГУ им. М.В. Ломоносова, 110-летию со дня рожд. 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. молодёжный научн. форум «ЛОМОНОСОВ-2019» (Москва, МГУ 2019); Междунар. науч.-техн. конф. СКОС-19 «Системы контроля окружающей среды» (Севастополь, 2019); 2-я 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); Междунар. науч. конф., посвящ. 150-летию Севастопольской биологической станции – Института биологии южных морей имени А.О. Ковалевского и 45-летию НИС «Профессор Водяницкий» (Севастополь, 2021); XVII междунар. науч. конф. «Диатомовые водоросли: морфология, биология, систематика, флористика, экология, палеогеография, биостратиграфия» (Минск, 2021).

Диссертация изложена на 150 страницах, состоит из введения, 6 глав, выводов, списка литературы (190 источников, из них 51 — иностранные работы)

и 5 приложений со списками видов по районам исследования и микрофотографиями, выполненными в СМ и СЭМ. Работа включает 18 таблиц и иллюстрирована 40 рисунками.

Публикации. Соискатель имеет 17 публикаций, из них по теме диссертации опубликовано 12 научных работ, из которых: 6 – в специализированных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, входящих в базы WoS, Scopus, РИНЦ, в т.ч. свидетельство о государственной регистрации базы данных, 1 статья РИНЦ – в другом рецензируемом издании, 5 публикаций – в сборниках материалов и тезисов международных и российских конференций. В статьях, опубликованных в соавторстве, вклад соискателя состоит в получении оригинальных данных, обсуждении и написании текста статей и тезисов. Права соавторов публикаций не нарушены.

Благодарности. Соискатель выражает особую признательность и благодарность научному руководителю, д.б.н., гл.н.с. Ларисе Ивановне Рябушко за методологическую помощь, консультации при постановке цели и задач работы, обсуждении полученных результатов и совместные публикации. Искреннюю благодарность приносит за поддержку и совместные публикации соавторам публикаций, кандидатам биологических наук: Д.С. Балычевой, А.А. Благиной, А.В. Бондаренко, Е.С. Мирошниченко, А.Г. Широян, А.А. Бегуну (ФГБУН, ННЦМБ им. А.В. Жирмунского ДВО РАН (г Владивосток), к.г.н. Н.П. Ковригиной, к.х.н. С.В. Капанову, профессору С.С. Бариновой (Университет г. Хайфа, Израиль), за консультации по методам статистического анализа данных д.б.н., профессору И.В. Довгалю и д.б.н. В.А. Гринцову, а также Т.А. Богдановой – за определение солёности в пробах воды, В.Н. Лишаеву – за помощь при работе на СЭМ.

ГЛАВА 1

**СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ
В КРЫМСКОМ ПРИБРЕЖЬЕ ЧЁРНОГО МОРЯ
(ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)**

Важным компонентом водных экосистем являются диатомовые водоросли бентоса морей. Они определяют начальные этапы формирования сообществ микрофитобентоса в разных экотопах моря. Диатомовые водоросли донных сообществ разных морей, в том числе России, изучены неравномерно и ещё недостаточно. Следует отметить основные работы авторов, в которых впервые приведены данные разной степени изученности диатомовых водорослей бентоса Балтийского, Баренцева, Белого, Каспийского, Азовского, Печорского, Охотского, Адриатического и Японского морей, а также в районах Сахалина и Камчатки, в бухте Кратерная морского вулкана Ушишир (Курильские острова) (Мережковский, 1878, 1902; Порецкий, 1939; Короткевич, 1960; Караева, 1972, 1975; Шешукова-Порецкая, 1967; Бондарчук, 1970, 1980; Николаев, 1970; Чербаджи, 1982; Кузнецов, 1988, 2002; Рябушко, 1984, 1986, 2020; Вильбасте, 1990; Сабурова, 1995; Лялюк, 2000; Борисюк, 2002; Ковалёва, 2006; Рябушко, Бондаренко, 2011; Цой, 2011; Цой, Емельянова, 2021; Рябушко, Бегун, 2015, 2016; Бондаренко, 2017; Totti et al., 2007a, b; Ryabushko, 2020).

Кроме этого, представлены данные изучения микрофитобентоса, в котором авторы, в частности, указывают десять таксонов диатомовых, обнаруженных в эпицитоне и эпифитоне острова Ряжкова Белого моря (Azovsky et al., 2013), у берегов Британии (Hendeу, 1964), Швеции (Kuylenstierna, 1989, 1990), Кувейта (Al-Yamani, Saburova, 2011), Египта и Сирии Средиземного моря, в Красном и Китайском морях, Аргентинских островов Антарктики, (Рябушко, 2005, 2013, 2017; Герасимюк, 2008, 2017, 2019; Jin et al., 1985; Zalат, 2002; Liu, 2008; Gerasimiuk, Kovtun, 2014) и Арктики (Цой, Обрезкова, 2017).

Заметим, что некоторые авторы при изучении ДВ твёрдых субстратов, куда включают искусственные пластиковые образцы и макрофиты, указывают их как

эпилитные диатомовые водоросли (Totti et al., 2007a, b). При этом среди них отмечено более 20 видов диатомовых, которые встречаются и в Адриатическом, и Черном морях (Totti et al., 2007б; Рябушко, 2013).

Известно, что диатомовые водоросли создают высокую первичную продукцию морского микрофитобентоса российских вод Японского и Баренцева морей (Чербаджи и др., 1980; Чербаджи, 1982; Кузнецов, 1988, 2002; Витченко, 2005), включая данные по фотосинтезу бентосных ДВ Белого моря (Бондарчук, 1980), а также сведения о первичной продукции каменистых грунтов, полученные для крымского побережья Чёрного моря, вносящие значительный вклад в обогащение морской среды органическим веществом (В. Рябушко и др., 2003, 2008; Алеев и др., 2005; Рябушко, 2013; Рябушко и др., 2013, 2014; V. Ryabushko et al., 2004).

Экспериментально в природных условиях установлено, что первичная продукция микрофитобентоса каменистых грунтов в сублиторали Чёрного моря достигала до 300 гСм^{-2} в год, что в 2 раза выше, чем в фитопланктоне, на порядок выше, чем на каменистых грунтах Японского моря — 83 гСм^{-2} в год, а также в фитопланктоне и микрофитобентосе Баренцева моря соответственно — 50 и 40 гСм^{-2} в год (Чербаджи, 1982; Кузнецов, 2002; В. Рябушко и др., 2003; Алеев и др., 2005; Витченко, 2005; Рябушко, 2013).

Изученность видового разнообразия, систематического состава (включая чек-листы), флористики, экологии, фитогеографии и распределения бентосных диатомовых водорослей в разных экотопах Чёрного моря отражена в ряде работ: (Декенбах, 1902; Мережковский, 1903; Маккавеева, 1960; Кучерова, 1961, 1973; Миронов, 1961; Куваева, 1962; Прошкина-Лавренко, 1963а; Погребняк, 1965; Петрова-Караджова, 1977; Гусяков, 1978, 2002; Бодяну, 1979; Гусяков, Неврова, 1987; Неврова, Гусяков, 1988; Чепурнов, 1988; Гусяков и др., 1992; Герасимюк, 1992; Давидович, 1992; Неврова, 1992, 2015, 2022; Рощин и др., 1992; Петрова-Караджова, 1977; Петрова-Караджова, Темнискова-Топалова, 1994; Темнискова-Топалова и др., 1994; Рябушко, 2006, 2009, 2013; Ковальчук и др., 2008; Ковтун, 2008; Широян, 2022; Baluycheva, 2014; Vodeanu, 1987-1988).

Получены новые данные по сезонной динамике количественных показателей, экологическим и фитогеографическим характеристикам сообществ ДВ в различных экотопах моря: эпифитон, эпицитон, перифитон антропогенных субстратов и рыхлые грунты (Кучерова, 1961, 1973; Чепурнов, 1988; Неврова, 1992; Рябушко, 2013; Балычева, 2014; Бондаренко, 2017; Широян, 2022 и др.).

Особенно наблюдается интенсивное изучение ДВ с расширением тематики исследований и с применением СЭМ и ТЭМ (Гусляков и др., 1992, 2002; Рябушко, 2013; Рябушко, Бегун, 2016; Давидович, 2020; Давидович, Давидович, 2022; Ryabushko et al., 2022a, b; Широян, 2022).

Впервые для Чёрного моря были представлены результаты нового направления по экспериментальному изучению изменчивости морфологии, жизненных циклов, размножения и экологии бентосных видов ДВ родов *Licmophora*, *Achnanthes*, *Tabularia*, *Striatella*, *Melosira* и др., которые относятся к массовым видам крымского побережья, при разнообразных факторах среды, таких как освещённость, солёность, температура воды при лабораторном культивировании (Рощин, 1976, 1994; Н. Давидович, Чепурнов, 1993; О. Давидович, 2018). Кроме этого, проведение экспериментальных работ по изучению бентосных диатомовых водорослей с помощью методов репродуктивной биологии по скрещиваемости/нескрещиваемости разных видов с использованием СЭМ и ТЭМ показало важность работ, имеющих практическое значение при идентификации видовой принадлежности и оценке видового единства их популяций (Н. Давидович 2020; Н. Давидович, О. Давидович, 2022).

Изучая качественный состав диатомовых водорослей пелагиали, некоторые авторы отмечали встречаемость бентосных форм, а в бентали указывали планктонные виды, при этом некоторые из них встречались одновременно в обоих биотопах (Прошкина-Лавренко, 1955, 1963а, б; Рябушко, 1986, 2013; Ковалёва, 2006; Воловик, 2008; Балычева, 2014; Рябушко, Бегун, 2015; Бондаренко, 2017; Рябушко и др., 2017; Ryabushko et al., 2019). Это можно объяснить нестабильностью условий водных масс в побережье морей, возникающих ввиду смешивания вод во время штормов. Воздействие ветров и течений в море увеличивает видовое разнообразие

фитопланктона за счёт бентосных форм, поднимающихся со дна водоёма в толщу воды, в то время как планктонные формы оседают на дно, используя донные субстраты для сохранения своих покоящихся спор или для окончательного вымирания клеток (Згуровская, 1979).

А. И. Прошкина-Лавренко (1963а, б) отмечала, что в фитопланктоне Чёрного моря присутствует более 40 % бентосных видов диатомовых водорослей. По другим данным, до 10 – 20 % бентопланктонных видов встречается в двух биотопах Чёрного моря (Рябушко, 2013). В мелководных районах моря совместное взаимодействие видов микроводорослей бентали и пелагиали отмечено в ряде работ по одновременному изучению фитопланктона и микрофитобентоса в бухтах Казачья и Карантинная Чёрного моря (Рябушко и др., 2000; Рябушко, Рябушко, 2001; Рябушко, 2013; Рябушко и др., 2017). Поэтому одновременное изучение в прибрежных районах моря пелагических и бентосных ДВ как по отдельности, так и совместно необходимо для того, чтобы в дальнейшем чётко определить виды по экотопам их обитания.

При одновременном исследовании фитопланктона и микрофитобентоса бухты Казачья Чёрного моря вблизи млекопитающих Океанариума воды были обогащены биогенными элементами антропогенного происхождения, оказавшие влияние на увеличение видового разнообразия микроводорослей, их численность и биомассу в 2 – 2,5 раза по сравнению с условно «чистыми» акваториями (Рябушко и др., 2000; Л. Рябушко, В. Рябушко, 2001; Рябушко, 2013).

Отметим, что по данным М. В. Проппа (2001), обмен биогенными элементами между грунтами и водой придонного слоя опосредуется через поровые воды, что в большей степени определяется скоростью оборота азота и фосфора и способствует продуктивности морских экосистем (цит. по Рябушко, 2013, с. 245).

Среди пеннатных диатомовых водорослей имеются виды, способные переходить на гетеротрофный или смешанный способ питания и участвовать в очищении вод, утилизируя растворённые органические вещества (Lewin, 1953; Lewin, Helluebust, 1976; Saks, 1983). Некоторые массовые виды-обрастатели донных

сообществ родов *Licmophora*, *Striatella*, *Tabularia* и бентопланктонный вид *Cylindrotheca closterium* могут менять способ питания, предпочитая воду, обогащённую органическими веществами (Рябушко, 2013).

Установлено, что некоторые виды морских бентосных диатомовых водорослей обладают хорошо развитыми адаптационными механизмами к приспособлению обитать в разных экотопах моря, а также приспосабливаться к значительным изменениям факторов окружающей среды. К примеру, в эпифитоне водорослей макрофитов Эгейского моря с высокой прозрачностью воды отмечены диатомовые водоросли с хлоропластами *Licmophora*, *Cocconeis*, *Tabularia* на глубинах 80 – 100 м, в то время как они обитают в Чёрном море на небольших глубинах (Ryabushko, 1999).

Большинство видов диатомовых водорослей микрофитобентоса являются основными кормовыми объектами многих обитателей моря. Установлено, что диатомовыми водорослями питаются многие беспозвоночные такие, как бокоплавцы, амфиподы, инфузории, гарпактикоиды, двустворчатые моллюски, иглокожие и некоторые виды рыб (Гаевская, 1954, 1956; Беклемишев, 1955; Грезе, 1963, 1973; Погребняк, 1965; Заика, Павловская, 1970; Маккавеева, 1979; Бурковский и др., 1980; Рябушко, 1986, 1990; Чепурнов, 1987, 1988; Рябушко, Бегун, 2015; Castenholz, 1961; Nauksson, 1979; Azovsky et al., 2005).

В крымских водах Чёрного моря среди диатомовых водорослей отмечены потенциально токсичные виды способные продуцировать нейротоксин — домоевую кислоту, яд, который накапливается в тканях моллюсков, крабов и рыб во время «цветения» воды этих водорослей, вызывающих амнезийное моллюсковое отравление у человека (Рябушко, 2003; Рябушко и др., 2008; Maranda et al., 1990; Martin et al., 1990; Lundholm et al., 2003). Поэтому подобные виды нуждаются в биомониторинге мест исследования, но особенно в районе марихозийств.

Диатомовые водоросли являются хорошими индикаторами солёности воды (Прошкина-Лавренко, 1953). Они также являются важными видами-индикаторами органического загрязнения вод. В одной из работ показана роль ДВ при оценке

санитарного состояния морских вод (Прошкина-Лавренко, Алфимов, 1954). Их индикационные свойства использовали в основном для планктонных водорослей пресных водоёмов (Макрушин, 1974; Баринава и др., 2006, 2019; Sladeček, 1986; Round, 1993). В дальнейшем их характеристики широко отмечены в работах по изучению видовой разнообразия, в том числе крымского побережья Чёрного и Азовского морей (Рябушко, 2013; Балычева, 2014, Балычева, Рябушко, 2017; Бондаренко, 2017; Рябушко и др. 2017, 2019).

В последние годы широко находят применение ДВ в системе биоиндикации для оценки качества морских вод (Гусяков, 2002; Рябушко, 2002, 2013; Бегун, 2012; Рябушко, Бегун, 2015; Рябушко и др., 2017, 2019; Azovsky et al., 2013; Barinova et al., 2019).

Некоторые виды морских бентосных диатомовых водорослей обладают хорошо развитыми адаптационными механизмами к значительным изменениям факторов окружающей среды. Так, например, благодаря этим механизмам, бентосные массовые виды диатомовых водорослей-обрастателей родов *Licmophora*, *Cocconeis*, *Tabularia*, широко встречающиеся в крымском побережье, отмечены в эпифитоне водорослей-макрофитов Эгейского моря на глубинах 80 – 100 м (Ryabushko, 1999), чем обусловлена адаптация водорослей к воздействию света при перемещении бентосных диатомовых в глубину рыхлого грунта, как и при подъёме их на поверхность (Richardson et al., 1983).

Основные работы по изучению биологического разнообразия донных ДВ, их структурно-функциональных характеристик, сезонной динамики популяций и сообществ в разных экотопах крымского побережья Чёрного моря, включая заповедные места — всё это особенно важно в связи с проблемами качества воды и охраны природных ресурсов (Рябушко, 2013; Балычева, Рябушко, 2017).

Анализ литературных источников свидетельствует о разнообразии подходов и направлений в изучении бентосных видов ДВ. Одним из естественных субстратов, используемых ими для поселения, являются каменистые грунты, которые широко распространены вдоль побережья морей.

С разработкой методологии и методов изучения микрофитобентоса, как направления в гидробиологии (Рябушко, 2009, 2013) были выполнены некоторые кандидатские диссертационные работы по исследованию микроводорослей разных экотопов Чёрного и Азовского морей (Балычева, 2014; Бондаренко, 2017; Широян, 2022).

Что касается изученности ДВ каменистых грунтов крымского побережья, то по литературным источникам можно отметить её недостаточность. Имеются сведения о ДВ каменистых грунтов по некоторым районам Крыма Чёрного моря: Карадаг, бухта Карантинная (Чепурнов, 1988; Неврова, 1992, 1998; Рябушко, 1994, 2008, 2013; Ли, Рябушко, 2010, 2012; Балычева, Рябушко, 2017).

Впервые представлены данные изучения видового состава и количественных характеристик сезонной динамики ДВ каменистых грунтов в бухте Карантинной за период с января 1988 по январь 1989 на глубине 0,5 м (Рябушко, 1994). Температура воды варьировала от 5,7 до 24,0 °С. Обнаружено 29 таксонов ДВ, из них бентосные составляют 94 %, из которых 24 % относятся к бесшовным и 76 % к шовным формам. За период исследования обилие видов в сообществах ДВ варьировало от 13 до 18, средние значения численности варьировали $(1,2 - 338,6) \cdot 10^3$ с максимум $416 \cdot 10^3$ кл.·см⁻² и биомассы $(0,4 - 0,223)$ мг·см⁻² в апреле. В течение года доминировали 9 видов: *Berkeleya rutilans*, *Cylindrotheca closterium*, *Gomphonemopsis pseudexigua*, *Licmophora abbreviata*, *Navicula ramosissima*, *Nitzschia hybrida* f. *hyalina*, *N. tenuirostris*, *Parlibellus delognei*, *Tabularia tabulata*, из которых *L. abbreviata* имела наибольшие значения в течение годового цикла по численности и биомассе в апреле.

Спустя 15 лет другим примером изучения качественных и количественных изменений в структуре и функционировании донных ДВ каменистых грунтов бухты Карантинная, является оценка их сообществ по таким показателям, как таксономическое разнообразие, обилие видов, сезонная динамика численности и биомассы, коэффициентов разнообразия и сходства видов в сообществах, а также использование индикаторных видов сапробионтов качества среды их обитания (Рябушко, 2008; Ли, Рябушко, 2010, 2012). Так, в течение годового цикла (2006–

2007 г.) изучения сообществ диатомовых водорослей эпилимтона бухты Карантинной обнаружено 90 таксонов и зарегистрирован весенний (апрель) максимум их развития при температуре воды 10 °С. Количественные показатели сообществ ДВ варьировали по численности ($5,0\text{--}140\cdot 10^3$ кл. $\cdot\text{см}^{-2}$ и биомассе ($0,004\text{--}0,063$ мг $\cdot\text{см}^{-2}$), количеству видов (13–35), индексам видового разнообразия Шеннона ($H = 0,7\text{--}1,27$) и выровненности видов в сообществе Пиелу ($e=0,51\text{--}0,91$) при колебаниях температуры воды в бухте от 7,5 до 28 °С (Ли, Рябушко, 2010).

При исследовании кафельных плит бассейна и кожных покровов дельфинов Карадагского дельфинария обнаружено 60 таксонов, принадлежащих к 5 отделам: Bacillariophyta (52), Cyanobacteria (2), Dinophyta (2), Chlorophyta (3), Phaeophyta (1) (Рябушко, 2002). В море у Карадага обнаружено 35 таксонов диатомовых водорослей, 6 видов на коже дельфинов в дельфинарии. На стенках дельфинария, кожных покровах дельфинов и каменистых грунтах у Карадага из пеннатных видов диатомовых преобладал массовый вид *Nitzschia hybrida* f. *hyalina* (Рябушко, 2002), указанный также В.А. Чепурновым (1988).

В связи с тем, что нет обобщающих работ с указанием общего количества видов ДВ, обнаруженных разными авторами в эпилимтоне каменистых грунтов крымского побережья Чёрного моря, нами была выполнена работа по анализу литературных источников с учётом критического пересмотра таксономического статуса некоторых видов с устаревшими названиями. В настоящее время общий список ДВ эпилимтона каменистых грунтов крымского побережья Чёрного моря (см. Приложение I) по собственным и литературным источникам, представлен в настоящей диссертации

В дальнейшем некоторые работы были продолжены по изучению новых районов крымского побережья – в зал. Донузлав и Инкерманской бухте, которые здесь практически никогда не были охвачены изучением количественных сезонных характеристик ДВ бентоса, а в основном качественных данных.

Первые сведения по изучению видового состава различных отделов микроводорослей в пресноводной части озера Донузлав (при 80–100 ‰), ещё не соединённого с Чёрным морем, отмечены в диссертации (Христюк, 1949).

Автором указано 15 таксонов диатомовых водорослей из 10 родов: *Cyclotella meneghiniana*, *Tabularia fasciculata*, *Achnanthes brevipes*, *Frustulia vulgaris*, *Caloneis amphisbaena*, *Gyrosigma spenseri*, *Hantzschia amphioxys*, *Nitzschia brevissima*, *N. lorenziana*, *N. reversa*, *N. umbonata*, *Tryblionella hungarica*, *Surirella linearis*, *S. ovalis*, *S. brebissonii* var. *kuetzingii*, при этом *Nitzschia reversa* является устаревшим видом, синонимом *Cylindrotheca closterium*.

Можно отметить комплексную работу по исследованию содержания тяжёлых металлов и ртути в планктоне и донных осадках, с одновременным изучением структуры и функционирования фитопланктона, зоопланктона и мезозоопланктона оз. Донузлав за период с мая по октябрь 1990 года (Самышев и др., 2001). За этот период в фитопланктоне авторами обнаружено 45 видов ДВ, из которых 13 таксонов не идентифицированы до видовой принадлежности из-за обилия численности мелких форм, которые трудно определяемы, отмеченные во все месяцы, 15 видов встречено бентосных, включая 9 видов типичных колониальных видов-обрастателей : *Achnanthes longipes*, *Licmophora flabellata* (встречалась в массе), *L. gracilis*, *L. ehrenbergii*, *Striatella unipunctata*, *Striatella* sp., *Grammatophora marina*, *Grammatophora* sp., а также указаны одиночноживущие виды, определённые только до рода: *Cocconeis* sp., *Navicula* sp., *Pleurosigma* sp., *Surirella* sp. Кроме этого, отмечено 10 видов бентопланктонных, из которых два вида *Pseudo-nitzschia* являются потенциально токсичными, а *Cylindrotheca closterium* достаточно широко встречается в черноморском побережье; и только 20 видов являются планктонными. Авторы статьи также зарегистрировали 2 пика по численности фитопланктона (включая бентосные виды) — в конце весны и — начале осени, что в целом характерно для развития ДВ. Из анализа этой работы следует, что авторы, изучая фитопланктон, указали бентосные виды, которые мы можем использовать в настоящей диссертации для сравнения с полученными ранее данными по зал. Донузлав.

В другой работе по изучению фитопланктона Донузлава было выявлено 40 видов Bacillariophyta, относящихся к трём классам (*Coscinodiscophyceae*, *Mediophyceae*, *Bacillariophyceae*), 11 порядкам, 20 семействам и 25 родам

(Лилицкая, Царенко, 2012). Отмечены планктонные и бентосные виды. Выявлено 19 видов показателей сапробности воды с преобладанием галофильных алкафильных видов.

Однако отметим, что в некоторых вышеуказанных работах, у авторов имеются устаревшие, или перешедшие в синонимы названия видов. Поэтому в настоящее время некоторые таксоны нуждаются в их критическом пересмотре и составлении новых списков (см. Приложение I настоящей диссертации).

Впервые начаты совместные работы по изучению флористических и количественных данных ДВ двух экотопов одновременно — эпилитона каменистых грунтов и эпифитона водорослей-макрофитов зал. Донузлав после соединения озера с морем (Широян и др., 2020; Рябушко и др., 2021; Рябушко и др., 2021, 2022; Широян, 2022; Ryabushko et al., 2019).

Имеется указание (Давидович и др., 2019) о встречаемости и размерных характеристиках диатомеи *Toxarium undulatum* из оз. Донузлав в августе 2018 года, но без указания субстрата, на котором был найден вид, но нами этот вид не был обнаружен ни в эпилитоне, ни эпифитоне макрофитов. Этот вид впервые указан на каменистых грунтах Карадага (Чепурнов, 1988), единично отмечен в эпифитоне водорослей-макрофитов в августе 1988 и 1990 гг. в бухтах Казачья, Круглая и у мыса Песочный (Рябушко, 1993, 1994, 2013). По устному сообщению Л. И. Рябушко, этот вид встречается в основном в рыхлых грунтах, а на макрофиты и камни заносится вместе с песчано-илистым грунтом.

Вывод. Таким образом, анализ литературных источников показал, что изученность многих аспектов ДВ эпилитона крымского побережья Чёрного моря является явно недостаточной, многие районы слабо или совсем не охвачены исследованием. Имеющиеся данные, начиная от первых работ, в которых авторы делают упор на изучение систематики отдельных видов и составления списков видового состава, часто без указания сведений по экологии, включая также ограниченные данные о сезонной динамике численности и биомассы сообществ и

их взаимодействии с гидрологическими факторами среды, которые в работах предшественников представлены достаточно редко и ограничены

До сих пор существует явный дефицит данных для многих прибрежных районов Крыма, находящихся под влиянием антропогенного воздействия, либо в районе расположения марихозяйств по выращиванию двустворчатых моллюсков.

ГЛАВА 2

РАЙОНЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ КРАТКАЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ
ХАРАКТЕРИСТИКА

Данная глава представляет собой характеристику 2-х прибрежных районов крымского побережья Чёрного моря – зал. Донузлав и Инкерманскую бухту. Здесь были собраны пробы каменистых грунтов для исследования донных диатомовых водорослей. Для сравнительного изучения флоры водорослей и их количественных характеристик были выбраны районы, различающиеся своим географическим положением, но близкими гидрологическими показателями.

Залив Донузлав (в переводе «пристанище кабанов») расположен в 150 км северо-западнее от Севастополя, а Инкерманская бухта находится в черте г. Севастополя.

I район. Залив Донузлав ($45^{\circ}20'$ с. ш. $33^{\circ}00'$ в. д.) является самым глубоким водоёмом и крупнейшим на территории полуострова Крым Чёрного моря (рисунок 2.1).

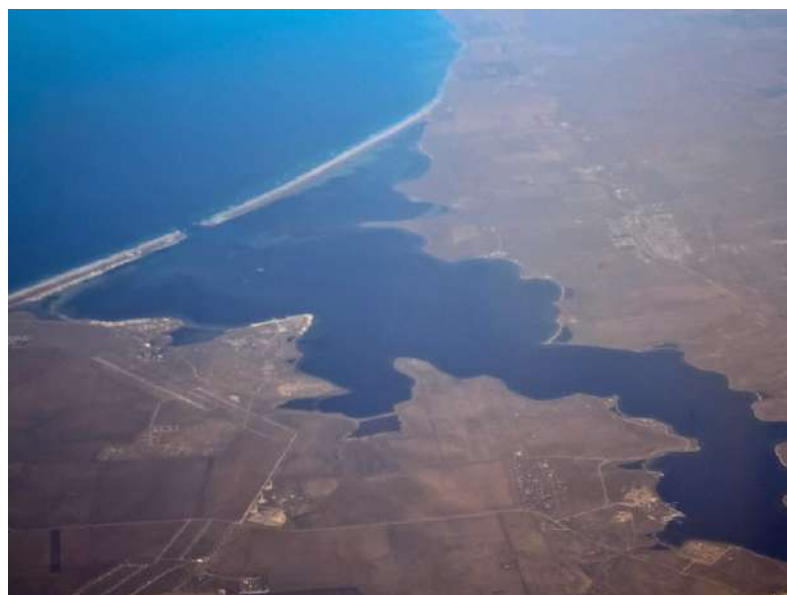


Рисунок 2.1 – Общий вид на залив Донузлав (Крым, Чёрное море) (donuzlav-hotel.com)

Общая его площадь составляет 48,2 км², длина береговой линии 104 км. По своему генезису залив относится к водоёмам морского происхождения, который образовался от затопления морем устья прибрежной балки с последующим отделением её от моря пересыпью. Опускание прибрежной суши повторялось неоднократно, последнее из них произошло не более 5 тысяч лет назад в новоэксинское время. Этот водоём на протяжении небольшого исторического отрезка времени изменял свой статус, назывался озером и лиманом (Чухчин, 1992; Мильчакова, Александров, 1999; Самышев и др., 2001; Тихоненкова, 2008; Лилицкая, Царенко, 2012; Иванютин, 2019).

Этимология названия Донузлава (озеро, лиман) с учётом их определения в настоящее время больше подходит под определение залива, поэтому нами обусловлено название, которое использовано в работе авторами (Ryabushko et al., 2019). До 1994 года здесь располагалась Крымская военно-морская база Черноморского флота, для которой было выбрано солёное озеро Донузлав как лучшая естественная гавань на Чёрном море, которая по удобству не уступала бухтам Севастополя и Балаклавы. Это было самое глубокое и крупнейшее озеро в Крыму, относящееся к Тарханкутской группе озёр. Площадь его составляла 47 км² (Лилицкая, Царенко, 2012). В 1961 году его отнесли к техногенному заливу, потому что в результате строительства военно-морской базы перешеек, разделяющий озеро (внутренние воды) и воды Чёрного моря (внешние воды), здесь был прорыт канал, соединивший бывшее озеро с морем.

В юго-западной части Донузлава функционирует порт, где осуществляется добыча строительного песка. Антропогенная нагрузка на береговую зону залива неравномерная: юго-восточный берег намного более освоен по сравнению с северо-западным. Прибрежная зона зал. Донузлав подвержена неравномерной антропогенной нагрузке. Это объясняется меньшей освоенностью северо-западного берега, и напротив – большей освоенностью юго-восточного берега. К числу техногенных объектов, оказывающих крупнейшее влияние на экологию залива, можно отнести погрузочно-разгрузочный комплекс Евпаторийского грузового порта, который оборудован тремя причалами (два на Южной косе и

один на косе Беляус (Северная), на которых проводится перевалка морского песка и его отгрузка на суда и автотранспорт. А также, карьер по добыче песка, объекты инфраструктуры Крымской военно-морской базы (КВМБ) в районе пгт Новоозёрное и канализационные очистные сооружения «Донузлав», относящиеся к пгт. Мирный (Тихоненкова, 2008; Иванютин, 2019). Кроме этого, на загрязнение прибрежных вод залива отчасти влияет автомобильная трасса 35К-013, разделяющая морскую и пресноводную части залива, рекреационные комплексы на косе Южная и в посёлке Озёровка, а также размещение мидийно-устричных хозяйств. Объектами КВМБ являются до сих пор не убранные ржавые остовы полузатопленных кораблей и остатки аккумуляторов – источники сильнейшего загрязнения донных отложений и морской среды залива солями тяжёлых металлов, нефтепродуктами и другими веществами (Дьяков и др., 2018; Жугайло и др., 2018).

Несмотря на то, что негативное влияние добычи песка на экосистему залива несущественно (Зуев, Болтачёв, 1999), тем не менее, определённое отрицательное воздействие присутствует: нарушение литодинамических процессов, заиление входного канала, поступление повышенного количества взвешенных веществ и деградация донных сообществ, гибель культивируемых и аборигенных видов устриц в юго-западной части залива.

Проектная мощность канализационных очистных сооружений составляет 1,82 млн м³, в реальности сброс в 3 – 4 раза меньше. Принимая во внимание ограниченность объёма сточных вод, а также наличие дополнительной очистки путём фильтрации вод залива через тело косы, итоговые величины загрязняющих веществ, поступающих в залив в сезонных и годовых масштабах, довольно малы и не оказывают значительной нагрузки на экосистему залива.

Тем не менее, даже под воздействием перечисленных выше источников загрязнений, последние 60 лет для флоры и фауны Донузлава характерно широкое видовое разнообразие морских, солоноватоводных и пресноводных организмов (Зуев, Болтачёв, 1999; Болтачёв, Сац, 2002; Еремеев, Болтачёв, 2005). Ихтиофауна залива находится на высоком уровне биологической продуктивности, включает 52

вида рыб из 30 семейств. Здесь зарегистрировано 3 вида беспозвоночных и 4 вида рыб, занесённых в Красную книгу Республики Крым.

Район Донузлава характеризуется умеренным климатом с преобладанием циклонического типа циркуляции умеренных воздушных масс. Основные факторы, влияющие на сезонную пространственную изменчивость температурного режима залива, это атмосферные термические условия, преобладающая мелководность залива, циркуляция вод, тепловое влияние водообмена с Чёрным морем в районе пересыпи. Мелководность большей части Донузлава и его небольшой теплозапас служат главной причиной значительной сезонной изменчивости горизонтального распределения температуры воды (Дьяков и др., 2018).

Ветровой режим здесь определяется синоптическими процессами, протекающими над акваторией Чёрного моря. Над заливом господствуют ветры южной и северной четвертей, вызывающие соответственно нагонные и сгонные явления, обеспечивающие интенсивный обмен с морем. В результате постоянной ветровой деятельности водообмен между морем и заливом происходит практически по всей его акватории, захватывая водную толщу от поверхности до дна. Скорость ветра имеет хорошо выраженный годовой ход с максимумом в холодный и минимумом в тёплый период года. Зимой среднемесячные скорости ветра достигали 5,4 – 6,0 м/с, а летом уменьшались до 3,5 – 4,0 м/с. В наиболее ветреные годы среднемесячные величины скорости ветра в зимний сезон находятся в пределах 7,4 – 11,4 м/с, а летом могут достигать 5,0 – 6,5 м/с. Усиление ветра до штормовой силы возможно в любой период года.

Режим осадков в регионе определяется географическим положением, условиями атмосферной циркуляции ориентированностью берегов по отношению к господствующим ветрам. Годовой ход величин осадков в прибрежной зоне района залива характеризуется двумя максимумами. Осенний (ноябрь-декабрь) является основным и обусловлен активизацией циклонической деятельности над акваторией Чёрного моря и Крымом, прохождением циклонов и ложбин с запада и юго-запада, выходом активных южных циклонов. Летний (июнь) обычно связан

с развитием конвективной деятельности и наблюдается при сравнительно небольшой повторяемости, обеспечен значительной интенсивностью осадков.

После отделения залива пересыпью, превратившей его в озеро, началось понижение его уровня и за счёт испарения морской воды происходило постепенное осолонение. По типу общей минерализации зал. Донузлав считается солёным и практически по всей акватории солёность воды почти не отличается от морской. В его устье концентрация солей практически такая же, как и в море. В местах выхода подземных вод, а также в результате весеннего таяния снега и паводков образуются участки пресной воды, за исключением пресного участка на крайнем севере, отделённым Аблямитским мостом автодороги Т-01–08. В него впадают четыре реки: Старый Донузлав, Донузлав, Бурнук и Чернушка.

Залив Донузлав врезается вглубь полуострова на 30 км, отделяя, таким образом, Тарханкутский полуостров от остального Крыма. На большей части залива преобладают глубины менее 4–5 м, и лишь в районе центральной котловины достигают 12–20 м. Наибольшая глубина – 27 м (Лилицкая, Царенко, 2012). В устье ширина доходит до 8,5 км. От моря зал. Донузлав частично отделён пересыпью длиной 12 км и шириной 0,3–1,0 км. Высокие и обрывистые берега залива крайне извилистые и сами образуют небольшие заливы. Ближе к устью берега пологие и постепенно переходят в песчаные пляжи.

Разнообразные грунты и донная растительность в заливе могут рассматриваться как потенциальные субстраты для заселения их микроводорослями. В связи с тем, что донные микрофиты здесь практически не изучены, данные о флористическом составе и количественном распределении на каменистых грунтах, а также в качестве кормового объекта являются особенно актуальными в местах культивирования моллюсков.

В связи с тем, что ДВ микрофитобентоса зал. Донузлав (рисунок 2.2) ещё недостаточно исследованы, поэтому для общего представления нами приведены некоторые фотоснимки разных мест и станций отбора проб (рисунок 2.3–2.11).

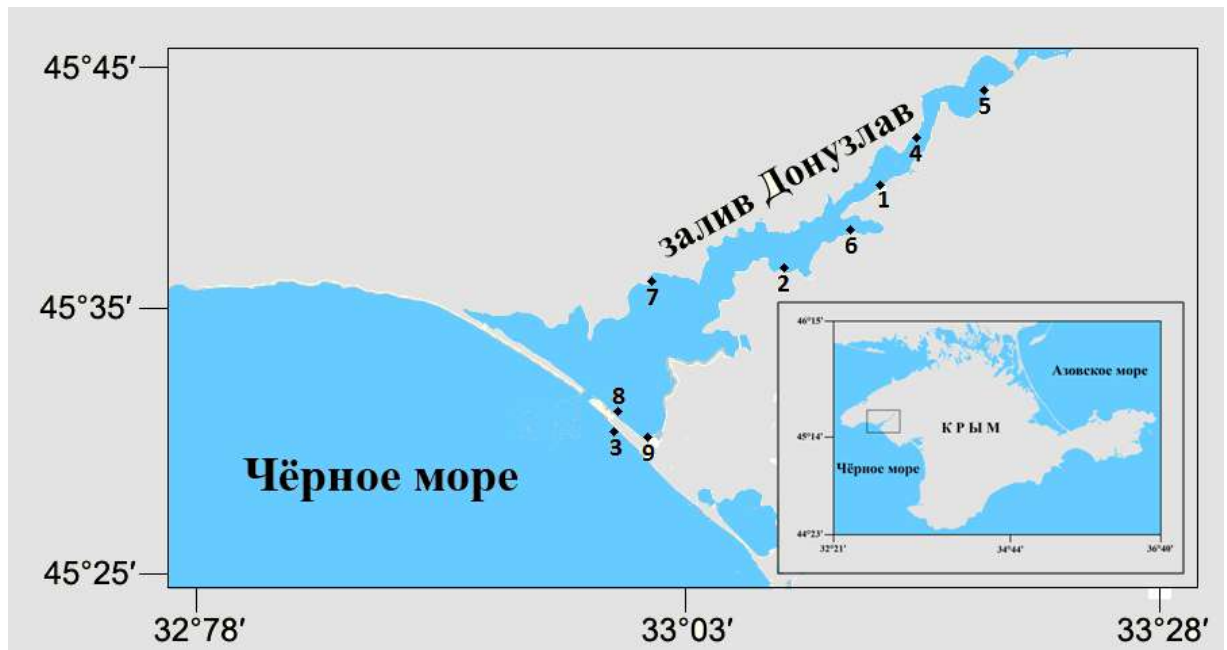


Рисунок 2.2 — Карта-схема станций (1–9) отбора проб каменистых грунтов в заливе Донузлав крымского побережья Чёрного моря

Для изучения ДВ эпилитона каменистых грунтов в зал. Донузлав отбор проб проводили на 9 станциях (рисунок 2.2, таблица 2.1), которые охватывают разные их местообитания: 1 станция – это марихозьяйство на южном берегу возле затопленных кораблей (рисунок 2.5); 2 – марихозьяйство на южном берегу возле дельфинария (рисунок 2.6); 3 – пляж, южный мыс, западный берег; 4 – марихозьяйство на северном берегу (рисунок 2.7); 5 – кут залива (рисунок 2.9); 6 – марихозьяйство (Новоозёрное); 7 – марихозьяйство Медведево (рисунок 2.10); 8 – восточная сторона южного мыса, 9 – юго-западный угол (рисунок 2.11).

В настоящее время здесь имеется широкий спектр гидролого-гидрохимических условий для обитания биоты и ведения марихозьяйств по выращиванию двустворчатых моллюсков: мидии и устрицы (Ryabushko et al., 2019).



Рисунок 2.3 — Вид береговой части зал. Донузлав (фото Д. Н. Лишаева)



Рисунок 2.4 — Вид на мористую часть зал. Донузлав (фото Д. Н. Лишаева)



Рисунок 2.5 — Вид на станцию № 1 в районе марихозьяйства в зал. Донузлав (фото Д. Н. Лишаева)



Рисунок 2.6 — Вид на станцию № 2 в зал. Донузлав (фото Д. Н. Лишаева)



Рисунок 2.7 — Вид на станцию № 4 в зал. Донузлав (фото Д. Н. Лишаева)



Рисунок 2.8 — Вид на станцию № 5 в зал. Донузлав (фото Д. Н. Лишаева)



Рисунок 2.9 – Вид на станцию № 6 в зал. Донузлав (фото Д. Н. Лишаева)



Рисунок 2.10 – Вид на станцию № 7 в зал. Донузлав в районе марихуанозияства (фото Д. Н. Лишаева)



Рисунок 2.11 – Вид на станцию № 9 в зал. Донузлав (фото Д. Н. Лишаева)

В течение отбора проб в зал. Донузлав ежемесячно измеряли гидрологические показатели воды. Глубина, температура и солёность воды в дни отбора проб варьировали от 0,1 до 1,5 м, от 7,0 (февраль) до 27,0 °С (июль) и от 13,86 (июнь) до 18,6 ‰ (июль) (таблица 2.1). На 9-й станции, кроме температуры, другие показатели не измеряли.

Таблица 2.1 — Глубина, температура и солёность воды в дни отбора проб в заливе Донузлав, 2018–2020

Дата отбора проб	Глубина	Температура воды, T °С *	Солёность воды, ‰ **
13.04.2018	0,3	11,0	17,81
21.06.2018	1,0	25,0	18,50
12.07.2018	1,0	27,0	18,6
05.10.2018	0,2	19,8	16,58
28.01.2019	0,4	10,0	16,58
22.03.2019	0,2	10,6	17,97
08.04.2019	0,1	10,6	17,97
30.04.2019	0,2	10,0	16,76
27.05.2019	0,2	20,7	15,56
21.06.2019	0,5	25,3	13,86
11.07.2019	0,5	24,6	15,67
22.08.2019	0,5	20,6	16,72
16.09.2019	1,5	22,0	16,70
09.10.2019	1,0	15,9	17,71
09.11.2019	0,2	14,1	17,81
07.12.2019	0,3	8,9	16,97
11.01.2020	0,5	9,8	18,01
14.02.2020	0,1	7,0	16,66

Примечание. * – собственные измерения; ** – по данным Т. А. Богдановой.

II район. Инкерманская бухта ($44^{\circ}36'$ с. ш. $33^{\circ}36'$ в. д.) расположена в самой восточной (кутовой) части Севастопольской бухты (рисунок 2.12).



Рисунок 2.12 — Карта-схема (врезка района отбора проб) исследования в Инкерманской бухте крымского побережья Чёрного моря

До середины XX ст. эта часть Севастопольской бухты имела почти прямоугольную форму и заканчивалась обширным Инкерманским болотом, вдоль юго-западной границы которого располагался ковш, характеризующийся сложной береговой инфраструктурой. Ковш был соединён с бухтой глубоководным Чернореченским каналом. В 1950-е годы после осушения болота и проведения дноуглубительных работ на основе антропогенных преобразований был образован единственный в Крыму типичный эстуарный район, куда впадает река Чёрная (рисунок 2.12).

Площадь акватории бухты составляет около $0,18 \text{ км}^2$ с преобладающими глубинами от 5 до 8 м. Максимальная глубина – 8,6 м. Здесь смешиваются морские и пресные воды, солёность и температура которых может меняться как в течение года, так и на протяжении суток. В прибрежной части Инкерманской бухты располагается выпуск вод ГРЭС, предприятие по разделке списанных и подлежащих утилизации кораблей («разделочная стенка»), стоянка кораблей,

погрузочный и перевалочный комплекс «Авлита», через который осуществляется транспортировка различных грузов.



Рисунок 2.13 — Станции отбора проб диатомовых водорослей эпилитона в Инкерманской бухте: северный берег (фото Д.Н. Лишаева)

Наряду с природными особенностями, обусловленными перемешиванием морских и пресных вод, здесь имеет место загрязнение в результате интенсивной хозяйственной деятельности на побережье.

В дни отбора проб эпилитона каменистых грунтов в Инкерманской бухте в районе постоянной станции (рисунок 2.13) определяли глубину, температуру и солёность воды, значения которых варьировали от 3°C (в конце февраля) до 26,0°C (в июле) и 12,80 ‰ (в июле) и 16,90 ‰ (в январе) (таблица 2.2).

Таким образом, два района исследования различаются экологическими условиями и находятся в разной степени под антропогенным воздействием, поэтому они были выбраны для сравнительного анализа видового и количественного состава диатомовых водорослей эпилитона каменистых грунтов за период с апреля 2018 по февраль 2020 гг. в зал. Донузлав и с декабря 2018 по декабрь 2019 гг. на постоянной станции в Инкерманской бухте.

Таблица 2.2 — Глубина, температура и солёность воды в дни отбора проб в Инкерманской бухте

Дата отбора проб	Глубина,* м	T °C*	S , ‰ **
24.12.2018	0,3	9,0	16,76
23.01.2019	0,3	9,0	16,90
26.02.2019	0,3	3,0	13,10
12.03.2019	0,2	8,0	15,55
25.04.2019	0,1	10,0	16,50
25.05.2019	0,1	20,0	13,53
16.06.2019	0,1	22,0	16,21
08.07.2019	0,1	26,0	12,80
22.08.2019	0,1	23,0	14,93
26.09.2019	0,1	20,3	15,55
06.10.2019	0,2	19,4	16,62
18.11.2019	1,0	15,0	15,65
08.12.2019	1,0	9,3	17,02

Примечание. * – собственные измерения; ** – по данным Т. А. Богдановой.

ГЛАВА 3

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В главе описаны методики сбора каменистых грунтов в двух районах крымского побережья Чёрного моря (зал. Донузлав и Инкерманская бухта), обработки качественных и количественных проб донных диатомовых водорослей. Будучи субстратами для поселения микроводорослей, каменистые грунты представляют собой важную основу нашего исследования.

3.1 Материалы отбора проб в районах исследования

Материалом для изучения видового состава и определения количественных характеристик диатомовых водорослей послужили пробы каменистых грунтов, собранные без видимого макрообрастания в двух районах крымского побережья Чёрного моря: залив Донузлав и Инкерманская бухта в разные сезоны года. Описания районов изложено в главе 2. Сбор материала осуществляли вручную на мелководье в диапазоне глубин 0,1 – 1,5 м. Образцы проб каменистого грунта по три экземпляра с каждой станции (рисунок 3.1) собраны соискателем лично в полиэтиленовые мешки или другие ёмкости с минимальным количеством придонной воды. Одновременно с места сбора проб отбирали придонную воду для последующей обработки камней в лаборатории. В лаборатории, пользуясь специальной жёсткой щёткой, счищали с поверхности камней микрообрастания, добавляя небольшое количество придонной воды.

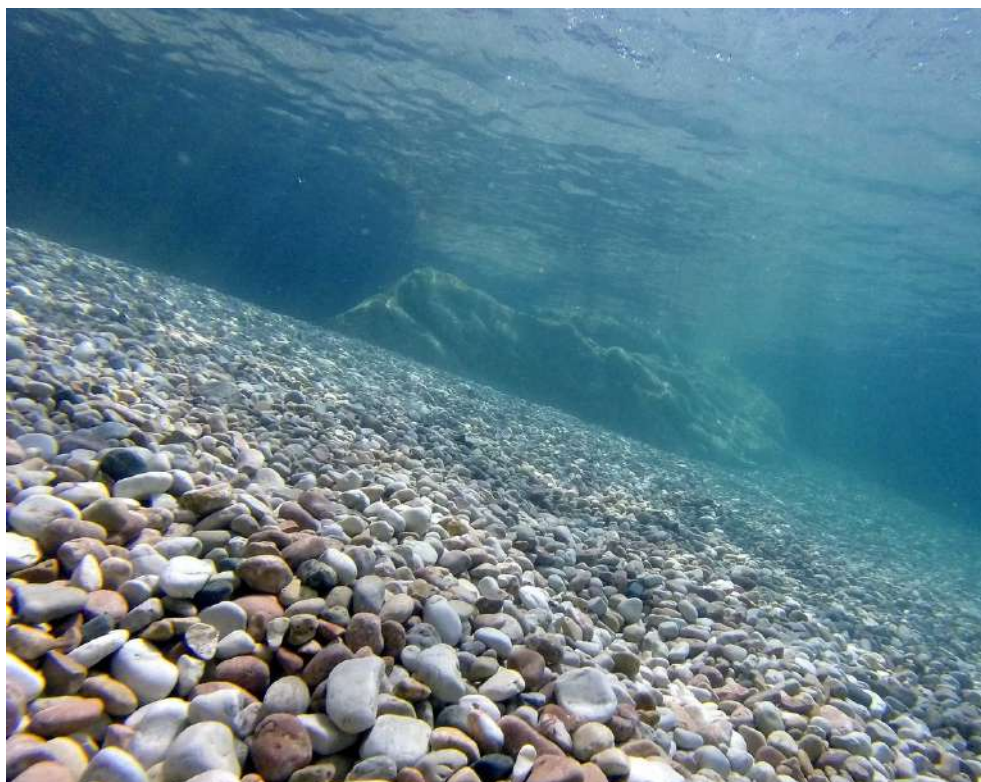


Рисунок 3.1 – Образцы каменистого грунта в районах исследования

3.1.1 Методы сбора проб каменистых грунтов.

Сбор камней проводили с каждой станции с апреля 2018 г. по февраль 2020 г., из них в Инкерманской бухте материал собран в течение 13 месяцев, с декабря 2018 г. по декабрь 2019 г., заливе Донузлав материал отбирали на 9-ти станциях с апреля 2018 по февраль 2020 гг., из них – 4 месяца в 2018 г., 11 месяцев в 2019 г. и 2 месяца в 2020 г. Выборочность отбора проб в 2018 г. обусловлена отдалённым расположением и иногда труднодоступностью отбора проб в зал. Донузлав в отдельные месяцы. Полученные значения динамики изменения этих показателей для обоих регионов представлены непрерывно на протяжении двенадцати месяцев за 2019 г.

Одновременно с отбором проб определяли глубину, температуру и солёность воды (см. Гл. 2). В зал. Донузлав собрано 54 пробы, в Инкерманской бухте – 39 проб в 3-х, иногда в 4-х повторностях с каждой станции.

3.2 Методы обработки проб диатомовых водорослей. Методы обработки проб микрофитобентоса подразделяются на качественные и количественные. Поэтому рассмотрим ниже эти методы отдельно.

3.2.1 Качественная обработка материала с помощью световой и электронной микроскопии.

На стадии лабораторной обработки каждый каменистый грунт тщательно очищали от обрастания. Далее с использованием мягкой синтетической щётки счищали суспензию и ополаскивали водой, предварительно взятой с места отбора проб, аккуратно смываемую в кювету. При этом стремились достичь минимизации потерь клеток ДВ путём многократной и тщательной обработки каждого отобранного образца грунта.

После окончания этой процедуры смыв сливали в ёмкость, измеряя объём пробы. Для осуществления количественного учёта клеток ДВ в счётной камере, полученную суспензию фиксировали спиртом из расчёта 2 мл 96 % этилового спирта на 100 мл пробы (Рябушко, 2009). В свою очередь, каждую ёмкость маркировали, отмечая на ней дату и место отбора пробы, глубину, температуру и солёность воды.

Затем производили расчёт площади поверхности каждого исследованного камня для дальнейшего определения численности и биомассы диатомовых на единицу площади поверхности субстрата. Подготовленную суспензию просматривали предварительно в чашке Петри и на предметных стёклах в прижизненном состоянии в световом микроскопе.

Методы световой и электронной микроскопии. Определение видовой принадлежности диатомовых водорослей и изучение степени заселения ими субстрата осуществляли с использованием светового микроскопа (СМ) С. Zeiss Axioskop 40 с применением программного обеспечения AxioVision Rel. 4.6, предназначенного для определения размеров объектов и подсчёта соответствующих тонких структур панцирей диатомовых. Микроскопирование

ДВ для качественного и количественного анализа проводили в СМ при увеличениях 10×20 , 10×40 .

При идентификации видового состава ДВ по необходимости изготавливали постоянные препараты, которые с помощью иммерсионного масла позволяют более детально рассмотреть виды. Для этого, выбирая стандартные методы пробоподготовки, описанные ранее, используя разные способы их изготовления (Диатомовый анализ, 1949; Диатомовые водоросли..., 1974; Рябушко, 2013).

В работе мы использовали два известных способа обработки проб с помощью кислот: холодный и горячий. При холодном сжигании диатомового осадка пробу помещали в фарфоровую чашку, заливая 30 % перекисью водорода H_2O_2 и покрывали крышкой. По истечении пяти минут, добавляли в осадок один мг порошковидного $KMnO_4$, после этого сразу растворяли небольшим количеством 10 %-й уксусной кислоты.

При горячем способе изготовления постоянных препаратов суспензию пробы заливали 10 % HCl или серной концентрированной кислотой с дальнейшим переносом в высокую колбу, после чего медленно нагревали и кипятили на протяжении двух-трёх минут. В обоих способах очищенные панцири отмывали от кислот дистиллированной водой с использованием 3-х кратного центрифугирования. Их отсутствие проверяли погружением лакмусовой бумаги в пробу. Подготовленные образцы створок ДВ использовали для изготовления постоянных препаратов. Для этого каплю с чистой суспензией помещали на предметное стекло, подсушивали, затем наносили на покровное стекло смолу Naphrax LTD (коэффициент преломления 1,74) и аккуратно покрывали им предметное стекло, слегка придавливая для равномерного размещения смолы. Эти препараты с использованием иммерсионного масла С. Zeiss (показатель преломления $n_e = 1,518$) просматривали при увеличении СМ 10×100 .

Аналогично отмытую от кислот пробу использовали для работы на электронном сканирующем микроскопе (СЭМ) модели «Hitachi SU3500»

(Япония). Микрофотографии, изготовленные в СМ и СЭМ, размещены нами в Приложении V.

Таксономическая структура состава диатомовых водорослей эпилитона каменистых грунтов крымского побережья Чёрного моря исследована с использованием классификационной системы Ф.Е. Раунда с соавторами (Round et al., 1990) и дополнениями. Для определения видовой принадлежности ДВ исследуемых объектов использовали литературные источники, в том числе определители и атласы (Диат. ан., 1950; Прошкина-Лавренко, 1963а; Гусяков и др. 1992; Рябушко, Бегун, 2016; Smith, 1853, 1856; Kuylenstierna (1989–1990); источники по индексам сапробности (Рябушко, 2013; Рябушко и др., 2019; Varinova et al., 2019); экологические и фитогеографические характеристики ДВ составляли по авторам (Гусяков и др. 1992; Караева, 1972; Прошкина-Лавренко, 1963; Рябушко, 2013; Рябушко, Бегун, 2016), а также учитывая данные международной альгобазы (Guiry, Guiry, 2024).

3.2.2 Количественная обработка материала.

При количественном учёте клеток ДВ каменистого грунта работа осуществлялась по определению обилия видов в каждой пробе, численности, биомассы и структурных показателей сообществ по всем станциям. После сбора материала и предварительной обработки в лабораторных условиях, полученную после смыва суспензию переливали в мерный цилиндр с целью определения первоначального объёма пробы для перерасчёта численности клеток на единицу площади поверхности субстрата. Перед подсчётом клеток ДВ пробу интенсивно взбалтывали, добиваясь равномерного распределения в счётной камере. После этого с помощью пипетки извлекали каплю материала из пробы и переносили под покровное стекло камеры Горяева. Подсчёт клеток ДВ для получения значений их численности осуществляли в световом микроскопе в трёх повторностях. Такой метод прямого учёта клеток в счётной камере является весьма трудоёмким, но имеет свои преимущества, позволяя оценить количественный вклад отдельных компонентов в составляющую донных сообществ водоёма (Рябушко, 2013).

Для оценки показателей численности и биомассы ДВ определяли площадь поверхности (S , см²) каменистого грунта. Площадь поверхности вычисляли с использованием формулы Р. Кэлоу (Calow, 1972):

$$S = 2,22 + 0,26 \cdot d \cdot n \quad (1),$$

где d – наибольшая длина камня, см; n – наибольший периметр камня, см.

Численность клеток (N , кл·см⁻²) ДВ рассчитывали по формуле В.И. Рябушко (В. Рябушко и др., 2003):

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

где n – число клеток в камере Горяева; V – объём пробы, мл, S – площадь поверхности камня, см², V_k – объём камеры Горяева, равный 0,9 мм³.

Биомассу (B , мг·см⁻²) диатомовых определяли по формуле В.И. Рябушко (В. Рябушко и др., 2003):

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

где b – сумма биообъёмов клеток в мкм³, h – удельный вес водорослей, равный для бентосных диатомовых $1,2 \cdot 10^{-9}$ мг·мкм⁻³ (Оксиюк, Юрченко 1971), для планктонных видов – $1 \cdot 10^{-9}$ мг·мкм⁻³; V – объём пробы, мл; V_k – объём камеры Горяева равный 0,9 мм³. Объём клеток рассчитывали исходя из их линейных размеров и формы объектов методом геометрического подобия.

Измеряли морфометрические параметры каждого вида. При учёте численности ДВ оценивали обилие (S) тех видов, которые были учтены только в камере Горяева после трехкратного её просмотра. Затем составляли не среднее арифметическое количество видов, а список общего количества всех встреченных в ней видов. Видовое разнообразие ДВ анализировали, используя индекс Шеннона-Вивера (H), как показателя равномерности распределения значимостей видов по численности (Shannon, Weaver, 1949; Margalef, 1958).

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

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 помимо индекса видового разнообразия H рассчитывали степень выровненности видов в сообществе с помощью индекса Пиелу (e) (Pielou, 1966):

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

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

Индекс Бергера–Паркера, отражающий относительное значение любого вида в сообществе, использовали для определения меры доминирования наиболее обильных видов диатомовых водорослей (Berger, Parker, 1970):

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

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

Для каждого района исследования в разные месяцы года вычисляли средние значения указанных выше показателей (N , B , S , e , H , D_{BP}). Приведённые методы обработки материала позволяют сравнить количественные данные в одни и те же месяцы.

Оценку сходства качественного состава диатомовых водорослей для районов исследования осуществляли с помощью коэффициента Сёренсена (Dice, 1945; Sørensen, 1948):

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

где C – число общих видов для сравниваемых списков; A , B – число видов в каждом из списков. Сходство и различие видов диатомовых водорослей в эпилимне в зависимости от их видовой принадлежности, районов и станций исследования, а также сезона года и частоты встречаемости рассчитывали с использованием пакета прикладных программ Past 4.12b. Это различные программы статистической обработки материала с учетом рекомендаций, изложенных в руководстве по использованию данной программы и статей с примерами практического применения программы CLUSTER как графическая интерпретация кластерного анализа относительного сходства по станциям отбора проб. В данном случае использован алгоритм классического кластерного анализа: Multivariate – Clustering – Classical clustering. Ординация NMDS (Non-metric multidimensional scaling) – один из наиболее подходящих методов для сравнения

видового состава на различных станциях. Немеетрическое многомерное шкалирование позволяет выбрать из множества различных мер подходящее расстояние. Лучше всего подходит расстояние Брея-Кертиса, которое учитывает как наличие/отсутствие видов, так и их численные параметры.

Графики NMDS могут сжать информацию о большом количестве видов и их обилии на различных станциях наблюдения в разные сезоны, отражая их реальные тренды распределения. Чем ближе точки на графиках NMDS расположены в пространстве, тем более схожи сравниваемые сообщества. Статистическая достоверность графического представления выражается показателем «Stress», его высоким уровнем достоверности считаются значения в диапазоне от 0,05 до 0,2. Расчёт значений коэффициентов ранговой корреляции Спирмена (ρ_{\max}), изменение которых напрямую связано с изменением распределения численности, биомассы и видового состава ДВ, позволяет провести анализ сравнения расстояния/сходства между двумя наборами данных, имеющими общие выборки или переменные. Вычисление проводили с помощью программного обеспечения StatTech. Положительные значения коэффициента свидетельствуют о прямой связи между исследуемыми признаками, такими, как численность, биомасса, температура, солёность и глубина. Отрицательные значения коэффициента – об обратной связи. Коэффициент также отражает силу связи между переменными по шкале Чеддока, от слабой к сильной. Соотношение между полученными результатами значений наблюдаемого коэффициента ($\rho_{\text{набл}}$) и критического ($\rho_{\text{крит}}$) показывает статистическую значимость зависимости рассматриваемых признаков между собой. Всего в двух районах исследования с 2018 по 2020 гг. было собрано 93 пробы, в том числе 31 количественная: в зал. Донузлав (18 проб), в Инкерманской бухте (13). Обработано 450 препаратов по изучению морфологических структур у видов ДВ для их идентификации.

Приведённые методы обработки материала позволяют сравнить количественные данные в одни и те же месяцы для двух районов исследования.

ГЛАВА 4

**ВИДОВОЕ И ЭКОЛОГО-ФИТОГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ
BACILLARIOPHYTA ЭПИЛИТОНА ЗАЛИВА ДОНУЗЛАВ И ЕГО
МАРИХОЗЯЙСТВ**

Бентосные диатомовые водоросли (ДВ) поселяются на разнообразных неорганических субстратах, а также на живых и неживых биосубстратах. Их биологическое разнообразие столь велико, что они являются одним из важнейших информационных ресурсов состояния морских экосистем (Рябушко, 2013). Они являются признанными индикаторами солёности и сапробности морских вод (Прошкина-Лавренко, 1953; Гусяков и др., 1992; Рябушко, 2009, 2013; Бегун, 2012; Рябушко, Бегун, 2015; Рябушко и др., 2019; Varinova et al., 2019).

В настоящее время многие вопросы, связанные с изучением эвтрофирования и антропогенного загрязнения акваторий, вызывающих нарушение экологии обитания гидробионтов, влияющие на устойчивое равновесие морских экосистем, являются особенно актуальными (Рябушко и др., 2021). Важная роль отводится диатомовым водорослям, которые вместе с макрофитами участвуют как в глобальном синтезе, так и переработке органических веществ в море.

В настоящее время экосистема зал. Донузлав находится под активным воздействием антропогенных факторов, в том числе промышленной добычи песка и расположения здесь мидийно-устричных ферм. Поэтому взаимодействие микро- и макрофитов между собой и с прибрежными субстратами является важным для рассмотрения информационного поля двух живых систем и сравнение их с данными, представляющими живую и костную системы, является для данного региона особенно актуальным в связи с эксплуатацией прибрежной части залива (Рябушко и др., 2021).

Анализ литературных источников по исследованию микрофитобентоса Чёрного моря (см. Глава 1) показал, что несмотря на широкую изученность важного его компонента — донных диатомовых водорослей крымского побережья, многие аспекты изучения ещё недостаточно представлены. Поэтому первым вопросом является

исследование видового разнообразия. Это необходимо не только для неизученных районов крымского побережья Чёрного моря, но особенно для районов морских хозяйств по выращиванию двустворчатых моллюсков.

В связи с тем, что беспозвоночные питаются, в частности, диатомовыми водорослями, которые относятся к важным пищевым объектам для многих гидробионтов (Беклемишев, 1955; Рябушко, 1986, 1990, 2013; Чепурнов, 1987, 1988; Рябушко, Бегун, 2015), в том числе для культивируемых моллюсков (Поспелова и др., 2016).

Донные ДВ эпифитона макрофитов и эпиалитона каменистых грунтов зал. Донузлав до наших работ (Рябушко и др., 2020, 2021; Широян, 2022) не были изучены, кроме некоторых видов макрофитов (Мильчакова, Александров, 1999) и фитопланктона (Христюк, 1949; Самышев и др., 2001; Лилицкая, Царенко, 2012). Поэтому в настоящей главе для сравнения представлены результаты изучения ДВ эпиалитона и эпифитона макрофитов зал. Донузлав и его марихозяйств, которые никогда до этого здесь не изучались.

Кроме этого, существенным обстоятельством является то, что назрела необходимость изучения ДВ не только в световом микроскопе (СМ) методом прямого микроскопирования в прижизненном состоянии видов и в постоянных препаратах, но с появлением возможности изучать морфологические ультраструктуры створок и панцирей ДВ с помощью электронного сканирующего микроскопа (СЭМ), что даёт дополнительные возможности и преимущества более точной идентификации видов (см. Приложение V).

4.1 Таксономическая структура и эколого-фитогеографическая характеристика диатомовых водорослей эпиалитона залива Донузлав

Чтобы оценить объём и статус изученных видов ДВ эпиалитона крымского побережья Чёрного моря, нами проведена инвентаризация таксонов по авторским спискам из литературных источников, в которых за последнее время произошли многие изменения. Поэтому на основе собственных и литературных данных (12

источников) был составлен общий Список диатомовых водорослей крымского побережья Чёрного моря, охватывающий 296 видов, разновидностей и форм, принадлежащих к 88 родам, из них 59 таксонов указаны нами впервые с преобладанием бентосных видов (Приложение I).

Анализ таксономической структуры ДВ, обнаруженных в течение 2018–2020 гг. на 5 станциях (3, 5, 6, 8, 9) мелководных станциях зал. Донузлав, показал, что отдел Bacillariophyta представлен 74 таксонами с преобладанием класса Bacillariophyceae (таблица 4.1).

Таблица 4.1 — Таксономическая структура Bacillariophyta эпилимниона залива Донузлав

Класс	Количество			
	порядок	семейство	род	вид
Coscinodiscophyceae	2	2	2	3
Fragilariophyceae	4	5	6	13
Bacillariophyceae	7	13	28	58
Всего:	13	20	36	74

Согласно таксономической классификации (Round et al., 1990) с некоторыми изменениями и дополнениями (Guiry, Guiry, 2023), обнаруженные виды принадлежат 3-м классам (Coscinodiscophyceae, Fragilariophyceae и Bacillariophyceae), 13 порядкам, 20 семействам и 36 родам. Наибольшим числом видов представлен класс Bacillariophyceae (58 таксонов), преобладающих в микрофитобентосе каменистых грунтов зал. Донузлав (таблица 4.1).

К классу Coscinodiscophyceae относится 3 вида, принадлежащих 2 порядкам Thalassiosirales и Melosirales, 2 семействам Thalassiosiraceae и Melosiraceae, 2 родам *Thalassiosira* и *Melosira* (таблица 4.1).

К классу Fragilariophyceae относится 13 видов, принадлежащих порядкам *Fragilariales*, *Licmophorales*, *Ardissonales* и *Striatellales*, в которые входят семейства *Fragilariaceae*, *Licmophoraceae*, *Ulnariaceae*, *Ardissonaceae* и

Striatellaceae, 6 родам *Tabularia*, *Licmophora*, *Falcula*, *Synedrosphenia*, *Grammatophora*, *Striatella* (таблица 4.1).

В классе Bacillariophyceae отмечено 7 порядков *Lyrellales*, *Achnanthales*, *Naviculales*, *Thalassiophysales*, *Bacillariales*, *Surirellales* и *Rhaphoneidales*, 13 семейств *Lyrellaceae*, *Achnanthaceae*, *Cocconeidaceae*, *Amphipleuraceae*, *Berkeleyaceae*, *Diploneidaceae*, *Naviculaceae*, *Pleurosigmaaceae*, *Plagiotropidaceae*, *Catenulaceae*, *Bacillariaceae*, *Entomoneidaceae* и *Rhaphoneidaceae*, а также 28 родов *Lyrella*, *Achnanthes*, *Cocconeis*, *Halamphora*, *Parlibellus*, *Berkeleya*, *Diploneis*, *Navicula*, *Trachyneis*, *Seminavis*, *Haslea*, *Caloneis*, *Pleurosigma*, *Gyrosigma*, *Carinasigma*, *Plagiotropis*, *Amphora*, *Undatella*, *Bacillaria*, *Psammodictyon*, *Petroneis*, *Tryblionella*, *Nitzschia*, *Cylindrotheca*, *Rhopalodia*, *Entomoneis*, *Hyalosira* и *Rhaphoneis* (таблица 4.1).

Из 74-х обнаруженных видов встречается их количество по сезонам года: зимой – 32, весной – 50, летом – 42 и осенью – 37, включая 10 круглогодичных видов, которые являются обычными в крымском побережье Чёрного моря (таблица 4.2).

Таблица 4.2 — Встречаемость диатомовых водорослей эпилитона залива Донузлав по сезонам

Таксоны	Сезон			
	Зима	Весна	Лето	Осень
1	2	3	4	5
<i>Achnanthes brevipes</i>	+	+	–	+
<i>Achnanthes longipes</i>	+	+	+	+
<i>Amphora angusta</i> **	–	+	+	–
<i>Amphora arcus</i> **	–	+	–	+
<i>Amphora ovalis</i> **	+	–	–	–
<i>Amphora proteus</i> **	–	–	+	–
<i>Bacillaria paxillifer</i> **	–	+	–	–
<i>Berkeleya micans</i> **	–	–	+	–
<i>Berkeleya rutilans</i>	+	+	+	+
<i>Caloneis formosa</i> var. <i>densestriata</i> **	–	+	+	+
<i>Caloneis liber</i> **	+	+	+	+
<i>Carinasigma rectum</i> **	–	–	+	–
<i>Cocconeis costata</i> **	–	–	+	–

Продолжение табл. 4.2				
1	2	3	4	5
<i>Cocconeis pseudodebesii</i> **	–	–	+	+
<i>Cocconeis scutellum</i>	+	+	+	+
<i>Cylindrotheca closterium</i>	+	+	+	+
<i>Diploneis bombus</i> **	–	–	+	+
<i>Diploneis chersonensis</i> **	–	+	+	–
<i>Diploneis smithii</i> **	+	+	–	–
<i>Entomoneis paludosa</i> **	–	+	+	+
<i>Falcula media</i> var. <i>subsalina</i> **	+	+	–	–
<i>Grammatophora marina</i>	+	+	+	+
<i>Gyrosigma prolongatum</i> **	–	–	+	+
<i>Halamphora coffeiformis</i> **	+	+	–	–
<i>Halamphora costata</i> **	+	–	–	+
<i>Halamphora hyalina</i>	+	+	+	+
<i>Halamphora terroris</i> **	–	–	+	–
<i>Haslea crucigera</i> **	+	+	–	–
<i>Haslea ostrearia</i> **	+	–	–	+
<i>Haslea subagnita</i> **	+	+	–	–
<i>Hyalosira delicatula</i> **	–	+	–	+
<i>Licmophora abbreviata</i> **	–	+	+	+
<i>Licmophora dalmatica</i> **	–	–	+	–
<i>Licmophora flabellata</i>	+	+	–	+
<i>Licmophora gracilis</i>	–	+	–	–
<i>Licmophora hastata</i> **	–	–	+	–
<i>Licmophora paradoxa</i> **	–	+	–	–
<i>Lyrella clavata</i> **	–	+	–	+
<i>Melosira lineata</i> **	–	+	+	+
<i>Melosira moniliformis</i>	+	+	–	–
<i>Navicula antonii</i> * **	–	+	–	–
<i>Navicula cancellata</i> **	+	+	–	+
<i>Navicula directa</i> **	–	+	–	–
<i>Navicula distans</i> **	–	–	+	+
<i>Navicula pennata</i> var. <i>pontica</i> **	–	+	+	–
<i>Navicula perrhombus</i> **	+	+	+	+
<i>Navicula ramosissima</i>	–	+	+	–
<i>Navicula salinarum</i> **	–	+	+	–
<i>Nitzschia hybrida</i> f. <i>hyalina</i> **	+	+	–	–
<i>Nitzschia lanceolata</i> **	+	–	–	+
<i>Nitzschia longissima</i> **	–	–	+	–
<i>Nitzschia sigma</i> **	–	+	+	+
<i>Nitzschia sigmoidea</i> **	–	–	+	–
<i>Nitzschia tenuirostris</i> **	–	+	+	–

Продолжение табл. 4.2				
1	2	3	4	5
<i>Nitzschia vermicularis</i> **	–	+	+	–
<i>Parlibellus delognei</i> **	+	+	–	–
<i>Petroneis monilifer</i> **	–	–	+	–
<i>Plagiotropis lepidoptera</i> **	–	–	–	–
<i>Pleurosigma elongatum</i>	+	+	+	–
<i>Psammodyction panduriforme</i> **	+	+	+	–
<i>Rhaphoneis amphicerus</i> **	+	–	–	+
<i>Rhopalodia gibberula</i> **	–	+	–	–
<i>Seminavis ventricosa</i> **	–	–	–	+
<i>Striatella unipunctata</i>	–	+	+	+
<i>Synedrosphenia crystallina</i>	+	+	+	+
<i>Tabularia fasciculata</i>	+	+	+	+
<i>Tabularia parva</i> **	+	–	–	+
<i>Tabularia tabulata</i> **	–	+	+	+
<i>Thalassiosira eccentrica</i> **	–	–	+	+
<i>Trachyneis aspera</i> **	+	+	+	+
<i>Tryblionella coarctata</i> **	+	–	–	–
<i>Tryblionella hungarica</i>	–	+	–	–
<i>Undatella lineolata</i> **	+	+	–	+
<i>Undatella quadrata</i> **	–	+	–	+
Всего: 74	32	50	42	37

Примечание. * – виды впервые указаны автором для эпилимниона Крыма и Чёрного моря; ** – впервые для зал. Донузлав

Сравнение Списков видов диатомовых водорослей фитопланктона зал. Донузлав, в которых авторы указывают бентосные виды, с нашими результатами, отмечено общее сходство: 3 вида (Христюк, 1949), 5 видов (Самышев и др., 2001). Кроме этого, авторами выявлено 40 видов диатомовых водорослей, из которых 24 являются космополитами (Лилицкая, Царенко, 2012) и 10 видов были общими с нашими данными, относящимися также к космополитам.

На основе Списка видов ДВ (таблица 4.2) и списков у вышеуказанных авторов (Приложение I), установлено, что в заливе нами впервые указано 59 видов и внутривидовых таксонов (32 рода), а также вид *Navicula antonii* впервые обнаружен в зал. Донузлав, ранее был указан в песках Круглой бухты, впервые для Крыма и Чёрного моря (Ryabushko et al., 2022b).

Сезонная «эстафета» донных видов в сообществах ДВ. В ходе анализа сезонной смены видового состава в зал. Донузлав в течение годового цикла с использованием коэффициента Сёренсена (K_S), который показывает флористическое сходство, отражающее структуру донных сообществ ДВ. Анализ и сравнение видового состава проводили ежемесячно с марта 2019 по февраль 2020 гг., что позволяет установить, каким образом по сезонам происходит степень изменчивости видового состава ДВ в данном районе (рисунок 4.1).

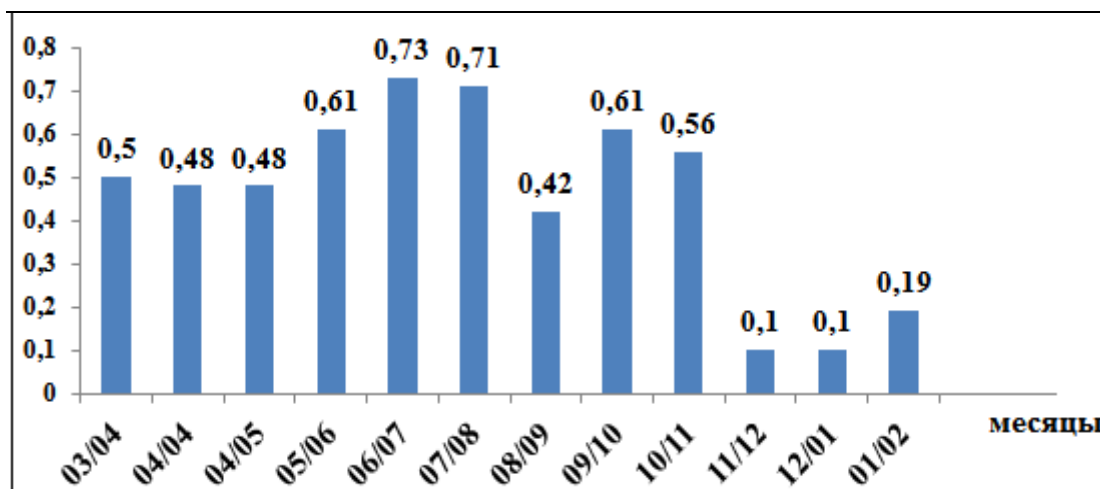


Рисунок 4.1 — Ежемесячная динамика средних значений коэффициента общности видов ДВ Сёренсена (K_S) в заливе Донузлав в течение 2019 – 2020 гг.

Наибольшие значения коэффициента K_S в течение годовой динамики характерны для летних месяцев в диапазоне величин 0,61 – 0,73 с минимальными значениями, отмеченными зимой (рисунок 4.1). Весной коэффициенты были выше, чем зимой, и составляли 0,48 – 0,5, а в октябре и июне были одинаковыми.

Анализ экологических и фитогеографических характеристик диатомовых водорослей эпилитона каменистых грунтов на станциях залива вне станций марикультуры показал, что преобладают бентосные формы (88 %), бентопланктонные виды встречены крайне редко и особенностью является отсутствие планктонных видов (рисунок 4.2).

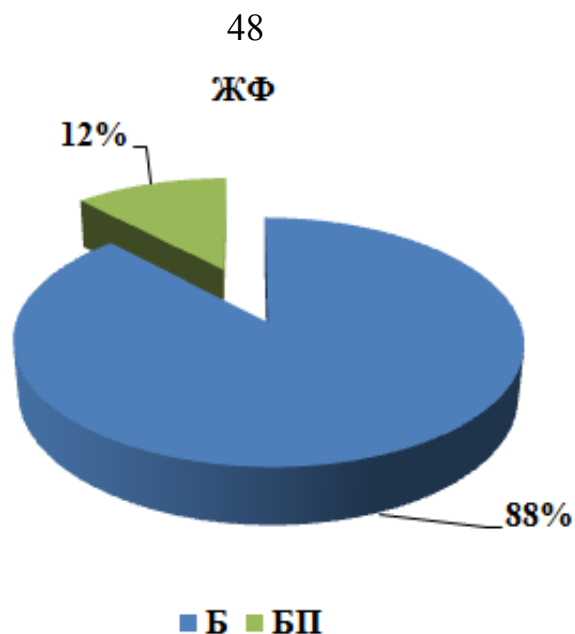


Рисунок 4.2 — Жизненные формы диатомовых водорослей эпилимтона залива Донузлав: Б – бентосные, БП – бентопланктонные

Среди наиболее часто встречающихся видов следует отметить *Berkeleya rutilans*, *Grammatophora marina* и *Halamphora hyalina*.

Другой экологической характеристикой ДВ является распределение видов по их отношению к солёности воды в море, что даёт дополнительные данные о состоянии флоры в рассматриваемом регионе (Приложение II). Следует отметить, что после соединения лимана Донузлав с морем, здесь преобладают морские (47 %) с высокой встречаемостью видов *Achnanthes longipes*, *Caloneis liber* и *Navicula cancellata*. Значителен вклад солоноватоводно-морских (39 %) форм ДВ и встречено незначительное число солоноватоводных и пресноводно-солоноватоводных (рисунок 4.3).

Также нами проведён анализ флоры диатомовых водорослей по выявлению их сапробионтных свойств, которые менее изучены в морских водах, используя литературные источники (Рябушко и др., 2019; Varinova et al., 2019 и др.).

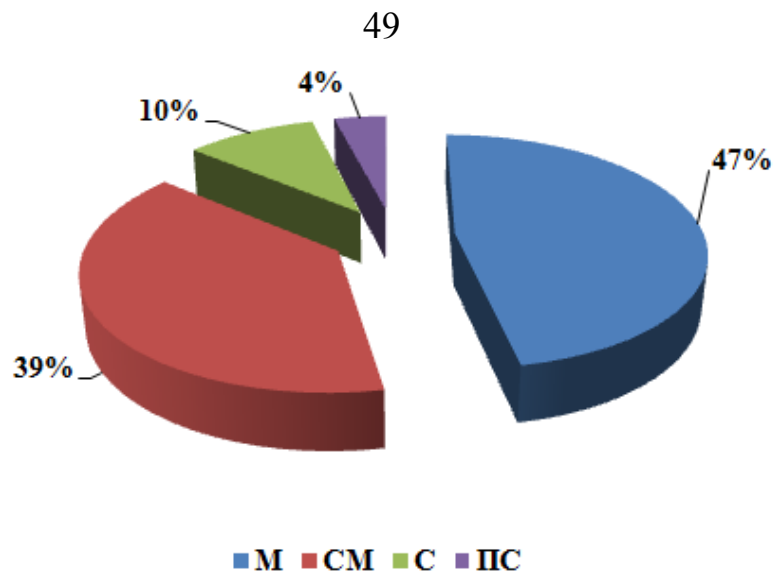


Рисунок 4.3 — Экологическая характеристика отношения ДВ эпилитона залива Донузлав к солёности воды : М – морские формы, СМ – солоноватоводно-морские, С – солоноватоводные, ПС – пресноводно-солоноватоводные

Нами установлено, что в зал. Донузлав показатели индексов сапробности среди ДВ распределены следующим образом (рисунок 4.4). Преобладают бета-мезосапробионтные (53 %) с наибольшей встречаемостью *Licmophora flabellata*, *Pleurosigma elongatum* и *Trachyneis aspera* — индикаторов умеренного органического загрязнения вод, что характерно в целом для районов крымского побережья Чёрного и Азовского морей (Рябушко, 2013; Бондаренко, 2017). Другие группы представлены меньшим числом.

Подобно экологическим данным был проведён анализ фитогеографических элементов флоры ДВ в зависимости от ареалов распространения видов, что существенно дополняет общую характеристику вод в каждом районе исследования. В эпилитоне залива выявлено преобладание космополитных видов (34 %), т.е. тех, которые имеют всеветный ареал распространения в Мировом океане (рисунок 4.5). Виды космополиты, встречающиеся практически в каждом временном сезоне были *Licmophora abbreviata*, *Tabularia fasciculata* и *T. tabulata*. Значителен вклад бореально-тропических (24 %) и аркто-бореально-тропических (21 %) видов. Остальные (бореальные и аркто-бореальные) представлены меньшим количеством.

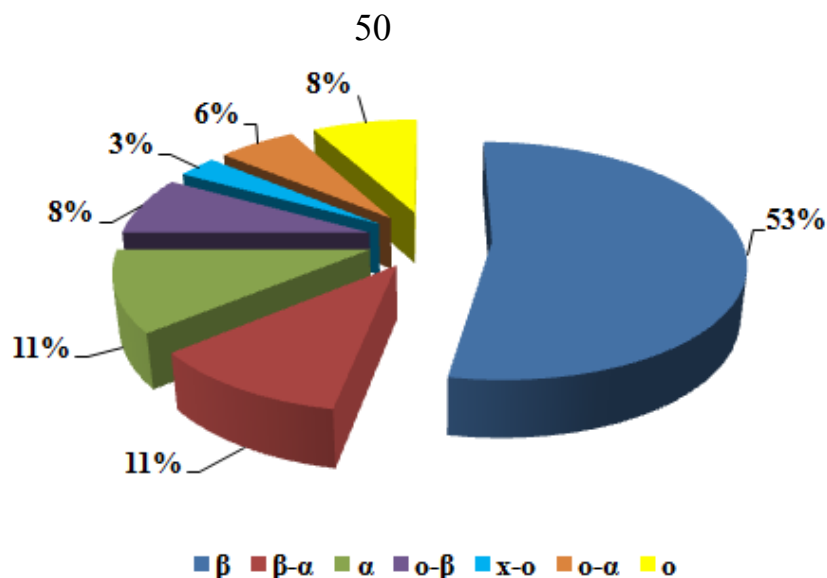


Рисунок 4.4 — Диатомовые водоросли – индикаторы сапробности вод залива Донузлав и их индексы сапробности : β – бетамезосапробионты, $\beta-\alpha$ – бета-альфамезосапробионты, α – альфамезосапробионты, o – олигосапробионты, $o-\beta$ – олиго-бетамезосапробионты, $x-o$ – ксено-олигосапробионты, $o-\alpha$ – олиго-альфамезосапробионты

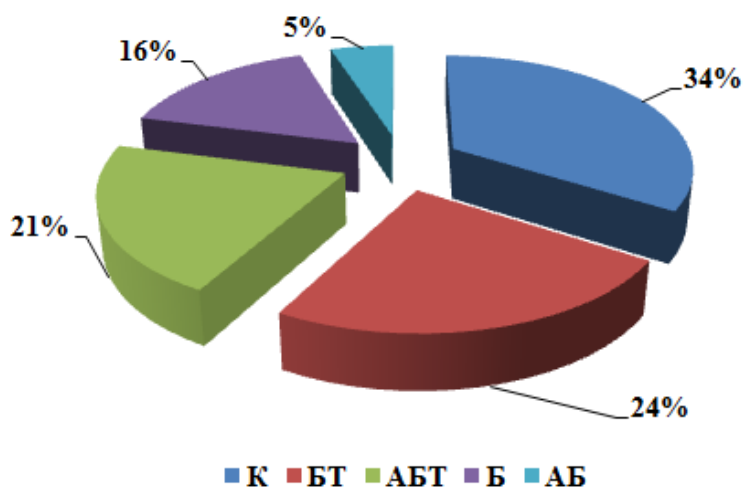


Рисунок 4.5 — Фитогеографические элементы флоры ДВ эпилимтона залива Донузлав: К – космополит, БТ – бореально-тропический, АБТ – аркто-бореально-тропический, Б – бореальный и АБ – аркто-бореальный

Используя программное обеспечение «Past 4.12b» для проведения классического кластерного анализа был определен уровень сходства между

видами ДВ по частоте их встречаемости (рисунок 4.6) и между видовыми сообществами по сезонам (рисунок 4.7).

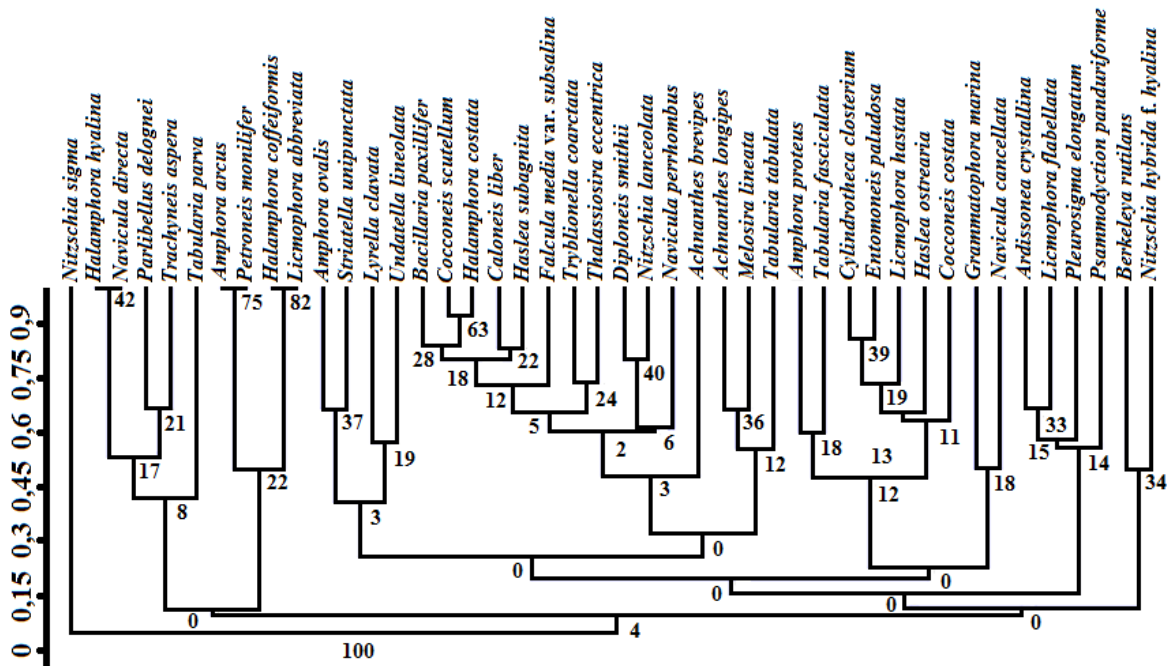


Рисунок 4.6 — Дендрограмма сходства сообществ диатомовых водорослей эпилимниона залива Донузлав по встречаемости видов (числа под дендрограммой — бутстрэп поддержка)

Кластерный анализ показал низкую степень сходства (менее 0,075) *Nitzschia sigma*, в сравнении со всеми остальными видами, отмеченными нами в данном регионе за всё время исследования. В то же время, сходства остальных видов по частоте встречаемости формируют собой единый кластер.

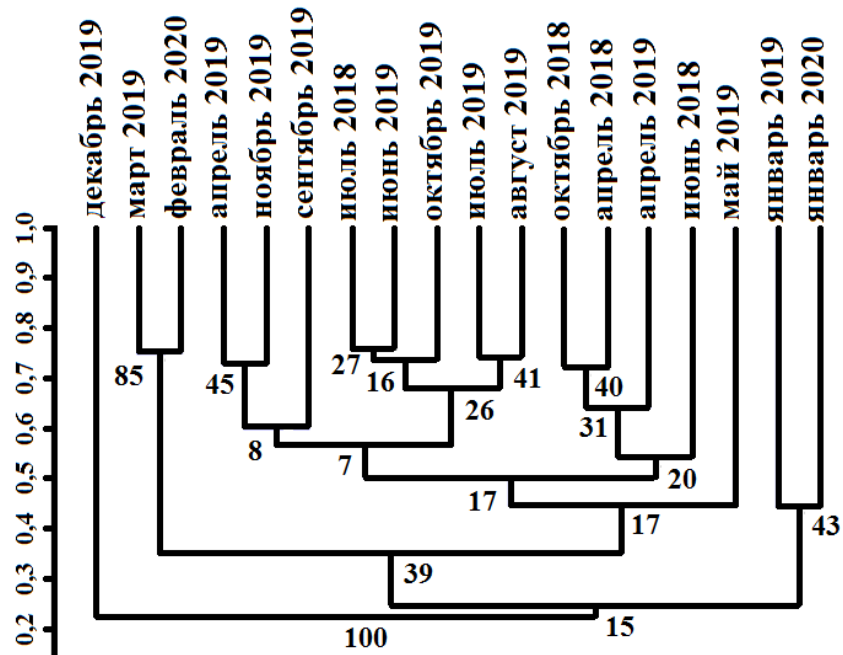


Рисунок 4.7 — Дендрограмма сходства сообществ по принципу присутствия/отсутствия диатомовых водорослей эпилимниона залива Донузлав по сезонам (числа под дендрограммой – бутстрэп поддержка)

Классический кластерный анализ показал крайне низкое сходство видового состава, обнаруженного в декабре 2019 г., с остальными семнадцатью месяцами отбора проб. Остальные месяцы представляют собой единый массив данных.

4.2 Видовой состав диатомовых водорослей в районе марихозьяйств

Диатомовые водоросли каменистых грунтов в районе марихозьяйств зал. Донузлав изучены на 4-х станциях (1, 2, 4 и 7) (см. Глава 2, рисунок 2.2). Они развиваются в благоприятных экологических условиях при высокой трофности вод, продуктивности мейо- и макробентоса, фитопланктона (Самышев и др, 2001; Лилицкая, Царенко, 2012), а также в естественных популяциях моллюсков и рыб. Ихтиофауна залива находится на высоком уровне биологической продуктивности, включает 52 вида рыб из 30 семейств (Еремеев, Болтачѳв, 2005). Здесь зарегистрировано 3 вида беспозвоночных и 4 вида рыб, занесѳнных в Красную книгу Республики Крым. Всѳ в целом явилось предпосылкой для развития здесь

марикультуры по выращиванию мидии и устрицы. Поэтому изучение диатомовых водорослей в качестве кормовых объектов для природных и культивируемых моллюсков, что особенно имеет важное практическое значение.

Для сравнения списков видов диатомовых водорослей по станциям залива (Приложение II) с данными по марихозьяйствам Донузлава (Приложение III), были представлены следующие характеристики, полученные для станций отбора проб в районе марихозьяйств (рисунок 4.8–4.11).

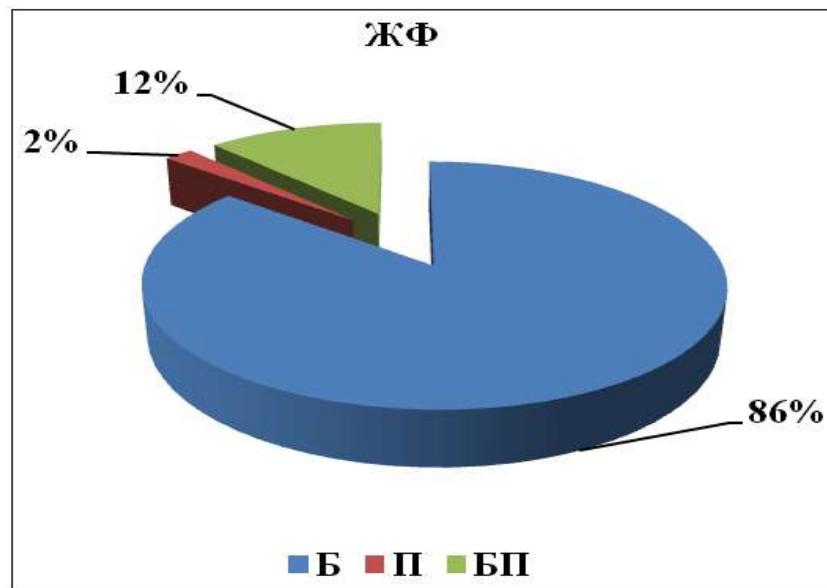


Рисунок 4.8 — Жизненные формы ДВ эпилитона марихозьяйств залива Донузлав:
Б – бентосные, П – планктонные, БП – бентопланктонные

Эти данные имеют сходную тенденцию с другими станциями залива, а именно здесь преобладают бентосные виды с близким числом видов (86 %), но отмечено малое присутствие планктонных видов (рисунок 4.8), которые не были отмечены вне марихозьяйств (рисунок 4.2).

Здесь также преобладают морские формы (49 %), что в целом характерно для микрофитобентоса крымского побережья Чёрного моря (Рябушко, 2013), а также высок процент солоноватоводно-морских видов (43 %), остальные представлены низким числом (рисунок 4.9).

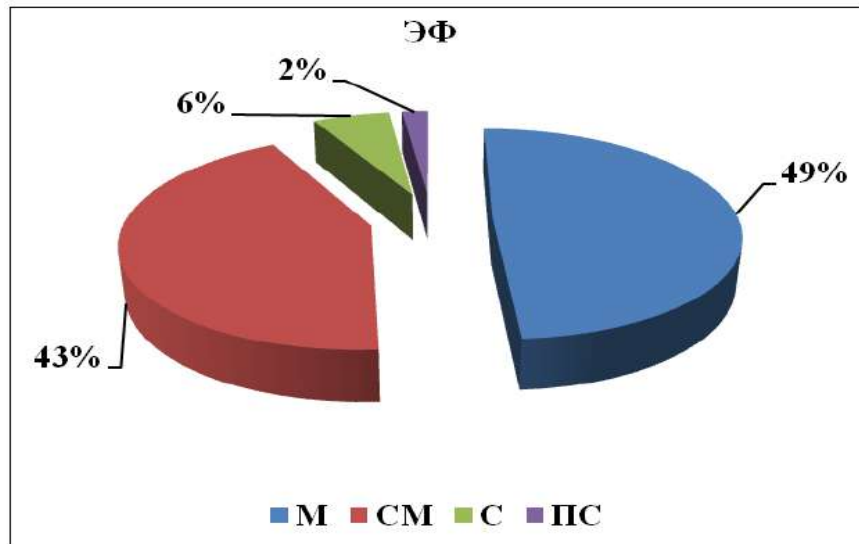


Рисунок 4.9 — Экологическая характеристика отношения ДВ эпилитона в районе марихозьяств залива Донузлав к солёности воды : М – морские формы, СМ – солоноватоводно-морские, С – солоноватоводные и ПС – пресноводно-солоноватоводные

Показатели индекса сапробности представляют довольно пёструю картину (рисунок 4.10) с преобладанием бета-мезосапробионтов (54 %) – индикаторов умеренного органического загрязнения вод, что характерно для крымского побережья.

Из фитогеографических элементов флоры ДВ преобладают космополиты (43 %), как и в целом в заливе, на втором месте – аркто-бореально-тропические (21 %) и бореально-тропические (20 %) виды, остальные имеют меньшие значения (рисунок 4.11)

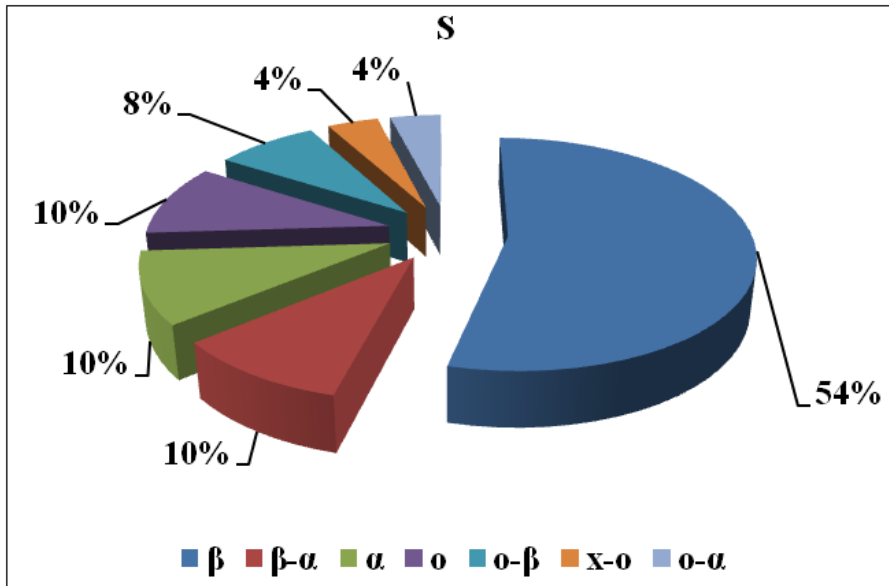


Рисунок 4.10 — Диатомовые водоросли – индикаторы сапробности вод в районе марихозьяств залива Донузлав и их индексы сапробности : β – бетамезосапробионты, $\beta-\alpha$ – бета-альфамезосапробионты, α – мезосапробионты, o – олигосапробионты, $o-\beta$ – олиго-бетамезосапробионты, $x-o$ – ксено-олигосапробионты, $o-\alpha$ – олиго-альфамезосапробионты

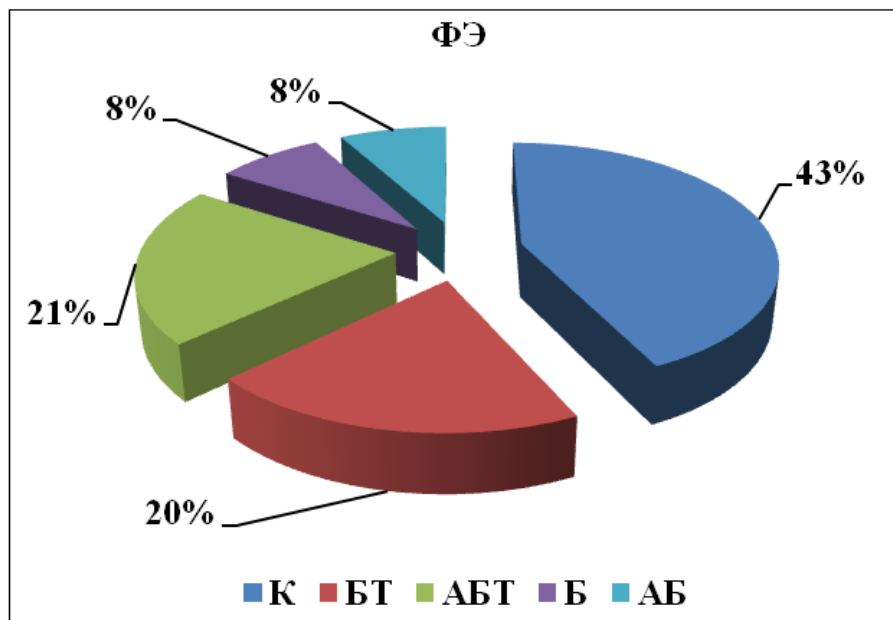


Рисунок 4.11 — Фитогеографические элементы флоры ДВ эпилитона залива Донузлав в районе марихозьяств: К – космополиты, БТ – бореально-тропические виды, АБТ – аркто-бореально-тропические, Б – бореальные и АБ – аркто-бореальные

Сравнение эколого-флористических и фитогеографических характеристик на станциях залива и района марихозийств имеют близкие соотношения наибольших величин бентосных форм 88/86 %, морских (47/49 %) и солоноватоводно-морских (39/43 %), бета-мезосапробионтов (53/54 %) и космополитов (34/43 %).

4.3 Сравнительный анализ эколого-фитогеографических характеристик диатомовых водорослей эпилимтона и эпифитона залива Донузлав

Для более полной картины понимания распределения видового разнообразия бентосных диатомовых водорослей необходимо расширять изучение разных типов субстратов (эктопов), которые они заселяют. Получение новых данных о видовом составе микро-и макрозоена первичных продуцентов, которые служат в качестве объектов питания для разнообразной фауны, в том числе для культивируемых моллюсков в данной акватории (Рябушко и др., 2021). Целью нашей совместной работы является сравнительный анализ результатов изучения видового состава и эколого-фитогеографических и количественных характеристик донных диатомовых водорослей в двух разных экотопах зал. Донузлав.

Нами проведён сравнительный анализ результатов изучения ДВ эпилимтона каменистых грунтов с данными эпифитона некоторых видов макроводорослей, которые были исследованы в зал. Донузлав (Широян и др., 2020; Рябушко и др., 2021; Широян, 2022). Несмотря на то, что пробы эпифитона и эпилимтона Донузлава были собраны одновременно в одни и те же сезоны в 2018–2020 гг. на глубине от 0,1 до 6 м при температуре 7 °С (февраль) – 27 °С (июль) и солёности воды 13,86 ‰ (июнь 2019) – 18,6 ‰ (июль 2018) (см. Глава 2, таблица 2.1) их сообщества имели как общие черты сходства, так и различия.

Сравнительный анализ видового и родового разнообразия ДВ в двух независимых экотопах изучения показал, что микрофиты представлены богатым

видовым составом. Всего обнаружено 124 вида, разновидностей и форм, из них в эпилите 71 вид, в эпифите 106, из них 52 были общими (таблица 4.3).

Таблица 4.3 — Список встречаемости видов диатомовых водорослей в эпилите каменистых грунтов и эпифите макрофитов залива Донузлав

№ п/п	Таксон	Эпилитон	Эпифитон
1.	2	3	4
1.	<i>Achnanthes brevipes</i>	+	+
2.	<i>A. longipes</i>	+	+
3.	<i>Actinophychnus senarius</i>	-	+
4.	<i>Amphora angusta</i>	+	-
5.	<i>Amphora arcus</i>	+	-
6.	<i>Amphora copulata</i>	-	+
7.	<i>A. crassa</i>	-	+
8.	<i>A. ostrearia</i>	-	+
9.	<i>A. ovalis</i>	+	+
10.	<i>A. parvula</i>	-	+
11.	<i>A. proteus</i>	+	+
12.	<i>Anaulus maritimus</i>	-	+
13.	<i>Bacillaria paxillifer</i>	+	+
14.	<i>Berkeleya micans</i>	+	+
15.	<i>B. rutilans</i>	+	+
16.	<i>Caloneis formosa</i> var. <i>densestriata</i>	+	-
17.	<i>Caloneis liber</i>	+	+
18.	<i>C. neofastuosus</i>	-	+
19.	<i>Campylopyxis garkeana</i>	-	+
20.	<i>Carinasigma rectum</i>	+	+
21.	<i>Cocconeis costata</i>	+	+
22.	<i>C. placentula</i>	-	+
23.	<i>C. scutellum</i> var. <i>scutellum</i>	+	+
24.	<i>C. scutellum</i> var. <i>japonica</i>	-	+
25.	<i>Cocconeis</i> sp.	+	-
26.	<i>Consinodiscus granii</i>	-	+
27.	<i>C. jonesianus</i>	-	+
28.	<i>C. radiatus</i>	-	+
29.	<i>Cylindrotheca closterium</i>	+	+
30.	<i>Cymbella cistula</i> var. <i>arctica</i> *	-	+
31.	<i>Diatoma tenuis</i>	-	+
32.	<i>Diatomella salina</i> var. <i>septata</i>	-	+
33.	<i>Dimeregramma minor</i>	-	+

Продолжение табл. 4.3			
1.	2	3	4
34.	<i>Diploneis bombus</i>	+	+
35.	<i>D. chersonensis</i>	+	-
36.	<i>D. lineata</i>	-	+
37.	<i>D. littoralis</i>	-	+
38.	<i>D. splendida</i>	-	+
39.	<i>D. smithii</i>	+	+
40.	<i>D. smithii</i> var. <i>pumila</i>	-	+
41.	<i>Donkinia carinata</i>	-	+
42.	<i>Entomoneis paludosa</i>	+	+
43.	<i>Falcula media</i> var. <i>subsalina</i>	+	+
44.	<i>Fallacia pygmaea</i>	-	+
45.	<i>Gyrosigma fasciola</i>	-	+
46.	<i>Glyphodesmis distans</i>	-	+
47.	<i>G. marina</i>	+	+
48.	<i>Gyrosigma prolongatum</i>	+	-
49.	<i>Halamphora coffeiformis</i>	+	+
50.	<i>H. hyalina</i>	+	+
51.	<i>Halamphora terroris</i>	+	-
52.	<i>Haslea ostrearia</i>	+	+
53.	<i>H. subagnita</i>	+	+
54.	<i>Hyalosira delicatula</i>	+	+
55.	<i>Licmophora abbreviata</i>	+	+
56.	<i>L. dalmatica</i>	+	+
57.	<i>L. flabellata</i>	+	+
58.	<i>L. gracilis</i>	+	-
59.	<i>L. hastata</i>	+	+
60.	<i>L. hyalina</i> *	-	+
61.	<i>L. oedipus</i>	-	+
62.	<i>L. paradoxa</i>	+	-
63.	<i>Lyrella clavata</i>	+	-
64.	<i>Lyrella lyroides</i>	-	+
65.	<i>Mastogloia exigua</i>	-	+
66.	<i>Melosira lineata</i>	+	+
67.	<i>M. moniliformis</i> var. <i>moniliformis</i>	+	-
68.	<i>M. moniliformis</i> var. <i>subglobosa</i>	-	+
69.	<i>Navicula ammophila</i> var. <i>intermedia</i>	-	+
70.	<i>Navicula antonii</i> *	+	-
71.	<i>N. cancellata</i>	+	+
72.	<i>N. cryptocephala</i>	-	+
73.	<i>N. directa</i>	+	+

Продоление табл. 4.3			
1	2	3	4
74.	<i>N. distans</i>	+	+
75.	<i>N. menisculus</i>	-	+
76.	<i>N. pennata</i> var. <i>pontica</i>	+	-
77.	<i>N. perrhombus</i>	+	+
78.	<i>N. ramosissima</i>	+	+
79.	<i>N. salinarum</i>	+	+
80.	<i>Neosynedra provincialis</i>	-	+
81.	<i>Nitzschia communis</i>	-	+
82.	<i>N. distans</i>	-	+
83.	<i>N. hybrida</i> f. <i>hyalina</i>	+	+
84.	<i>N. lanceolata</i>	+	-
85.	<i>N. longissima</i>	+	+
86.	<i>N. sigma</i> var. <i>sigma</i>	+	+
87.	<i>N. sigma</i> var. <i>intercedens</i>	-	+
88.	<i>N. sigmoidea</i>	+	-
89.	<i>N. spathulata</i>	-	-
90.	<i>N. vermicularis</i>	-	+
91.	<i>N. vidovichii</i>	-	+
92.	<i>N. tenuirostris</i>	+	+
93.	<i>Parlibellus delognei</i>	+	+
94.	<i>P. hamulifer</i>	-	+
95.	<i>Petroneis monilifer</i>	+	-
96.	<i>Petroneis</i> sp. 1 *	-	+
97.	<i>Pinnularia interrupta</i>	-	+
98.	<i>Plagiotropes lepidoptera</i>	+	+
99.	<i>Pleurosigma angulatum</i>	-	+
100.	<i>P. elongatum</i>	+	+
101.	<i>P. inflatum</i>	-	+
102.	<i>P. normanii</i>	-	+
103.	<i>P. salinarium</i>	-	+
104.	<i>Psammodictyon panduriforme</i>	+	+
105.	<i>P. panduriforme</i> var. <i>minor</i>	-	+
106.	<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	-	+
107.	<i>Rhabdonema arcuatum</i>	-	+
108.	<i>Rhaphoneis amphiceros</i>	+	-
109.	<i>Rhoicosphenia marina</i>	-	+
110.	<i>Rhopalodia gibberula</i>	+	+
111.	<i>Surirella ovata</i>	-	+
112.	<i>Seminavis ventricosa</i>	+	+
113.	<i>Striatella unipunctata</i>	+	+
114.	<i>Synedrosphenia crystallina</i>	+	+

Продолжение табл. 4.3			
1	2	3	4
115.	<i>Thalassiosira eccentrica</i>	+	+
116.	<i>Tabularia fasciculata</i>	+	+
117.	<i>T. parva</i>	+	+
118.	<i>T. tabulata</i>	+	+
119.	<i>Trachyneis aspera</i>	+	+
120.	<i>Tryblionella coarctata</i>	+	+
121.	<i>T. hungarica</i>	+	-
122.	<i>T. punctata</i>	-	+
123.	<i>Undatella lineolata</i>	+	+
124.	<i>U. quadrata</i>	+	+
Всего:		71	106
Общие:		53	
Итого:		124	

Примечание. * — новые виды для зал. Донузлав Чёрного моря

При сравнительном анализе нами использованы 10 видов макрофитов (всего 111 проб), из них 6 видов: бурые *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata*, красная *Gelidium spinosum*, зелёные *Cladophora coelotrix*, *Cladophora vadorum* и *Ulva compressa*, а также 4 вида харовых: *Lamprothamnium papulosum* и цветковых растений : *Zostera marina*, *Ruppia cirrhosa* и *Stuckenia pectinata*, в которых обнаружено 106 таксонов ДВ (Рябушко и др., 2021; Широян, 2022). Наиболее часто встречаемые виды в эпилите и эпифите залива были колониальные виды *Berkeleya rutilans*, *Licmophora abbreviata*, *Melosira moniliformis*, а также одиночноживущие *Cylindrotheca closterium*, *Halamphora hyalina*, *Cocconeis scutellum* и др., указанные на камнях Карадага (Чепурнов, 1988), бухты Карантинная (Ли, Рябушко, 2010) и в других акваториях Крыма (Рябушко, 2013).

В эпилите залива редко и единично встречены *Caloneis formosa* var. *densestriata*, *Licmophora gracilis*, *Halamphora terroris*, а также *Rhaphoneis amphiceros* характерный для песчаного грунта, вероятно, был занесён на поверхность камней вместе с песком (таблица 4.3).

В эпифитоне зал. Донузлав три вида ДВ впервые отмечены для крымского побережья и Чёрного моря: *Anaulus maritimus*, найденный в сентябре 2019 г. в эпифитоне морской травы *Stuckenia pectinata* при 22 °С, впервые описан для Японского моря (Николаев, 1969). Этот вид найден и в эпифитоне бурой водоросли *G. barbata* в феврале 2020 г. на глубине 0,3 м, а *Donkinia carinata* отмечена на этом же виде макрофита в декабре 2019 г. на глубине 1 м при $t_{\text{воды}} = 8,9$ °С, а также *Licmophora hyalina*, указанная в эпифитоне *E. crinita* в апреле 2019 г. на глубине 0,2 м при $t_{\text{воды}} = 10,6$ °С (Рябушко и др., 2021; Широян, 2022).

Анализ эколого-флористических характеристик двух экотопов эпилитона/эпифитона показал, что соответственно преобладают бентосные формы 88/84 %, морские 47/55 % и солоноватоводно-морские 39/32 %, бета-мезосапробионты 53/49 % и космополиты 34/30 %. В результате получены новые сведения, подтверждающие данные о том, что видовое разнообразие диатомовых эпифитона макрофитов выше, чем эпилитона твёрдых субстратов

Выводы к главе 4.

1. Изучен видовой комплекс ДВ эпилитона каменистых грунтов залива Донузлав, его марихозийств и сравнение двух экотопов - эпилитон/эпифитон в разные сезоны 2018-2020 годы. Лично автором обнаружено в эпилитоне 75 таксонов Bacillariophyta, из них 59 новых (32 рода), отмеченных впервые автором, включая район марихозийств – 52.
2. Все виды принадлежат к 3-м классам, 13 порядкам, 20 семействам, 38 родам. По сезонам отмечено: зимой – 32, весной – 50, летом – 42 и осенью – 37, включая 10 круглогодичных видов: *Berkeleya rutilans*, *Achnanthes longipes*, *Cocconeis scutellum*, *Grammatophora marina*, *Cylindrotheca closterium*, *Halamphora hyalina*, *Caloneis liber*, *Trachyneis aspera*, *Navicula perrhombus* и *Synedrosphenia crystallina* известных в крымском побережье. Преобладают бентосные виды (88 %), морские (47 %), солоноватоводно-морские (39 %), β -мезосапробионты (53 %) и космополиты (34 %).

3. В эпилите залива и районе марихозьяйств отмечено близкое соотношение наибольших величин бентосных форм 88/86 %, морских (47/49 %) и солоноватоводно-морских (39/43 %), бета-мезосапробионтов (53/54 %) и космополитов (34/43 %).
4. Максимальные показатели коэффициента сходства отмечены в летние месяцы (0,61 – 0,73), минимальные зимой (0,1 – 0,3).
5. Сравнительный анализ флор ДВ двух экотопов залива: эпилитон/эпифитон, показал 124 вида, из них 53 были общими с преобладанием бентосных, морских и солоноватоводно-морских видов, β -мезосапробионтов и космополитов. Наиболее часто встреченные колониальные виды *Berkeleya rutilans*, *Licmophora abbreviata*, *Melosira moniliformis*, а также одиночноживущие *Cylindrotheca closterium*, *Halamphora hyalina*, *Cocconeis scutellum*, обычные для крымского побережья Чёрного моря.

ГЛАВА 5

ВИДОВОЕ И ЭКОЛОГО-ФИТОГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ
BACILLARIOPHYTA ЭПИЛИТОНА ИНКЕРМАНСКОЙ БУХТЫ

5.1 Таксономическая структура Bacillariophyta

Анализ таксономической структуры ДВ, обнаруженных в течение 2018–2019 гг. в эпилите Инкерманской бухты на постоянной станции (см. рис. 2.11), показал, что отдел Bacillariophyta представлен 61 видом и ввт (Приложение IV), принадлежащих к 3 классам, 13 порядкам, 21 семейству, 37 родам (таблица 5.1).

Таблица 5.1 — Таксономическая структура Bacillariophyta эпилитона Инкерманской бухты

Класс	Количество			
	порядок	семейство	род	Вид и ввт
Coscinodiscophyceae	2	3	3	3
Fragilariophyceae	4	4	5	9
Bacillariophyceae	7	14	29	49
Итого:	13	21	37	61

К классу Coscinodiscophyceae относится 3 вида, принадлежащие 2-м порядкам *Thalassiosirales* и *Melosirales*, семействам *Talassiosiraceae*, *Melosiraceae* и *Hyalodiscaceae*, родам *Thalassiosira*, *Melosira* и *Hyalodiscus*.

К классу Fragilariophyceae относится 9 видов, 4 порядка *Fragilariales*, *Licmophorales*, *Ardissoneales* и *Striatellales*, 4 семейства *Fragilariaceae*, *Licmophoraceae*, *Ardissoneaceae* и *Striatellaceae* и 5 родов *Tabularia*, *Licmophora*, *Synedrosphenia*, *Striatella* и *Grammatophora*.

В классе Bacillariophyceae отмечено 49 видов, 7 порядков: *Achnanthales*, *Naviculales*, *Thalassiosiphysales*, *Bacillariales*, *Surirellales* и *Rhaphoneidales*, *Cymbellales*, 14 семейств: *Lyrellaceae*, *Achnanthaceae*, *Cocconeidaceae*,

Amphipleuraceae, Berkeleyaceae, Diploneidaceae, Naviculaceae, Pleurosigmaaceae, Plagiotropidaceae, Catenulaceae, Bacillariaceae, Entomomeidaceae, Surirellaceae, Rhoicospheniaceae, 29 родов : *Achnanthes, Cocconeis, Halamphora, Parlibellus, Berkeleya, Diploneis, Navicula, Trachyneis, Seminavis, Haslea, Caloneis, Pleurosigma, Gyrosigma, Donkinia, Proschkinia, Amphora, Undatella, Bacillaria, Psammodictyon, Petroneis, Tryblionella, Nitzschia, Hantzschia, Cylindrotheca, Rhopalodia, Surirella, Campylopyxis, Rhoicosphenia* и *Neosynedra*.

Наиболее встречаемыми в эпилитоне бухты являются виды класса *Bacillariophyceae*, обладающие элементами прикрепления к субстрату, либо с помощью слизи, выделяемой изнутри клетки, они способны прикрепляться к поверхности субстратов или двигаться, либо образовывать колонии, имеющие порою макроформы, свободно плавающие или прикреплённые одним концом к субстрату. Среди них также встречаются одиночноживущие формы, которые способны иногда двигаться довольно быстро по субстрату, или могут находиться внутри трубчатых колоний.

Некоторые виды являются бентопланктонными, способными обитать в двух биотопах — фитопланктоне и микрофитобентосе морей. Поэтому исследования пелагических и бентосных микроводорослей важны как по отдельности, так и совместно для того, чтобы в дальнейшем чётко определить виды по биотопам их обитания.

5.2 Видовой состав диатомовых водорослей и их экологические и фитогеографические характеристики

По аналогии с зал. Донузлав (см. Глава 4), проведён анализ видовой структуры, экологических и фитогеографических характеристик ДВ, используемых в ботанических работах, что является важным и широко используемым для анализа морских флористических данных, в частности ДВ микрофитобентоса (Рябушко, 2013). Поэтому остановимся на данных, полученных для Инкерманской бухты (рисунки 5.1–5.4, таблица 5.2).

Среди жизненных форм ДВ преобладают бентосные с максимальным числом видов (90 %), а также бентопланктонные (8 %) и планктонные (2 %), осевшие на дно (рисунок 5.1).

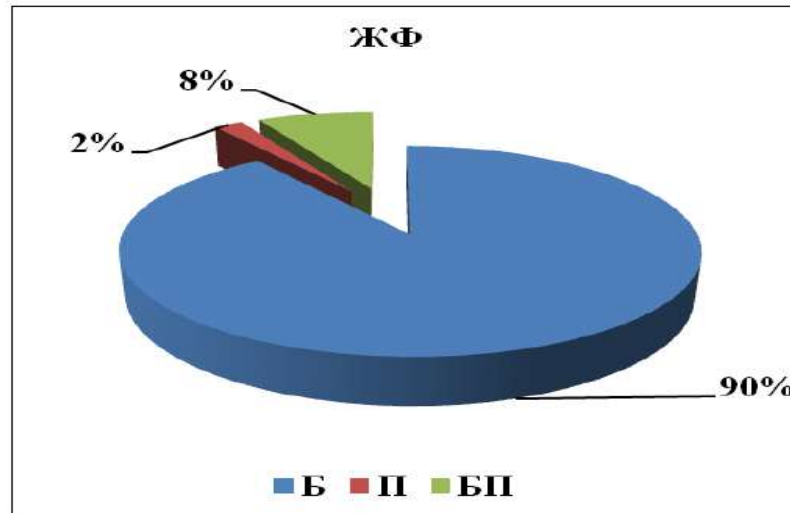


Рисунок 5.1 — Жизненные формы ДВ эпилитона Инкерманской бухты : Б – бентосные, П – планктонные, БП – бентопланктонные

Анализ ДВ по их отношению к солёности воды показал, что преобладают морские формы (51 %) и солоноватоводно-морские (36 %), практически отсутствуют пресноводные виды (рисунок 5.2).

Показатели индекса сапробности всё ещё недостаточно изучены для бентосных видов ДВ, которые здесь представлены с преобладанием бета-мезосапробионтов (67 %) – показателей умеренного загрязнения вод органическими веществами, что в целом характерно для крымского побережья Чёрного моря. 2-е месте занимают альфа-мезосапробионты, составляющие (14 %) и в меньших количествах отмечены другие (рисунок 5.3).

Фитогеографические элементы флоры ДВ по литературным источникам показали, что доминируют космополиты – 38 %, равные доли занимают бореально-тропические и аркто-бореально-тропические по 23 %, а также бореальные и аркто-бореальные – по 8 % (рисунок 5.4).

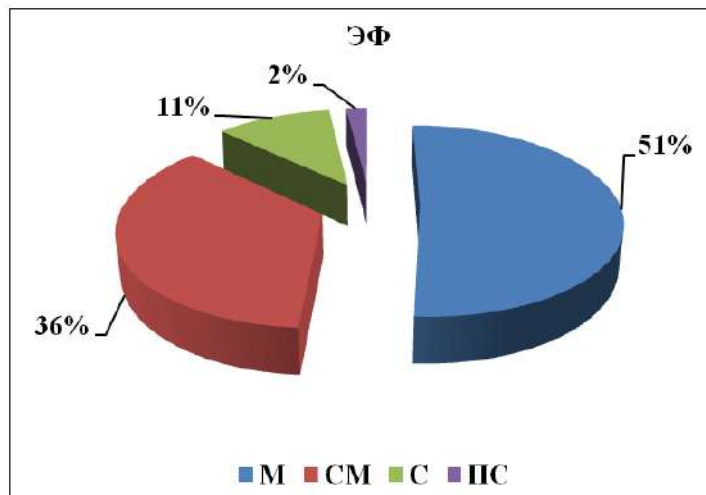


Рисунок 5.2 — Экологическая характеристика отношения ДВ эпилитона Инкерманской бухты к солёности воды : М – морские формы, СМ – солоноватоводно-морские, С – солоноватоводные и ПС – пресноводно-солоноватоводные

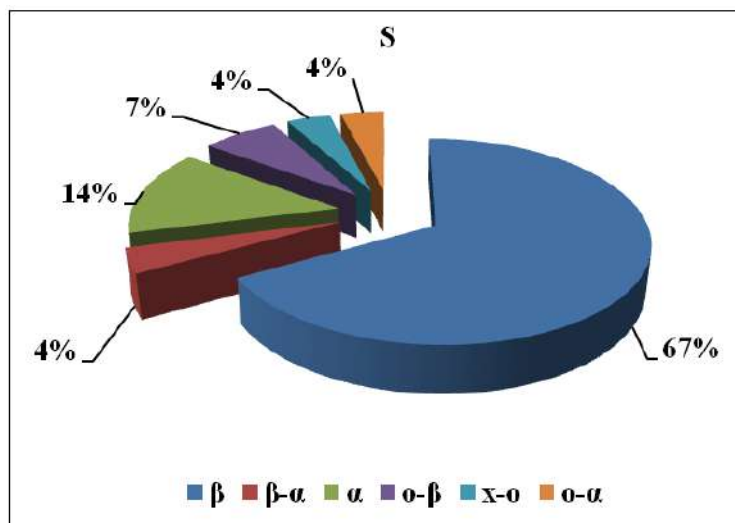


Рисунок 5.3 — Диатомовые водоросли – индикаторы сапробности вод Инкерманской бухты и их индексы сапробности : β – мезосапробионты, β - α – мезосапробионты, α – мезосапробионты, o - β – мезосапробионты, x - o – сапробионты, o - α – мезосапробионты

Встречаемость ДВ в Инкерманской бухте по сезонам представлена в таблице 5.2.

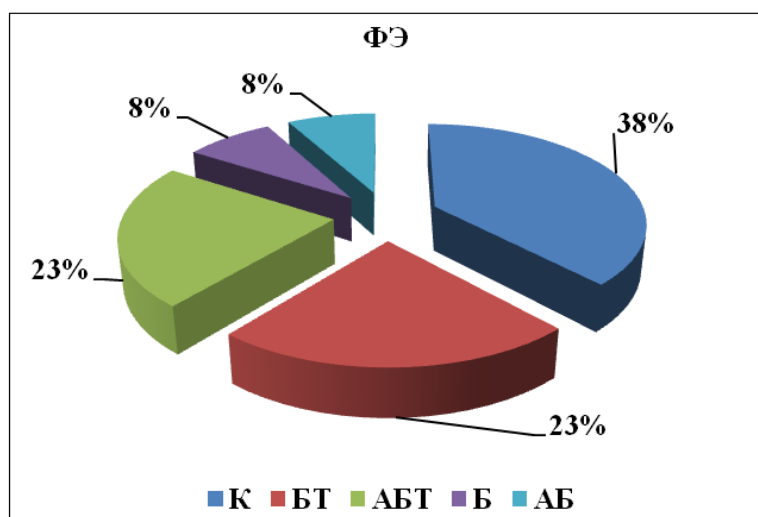


Рисунок 5.4 — Фитогеографические элементы флоры ДВ эпилитона Инкерманской бухты : К – космополитные, БТ – бореально-тропические, АБТ – аркто-бореально-тропические, Б – бореальные и АБ – аркто-бореальные

Таблица 5.2 — Список встречаемости диатомовых водорослей в эпилитоне каменистых грунтов Инкерманской бухты по сезонам

Таксоны	Сезон			
	Зима	Весна	Лето	Осень
1	2	3	4	5
<i>Achnanthes brevipes</i>	–	–	–	+
<i>Achnanthes longipes</i>	–	+	–	–
<i>Amphora ovalis</i>	+	–	–	–
<i>Bacillaria paxillifer</i>	+	+	–	–
<i>Berkeleya rutilans</i>	+	+	+	+
<i>Caloneis formosa</i> var. <i>densestriata</i>	+	–	–	–
<i>Campylopyxis garkeana</i>	–	–	–	+
<i>Caloneis liber</i>	+	+	+	+
<i>Cocconeis costata</i>	+	+	+	+
<i>Cocconeis scutellum</i>	+	+	–	–
<i>Cylindrotheca closterium</i>	+	+	+	+
<i>Diploneis smithii</i>	–	+	–	+
<i>Donkinia carinata</i>	+	+	–	–
<i>Grammatophora marina</i>	+	+	+	+
<i>Gyrosigma balticum</i>	–	–	–	+
<i>Halamphora coffeiformis</i>	–	–	–	+
<i>Halamphora hyalina</i>	+	+	+	–
<i>Halamphora terroris</i>	+	–	–	–
<i>Hantzschia marina</i>	–	+	–	–

Продолжение табл. 5.2				
1	2	3	4	5
<i>Haslea ostrearia</i>	–	–	+	–
<i>Haslea subagnita</i>	+	–	+	+
<i>Hyalodiscus scoticus</i>	–	–	+	–
<i>Licmophora abbreviata</i>	+	+	+	–
<i>Licmophora communis</i>	–	–	+	–
<i>Licmophora flabellata</i>	+	+	+	–
<i>Melosira lineata</i>	+	–	+	+
<i>Navicula cancellata</i>	+	–	+	+
<i>Navicula directa</i>	+	–	–	–
<i>Neosynedra provincialis</i>	–	+	–	–
<i>Nitzschia hybrida</i> f. <i>hyalina</i>	+	+	+	+
<i>Nitzschia lanceolata</i>	+	–	–	–
<i>Nitzschia longissima</i>	–	+	–	–
<i>Nitzschia sigma</i>	+	+	–	+
<i>Nitzschia tenuirostris</i>	–	–	–	+
<i>Nitzschia vermicularis</i>	+	–	–	–
<i>Parlibellus delognei</i>	+	–	–	–
<i>Parlibellus hamulifer</i>	–	+	–	+
<i>Petroneis granulata</i>	–	+	–	–
<i>Petroneis monilifer</i>	–	+	–	–
<i>Pleurosigma angulatum</i>	+	–	–	–
<i>Pleurosigma elongatum</i>	–	–	–	+
<i>Pleurosigma intermedium</i>	–	+	–	–
<i>Pleurosigma marinum</i>	+	–	–	–
<i>Proschkinia poretzskiae</i>	–	–	–	+
<i>Psammodyction panduriforme</i>	+	–	+	–
<i>Rhoicosphenia marina</i>	–	+	–	–
<i>Rhopalodia gibberula</i>	–	+	–	–
<i>Seminavis ventricosa</i>	+	–	–	+
<i>Striatella unipunctata</i>	+	+	+	–
<i>Synedrosphenia crystallina</i>	–	+	–	–
<i>Tabularia fasciculata</i>	–	+	–	+
<i>Tabularia parva</i>	+	+	+	+
<i>Tabularia tabulata</i>	–	+	+	–
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	–	–	+	+
<i>Trachyneis aspera</i>	+	–	+	+
<i>Tryblionella coarctata</i>	–	+	–	+
<i>Undatella lineolata</i>	+	–	+	+
Всего: 61	33	32	25	28

Анализируя ежемесячную сезонную динамику значений коэффициента Сёрнсена, показывающего степень изменчивости видового состава ДВ в Инкерманской бухте в течение сезонов за 2018 – 2019 гг. (рисунок 5.5).

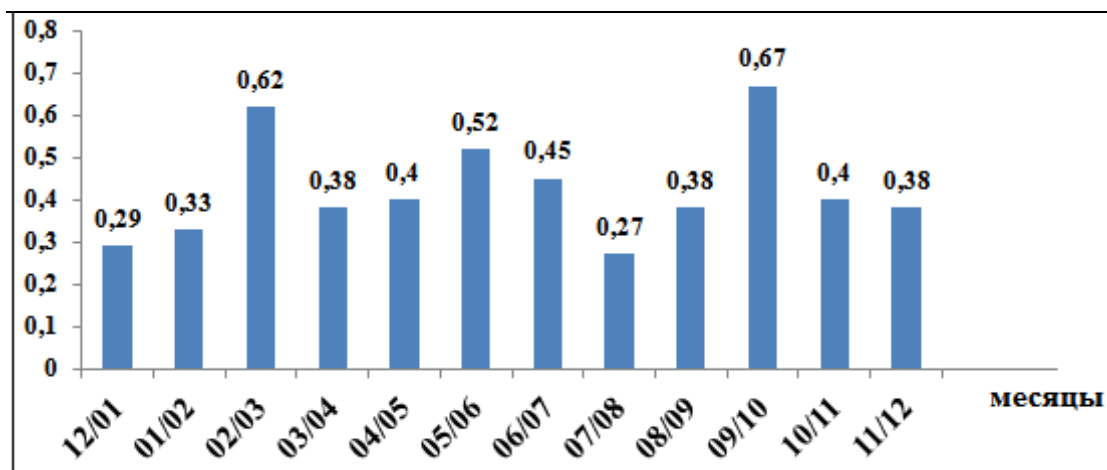


Рисунок 5.5 — Ежемесячная динамика средних значений коэффициента Сёрнсена (K_S) ДВ в Инкерманской бухте за период 2018 – 2019 гг.

В течение годового цикла изучения можно отметить наибольшие показатели коэффициента для марта (0,62), июня (0,52) и октября (0,67), характеризующие наибольшую стабильность видового состава. Минимальные величины, соответствующие повышенной изменчивости сообщества ДВ, отмечены в январе 0,29 и августе 0,27 из-за нестабильных сходных условий.

Аналогично заливу Донузлав, был проведён классический кластерный анализ уровня сходства между видами ДВ по частоте их встречаемости (рисунок 5.6) и между видовыми сообществами по сезонам (рисунок 5.7). По частоте встречаемости ДВ эпилимна Инкерманской бухты были выделены две группы видов с низким уровнем сходства между ними (рисунок 5.6). Это объясняется тем, что бóльшая группа состоит из видов, обнаруженных часто, а мёньшая – из видов, зарегистрированных редко или практически единично.

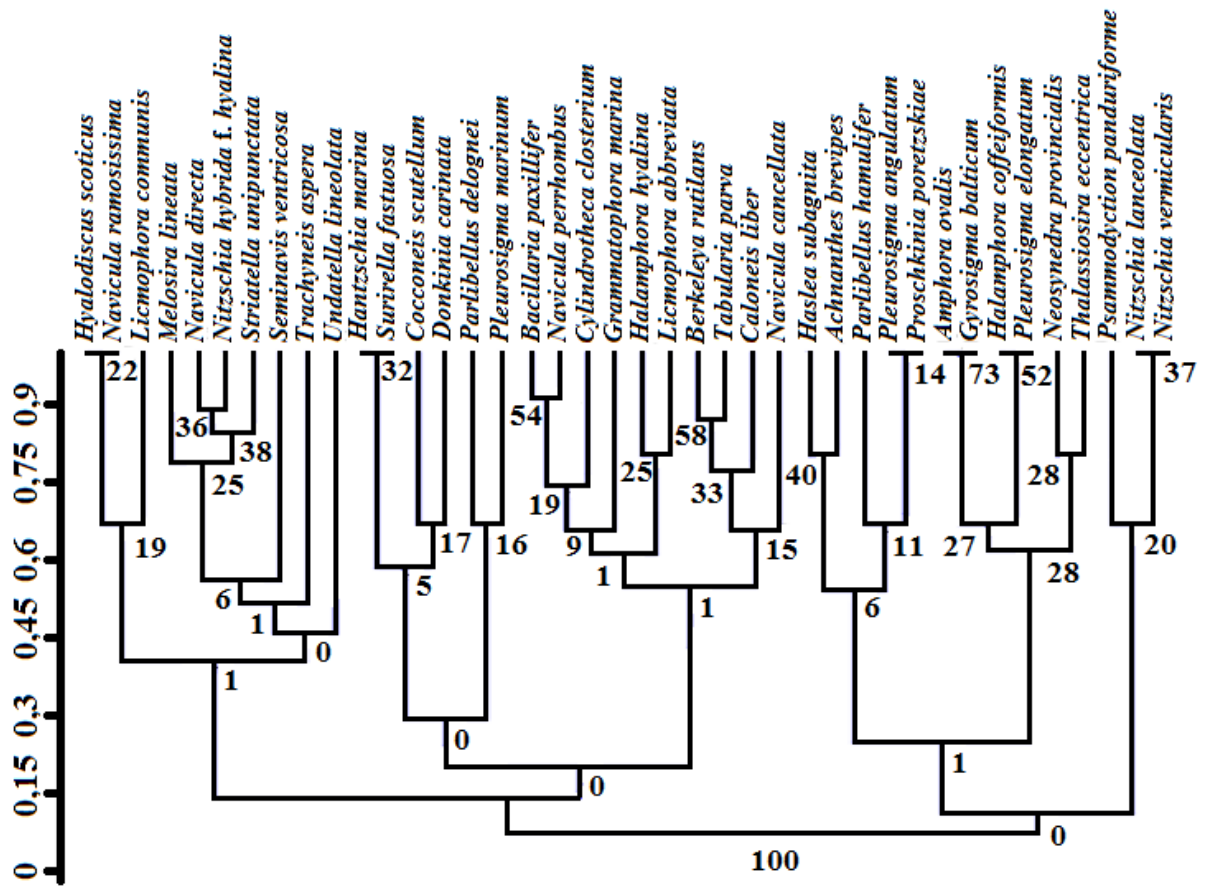


Рисунок 5.6 — Дендрограмма сходства встречаемости видов диатомовых водорослей эпилимтона Инкерманской бухты (по принципу присутствия/отсутствия) по сезонам (числа под дендрограммой – бутстрэп поддержка)

По кластерному анализу уровня сходства между видовыми сообществами по сезонам отмечены две выборки по месяцам, характеризующиеся низким сходством видового состава между собой, около 0,25, что подтверждается высоким значением бутстрэп поддержки (рисунок 5.7).

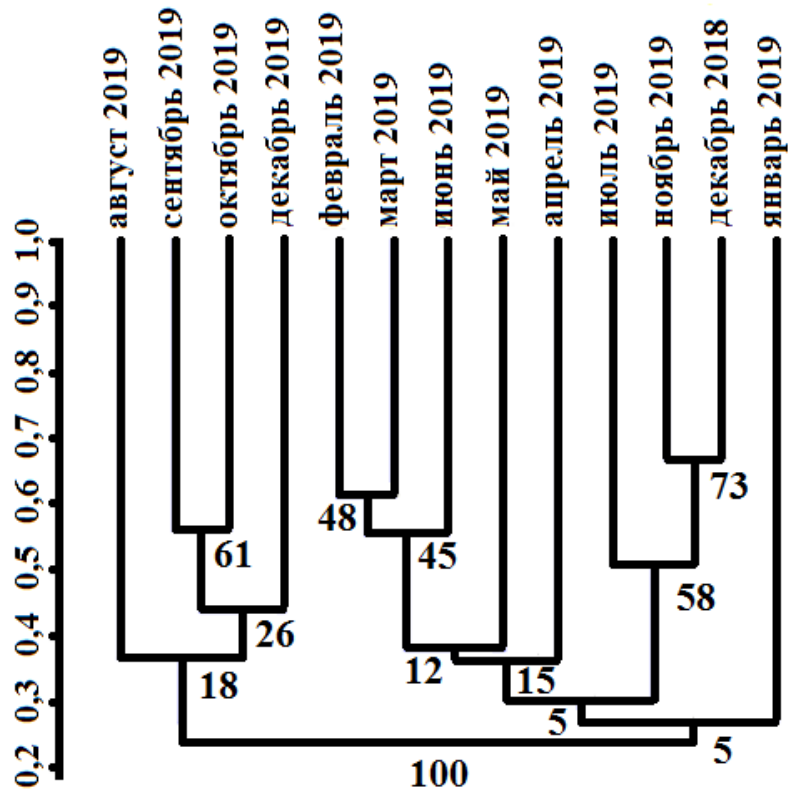


Рисунок 5.7 — Дендрограмма сходства сообществ по принципу присутствия/отсутствия видов диатомовых водорослей эпилимтона Инкерманской бухты по сезонам (числа под дендрограммой – бутстрэп поддержка)

Большая группа включает в себя девять месяцев, из которых восемь (включая декабрь 2018 – июль 2019 гг.) первые месяцы отбора проб. А меньшая группа включает осенние месяцы. Из этого следует качественное изменение видового состава сообществ ДВ эпилимтона в бухте в июле-августе 2019 г.

5.3 Сравнительный анализ флор диатомовых водорослей залива Донузлав и Инкерманской бухты

В эпилимтоне каменистых грунтов зал. Донузлав и Инкерманской бухты всего обнаружено 125 таксонов ДВ, из них 75 в заливе и 61 в бухте (Приложение II-IV), в том числе по сезонам года: зимой – 31/33, весной – 50/32, летом – 42/25 и осенью – 37/28, включая 10/8 круглогодично встречающихся видов. В целом для

2-х районов отмечено 56 общих видов. Преобладают бентосные формы (87/90 %) от общего количества обнаруженных видов, а также встречаются в меньших количествах бентопланктонные и крайне мало отмечено планктонных видов, осевших с толщи воды на дно (таблица 5.3).

Таблица 5.3 — Жизненные формы (%) ДВ эпилимтона залива Донузлав и Инкерманской бухты

Жизненные формы	Залив Донузлав	Инкерманская бухта
Бентосные	87	90
Бентопланктонные	11	8
Планктонные	2	2
Всего:	100%	100%

Наибольшие значения коэффициента общности видов в течение годовой динамики характерны для летних месяцев в диапазоне 0,61 – 0,73, а минимальные значения отмечены зимой – 0,29 и летом – 0,27 из-за нестабильных сходных условий, соответствующих повышенной изменчивости сообществ ДВ. Эти данные несколько ниже, полученных для зал. Донузлав, но всё ещё превышают 50 %. В среднем изменчивость видового сообщества ДВ в это время составляет 87 %, что является наибольшей за весь период исследования.

В Инкерманской бухте по сезонам года встречается количество видов ДВ: зимой – 33, весной – 32, летом – 25 и осенью – 28, включая 8 круглогодичных видов. Максимальные показатели коэффициента сходства обнаружены весной 0,62 и осенью 0,67, несмотря на разницу температуры и солёности воды (см. Глава 2). Преобладают морские формы (51 %) и солоноватоводно-морские (36 %), показатели индекса сапробности ДВ представлены с доминированием бета-мезосапробионтов (67 %); космополитов – 38 %, равные доли занимают бореально-тропические и аркто-бореально-тропические – по 23 %

В эпилимтоне зал. Донузлав и Инкерманской бухты обнаружено 74/61 таксон, в том числе по сезонам года: зимой – 31/33, весной – 50/32, летом – 42/25 и осенью – 37/28, включая 10/8 круглогодично встречающихся видов.

Исходя из данных коэффициента Сёренсена, нами отмечено, что чем выше его значения, тем выше сходство между сравниваемыми районами зал. Донузлав и Инкерманской бухты, и наоборот.

По отношению ДВ к солёности воды в море можно отметить некоторое сходство между рассматриваемыми районами. Так, доминантами как в бухте, так и заливе, являются морские и солоноватоводно-морские виды (таблица 5.4).

Таблица 5.4 — Отношение диатомовых водорослей к солёности воды (%) в эпицитоне каменистых грунтов Инкерманской бухты и залива Донузлав

Экологические формы	Инкерманская бухта	Залив Донузлав
Морские	51	45
Солоноватоводно-морские	36	40
Солоноватоводные	11	11
Пресноводно-солоноватоводные	2	4
Всего:	100%	100%

В результате анализа флоры диатомовых водорослей по индексам сапробности воды в районах исследования с использованием литературных источников установлено сходное распределение с преобладанием бетамезосапробионтов (67 %) в Инкерманской бухте, чем в заливе (табл. 5.5).

Таблица 5.5 — Виды-индикаторы сапробности воды ДВ (%) эпицитона залива Донузлав и Инкерманской бухты

Индекс сапробности	Залив Донузлав	Инкерманская бухта
β – мезосапробионты	52	67
β - α – мезосапробионты	11	4
α – мезосапробионты	11	14
o – сапробионты	8	-
o - β – мезосапробионты	8	7
x - o – сапробионты	5	4
o - α – мезосапробионты	5	4
Всего:	100 %	100 %

Также проведён анализ фитогеографических элементов флоры ДВ в зависимости от ареалов распространения видов, что существенно дополняет общую характеристику вод в каждом районе исследования. Наибольший вклад во флору бухты и залива вносят космополиты 36 и 38 %, а также представители бореально-тропических и аркто-бореально-тропических видов занимают доли в обоих районах: 22 и 23 % (таблица 5.6).

Таблица 5.6 — Фитогеографические элементы (%) ДВ эпилимнона залива Донузлав и Инкерманской бухты

Фитогеографические элементы	Залив Донузлав	Инкерманская бухта
Космополиты	43	38
Бореально-тропические	20	23
Аркто-бореально-тропические	21	23
Бореальные	8	8
Аркто-бореальные	8	8
Всего:	100 %	100 %

Таким образом, в эпилимноне каменистых грунтов зал. Донузлав и Инкерманской бухты по всем исследуемым показателям наблюдается высокое сходство. Возможно, это можно объяснить близкими сезонами изучения флоры ДВ. Сравнительный анализ данных по изучению эпилимнона ДВ указанных районов исследования с литературными источниками показал ряд общих сходных черт, характерных для ДВ микрофитобеноса разных экотопов Чёрного, Азовского и Японского морей (Рябушко, 2009; Балычева, 2014; Рябушко, Бегун, 2015; Бондаренко, 2017; Широян и др., 2021; Широян, 2022).

Выводы к главе 5.

1. В Инкерманской бухте обнаружен 61 таксон ДВ, принадлежащий к 3-м классам, 13 порядкам, 21 семейству, 37 родам. По сезонам отмечено: зимой – 33, весной – 32, летом – 25 и осенью – 28, включая 8 круглогодично встречающихся видов.

2. Преобладают бентосные формы (90 %), морские (51 %) и солоноватоводно-морские (36 %), бета-мезосапробионты (67 %), космополиты (38 %). Наибольшие показатели коэффициента Сörenсена в бухте были в марте (0,62), июне (0,52) и октябре (0,67), минимальные (0,29 и 0,27) в январе и августе, соответственно.
3. Представлены сравнительные данные ДВ эпилимтона Инкерманской бухты и зал. Донузлав. Обнаружено 61/74 таксонов, в том числе по сезонам года: зимой – 30/32, весной – 32/50, летом – 25/42 и осенью – 28/37, включая 8/10 круглогодично встречающихся видов.
4. Доминантами как в бухте, так и заливе являются бентосные виды (90/88), морские (51/47%), солоноватоводно-морские (36/39), β -мезосапробионты (67/53) и космополиты (38/34). Наибольшие показатели коэффициента сходства видов в бухте отмечены в марте (0,62), июне (0,52) и октябре (0,67), минимальные (0,29 и 0,27) в январе и августе, соответственно.
5. Подготовлены иллюстрации некоторых видов диатомовых водорослей, выполненных в СМ и СЭМ (Приложение V).

ГЛАВА 6

**СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
СООБЩЕСТВ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ ЭПИЛИТОНА ЗАЛИВА
ДОНУЗЛАВ И ИНКЕРМАНСКОЙ БУХТЫ**

Наряду с изучением видового и эколого-фитогеографического разнообразия диатомовых водорослей эпипитона двух районов в 2018-2020 гг. (см. главы 4 и 5) в настоящей главе нами представлен анализ количественных данных сезонной динамики сообществ диатомовых водорослей. Эти показатели существенно дополняют раскрытия особенностей формирования сообществ на одних и тех же типах субстратов в 2-х разных районах крымского побережья Чёрного моря, и сравнить их между собой.

6.1 Динамика обилия видов, численности, биомассы и структурных показателей сообществ диатомовых водорослей эпипитона в заливе Донузлав

Проанализированы количественные пробы ДВ эпипитона по ключевым количественным показателям: обилие видов (S), численность (N) и биомасса (B) и структурные показатели сообществ диатомовых водорослей эпипитона по сезонам. Эти данные помогли выявить некоторую зависимость этих значений в зал. Донузлав от температуры, солёности, глубины и сезона года. Установлено, что максимальные предельные значения обилия видов (18 видов), общей численности ($254,0 \cdot 10^3$ кл. \cdot см $^{-2}$) и биомассы ($1,15$ мг \cdot см $^{-2}$) сообществ ДВ отмечены летом (таблица 6.1).

Однако их средние величины летом и весной были близкими, а минимальные значения характерны для осенних и зимних месяцев. Наибольшие значения индекса Shannon-Weaver ($H = 3,26$) отмечены в мае при $20,7$ °C (рисунок 6.1), что характеризует сообщества ДВ залива наиболее равномерным распределением видов по численности.

Таблица 6.1 — Количественные характеристики донных сообществ диатомовых водорослей в заливе Донузлав по сезонам 2018 – 2020 гг.

Время года	$T, ^\circ\text{C}$	$S, \text{‰}$	$N \cdot 10^3 \text{ кл.} \cdot \text{см}^{-2}$	$B, \text{ мг} \cdot \text{см}^{-2}$
Весна	13,8 (10,0 – 20,7)	14 (11 – 18)	143 (126,31 – 157,57)	0,363 (0,218 – 0,510)
Лето	23,5 (20,6 – 25,3)	14 (10 – 18)	137 (68,3 – 254,0)	0,447 (0,19 – 1,15)
Осень	17,3 (14,1 – 22,0)	11 (9 – 14)	106 (14,8 – 154,6)	0,278 (0,037 – 0,486)
Зима	8,6 (7,0 – 9,8)	10 (9 – 11)	52 (57,05 – 63,54)	0,150 (0,112 – 0,322)

Примечание. S – обилие видов ДВ при учёте в камере Горяева.

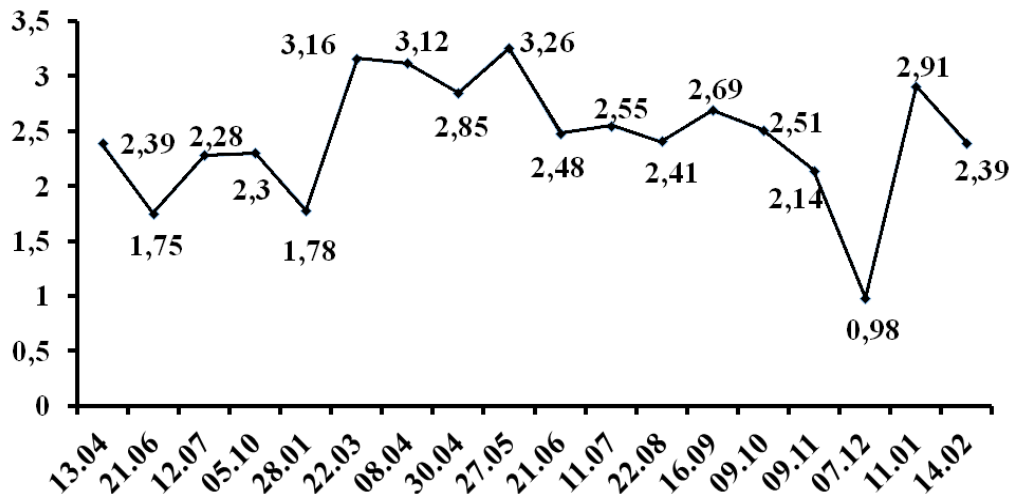


Рисунок 6.1 — Сезонная динамика индекса Shannon-Weaver (H) диатомовых водорослей в заливе Донузлав

Проведён анализ также индекса выровненности видов Пиелу (e) в сообществах ДВ, который во многом схож по своей динамике с индексом Шеннона. Это связано с их прямой взаимосвязью между собой. Максимальные и минимальные значения этого индекса наблюдаются примерно в те же месяцы: 0,31 в декабре и 0,85 в сентябре с высокими показателями весной (рисунок 6.2). Минимальные значения индекса ($H = 0,98$) можно объяснить наиболее неравномерным распределением видов в декабре (рисунок 6.1), что связано с

нестабильными условиями в море. Это вызвано тем, что при низкой температуре воды наблюдаются высокие пики доминирующих по численности видов. При высоких значениях индекс всегда стремится к нулю.

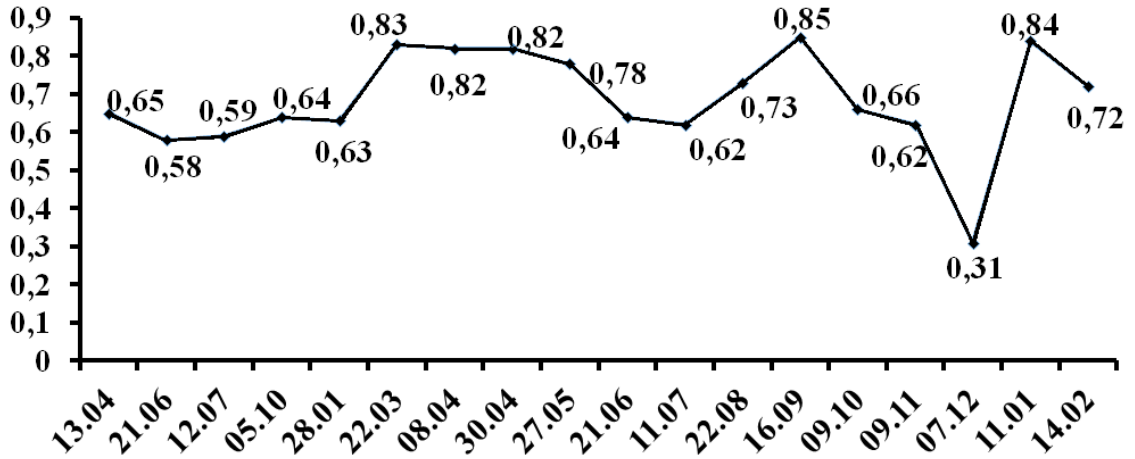


Рисунок 6.2 — Сезонная динамика средних значений индекса Пиелу (e) сообществ диатомовых водорослей в заливе Донузлав

Наибольшая выровненность видов отмечена в сентябре, а наименьшая в декабре (рисунок 6.2). Если же рассматривать динамику по сезонам, то весной, при высоких значениях индекса, общая выровненность минимальна, а летом и осенью значительно выше.

Проведён анализ количественных изменений сообществ ДВ и их доминантных видов по сезонам. Зимой (декабрь – февраль) количественные характеристики популяций и сообществ ДВ были самыми низкими (таблица 6.1). Кроме *B. rutilans* доминировал колониальный вид *Tabularia fasciculata* ($N = 21,6 \cdot 10^3$ кл. \cdot см $^{-2}$ при $B = 0,031$ мг \cdot см $^{-2}$), а также отмечены виды-субдоминанты *Nitzschia hybrida* f. *hyalina* ($N = 7,3 \cdot 10^3$ при $B = 0,029$), *Tryblionella coarctata* ($N = 9,9 \cdot 10^3$ при $B = 0,016$) и *Haslea subagnita* ($N = 11,4 \cdot 10^3$ кл. \cdot см $^{-2}$ при $B = 0,015$ мг \cdot см $^{-2}$).

В течение весенних месяцев (март – май) доминировали *B. rutilans*, *Cylindrotheca closterium* ($N = 51,2 \cdot 10^3$, $B = 0,011$) и *Licmophora abbreviata* ($N = 42,2 \cdot 10^3$, $B = 0,07$) (Приложение V), которые составляли 71 % по численности и 49 % по биомассе. Среди доминантов отмечен в марте *Haslea subagnita* ($N = 18,4 \cdot 10^3$, B

= 0,047), апреле *Navicula directa* ($N = 25,6 \cdot 10^3$, $B = 0,151$), мае *Navicula perrhombus* ($N = 15,5 \cdot 10^3$, $B = 0,051$).

В летние месяцы (июнь – август) наибольших значений ($N = 112,6 \cdot 10^3$, $B = 0,086$) популяции *B. rutilans* достигала в июне при высокой температуре воды $T = 25,3$ °С и низкой солёности 13,86 ‰ (таблица 6.2), а также субдоминанты *N. perrhombus* ($N = 61,4 \cdot 10^3$, $B = 0,094$) и *L. abbreviata* ($N = 54,4 \cdot 10^3$, $B = 0,07$). В июле и августе наблюдалось некоторое снижение температуры воды в августе до 20,6 °С, что привело к снижению общей численности, но увеличению биомассы сообществ ДВ (таблица 6.1).

Осенью (сентябрь – ноябрь) при снижении температуры воды от 22 до 19,8 °С наблюдалось уменьшение основных показателей сообществ (таблица 6.1) и их доминант: *Cocconeis scutellum* ($N = 4,5 \cdot 10^3$, $B = 0,018$), *B. rutilans* ($N = 66,5 \cdot 10^3$, $B = 0,012$), *L. abbreviata* $N = (58,4 - 43,6) \cdot 10^3$, $B = 0,285 - 0,167$, а также субдоминант *Navicula cancellata* ($N = 14,8 \cdot 10^3$, $B = 0,042$), *B. rutilans* и *C. closterium*.

В течение годового хода температура воды в заливе изменялась в зависимости от сезона года с низкими значениями в зимние месяцы, в которые численность и биомасса сообщества ДВ значительно снижались (таблица 6.1, 6.2). Наибольшие близкие значения отмечены весной и летом за счёт мелководья, когда быстрее прогревается вода. При этом показатели численности и биомассы зависят от состава массовых, в том числе доминирующих и субдоминирующих видов.

Анализ индекса Бергера-Паркера позволяет нам определить степень доминирования видов ДВ в любом из месяцев отбора проб. Проведённый анализ показал, что наибольшие значения доминирования отмечены в июле (0,58) и январе (0,56). Наименьшие – в апреле (0,28) и мае (0,26). При этом, доминирующим видом во все месяцы являлся вид *Berkeleya rutilans* (рисунок 6.3).

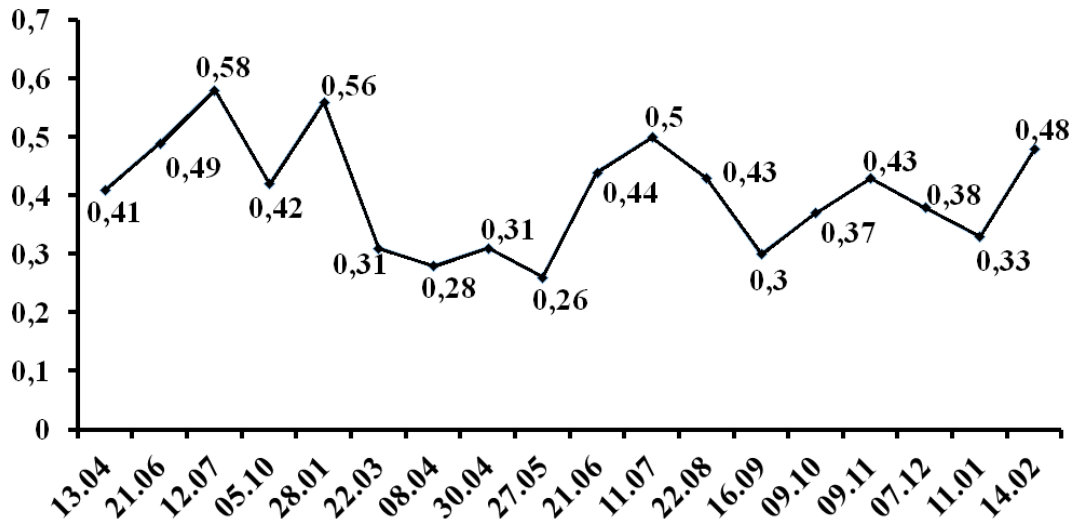


Рисунок 6.3 — Сезонная динамика индекса Бергера-Паркера (D_{BP}) популяции *Berkeleya rutilans* эпилимниона залива Донузлав

Поэтому на примере круглогодичного колониального вида *B. rutilans* (Приложение V) нами проведён анализ его количественных характеристик в зависимости от сезона и факторов среды: температуры и солёности воды (таблица 6.2). Встречаемость вида была отмечена при температурном диапазоне от 7 до 27 °С. По численности популяция *B. rutilans* составляла следующий ряд: зимой – 40 %, весной – 27 %, летом – 48 % и осенью – 35 %. По биомассе значения были низкие от 3 до 8 % всего сообщества, поскольку вид является мелкоклеточным (длина клетки в годовом диапазоне достигала от 8,6 до 24,2 мкм, ширина от 2,3 до 6,6 мкм).

Расчёт значений коэффициента ранговой корреляции Спирмена (ρ_{\max}) (таблица 6.3) показал, что численные показатели сообществ ДВ залива имеют различный уровень зависимости от таких факторов, как температура, солёность и глубина.

Таблица 6.2 — Средние значения численности (N), биомассы (B), индекса Бергера-Паркера (D_{BP}), количества клеток (n) доминирующего вида *Berkeleya rutilans* в зависимости от температуры (T) и солёности воды в заливе Донузлав по сезонам 2018 – 2020 гг.

Дата	T , °C	Солёность, ‰	Количество клеток, n	N , 10^3 кл.·см ⁻²	B , мг·см ⁻²	Индекс D_{BP}
1	2	3	4	5	6	7
13.04.18	11,0	17,81	107	45,32	0,018	0,41
21.06.18	25,0	18,50	102	84,04	0,043	0,49
12.07.18	27,0	18,6	60	65,68	0,032	0,58
05.10.18	19,8	16,58	54	42,02	0,012	0,42
28.01.19	10,0	16,86	39	15,79	0,009	0,56
22.03.19	10,6	17,97	45	39,47	0,019	0,31
08.04.19	10,6	17,97	38	34,71	0,018	0,28
30.04.19	10,0	16,76	44	31,98	0,006	0,31
27.05.19	20,7	15,56	54	41,71	0,012	0,26
21.06.19	25,3	13,86	66	112,6	0,086	0,44
11.07.19	24,6	15,67	80	34,2	0,006	0,50
22.08.19	20,6	16,72	44	34,5	0,006	0,43
16.09.19	22,0	16,7	9	3,4	0,001	0,30
09.10.19	15,9	17,71	80	36,4	0,007	0,37
09.11.19	14,1	17,81	91	66,5	0,012	0,43
07.12.19	8,9	16,97	36	18,5	0,003	0,38
11.01.20	9,8	18,01	29	19,07	0,004	0,33
14.02.20	7,0	16,66	32	30,35	0,012	0,48

Примечание. (n) – среднее количество клеток при их подсчёте в камере Горяева.

Таблица 6.3 — Значения коэффициента ранговой корреляции Спирмана (ρ_{\max}).
Залив Донузлав

Факторы	Значение (ρ_{\max}).
Численность	
Температура	0,38
Солёность	0,014
Глубина	- 0,265
Биомасса	
Температура	0,178
Солёность	- 0,2
Глубина	- 0,267

Для оценки силы связи применена шкала Чеддока: слабая — от 0,1 до 0,3; умеренная — от 0,3 до 0,5; заметная — от 0,5 до 0,7; высокая — от 0,7 до 0,9; весьма высокая (сильная) — от 0,9 до 1,0. Было обнаружено, что наибольшая взаимосвязь присутствует между численностью и температурой (умеренная по шкале – 0,38) и между биомассой и глубиной (0,267). Наименьшая между численностью и солёностью (0,014) и биомассой и температурой воды (0,178). Также, было уточнено наличие прямой и обратной связи между факторами и показателями *N* и *B*. Так, численность прямо зависит от температуры и солёности, и обратно от глубины.

Биомасса прямо зависит от температуры и обратно от солёности и глубины. Критическое значение критерия Спирмена при всех взаимосвязях равно 0,472.

Однофакторный MDS-тест на достоверность отличий между сезонами по биомассе и численности выявил отсутствие статистических взаимосвязей (рисунок 6.4).

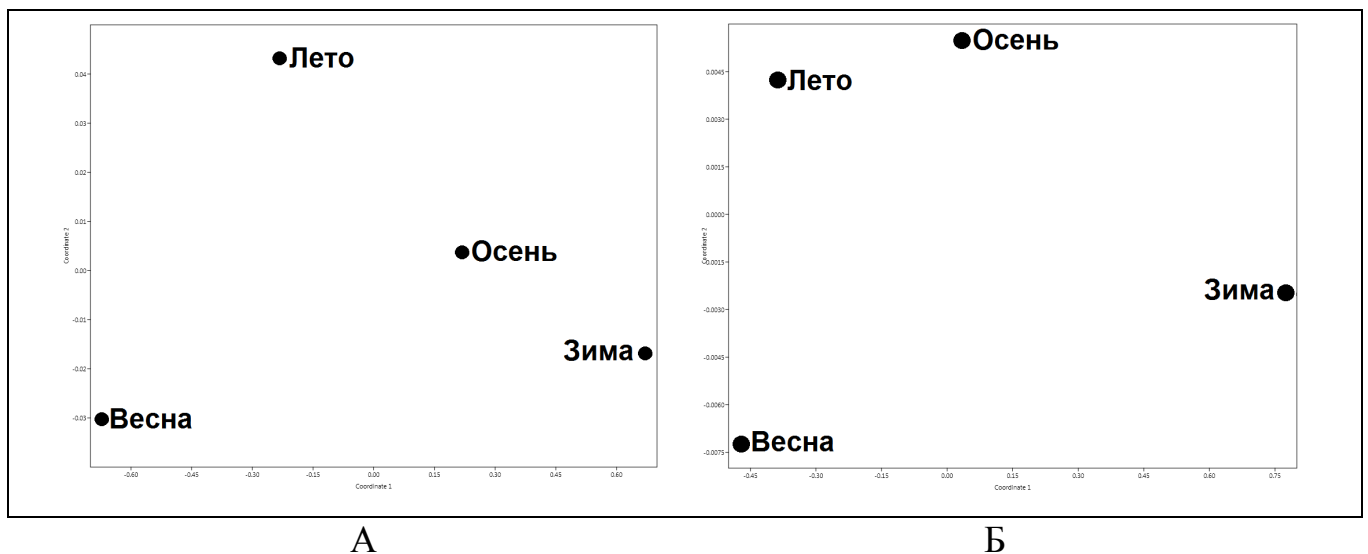


Рисунок 6.4 — Неметрический MDS анализ сходства средних значений биомассы (А) и численности (Б) в сообществах ДВ зал. Донузлав по сезонам

6.2 Количественные показатели сообществ диатомовых водорослей эпилимниона Инкерманской бухты

Для сравнения количественных характеристик ДВ эпилимниона зал. Донузлав нами представлены аналогичные данные по сезонам и факторам среды для Инкерманской бухты. В заливе сбор материала производили с апреля, а в Инкерманской бухте с декабря 2018 г. Поэтому по годам и сезонам результаты исследования можем считать вполне сравнимыми, поскольку методы сбора и обработки материала были одни и те же (см. Гл. 3, 4).

В течение годового цикла в бухте показатели температуры воды варьировали в пределах от 3,0 (февраль, март, апрель) до 26,0 °С (июль), солёности от 12,80 (июль) до 17,02 ‰ (декабрь), которые отличались от зал. Донузлав (таблица 6.2) меньшими значениями в одни и те же месяцы (таблица 6.3, 6.4).

Таблица 6.4 — Количественные характеристики донных сообществ диатомовых водорослей эпилимниона Инкерманской бухты по сезонам, 2018 – 2019 гг.

Время года	$T, ^\circ\text{C}$	Обилие видов, S	$N, \cdot 10^3 \text{ кл.} \cdot \text{см}^{-2}$	$B, \text{ мг} \cdot \text{см}^{-2}$
Зима	7,0 (3,0 – 9,0)	12 (9 – 15)	89,36 (47,25 – 120,6)	0,15 (0,099 – 0,183)
Весна	13,0 (8,0 – 20,0)	12 (10 – 15)	170,46 (135,9 – 199,09)	0,294 (0,165 – 0,5)
Лето	24,0 (22,0 – 26,0)	11 (10 – 12)	128,36 (110,65 – 141,42)	0,195 (0,131 – 0,261)
Осень	18,0 (15,0 – 20,3)	11 (9 – 13)	63,72 (29,72 – 99,58)	0,23 (0,124 – 0,322)

Примечание. S – обилие видов ДВ при учёте в камере Горяева.

Согласно данным наибольшие средние значения обилия видов (S) в Инкерманской бухте соответствуют весеннему периоду, во время которого средняя температура 12,7 °С и солёность воды 15,19 ‰ находятся между зимним максимумом (15,95 ‰) и летним минимумом (14,64 ‰) (таблица 6.5).

Количественные характеристики ДВ Инкерманской бухты, исследованные на глубинах от 0,1 до 1,0 м, достигают своих максимальных значений при

умеренных показателях температуры и солёности воды, соответствующих весеннему периоду (табл. 6.5). По сравнению с этими данными в зал. Донузлав исследования проводили на близких глубинах от 0,1 до 1,5 м, предельные значения количественных характеристик: обилия видов ($S=18$), общей численности ($254,0 \cdot 10^3$ кл.·см⁻²) и биомассы ($1,15$ мг·см⁻²) сообществ ДВ достигали в летний сезон (таблица 6.1).

Анализ сезонных количественных изменений сообществ ДВ и их доминантных видов Инкерманской бухты представлен ниже. Зимой (декабрь – февраль) количественные характеристики популяций и сообществ ДВ имели средние значения по сравнению с другими сезонами (таблица 6.3). В разные месяцы доминировали по численности колониальные виды *Tabularia parva* при ($32,16 \cdot 10^3$ кл.·см⁻²), *Navicula ramosissima* ($24,12 \cdot 10^3$ кл.·см⁻²) и *Navicula directa* ($20,10 \cdot 10^3$ кл. см⁻²), *Grammatophora marina* ($20,21 \cdot 10^3$ кл. см⁻²).

Таблица 6.5 — Ежемесячные средние значения количественных и структурных характеристик сообществ диатомовых водорослей эпилимнона, температуры и солёности воды в Инкерманской бухте

Дата	$T, ^\circ\text{C}$	$S, \text{‰}$	S	$N, 10^3$ кл.·см ⁻²	$B, \text{мг} \cdot \text{см}^{-2}$	H	e
Зима							
24.12.18	9,0	16,76	12	120,6	0,168	2,92	0,81
08.12.19	9,3	17,02	8	38,52	0,018	2,15	0,72
23.01.19	9,0	16,90	9	47,25	0,099	2,74	0,86
26.02.19	7,0	13,10	15	100,24	0,183	3,13	0,80
Весна							
12.03.19	8,0	15,55	11	135,90	0,218	2,85	0,82
25.04.19	10,0	16,50	10	176,38	0,165	2,49	0,75
25.05.19	20,0	13,53	15	199,09	0,500	2,95	0,75
Лето							
16.06.19	22,0	16,21	12	141,42	0,194	2,96	0,83
08.07.19	26,0	12,80	10	110,65	0,131	2,64	0,79
22.08.19	23,0	14,93	12	133,0	0,261	2,83	0,79
Осень							
26.09.19	20,3	15,55	9	61,85	0,244	2,77	0,88
06.10.19	19,4	16,62	12	29,72	0,124	3,02	0,84
18.11.19	15,0	15,65	13	99,58	0,322	3,21	0,87

Весной наибольшие величины общей численности сообществ ДВ составляли $199 \cdot 10^3$ кл. см^{-2} при биомассе $0,50 \text{ мг } \text{см}^{-2}$ в мае (таблица 6.4) с доминантами *Tabularia parva* ($56,45 \cdot 10^3$ кл. $\cdot \text{см}^{-2}$) и *Licmophora abbreviata* ($49,26 \cdot 10^3$ кл. $\cdot \text{см}^{-2}$). В марте доминировали *Cylindrotheca closterium* ($47,67 \cdot 10^3$ кл. $\cdot \text{см}^{-2}$), *L. abbreviata* ($42,15 \cdot 10^3$ кл. $\cdot \text{см}^{-2}$), *Berkeleya rutilans* ($31,98 \cdot 10^3$ кл. $\cdot \text{см}^{-2}$), в апреле – *T. parva* ($60,78 \cdot 10^3$ кл. $\cdot \text{см}^{-2}$).

В летние месяцы (июнь – август) общая численность сообществ ДВ уменьшалась до $141,42 \cdot 10^3$ при биомассе $0,194 \text{ мг } \text{см}^{-2}$ (табл. 6.4) и подобные характеристики были показаны для доминант *Navicula perrhombus* ($N = 32,23 \cdot 10^3$ кл. $\cdot \text{см}^{-2}$) и *C. closterium* ($28,64 \cdot 10^3$ кл. $\cdot \text{см}^{-2}$) в июне. В июле при максимальной температуре воды $26 \text{ }^\circ\text{C}$ и минимальной солёности $12,80 \text{ ‰}$ общая численность сообщества имела $110,65 \cdot 10^3$ кл. $\cdot \text{см}^{-2}$ при биомассе $0,131 \text{ мг } \text{см}^{-2}$ (таблица 6.4) с доминантами *T. parva* ($35,04 \cdot 10^3$ кл. $\cdot \text{см}^{-2}$) и *C. closterium* ($29,51 \cdot 10^3$ кл. $\cdot \text{см}^{-2}$).

В августе общая численность сообщества ДВ составляла $133 \cdot 10^3$ кл. $\cdot \text{см}^{-2}$ при биомассе $0,261 \text{ мг } \text{см}^{-2}$ (таблица 6.4) с доминантами *Licmophora abbreviata* ($33,62 \cdot 10^3$ кл. $\cdot \text{см}^{-2}$) и *C. closterium* ($32,15 \cdot 10^3$ кл. $\cdot \text{см}^{-2}$).

Осенью (сентябрь – ноябрь) при снижении температуры воды от $20,3$ до $15,0 \text{ }^\circ\text{C}$ наблюдалось снижение основных показателей сообществ (таблица 6.4) и доминант: *T. parva* ($14,82 \cdot 10^3$ кл. $\cdot \text{см}^{-2}$), *B. rutilans* ($13,80 - 17,81$) $\cdot 10^3$ кл. $\cdot \text{см}^{-2}$ и *N. directa* ($22,66 \cdot 10^3$ кл. $\cdot \text{см}^{-2}$).

Процентное соотношение других видов-доминант в сообществах ДВ эпилимтона Инкерманской бухты по численности и по сезонам составляли: весной *T. parva* – 34 ‰ , *L. abbreviata* – 27 ‰ , *B. rutilans* – 17 ‰ , летом *Cylindrotheca closterium* – 24 ‰ , осенью *B. rutilans* – 20 ‰ , *T. parva* – 16 ‰ , зимой *T. parva* – 27 ‰ .

На примере круглогодичного колониального вида *Tabularia parva* (Приложение V), доминирующего по численности и биомассе в разные месяцы проведён анализ. Наибольшие количественные характеристики популяции вида отмечены в апреле и мае (таблица 6.6).

Таблица 6.6 — Средние ежемесячные значения численности (N), биомассы (B), количества клеток (n) доминирующего вида *Tabularia parva* в эпицитоне Инкерманской, 2018 – 2019 гг.

Дата	Среднее количество клеток, n	$N \cdot 10^3$, кл. · см ⁻²	B , мг · см ⁻²
24.12.18	24	32,16	0,013
23.01.19	18	13,5	0,011
26.02.19	34	25,4	0,021
25.04.19	51	60,78	0,035
25.05.19	55	56,45	0,034
16.06.19	21	18,8	0,007
08.07.19	38	35,04	0,024
26.09.19	29	14,82	0,015
06.10.19	22	5,87	0,008
18.11.19	19	15,38	0,011
08.12.19	33	19,86	0,018

Примечание. (n) – среднее количество клеток при их подсчёте в камере Горяева.

Анализ сезонных значений индекса видового разнообразия Shannon-Weaver в сообществах ДВ Инкерманской бухты показал довольно высокое равномерное распределение по численности на протяжении всего периода изучения, которые варьировали в пределах 2,15 (декабрь) – 3,21 (ноябрь) (рисунок 6.5).

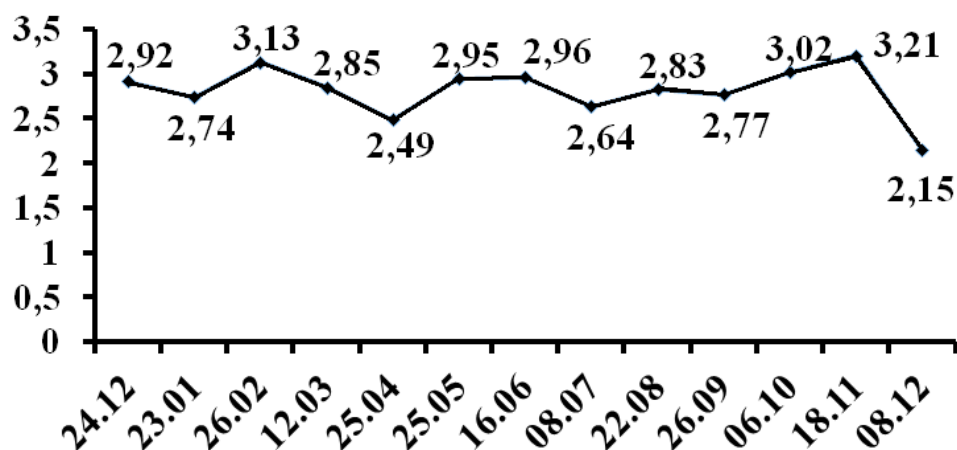


Рисунок 6.5 — Сезонная динамика индекса Shannon-Weaver (H) сообществ диатомовых водорослей в эпицитоне Инкерманской бухты

Значения сезонной динамики индекса сходства видов Пиелу были высокими и достигали от 0,72 до 0,88 (рисунок 6.6), что характеризуют сообщества ДВ Инкерманской бухты на низком уровне выровненности видов.

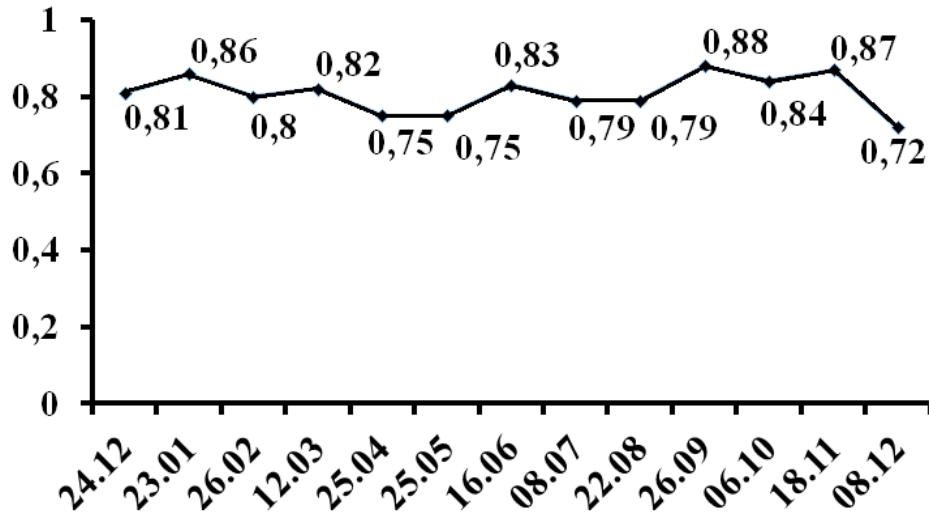


Рисунок 6.6 — Сезонная динамика индекса Pielou (e) сообществ диатомовых водорослей в эпилите Инкерманской бухты

Индекс Бергера-Паркера колебался в малом диапазоне (0,23 – 0,34) (рисунок 6.7) и о довольно малой доли видов-доминантов в общей численности сообществ.

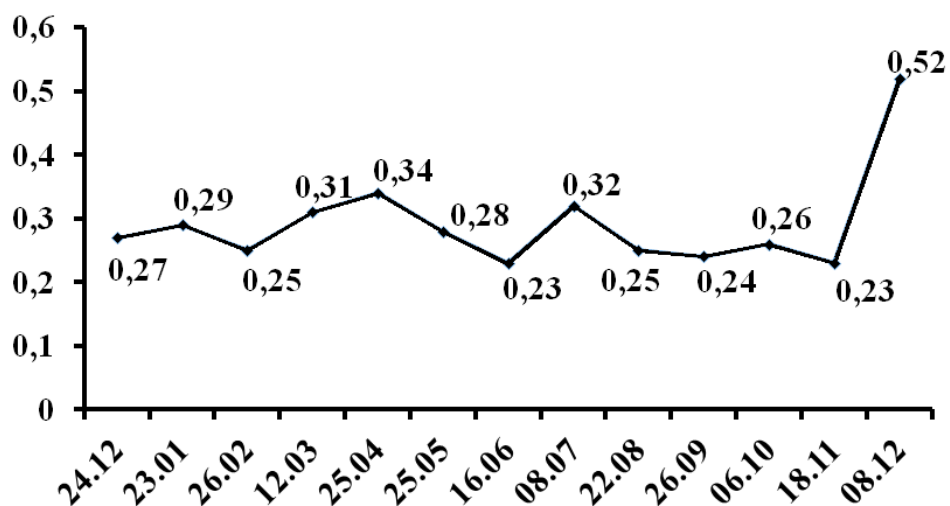


Рисунок 6.7 — Сезонная динамика индекса Бергера-Паркера (D_{BP}) доминирования *Tabularia parva* в эпилите Инкерманской бухты

И только в декабре 2019 года при температуре воды 9,3 °С наблюдали резкое повышение индекса до 0,52, что свидетельствует о возрастании процентного отношения доминирующего вида *Tabularia parva* при понижении температуры воды. Встречаемость вида была отмечена при температурном диапазоне от 3 (февраль, март) до 26 °С (июль). По численности популяция *Tabularia parva* составляла следующий ряд: зимой – 27 %, весной – 34 %, летом – 32 % и осенью – 16 %. По биомассе значения были низкие от 6 до 12 % всего сообщества, поскольку вид является мелкоклеточным (длина клетки в годовом диапазоне достигала от 18,3 до 42,6 мкм, ширина от 4,5 до 8,7 мкм).

Расчёт значений коэффициентов ранговой корреляции Спирмена (ρ_{\max}) (таблица 6.7) показал, что численные показатели сообществ ДВ бухты имеют различный уровень зависимости от таких факторов, как температура, солёность и глубина.

Таблица 6.7 — Значения коэффициента ранговой корреляции Спирмана (ρ_{\max}). Инкерманская бухта

Факторы	Значение ρ_{\max}
Численность	
Температура	0,163
Солёность	- 0,411
Глубина	- 0,603
Биомасса	
Температура	0,265
Солёность	- 0,578
Глубина	- 0,312

Обнаружено, что наибольшая взаимосвязь присутствует между численностью и глубиной (заметная по шкале Чеддока – 0,603) и между биомассой и солёностью (0,578). Наименьшая – между численностью и температурой (0,163), между биомассой и температурой воды (0,265). Критическое значение критерия Спирмена при всех взаимосвязях равно 0,56. Так как наблюдаемые значения меньше критического, то все зависимости показателей от факторов статистически не значимы.

Однофакторный MDS-тест на достоверность отличий между сезонами по биомассе и численности не выявил наличие статистических взаимосвязей (рисунок 6.8).

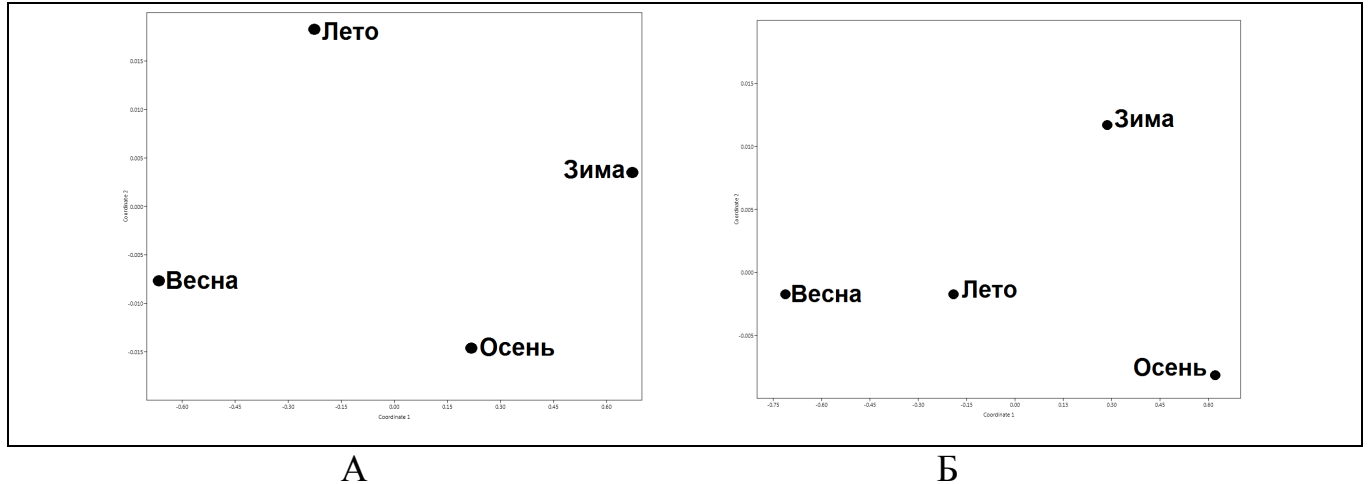


Рисунок 6.8 — Неметрический MDS анализ сходства средних значений биомассы (А) и численности (Б) в сообществах ДВ Инкерманской бухты по сезонам года

Выводы к главе 6.

1. В течение годового цикла в заливе и бухте показатели температуры воды различались в сторону более низких значений в бухте.

2. Установлена зависимость количественных величин обилия видов, численности и биомассы ДВ в зал. Донузлав от температурного фактора и сезона года. Наибольшие значения количественных характеристик: обилия видов ($S=18$), общей численности ($254,0 \cdot 10^3$ кл.·см⁻²) и биомассы ($1,15$ мг·см⁻²) сообществ ДВ достигали в летний сезон. Зимой минимальных значений. В Инкерманской бухте наибольшие средние значения тех же количественных параметров отмечены весной.

3. Неравномерное распределение видов в заливе отмечено в декабре, отмечены минимальные значения индекса Шеннона-Уивера ($H = 0,98$) и Пиелу ($e = 0,31$). В бухте минимальные значения ($H = 2,15$) и ($e = 0,72$) также были в декабре.

4. Наибольшее доминирование видов по индексу Бергера-Паркера (в заливе отмечено в июле (0,58) и январе (0,56), а наименьшие в апреле (0,28) и мае (0,26) с доминантом *Berkeleya rutilans*. В бухте максимального значения индекс достигал в декабре (0,52) и минимального в июне и ноябре (0,23) с доминантом *Tabularia parva*.

5. Однофакторный MDS-тест на достоверность отличий между сезонами по численности и биомассе не выявил наличие статистических взаимосвязей

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе впервые представлены данные о таксономической структуре и видовом разнообразии диатомовых водорослей эпилимтона каменистых грунтов в двух районах крымского побережья Чёрного моря, их экологические характеристики : жизненные формы, отношение видов к солёности воды, индикационные свойства, а также фитогеографические характеристики. Кроме этого, впервые приведены количественные данные сезонной динамики обилия видов, численности, биомассы, доминантах и структурно-функциональных показателях. Даны сравнительные характеристики ДВ эпилимтона морских ферм, а также эпилимтона каменистых грунтов и эпифитона макрофитов зал. Донузлав, полученные на одних и тех же станциях.

ВЫВОДЫ

1. Впервые проведена инвентаризация и ревизия списков видов диатомовых водорослей (ДВ) эпилимтона каменистых грунтов крымского побережья Чёрного моря по 15 литературным и собственным данным. Список включает 296 видов, разновидностей и форм, принадлежащих к 88 родам, из них 75 таксонов (38 родов) отмечены для эпилимтона зал. Донузлав и 85 таксонов (44 рода) для Инкерманской бухты.
2. Таксономическая структура ДВ зал. Донузлав/Инкерманской бухты, по нашим данным, представлена 3 классами, 13 порядками, 20/21 семействами, 38/37 родами, 88 таксонами, из них в заливе – 75, включая район морских ферм – 52, из всех видов 59 таксонов (29 родов) отмечено нами впервые. В бухте обнаружен 61 таксон; для двух районов указано 56 общих видов. Выявлены видовые сезонные комплексы в заливе/бухте : зимой – 32/33, весной – 50/32, летом – 42/25 и осенью – 37/28, включая 10/8 круглогодичных видов.
3. В заливе и районе марихозьяйств отмечено близкое соотношение наибольших величин бентосных форм (88/86%), морских (47/49%) и солоноватоводно-морских (39/43%), бета-мезосапробионтов (53/54%) и космополитов (34/43%).

В бухте бентосные формы составляют (90%), морские (51%) и солоноватоводно-морские (36%), бета-мезосапробионты (67%), космополиты (38%).

4. Впервые проведён сравнительный анализ флоры ДВ двух экотопов – эпилитона и эпифитона 10 видов макрофитов зал. Донузлав. Всего обнаружено 124 вида, из них 53 – общие. Среди ДВ эпифитона зал. Донузлав, включая акватории марихозьяств по эколого-флористическим характеристикам преобладают бентосные, морские, солоноватоводно-морские виды, β -мезосапробионты и космополиты.
5. Выявлены различия по коэффициенту сходства (K_s) видового состава сообществ ДВ по сезонам: в зал. Донузлав был ниже 0,67, летом видовой состав менялся незначительно, K_s достигал 0,73; в Инкерманской бухте состав ДВ изменялся круглогодично, K_s принимал низкие значения от 0,27 до 0,67.
6. Для залива и бухты отмечена тенденция увеличения численности ДВ в весенне-летний период за счёт мелкоклеточных видов на фоне их круглогодичного преобладания. Наибольшие значения общей численности и биомассы сообществ ДВ в заливе выявлены летом, в Инкерманской бухте – весной.
7. В сообществе диатомовых водорослей Инкерманской бухты выделены две группы видов: часто встречаемые и редкие, при этом по сезонам наблюдали значительную смену видового состава в конце лета, в отличие от залива, который характеризовался высоким сходством сообществ по встречаемости видов и низкой их изменчивостью по сезонам.
8. Показаны наибольшие и наименьшие показатели структуры сообществ ДВ для зал. Донузлав ($H=3,26$) в мае и ($H=0,98$) в декабре; индекс доминирования видов (D_{BP}) в июле (0,58) и мае (0,26) с круглогодичным видом *Berkelelya rutilans*. В Инкерманской бухте при более стабильном гидродинамическом режиме индексы H и D_{BP} варьировали в более узких пределах ($H=3,21$) в ноябре и ($H=2,15$) в декабре; ($D_{BP}=0,52$) в декабре и ($D_{BP}=0,23$) в июне с доминирующим круглогодичным видом *Tabularia parva*.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

- МВ – микроводоросли;
- ДВ – диатомовые водоросли;
- СМ – световой микроскоп;
- СЭМ – электронный сканирующий микроскоп;
- ввт – внутривидовой таксон;
- кл. – клетки диатомовой водоросли
- бух. – бухта;
- зал. – залив
- ст. – станция отбора проб;
- млн – миллион
- экз. – экземпляры;
- М – морские виды;
- СМ – солоноватоводно-морские виды;
- С – солоноватоводные виды;
- ПС – пресноводно-солоноватоводные виды;
- П – пресноводные виды;
- АБ – аркто-бореальные виды;
- АБТ – аркто-бореально-тропические виды;
- Б – бореальные виды;
- БТ – бореально-тропические виды;
- К – космополитные виды, или всесветные;
- N – численность клеток ДВ, кл. · см⁻²;
- нот – нотальные виды;
- B – биомасса ДВ, мг · см⁻²;
- n – количество видов по качественным пробам;
- S – обилие видов по количественным пробам, просмотренным в камере Горяева, объёмом 0,9 мм³;
- S – площадь поверхности камней, см².

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алеев, М. Ю. Биоиндикация состояния прибрежной зоны Чёрного моря с помощью анализа продукционных показателей микрофитобентоса / М. Ю. Алеев, В. И. Рябушко, Л. И. Рябушко, А. В. Торская // Современные проблемы водной токсикологии : тез. докл. междунар. конф. памяти д.б.н., проф. Б. А. Флерова, 20-24 сентября 2005 г., Борок, РФ. – С. 7-8.
2. Балычева, Д. С. Видовой состав и структурно-функциональные характеристики микроводорослей перифитона антропогенных субстратов в крымском прибрежье Чёрного моря : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.10 / Дарья Сергеевна Балычева. – Севастополь, 201. – 25 с.
3. Балычева, Д. С. Диатомовые водоросли антропогенных и природных субстратов в Чёрном море / Д. С. Балычева, Л. И. Рябушко // Морские биологические исследования : достижения и перспективы: в 3-х т.: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, приуроченной к 145-летию Севастопольской биол. ст. (Севастополь, 19-24 сент. 2016 г.). – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2016. – Т. 2. – С. 18-21.
4. Барина, С. С. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды / С. С. Барина, Л. А. Медведева, О.В. Анисимова. – Тель-Авив, 2006. – 498 с.
5. Барина, С. С. Альгоиндикация водоёмов Украины: методы и перспективы / С. С. Барина, О. П. Белоус, П. М. Царенко. – Хайфа, Киев : Изд-во Хайфского ун-та, 2019. – 367 с.
6. Бегун, А. А. Биоиндикационное состояние морской среды по диатомовым водорослям эпифитона макрофитов (залив Петра Великого, Японское море) / А. А. Бегун // Изв. ТИНРО. – 2012. – Т. 169. – С. 1-17.
7. Беклемишев, К. В. О влиянии выедания копеподами диатомей на ход численности последних на примере дальневосточных морей / К. В. Беклемишев // Тр. ИОАН СССР. – 1955. – Т. 13. – С. 77-82.
8. Бодяну, Н. Микрофитобентос / Н. Бодяну // Основы биологической

продуктивности Чёрного моря. – Киев: Наук. думка, 1979. – С. 109-122.

9. Болтачѳв, А. Р. Современное состояние экосистем лимана Донузлав и перспективы рационального использования водоѳма / А. Р. Болтачѳв, М. И. Сац // Некоторые экологические проблемы западно-крымского региона и возможные пути их решения. – Евпатория. – 2002. – С. 5-7.

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

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

12. Бондарчук, Л. Л. Некоторые материалы по диатомовым обрастаниям Охотского моря / Л. Л. Бондарчук // Экология донного населения шельфовой зоны. – Москва, 1979. – С. 6-8.

13. 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.

14. Борисюк, М. В. Видовой состав фитоперифитона Таганрогского залива Азовского моря / М. В. Борисюк // Альгология. – 2002. – Т. 12. – № 4. – С. 408-420.

15. Бурковский, И. В. Пищевая специализация и трофическая структура сообщества морских псаммофильных инфузорий / И. В. Бурковский, В. С. Эпштейн, И. Н. Молибога // Зоол. журн. – 1980. – Т. 59. – Вып. 3. – С. 325-334.

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 / Т. В. Витченко. – Москва, 2005. – 25 с.

18. Воловик, С. П. Флора водных и прибрежно-водных экосистем

Азово-Черноморского бассейна / С. П. Воловик, И. Г. Коржакова, Д. Ф. Афанасьев, В. В. Федяева, В. В. Громов. // Просвещение-Юг. – Краснодар, 2008. – 275 с.

19. Гаевская, Н. С. Питание и пищевые связи животных, обитающих среди донной растительности и в береговых выбросах Чёрного моря. Сообщение 1. Питание брюхоногого моллюска *Rissoia splendida* Eichw. / Н. С. Гаевская // Тр. ИО АН СССР. – 1954. – Т. 8. – Вып. 1. – С. 269-290.

20. Гаевская, Н. С. Питание и пищевые связи животных, обитающих среди донной растительности и в береговых выбросах Чёрного моря. Сообщение II. Питание брюхоногого моллюска *Cerithiolum reticulatum* (Da Costa) / Н. С. Гаевская // Бюл. МОИП. Отд. биол. – 1956. – Т. LXI. – Вып. 5. – С. 31-46.

21. Герасимюк, В. П. Діатомові 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.

22. Герасимюк, В. П. Водоросли прибрежных вод и внутренних водоёмов острова Галиндез (Архипелаг Аргентинские острова, Антарктика) / В. П. Герасимюк // Альгология. – 2008. – Т. 18, № 1. – С. 58-71.

23. Герасимюк, В. П. Микрофитобентос залива Тартус (Сирия, Средиземное море) / В. П. Герасимюк // Альгология. – 2017. – Т. 27, № 3. – С. 313-322. doi:10.15407/alg27.03.313

24. Грезе, И. И. Питание бокоплава *Dexamine spinosa* (Mont.) в Чёрном море / И. И. Грезе // Тр. Севастоп. биол. ст. – 1963. – Т. XVI. – С. 224-240.

25. Грезе, И. И. Питание амфипод Чёрного моря / И. И. Грезе // Трофология водных животных. – Москва : Наука, 1973. – С. 183-205.

26. Гусяков, Н. Е. Диатомовые водоросли обрастаний Одесского побережья Чёрного моря / автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 / Н. Е. Гусяков. – Одесса, 1978. – 22 с.

27. Гусяков, Н. Е. Состав диатомовых водорослей на твёрдых субстратах в районе Севастопольской бухты / Н. Е. Гусяков, Е. Л. Неврова. – Севастополь : ИнБЮМ АН УССР: Деп. в ВИНТИ, 29.04.87, № 3019-B87, 1987. – 15 с.

28. Гусяков, Н. Е. Атлас диатомовых водорослей бентоса северо-западной части Чёрного моря и прилегающих водоемов / Н. Е. Гусяков, О. А. Закордонец, В. П. Герасимюк. – Киев : Наук. думка, 1992. – 112 с.

29. Гусяков, Н. Е. Діатомові водорості бентосу Чорного моря та суміжних водоймів (морфологія, систематика, екологія, біогеографія) : автореф. дис. ... д-ра біол. наук : 03.00.05 / М. Е. Гусяков. – Київ, 2002. – 36 с.

30. Давидович, Н. А. Периодические компоненты динамики численности бентосных диатомовых водорослей верхней сублиторали Чёрного моря в районе Карадага / Н. А. Давидович // Экология моря. – 1992. – Вып. 40. – С. 27-32.

31. Давидович, Н. А. Интенсивность аукоспорообразования у двух видов *Bacillariophyta* в зависимости от освещённости и продолжительности фотопериода / Н. А. Давидович, В. А. Чепурнов // Альгология. – 1993. – Т. 3, № 3. – С. 34-41.

32. Давидович, Н. А. Размерные характеристики крупнейшей Черноморской диатомеи *Toxarium undulatum* Bailey в природной популяции озера Донузлав / Н. А. Давидович, О. И. Давидович, Ю. А. Подунай, С. Л. Полякова, Д. С. Балычева, И. А. Воробьева // Актуальные проблемы биоразнообразия и природопользования : материалы II-й Национ. науч.-прак. конф., посвященной 20-летию кафедры экологии моря ФГБОУ ВО «КГМТУ», 15-17 мая 2019 г., г. Керчь. – Симферополь, 2019. – С. 43-47.

33. Давидович, Н. А. Репродуктивная биология диатомовых водорослей : автореф. дис. ... д-ра бил. наук : 03.02.01 / Н. А. Давидович. – Москва, 2020. – 45 с.

34. Давидович, Н. А. Репродуктивная биология диатомовых водорослей / Николай Александрович Давидович, Ольга Ивановна Давидович. – Симферополь : ИТ «АРИАЛ», 2022. – 196 с.

35. 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 / О. И. Давидович. – Севастополь, 2018. – 23 с.

36. Декенбах, К. Н. О водорослях Балаклавской бухты. Предварительное

сообщение / К. Н. Декенбах // *Scripta Botanica*. – 1902. – Vol. 4, no. 1. – P. 12-16.

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

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

39. Диатомовые водоросли СССР: Ископаемые и современные. – Ленинград : Наука, 1974. – Т. 1. – 238 с.

40. Диатомовые водоросли СССР. Ископаемые и современные / отв. ред. И. В. Макарова. – Ленинград: СПб, 1992. – Т. 2. – Вып. 2. – 125 с.

41. Дьяков, Н. Н. Гидрологические и гидрохимические условия шельфовых зон Крыма и Кавказа в 2016-2017 гг. / Н. Н. Дьяков, А. Н. Коршенко, Ю. А. Мальченко, А. Е. Липченко, Д. П. Жилияев, С. А. Боброва // *Труды ГОИН*. – 2018. – № 219. – С. 66-87.

42. Еремеев, В. Н. Потенциальные перспективы Донузлава в качестве центра сохранения биоразнообразия, марикультуры, рекреации и экотуризма / В. Н. Еремеев, А. Р. Болтачев // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа*. – 2005. – № 13. – С. 151-158.

43. Жугайло, С. С. Состояние качества водной среды и донных отложений озера Донузлав в современный период / С. С. Жугайло, Т. М. Авдеева, М. Н. Пугач, Э. Н. Аджиумеров // *Водные биоресурсы и среда обитания*. – 2018. – Т. 1. – № 1. – С. 32-38.

44. Заика, В. Е. Питание морских инфузорий одноклеточными водорослями / В. Е. Заика, Т. В. Павловская // *Биология моря*. – 1970. – Вып. 19. – С. 82-95.

45. 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.

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

47. Иванютин, Н. М. Современное экологическое состояние озера Донузлав / Н. М. Иванютин // Вода и экология: проблемы и решения. – 2019. – № 3(79). – С. 47-58. <https://doi.org/10.23968/2305-3488.2019.24.3.47-58>.
48. Караева, Н. И. Диатомовые водоросли бентоса Каспийского моря / Нинель Исрафиловна Караева. – Баку: Элм, 1972. – 258 с.
49. Караева, Н. И. Диатомовые водоросли бентоса Каспийского моря : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.05 / Н. И. Караева. – Баку, 1975. – 43 с.
50. Ковалёва, Г. В. Микроводоросли бентоса, перифитона и планктона прибрежной части Азовского моря : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 / Г.В. Ковалёва. – Санкт-Петербург, 2006. – 19 с.
51. 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.
52. Короткевич, О. С. Диатомовая флора литорали Баренцева моря / О. С. Короткевич // Тр. ММБИ. – 1960. – Вып. 1. – С. 68-338.
53. Куваева, С. Б. Диатомовые обрастания в Чёрном море / С. Б. Куваева // Труды Института океанологии Академии наук СССР. – 1962. – Т. 58. – С. 328-331.
54. Кузнецов, Л. Л. Роль микрофитобентоса в формировании продукции прибрежных вод Восточного Мурмана (на примере губы Дальнезеленецкой) : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.18 / Л. Л. Кузнецов. – Москва, 1988. – 20 с.
55. Кузнецов, Л. Л. Продукция фитоценозов и трансформация биогенных веществ в экосистеме Баренцева моря : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.18 / Л. Л. Кузнецов. – Москва, 2002. – 40 с.
56. Кучерова, З. С. Диатомовые водоросли и их роль в ценозе обрастания Чёрного моря : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.18 / З. С. Кучерова. – Севастополь, 1973. – 25 с.
57. Ли, Р. И. Сезонная динамика видового состава и количественных характеристик диатомовых водорослей эпилимтона Карантинной бухты в зависимости от температуры воды в Чёрном море / Р. И. Ли, Л. И. Рябушко: сб.

науч. тр. «Системы контроля и окружающей среды» / НАН Украины, МГИ. Вып. 14. – Севастополь, 2010. – С. 215-221.

58. Ли, Р. И., Рябушко, Л. И. Сравнительный анализ диатомовых водорослей эпилимнина Карантинной бухты Чёрного моря (Украина) за двухгодичный период изучения: тез. докл. IV конф. «Актуальные проблемы современной альгологии» (Киев, 23-25 мая 2012) // Альгология. – 2012. – С. 166-167.

59. Лилицкая, Г. Г. Bacillariophyta оз. Донузлав (Крым, Украина) / Г. Г. Лилицкая, П. М. Царенко // Альгология. – 2012. – Т. 22, № 1. – С. 102-113.

60. Лялюк, Н. М. Фітонејстон літоралі Азовського моря та перспективи його використання у біомоніторингу : автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05 / Н. М. Лялюк. – Донецьк, 2000. – 15 с.

61. Маккавеева, Е. Б. Беспозвоночные зарослей макрофитов Чёрного моря / Е. Б. Маккавеева. – Киев : Наук. думка, 1979. – 227 с.

62. Макрушин, А. В. Биологический анализ качества вод / А. В. Макрушин. – Ленинград : ЗИН АН СССР, 1974. – 60 с.

63. Мережковский, К. С. Диатомовые водоросли (Diatomaceae) Белого моря / К. С. Мережковский // Тр. СПб об-ва естествоисп. – 1878. – Т. 9. – С. 425-466.

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

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

66. 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.

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

68. Неврова, Е. Л. Сезонная динамика бентосных диатомовых водорослей на твёрдых субстратах Севастопольской бухты / Е. Л. Неврова, Н. Е. Гусляков // Экология моря. – 1988. – Вып. 30. – С. 25-28.

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

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

71. 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 / Е.Л. Неврова. – Москва, 2015. – 46 с.

72. Неврова, Е. Л. Разнообразие и структура таксоценов бентосных диатомовых водорослей (Bacillariophyta) Чёрного моря / ред. А. В. Гаевская ; Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН. – Севастополь : ФИЦ ИнБЮМ, 2022. – 329 с.; 122 ил. 55 табл. ISBN 978-5-6048081-0-8; <https://doi.org/10.21072/978-5-6048081-0-8>.

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

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

75. 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.

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

77. Петрова-Караджова, В. И. Диатомовые водоросли морских обрастаний / В. И. Петрова-Караджова // Изв. Ин-та ресурси. – Варна, 1977. – Т. 15. – С. 55-65.

78. 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.

79. Погребняк, И. И. Донная растительность лиманов северо-западного Причерноморья и сопредельных им акваторий Чёрного моря / Иван Иванович

Погребняк : автореф. дис. ... док-ра биол. наук: 03.00.05 // И. И. Погребняк. – Одесса, 1965. 31 с.

80. Порецкий, В. С. Диатомовые плавучих льдов Печорского моря / В. С. Порецкий // Изв. Гос. географ. общ-ва. – 1939. – № 10. – С. 1536-1552.

81. Поспелова, Н. В., Балычева, Д. С., Рябушко, Л. И. Микроводоросли в спектре питания культивируемых мидий (Крым, Чёрное море) : Труды V междунар. науч.-практ. конф. «Морские исследования и образование (MARESEDU – 2016)»: – М.: Феория, 2016. – С. 434-438.

82. 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.

83. Прошкина-Лавренко, А. И. Об использовании диатомовых водорослей при оценке санитарного состояния морских вод / А. И. Прошкина-Лавренко, Н. Н. Алфимов // Ботан. журн. – 1954. – Т. 39, № 1. – С. 108-112.

84. Прошкина-Лавренко, А. И. Диатомовые водоросли планктона Чёрного моря / А. И. Прошкина-Лавренко. – Москва ; Ленинград : АН СССР, 1955. – 222 с.

85. Прошкина-Лавренко, А. И. Диатомовые водоросли бентоса Чёрного моря / А. И. Прошкина-Лавренко. – Москва ; Ленинград : Наука, 1963. – 243 с.

86. Прошкина-Лавренко, А. И. Диатомовые водоросли планктона Азовского моря / Анастасия Ивановна Прошкина-Лавренко. – М.; Л. : АН СССР, 1963б. – 190 с.

87. Рошин, А. М. Диатомовые водоросли. Водоросли, грибы, мохообразные Карадагского заповедника / А. М. Рошин, 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).

88. Рошин, А. М. Влияние условий освещения на вегетативное размножение клеток и половое воспроизведение двух видов центрических диатомовых водорослей / А. М. Рошин // Физиология растений. – 1976. – Т. 23. – вып. 4. – С. 715-71

89. Рошин, А. М. Жизненные циклы диатомовых водорослей / А. М. Рошин. – Киев : Наук. думка, 1994. – 170 с.

90. Рябушко, В. И. Применение некоторых биоиндикаторов для оценки состояния импактных морских экосистем / В. И. Рябушко, М. Ю. Алеев, В. Н. Радченко, Л. И. Рябушко, И. Н. Чубчикова // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа: сб. науч. тр. – Севастополь, 2003. – Вып. 2(7). – С. 144-154.

91. Рябушко, В. И. Микрофитобентос Чёрного моря : продуктивность сообщества микрофитобентоса твёрдых грунтов прибрежной зоны Чёрного моря и её адаптационный потенциал в условиях переменных факторов внешней среды / В. И. Рябушко, М. Ю. Алеев, Л. И. Рябушко, Р. И. Ли. Глава 3.2. С. 50-59 // Микроводоросли Чёрного моря: проблемы биоразнообразия, сохранения и биотехнологического использования. НАН Украины, ИнБИОМ. – Севастополь : ЭКОСИ–Гидрофизика, 2008. – 454 с.

92. Рябушко, Л. И. Пеннатные диатомовые водоросли верхней сублиторали залива Восток / Л. И. Рябушко // Гидробиологические исследования заливов и бухт Приморья. – Владивосток. – 1984. – С. 104-108.

93. 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.

94. Рябушко, Л. И. Диатомовые водоросли верхней сублиторали северо-западной части Японского моря : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.18 / Л. И. Рябушко. – Севастополь, 1986. – 24 с.

95. Рябушко, Л. И. Трофические отношения некоторых видов беспозвоночных животных бентоса Японского моря с диатомовыми водорослями // V Всесоюз. конф. по промысловым беспозвоночным : Тез. докл. (Минск–Нарочь, 9-13 окт. 1990). – Минск. – 1990. – С. 22-23.

96. Рябушко, Л. И. Видовой состав, сезонная динамика плотности и биомассы диатомовых водорослей твёрдых грунтов верхней сублиторали залива Восток Японского моря / Л. И. Рябушко // Биология моря. – 1990. – № 5. – С. 3-11.

97. Рябушко, Л. И. Трофические отношения некоторых видов беспозвоночных животных бентоса Японского моря с диатомовыми водорослями : тез. докл. V

Всесоюз. конф. по промысловым беспозвоночным (Минск–Нарочь, 9–13 окт. 1990). – Москва. – 1990. – С. 22-23.

98. Рябушко, Л. И. Структура сообщества диатомовых водорослей твёрдых грунтов верхней сублиторали залива Восток Японского моря / Л. И. Рябушко, В. И. Рябушко // Биол. моря. – 1991. № 3. – С. 14-21.

99. 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.

100. Рябушко, Л. И. Структура сообщества диатомовых водорослей твёрдых грунтов верхней сублиторали залива Восток Японского моря / Л. И. Рябушко, В. И. Рябушко // Биол. моря. – 1991, № 3. – С. 14-21.

101. Рябушко, Л. И. Диатомовые водоросли сублиторали восточной части Средиземного моря / Л. И. Рябушко // Актуальные вопросы экологии Азово-Черноморского региона и Средиземноморья : сб. науч. тр. Симферополь. – 1993. – С. 208-212.

102. Рябушко, Л. И. Диатомовые водоросли микрофитобентоса твёрдых грунтов прибрежных районов Севастопольской бухты (Чёрное море) / Л. И. Рябушко // Альгология. – 1994. – Т. 4, № 2. – С. 15-21.

103. Рябушко, Л. И. Фитопланктон бухты Казачья Чёрного моря / Л. И. Рябушко, И. И. Бабич, В. И. Рябушко, Л. Л. Смирнова // Альгология. – 2000. – Т. 10, № 2. – С. 181-192.

104. Рябушко, Л. И. Микрофитобентос бухты Казачья Чёрного моря (Украина) / Л. И. Рябушко, В. И. Рябушко // Альгология. – 2001. – Т. 11, № 1. – С. 70-82.

105. Рябушко, Л. И. 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.

106. Рябушко, Л. И. Потенциально опасные микроводоросли Чёрного 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–Гидрофизика, 2003. – 288 с.

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

108.Рябушко, Л. И. Микрофитобентос Чёрного моря. Характеристика микрофитобентоса / Л. И. Рябушко. Глава 3.1. С. 29-50, 130-156 // Микроводоросли Чёрного моря. Проблемы сохранения биоразнообразия и биотехнологического использования. НАН Украины, ИнБЮМ. – Севастополь : ЭКОСИ–Гидрофизика, 2008. – 454 с.

109.Рябушко, Л. И. Микрофитобентос Чёрного моря : дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.17 / Л. И. Рябушко. – Севастополь, 2009. – 439 с.

110.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.

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

112.Рябушко, Л. И. Состав, количественные и продукционные характеристики фитоперифитона стеклянных пластин при разных сроках экспозиции в Чёрном море / Л. И. Рябушко, Ю. К. Фирсов, Д. С. Лохова, О. Ю. Ерёмин // Альгология. – 2013. – Т. 23, № 1. – С. 69-81.

113.Рябушко, Л. И. Продукционные характеристики фитоперифитона экспериментальных стеклянных пластин и фитопланктона в Карантинной бухте (крымское побережье Чёрного моря) / Л. И. Рябушко, Д. С. Балычева, В. Н. Поповичев, Ю. К. Фирсов, В. И. Рябушко // Альгология. – 2014. – Т. 24, № 4. – С. 504-517.

114.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.

115.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.

116.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>

117.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. Баринаова // Морской биологический журнал. – 2019. – Т. 4, № 3. – С. 69-80. <https://doi.org/10.21072/mbj.2019.04.3.07>

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

119.Рябушко, Л. И. Диатомовые водоросли эпифитона макрофитов Крымского побережья Чёрного моря / Л. И. Рябушко, А. Г. Широаян, 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>

120.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. Широаян, 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 НАН Беларуси». – Минск, 2021. – С. 121-124.

121. 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.

122. 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.

123. Смирнова, Л. Л. Влияние концентрации биогенных элементов на сообщества микроводорослей прибрежного мелководья Чёрного моря / Л. Л. Смирнова, В. И. Рябушко, Л. И. Рябушко, И. И. Бабич // Альгология. – 1999. – Т. 9, № 3. – С. 32-42.

124. 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.

125. Тихоненкова, Е. Г. Влияние антропогенной деятельности на экологическое состояние геологической среды и геохимические ландшафты озера Донузлав / Е. Г. Тихоненкова // Уч. зап. Таврического национального ун-та им. В.И. Вернадского. Сер. география. – 2008. – Т. 21(60), № 3. – С. 359-365.

126. Троценко, Б. Г. Оценка влияния изменчивости гидрологических, гидрохимических и гидробиологических параметров на биопродуктивность Керченского пролива / Б. Г. Троценко, С. С. Жугайло, Л. К. Себах, О. В. Евченко, Н. Б. Заремба, Н. А. Загайный // Тр. ЮГНИРО. – 2012. – Т. 50. – С. 86-97.

127. Христюк, П. М. Основные черты флоры водорослей пресных вод Крыма / Павел Маркович Христюк : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.18 / П. М. Христюк. – Симферополь, 1949. – 122 с.

128. Цой, И. Б. Силикофлагелляты кайнозоя Японского и Охотского морей и Курило-Камчатского желоба / И. Б. Цой. – Владивосток: Дальнаука, 2011. – 226 с.

129.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.

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

131.Чепурнов, В. А. О роли бентосных диатомовых водорослей в питании Harpacticoida (Copepoda) / В. А. Чепурнов // Зоол. журн. – 1987. – Т. 66. – Вып. 7. – С. 1005-1012.

132.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.

133.Чербаджи, И. И. Фотосинтез и дыхание донных сообществ на твёрдых грунтах залива Восток (Японское море) / И. И. Чербаджи, М. В. Пропп, В. И. Рябушко, В. Б. Погребов // Биология моря. – 1980. – № 4. – С. 46-53.

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

135.Чухчин, В. Д. Формирование донных биоценозов в оз. Донузлав после соединения с морем / В. Д. Чухчин // Многолетние изменения зообентоса Чёрного моря. – Киев: Наук. думка, 1992. – С. 217-225.

136.Шешукова-Порецкая, В. С. Неогеновые морские диатомовые водоросли Сахалина и Камчатки / В. С. Шешукова-Порецкая. – Ленинград, 1967. – С. 5-426.

137.Широян, А. Г. Качественный состав, экологические и фитогеографические характеристики, численность и биомасса диатомовых водорослей эпилитона 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.

138. Широян, А. Г. Диатомовые водоросли эпифитона макрофитов крымского побережья Чёрного моря : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 1.5.16 / А. Г. Широян. – Севастополь, 2022. 167 с.

139. 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 pp.

140. Azovsky, A. Selective feeding of littoral harpacticoids on diatom algae: hungry gourmands? / A. Azovsky, M. Saburova, E. Chertoproud, I. Polikarpov // Mar. Biol. – 2005. – No. 148. – P. 327-337.

141. 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>

142. Balycheva, D. S. Seasonal Quantitative Dynamics of Periphyton Bacillariophyta on Experimental Glass Slides Exposed Monthly in a Coastal Seawater Area of the Crimea / D.S. Balycheva // Intern. J. on Algae. – 2014. – Vol. 24, no. 3. – P. 229-236.

143. 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>

144. Berger, W. H. Diversity of Planktonic Foraminifera in Deep-Sea Sediments / W. H. Berger, F. L. Parker // Science. – 1970. – Vol. 168, No. 3937. – P. 1345-1347.

145. Blaginina, A. Finding of a Rare Species of diatom *Nanofrustulum shiloi* (Lee, Reimer et Mcenery) Round, Hallsteinsen & Paasche, 1999 in the Periphyton of the Coastal Waters of the Black Sea / A. Blaginina, L. I. Ryabushko // Intern. Journ. on Algae. – 2021. – Vol. 23, iss. 3. – P. 247-256. DOI: 10.1615/InterJAlgae.v23.i3.40.

146. Blaginina, A. Does the elemental composition of rock surface affect marine benthic communities of diatoms and cyanobacteria? / A. Blaginina, D. Balycheva, E. Miroschnichenko, L. Ryabushko, S. Kapranov, S. Barinova, D. Lishaev // Journal of

Marine Science and Engineering. – 2023. – 11(8), 1569;
<https://doi.org/10.3390/jmse11081569> (registering DOI).

147. 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.

148. Calow, R. A method for determining the surface areas of stones to enable quantitative density estimates of littoral stonedwelling organisms to be made / R. Calow // Hydrobiologia. – 1972. – Vol. 40. – No. 1. – P. 37-50.

149. Castenholz, R. W. The effect of grazing on marine littoral diatom populations / R. W. Castenholz // Ecology. – 1961. – Vol. 42. – No. 4. – P. 783-794.

150. Dice, L. R. Measures of the amount of ecological association between species. Ecology. – 1945. – Vol. 26. – P. 297-302.

151. Gerasimiuk, V. P. Species Diversity of Microphytobenthos of the Red Sea (Egypt) / V. P. Gerasimiuk, O. A. Kovtun // Inter. J. on Algae. – 2014. – Vol. 16, no. 1. – P. 57-67.

152. Gerasimiuk, V. P. Microphytobenthos of the Red Sea Coast in the Area of Sharm-el-Sheikh / V. P. Gerasimiuk // Inter. J. Algae. – 2019. – Vol. 21, no. 2. – P. 137-148.

153. 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)

154. Hauksson, E. Feeding biology of *Stichopus tremulus*, a deposit feeding holothuria / E. Hauksson // Sarsia. – 1979. – Vol. 64, no 3. – P. 155-160.

155. Hendey, N. I. An introductory account of the smaller algae of British coastal waters / N. I. Hendey. Part 5. Bacillariophyceae (Diatoms). – London, 1964.– 740 pp.

156. Hernández-Almeida, O. U. Substrate-dependent differences between the structures of epiphytic and epilithic diatom assemblages off the southwestern coast of the Gulf of California / O. U. Hernández-Almeida, D. A. Siqueiros-Beltrones D.A. // Botanica Marina, 2012. – Vol. 55. – P. 149-159. DOI 10.1515/BOT/2011.103.

157. Jin, D. (Chin, T. G.). Marine Benthic Diatoms in China / D. Jin, Z. L. J.

Cheng, Sh. Liu // China Ocean Press Beijing Springer Verlag: Berlin, Heidelberg, N.Y., Tokio, 1985. – Vol. 1. – 309 pp.

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

159. 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.

160. Levkov, Z. *Amphora* sensu lato / Z. Levkov : Ed. H. Lange-Bertalot // Diatoms of Europe: Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. A.R.G. Gantner: K.G. Verlag. – 2009. – Vol. 5. – P. 5-916.

161. 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>

162. Lewin, J. C. Diatoms / J. C. Lewin, R. R. L. Guillard // Annual Review of Microbiology. – 1963. – Vol. 17. – P. 373-414. <https://doi.org/10.116/annurev.mi.17.100163.002105>

163. Liu, J. Y. Checklist of biota of Chinese seas / J. Y. Liu. Beijing: Science Press, Academia Sinica, 2008. – P. 1-1267.

164. 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>

165. Maranda, L. Investigation of the source of domoic acid in mussels / L. Maranda, R. Wang, K. Masuda, Y. Shimuzu // Toxic marine phytoplankton / Eds. E. Graneli, B. Sundstrom, L. Edler, D.M. Anderson. New York: Elsevier, 1990. – P. 300–304.

166. Margalef, R. Information theory in ecology // Gen. Syst. – 1958. – No. 3. – P. 36-71.

167. Martin, J. L. *Nitzschia pseudodelicatissima* – a source of domoic acid in the

Bay of Fundy, eastern Canada / J. L. Martin, K. Haya, L. E. Burridge, D. J. Wildish // Mar. Ecol. Progr. Ser. – 1990. – Vol. 67. – P. 177-182.

168. Mizuno, M. On the tube-dwelling diatom *Berkeleya rutillans* (Trentepohl) Grun. / M. Mizuno // Bull. Japan Soc. Phycol. – 1977. – Vol. 25. – P. 143-149.

169. 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)

170. Richardson, K. Adaptation of unicellular algae to irradiance: an analysis of strategies / K. Richardson, J. Beardall, J. A. Raven. // New Phytol. – 1983. – Vol. 93, no. 2. – P. 157-191.

171. Round, F. E. A review and methods for the use of epilithic diatoms for monitoring changes in river water quality / F. E. Round. – London : HMSO, 1993. – 63 pp.

172. 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 pp.

173. Ryabushko, V. I. Microphytobenthos community productive characteristics and their use for bioindication of marine natural environment quality in the Southern coast shallow waters rocky bottom biotope of the Crimea region / V. I. Ryabushko, M. Yu. Aleyev, L. I. Ryabushko, I. N Chubchikova: 30th Pacem in Maribus A year after Johannesburg. Ocean governance and sustainable development: Ocean and coasts – a glimpse into the future (Kiev, Ukraine, 27 to 30 Oct. 2003). – Sevastopol : EKOSI-Gidrofizica. – 2004. – P. 170-182.

174. Ryabushko, L. I. Comparative analysis of composition and spatial distribution of the bottom microalgae of the Aegean Sea and Black Sea / L. I. Ryabushko // Oceanography of the Eastern Mediterranean and Black Sea. Similarities and differences of two interconnected basins: Abstr. Intern. conf. (Athens, Greece, 23-6 Febr. 1999). Athens, 1999. – P. 33-34.

175. 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 // *Mar. Biol. J.* – 2019a. – T. 4, vol. 2. – P. 52-62. – <https://doi.org/10.21072/mbj.2019.04.2.06>

176. 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*. – 2019b. – Vol. 11, iss. 7. – Article no. 114. – 12 p.

177. Ryabushko, L. I. Benthic Diatoms of the Algobacterial Mats in Gas-Hydrothermal Vents of Ushishir Volcano (Kraternaya Bight, Yankich Island, Kuril Islands) / L. I. Ryabushko // *Биота и среда заповедных территорий*. – 2020. – No. 4. – P. 3-24. <https://doi.org/10.25808/26186764.2020.97.84.001>

178. Ryabushko, L. Diatom and cyanobacteria communities on artificial polymer substrates in the Crimean coastal waters of the Black Sea / L. Ryabushko, E. Miroshnichenko, 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>

179. Ryabushko, L. I. The epipsammon diatoms of Kruglaya Bay (the Black Sea). I. Centric, araphid and monoraphid / L. I. Ryabushko, A. A. Begun, S. S. Barinova, D. S. Balycheva // *Botanica Pacifica. A journal of plant science and conservation*. – 2022a. – Vol. 11. – No. 1. – P. 87-97. <https://doi.org/10.17581/bp.2022.11116>

180. Ryabushko, L. The Pennate Benthic Diatoms of the Sand Beach of Kruglaya Bay (the Black Sea) / L. Ryabushko, A. Begun, S. Barinova, D. Lishaev // *Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research*. – 2022b. – Vol. 24, iss. 2. – P. 19-44.

181. Saks, N. M. Primary production and heterotrophy of a pinnate and a centric salt marsh diatom / N. M. Saks // *Marine Biology*. – 1983. – Vol. 76, no. 3. – P. 241-246

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

183. Sladeček, V. Diatoms as indicators of organic pollution / V. Sladeček // *Acta Hydrochem. & Hydrobiol.* – 1986. – Vol. 14, no. 5. – P. 555-566.
184. Smith, W. A synopsis of the British diatomaceae / W. Smith. – London, 1853. – Vol. 1. – 89 pp.
185. Smith, W. A synopsis of the British diatomaceae / W. Smith. – London, 1856. – Vol. 2. – 107 pp.
186. 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.
187. Totti, C. Microphytobenthic biomass, species composition and nutrient availability in sublittoral sediments of the Gulf of Trieste (northern Adriatic Sea) / C. Totti, O. Blasutto, C. Falconi, F. Umani // *Estuarine, Coastal and Shelf Science.* – 2007. – Vol. 75. – P. 50-62.
188. Totti, C. Seasonal variations of epilithic diatoms on different hard substrates, in the northern Adriatic Sea / Totti C., Cucchiari E., De Stefano M., Pennesi Ch., Romagnoli T., Bavestrello G. // *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* – 2007. – Vol. 87. – P. 649-658. <https://doi.org/10.1017/S0025315407054665>.
189. Witkowski, A. Diatom flora of marine coasts / A. Witkowski, H. Lange-Bertalot, D. Metzeltin // *Iconographia Diatomologica. Vol. 7: Diversity – Taxonomy – Identification* / Ed. H. Lange-Bertalot. – Ruggell, Köningstein: A.R.G. Gantner Verlag K.G., 2000. – 925 p. – (*Iconographia Diatomologica : annotated diatom micrographs* / Ed. H. Lange-Bertalot ; vol. 7).
190. Zalat, A. A. Distribution and origin of diatoms in the bottom sediments of the Suez canal lakes and adjacent areas, Egypt / A. A. Zalat // *Diat. Res.* – 2002. – Vol. 17, no. 1. – P. 243-266.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 — Общий список диатомовых водорослей эпилимниона каменистых грунтов крымского побережья Чёрного моря (по литературным источникам и собственным данным)

№ п/п	ТАКСОН	Цитация авторов *
1	2	3
1.	<i>Achnanthes brevipes</i> C.A. Agardh 1824 var. <i>brevipes</i>	1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 12, 13
2.	<i>Achnanthes brevipes</i> var. <i>intermedia</i> (Kützing) P.Cleve 1895	6, 10, 12, 15
3.	<i>Achnanthes longipes</i> C.A. Agardh 1824	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 14
4.	<i>Achnanthes lyrata</i> Proschkina-Lavrenko 1961	3
5.	<i>Achnanthes pseudogroenlandica</i> Hendey 1964	3, 10
6.	<i>Actinantes subsessilis</i> Kützing 1844	15
7.	<i>Achnanthidium affine</i> (Grunow) Czarnecki 1994	15
8.	<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki 1994	15
9.	<i>Actinocyclus octonarius</i> Ehrenberg 1838 var. <i>octonarius</i>	6, 7, 10
10.	<i>Actinocyclus octonarius</i> var. <i>ralfsii</i> (W. Smith) Hendey 1954	4
11.	<i>Actinocyclus subtilis</i> (W. Gregory) Ralfs 1861	15
12.	<i>Amphora angusta</i> Gregory 1857 var. <i>angusta</i>	1, 8, 9, 10, 11
13.	<i>Amphora arcus</i> Gregory 1857 var. <i>arcus</i>	1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10
14.	<i>Amphora biggiba</i> Grunow ex A. Schmidt 1875	3, 6, 8, 9, 10, 12
15.	<i>Amphora caroliniana</i> Giffen 1980	3, 4, 6, 8, 10
16.	<i>Amphora commutata</i> Grunow 1880	15
17.	<i>Amphora eunotia</i> P.T. Cleve 1873	4
18.	<i>Amphora graefii</i> (Grunow) P.T. Cleve 1895	3
19.	<i>Amphora helenensis</i> Giffen 1973	1, 5, 9, 12
20.	<i>Amphora karajevae</i> Guslyakov 1987	3
21.	<i>Amphora mexicana</i> A.F.W. Schmidt 1875	15
22.	<i>Amphora otrearia</i> Brébisson 1849	9, 10
23.	<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing 1844	1, 5, 9, 12
24.	<i>Amphora parvula</i> Proschkina-Lavrenko 1963	3, 9, 10
25.	<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow 1875	12
26.	<i>Amphora proschkiniana</i> Guslyakov 1992	3
27.	<i>Amphora proteus</i> Gregory 1857 var. <i>proteus</i>	1, 3, 6, 8, 10
28.	<i>Amphora proteus</i> var. <i>contigua</i> P.T. Cleve 1895	8
29.	<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> E. Pfitzer 1871	15
30.	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen 1979	12
31.	<i>Auricula intermedia</i> (F.W. Lewis) P.T. Cleve 1894	2
32.	<i>Bacillaria paxillifer</i> (O.F. Müller) T. Marsson 1901	1, 2, 3, 4, 6, 9, 10, 12
33.	<i>Berkeleya micans</i> (Lyngbye) Grunow 1880	1, 2, 4, 5, 6, 9, 10
34.	<i>Berkeleya rutilans</i> (Trentepohl ex Roth) Grunow 1880	1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 12, 15
35.	<i>Berkeleya scopulorum</i> (Brébisson ex Kützing) E.J. Cox 1979	2, 4, 6
36.	<i>Biremis lucens</i> (Hustedt) Sabbe, Witk. et Vyverman 1995	2
37.	<i>Caloneis amphisbaena</i> (Bory) P.T. Cleve, 1894	13
38.	<i>Caloneis formosa</i> (Gregory) P.T. Cleve 1894 var. <i>formosa</i>	3
39.	<i>Caloneis formosa</i> var. <i>densestriata</i> Proschkina-Lavrenko 1963	1, 2, 4, 6, 8, 9

		Продолжение
1	2	3
40.	<i>Caloneis amphisbaena</i> (Bory) P.T. Cleve 1894	13
41.	<i>Caloneis liber</i> (W. Smith) P.T. Cleve 1894	1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 12
42.	<i>Caloneis westii</i> (W. Smith) Hendey 1964	9
43.	<i>Campilopyxis garkeana</i> (Grunow) L.K. Medlin 1985	1
44.	<i>Campylodiscus thuretii</i> Brébisson 1854 var. <i>thuretii</i>	3, 5, 8, 10
45.	<i>Campylodiscus thuretii</i> var. <i>lineolatus</i> Prosch.-Lavrenko 1955	3
46.	<i>Campylodiscus clypeus</i> (Ehrenb.) Ehrenb. ex Kützing 1844	15
47.	<i>Carinasigma minuta</i> (Donkin) G. Reid 2012	4
48.	<i>Carinasigma rectum</i> (Donkin) G. Reid 2012	1, 10, 11, 12
49.	<i>Cerataulina pelagica</i> (P. Cleve) Hendey 1937	10, 11
50.	<i>Climaconeis inflexa</i> (Brébisson ex Kützing) E.J. Cox 1982	9, 10, 11
51.	<i>Climacosphenia monilifera</i> Ehrenberg 1841	10
52.	<i>Cocconeis costata</i> Gregory 1855	1, 9, 10
53.	<i>Cocconeis distans</i> Gregory 1857	8, 10
54.	<i>Cocconeis euglypta</i> Ehrenberg 1854	3, 8, 10, 11, 12, 15
55.	<i>Cocconeis maxima</i> (Grunow) H. Perag. et M. Peragallo 1897	3, 9, 10
56.	<i>Cocconeis neodiminuta</i> Krammer 1990	12
57.	<i>Cocconeis neothumensis</i> Krammer 1990	12
58.	<i>Cocconeis peltoides</i> Hustedt 1939	12
59.	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg 1838	1, 3, 8, 12, 15
60.	<i>Cocconeis pseudodebesii</i> Proschkina-Lavrenko 1963	1, 2
61.	<i>Cocconeis quarnerensis</i> (Grunow) A. Schmidt 1874	3
62.	<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg 1838 var. <i>scutellum</i>	1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 15
63.	<i>Cocconeis scutellum</i> var. <i>minutissima</i> Grunow 1880	4, 6,
64.	<i>Cocconeis scutellum</i> var. <i>ornata</i> Grunow 1870	10
65.	<i>Cocconeis scutellum</i> var. <i>parva</i> (Grunow ex V.H.) P.T. Cleve 1895	3, 4, 6, 8, 10
66.	<i>Cocconeis speciosa</i> Gregory 1855	10
67.	<i>Cocconeis stauroneiformis</i> (W. Smith) Okuno 1957	4, 6, 10
68.	<i>Coscinodiscus concinnus</i> W. Smith 1856	2, 3, 8
69.	<i>Coscinodiscus gigas</i> Ehrenberg 1843	4
70.	<i>Coscinodiscus granii</i> Gough 1905	2, 4, 10
71.	<i>Coscinodiscus janischii</i> A. Schmidt 1878	4, 9, 10
72.	<i>Coscinodiscus jonesianus</i> (Greville) Ostenfeld 1915	9, 10, 12
73.	<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg 1841	3, 4, 7, 10
74.	<i>Craticula halophila</i> (Grunow) D.G. Mann 1990	4
75.	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann et Lewin 1964	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14
76.	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing 1844	13
77.	<i>Cymmatopleura solea</i> Brébisson) W. Smith, 1851	15
78.	<i>Cymbella affinis</i> Kützing 1844	15
79.	<i>Cymbella caespitosa</i> (Kützing) Brun 1880	3, 8, 10
80.	<i>Cymbella helvetica</i> Kützing 1844	12
81.	<i>Cymbella pusilla</i> Grunow 1875	3, 10, 15
82.	<i>Denticula tenuis</i> Kützing 1844	15
83.	<i>Diatoma hiemale</i> Heiberg 1863	3
84.	<i>Diatoma tenuis</i> C.A. Agardh 1812	2, 3, 10

		Продолжение
1	2	3
85.	<i>Diatoma vulgare</i> Bory 1824	3, 10
86.	<i>Diatomella salina</i> var. <i>septata</i> (Nikolaev) I.V. Makarova 1968	10
87.	<i>Dimeregramma minor</i> (Gregory) Ralfs ex Pritchard 1861	3, 10
88.	<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) P.T. Cleve 1894	1, 8, 9, 10, 11
89.	<i>Diploneis crabro</i> Ehrenberg 1837	1, 3, 8, 10, 11
90.	<i>Diploneis chersonensis</i> (Grunow) P.T. Cleve 1894	1, 3, 8, 10
91.	<i>Diploneis didyma</i> (Ehrenberg) P.T. Cleve 1894	9
92.	<i>Diploneis fusca</i> (Gregory) P.T. Cleve 1894	8, 10, 11
93.	<i>Diploneis lineata</i> (Donkin) P.T. Cleve 1894	10
94.	<i>Diploneis smithii</i> (Brébisson) P.T. Cleve 1894 var. <i>smithii</i>	1, 3, 8, 9, 10, 11, 12
95.	<i>Diploneis smithii</i> var. <i>pumila</i> (Grunow) Hustedt 1937	3, 8, 10
96.	<i>Diploneis notabilis</i> (Grevelli) P.T. Cleve 1894	3, 8, 10
97.	<i>Diploneis papula</i> (A. Schmidt) P.T. Cleve 1891	8, 10
98.	<i>Diploneis subadvena</i> Hustedt 1937	9
99.	<i>Diploneis suborbicularis</i> (Gregory) P.T. Cleve 1894	10, 11
100.	<i>Diploneis vacillans</i> (A. Schmidt) P.T. Cleve 1894	8, 15
101.	<i>Donkinia carinata</i> (Donkin) Ralfs in Pritchard 1861	1
102.	<i>Donkinia recta</i> (Donkin) Grunow 1883	6, 9
103.	<i>Donkinia minuta</i> (Donkin) Ralfs in Pritchard 1861	6
104.	<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Schaarschmidt 1880	15
105.	<i>Entomoneis alata</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1845	9, 10, 11
106.	<i>Entomoneis paludosa</i> (W. Smith) Reimer 1975 var. <i>paludosa</i>	1, 6, 9, 10, 11
107.	<i>Entomoneis paludosa</i> var. <i>duplex</i> (Donkin) Czarnecki et Reinke 1982	4, 6, 10
108.	<i>Entomoneis paludosa</i> var. <i>subsalina</i> (Cleve) Krammer 1987	15
109.	<i>Falcula media</i> var. <i>subsalina</i> Proschkina-Lavrenko 1963	1, 9, 10, 11
110.	<i>Fallacia forcipata</i> (Grev.) A.J. Stickle et. D.G. Mann 1990	3, 10
111.	<i>Fallacia pygmaea</i> (Kützing) A.J. Stickle et D.G. Mann 1990	10, 11
112.	<i>Fallacia tenera</i> (Hustedt) D.G. Mann 1990	12
113.	<i>Fragilaria delicatissima</i> Proschkina-Lavrenko 1960	3, 6, 9, 10
114.	<i>Fragilaria hyalina</i> (Kützing) Grunow 1880	3, 6
115.	<i>Fragilariopsis cylindrus</i> (Grunow) Krieger 1954	11
116.	<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni 1891	13
117.	<i>Gomphoneis olivaceum</i> (Hornemann) P. Dawson ex R. Ross et P.A. Sims 1978	4
118.	<i>Gomphonema angustatum</i> var. <i>productum</i> (Kütz.) Grunow 1880	3, 8
119.	<i>Gomphonemopsis pseudexigua</i> (Simonsen) Medlin 1986	7, 10, 12
120.	<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing 1844	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14
121.	<i>Grammatophora serpentina</i> Ehrenberg	2, 7, 10
122.	<i>Gyrosigma balticum</i> (Ehrenberg) Rabenhorst 1853	1, 6, 10, 11
123.	<i>Gyrosigma balticum</i> f. <i>maeoticum</i> (Pant.) Proschk.-Lavr. 1963	4, 6
124.	<i>Gyrosigma fasciola</i> (Ehrenberg) Griff. et Henfr. 1856	9, 10, 11
125.	<i>Gyrosigma prolongatum</i> (W. Smith) Griff. et Henfr. 1856	1, 9
126.	<i>Gyrosigma spensery</i> (Bailey ex Quekett) Griff. et Henfr. 1856	13
127.	<i>Gyrosigma tenuissimum</i> (W. Smith) Griff. et Henfr. 1856	3, 9, 10, 12
128.	<i>Halamphora acutiuscula</i> (Kützing) Levkov 2009	4, 11
129.	<i>Halamphora angularis</i> (Gregory) Levkov 2009	11
130.	<i>Halamphora coffeiformis</i> (C. Agardh) Levkov 2009	1, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12

		Продолжение
1	2	3
131.	<i>Halamphora costata</i> (W. Smith) Levkov 2009	1, 3, 9, 10
132.	<i>Halamphora exigua</i> (Gregory) Levkov 2009	3, 10
133.	<i>Halamphora granulata</i> (Gregory) Levkov 2009 var. <i>granulata</i>	3, 6, 10
134.	<i>Halamphora granulata</i> var. <i>punctata</i> (Proschkina-Lavrenko) L.I. Ryabushko 2013	6, 10
135.	<i>Halamphora hybrida</i> (Grunow) Levkov 2009	9, 10
136.	<i>Halamphora hyalina</i> (Kützing) Rimet et R. Jahn 2018	1, 3, 4, 6, 9, 10, 12, 15
137.	<i>Halamphora hyalina</i> var. <i>delicatula</i> (Proschkina-Lavrenko) L.I. Ryabushko 2013	6
138.	<i>Halamphora terroris</i> (Ehrenberg) P. Wang 2014	1, 3, 8, 10
139.	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow 1880	3, 13
140.	<i>Hantzschia marina</i> (Donkin) Grunow 1880	1
141.	<i>Haslea crucigera</i> (W. Smith) Simonsen 1974	1
142.	<i>Haslea crystallina</i> (Hustedt) Simonsen 1974	9, 10, 11
143.	<i>Haslea ostrearia</i> (Gaillon) Simonsen 1974	1, 9, 10, 12
144.	<i>Haslea subagnita</i> (Proschk.-Lavr.) Makarova et Karajeva 1985	1, 4, 5, 6, 9, 10, 12
145.	<i>Hyalodiscus scoticus</i> (Kützing) Grunow ex V.H. 1880	1, 3, 8, 10
146.	<i>Hyalosira interrupta</i> (Ehrenberg) Navarro 1991	1, 2, 3, 10
147.	<i>Licmophora abbreviata</i> C.A. Agardh 1831	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12
148.	<i>Licmophora communis</i> (Heiberg) Grunow 1881	1, 4, 6, 12
149.	<i>Licmophora dalmatica</i> (Kützing) Grunow 1867	1, 4, 6, 10
150.	<i>Licmophora ehrenbergii</i> (Kützing) Grunow 1880	2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 14
151.	<i>Licmophora flabellata</i> C. Agardh 1830	1, 3, 4, 6, 9, 10, 14
152.	<i>Licmophora gracilis</i> (Ehrenberg) Grunow 1880 var. <i>gracilis</i>	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 14
153.	<i>Licmophora grandis</i> (Kützing) Grunow 1880	3, 4, 6
154.	<i>Licmophora hastata</i> Mereschkowsky 1901	1, 3, 4, 6, 10
155.	<i>Licmophora nubecula</i> (Kützing) Grunow 1878	4, 6
156.	<i>Licmophora ovulum</i> Mereschkowsky 1902	3, 10
157.	<i>Licmophora paradoxa</i> (Lyngbye) Agardh 1828 var. <i>paradoxa</i>	1, 3, 10, 12
158.	<i>Licmophora paradoxa</i> var. <i>tincta</i> (Agardh) Hustedt 1927	3
159.	<i>Lyrella clavata</i> (Gregory) D.G. Mann 1990	1
160.	<i>Lyrella lyra</i> (Ehrenberg) N.I. Karayeva 1978	3, 10
161.	<i>Mastogloia pumila</i> (P. Cleve et Möller) P.T. Cleve 1895	3, 7, 10
162.	<i>Melosira lineata</i> (Dillwing) C.A. Agardh 1824	1, 6, 9, 10
163.	<i>Melosira moniliformis</i> (O.F. Müller) C. Agardh 1824 var. <i>moniliformis</i>	1, 2, 3, 4, 9, 10, 15
164.	<i>Melosira moniliformis</i> var. <i>octogona</i> (Grunow) Hustedt 1927	2, 4, 6
165.	<i>Melosira moniliformis</i> var. <i>suboglosa</i> (Grunow) Hustedt 1927	3, 4, 9, 10
166.	<i>Melosira nummuloides</i> (Dillwing) C.A. Agardh 1824	9
167.	<i>Melosira varians</i> C.A. Agardh 1827	15
168.	<i>Microtabella delicatula</i> (Kützing) Round 1990	1, 2, 4, 3, 8, 9
169.	<i>Nanofrustulum shiloi</i> (J.J. Lee, Reimer et McEnery) Round, Hallsteinsen et Paasche 1999	12
170.	<i>Navicula antonii</i> Lange-Bertalot 2000	1
171.	<i>Navicula cancellata</i> Donkin 1873	1, 9, 10, 12
172.	<i>Navicula crucigera</i> (Ehrenberg) W. Smith 1856	3
173.	<i>Navicula digitoradiata</i> (Gregory) Ralfs ex Pritchard 1861	3

		Продолжение
1	2	3
174.	<i>Navicula digitoradiata</i> var. <i>cyprinus</i> (Ehrenb.) W. Smith 1853	3
175.	<i>Navicula directa</i> (W. Smith) Ralfs ex Pritchard 1861	1, 3, 6, 9, 10, 12
176.	<i>Navicula duerrenbergiana</i> Hustedt 1934	15
177.	<i>Navicula grevileana</i> N. Hendey 1964	8, 10
178.	<i>Navicula palpebralis</i> Brébisson ex W. Smith 1853 var. <i>palpebralis</i>	6, 10, 12
179.	<i>Navicula palpebralis</i> var. <i>sempilena</i> (Gregory) P.T. Cleve	6, 10
180.	<i>Navicula pennata</i> var. <i>A.</i> Schmidt 1876 var. <i>pennata</i>	3, 11, 12
181.	<i>Navicula pennata</i> var. <i>pontica</i> Mereschowsky 1902	1, 3, 5, 6, 8, 9, 10
182.	<i>Navicula perminuta</i> Grunow 1880	12
183.	<i>Navicula perrhombus</i> Hustedt ex Simonsen 1962	1
184.	<i>Navicula ramosissima</i> (C.A. Agardh) P.T. Cleve 1895	1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15
185.	<i>Navicula salinarum</i> Grunow 1880	1, 3, 4, 6
186.	<i>Navicula tripunctata</i> (O. F. Müller) Bory 1822	15
187.	<i>Navicula salinicola</i> Hustedt 1939	12
188.	<i>Neosynedra delicatissima</i> (Proschkina-Lavrenko) Bukht. 2006	3, 4
189.	<i>Neosynedra provincialis</i> (Grunow) Williams et Round 1986	1, 9, 10
190.	<i>Nitzschia aequorea</i> Hustedt 1939	12
191.	<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow 1878	3, 4, 6
192.	<i>Nitzschia acuminata</i> (W. Smith) Grunow 1878	4, 6
193.	<i>Nitzschia apiculata</i> (Gregory) Grunow 1878	6
194.	<i>Nitzschia compressa</i> var. <i>elongata</i> (Grunow) Lange-Bert. 1988	2, 4
195.	<i>Nitzschia brevissima</i> Grunow 1880	13
196.	<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow 1880	8, 10, 12
197.	<i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing) Grunow 1880	12
198.	<i>Nitzschia holsatica</i> Hustedt 1962	9
199.	<i>Nitzschia hybrida</i> Grunow 1880 var. <i>hybrida</i>	3, 4, 6, 8, 9
200.	<i>Nitzschia hybrida</i> f. <i>hyalina</i> Proschkina-Lavrenko 1963	1, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 12
201.	<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow 1862	12
202.	<i>Nitzschia kützingiana</i> Hilse 1863	3
203.	<i>Nitzschia lanceolata</i> W. Smith 1853 var. <i>lanceolata</i>	1, 3, 4, 6, 8, 10
204.	<i>Nitzschia lanceolata</i> var. <i>minor</i> V.H. 1880	3, 10
205.	<i>Nitzschia lanceolata</i> var. <i>minima</i> V.H. 1880	3, 8, 10
206.	<i>Nitzschia lanceolata</i> var. <i>pygmaea</i> Cleve 1883	4
207.	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs ex Pritchard 1861	1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10
208.	<i>Nitzschia lorenziana</i> Grunow 1879 var. <i>lorenziana</i>	13
209.	<i>Nitzschia lorenziana</i> var. <i>incerta</i> Grunow 1880	9, 10
210.	<i>Nitzschia ovalis</i> H.J. Arnott ex Grunow 1880	2, 3
211.	<i>Nitzschia rectilonga</i> Takano 1983	3, 9, 10
212.	<i>Nitzschia rupestris</i> Proschkina-Lavrenko 1963	3, 10
213.	<i>Nitzschia scalpelliformis</i> Grunow 1880	15
214.	<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) W. Smith 1853 var. <i>sigma</i>	1, 4, 6, 9, 12
215.	<i>Nitzschia sigma</i> var. <i>intercedens</i> Grunow 1878	2, 4, 6, 9
216.	<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Nitzsch) W. Smith 1853	1, 4, 6, 12
217.	<i>Nitzschia spathulata</i> Brébisson 1853 var. <i>spathulata</i>	4, 8, 10
218.	<i>Nitzschia sphaerophora</i> var. <i>acephala</i> Proschk.-Lavr. 1963	4, 6

		Продолжение
1	2	3
219.	<i>Nitzschia tenuirostris</i> Mereschkowsky 1902	1, 2, 6, 7, 9, 10
220.	<i>Nitzschia thermalis</i> Kützing 1844	3
221.	<i>Nitzschia umbonata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot, 1978	13
222.	<i>Nitzschia vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch 1860	1
223.	<i>Nitzschia vidovichii</i> (Grunow) Peragallo 1897-1908	2, 3, 4, 8, 10
224.	<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) C. Agardh 1832	3, 10
225.	<i>Odontella obtusa</i> Kützing 1844	6, 10
226.	<i>Opephora marina</i> (W. Gregory) Petit 1888	15
227.	<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve 1873	2, 3, 10
228.	<i>Parlibellus delognei</i> (Van Heurck) E.J. Cox 1988	1, 3, 5, 6, 9, 10, 12
229.	<i>Parlibellus hamulifer</i> (Grunow) E.J. Cox 1988	1
230.	<i>Parlibellus rhombicus</i> (Gregory) E.J. Cox 1988	9, 10, 11
231.	<i>Petrodictyon gemma</i> (Ehrenberg) D.G. Mann 1990	5
232.	<i>Petroneis granulata</i> (Bailey) D.G. Mann 1990	1
233.	<i>Petroneis monilifer</i> (P. Cleve) Stickle et D.G. Mann 1990	1
234.	<i>Pinnularia quadratarea</i> (A. Schmidt) Cleve 1895	6, 10
235.	<i>Pinnularia quadratarea</i> (A. Schmidt) Cleve 1895	6, 10
236.	<i>Pinnularia intermedia</i> (Lagerstedt) P. Cleve 1895	15
237.	<i>Placoneis elginensis</i> (W. Gregory) E.J. Cox 1988	15
238.	<i>Plagiogramma staurophorum</i> (Gregory) Heiberg 1863	12
239.	<i>Plagiotropis elegans</i> (W. Smith) Grunow 1885	6
240.	<i>Plagiotropis lepidoptera</i> (Gregory) Kuntze 1898	1, 3, 6, 9, 10, 11, 12
241.	<i>Plagiotropis lepidoptera</i> (Gregory) Kützing var. <i>intermedia</i> Kisselev 1932	15
242.	<i>Planothidium delicatulum</i> (Kützing) Round et Bukht. 1996	11
243.	<i>Pleurosigma angulatum</i> (Queckett) W. Smith 1852	1, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11
244.	<i>Pleurosigma elongatum</i> W. Smith 1852	1, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 15
245.	<i>Pleurosigma formosum</i> W. Smith 1852	3, 8, 10, 15
246.	<i>Pleurosigma inflatum</i> Shadbolt 1853	1
247.	<i>Pleurosigma intermedium</i> W. Smith 1853	1
248.	<i>Pleurosigma marinum</i> Donkin 1858	1
249.	<i>Pleurosigma rigidium</i> W. Smith 1852	3, 6
250.	<i>Proschkinia complanatoides</i> (Hust.) D.G. Mann 1990	9
251.	<i>Proschkinia poretzskiae</i> (Korotkevich) D.G. Mann 1990	1
252.	<i>Psammodictyon constrictum</i> (Gregory) D.G. Mann 1990	2, 4, 6, 9
253.	<i>Psammodictyon panduriforme</i> (Gregory) D.G. Mann 1990 var. <i>panduriforme</i>	1, 3, 4, 6, 8, 9, 10
254.	<i>Psammodictyon panduriforme</i> var. <i>delicatulum</i> (Grunow) M. Poulin 1991	9
255.	<i>Psammodictyon panduriforme</i> var. <i>minor</i> (Grunow) L.I. Ryabushko 2006	12
256.	<i>Rhabdonema arcuatum</i> (Lyngbye) Kützing 1844	2, 3, 4, 10
257.	<i>Rhaphoneis amphicerus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1844	1
258.	<i>Rhaphoneis nitida</i> (Gregory) Grunow 1868	10
259.	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C. Agardh) Lange-Bertalot 1980	3, 4, 8
260.	<i>Rhoicosphenia curvata</i> (Kützing) Grunow 1860	3, 6
261.	<i>Rhoicosphenia marina</i> (W. Smith) M. Schmidt 1889	1, 9, 10, 12
262.	<i>Rhoicosphenia pullus</i> M. Schmidt 1889	10

		Продолжение
1	2	3
263.	<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) O.F. Müller 1895	12
264.	<i>Rhopalodia gibberula</i> (Ehrenberg) O.F. Müller 1899	1, 9, 12
265.	<i>Rhopalodia musculus</i> (Kützing) O.F. Müller 1899	2, 3, 4, 5
266.	<i>Seminavis ventricosa</i> (Gregory) M. Garcia-Baptista 1993	1, 11, 12
267.	<i>Stauroneis constricta</i> (Ehrenberg) Cleve 1878	3, 8
268.	<i>Stauroneis simulans</i> (Donkin) Ross ex Hartley 1986	3, 9, 10
269.	<i>Staurophora salina</i> (W. Smith) Mereschkowsky 1903	6
270.	<i>Striatella unipunctata</i> (Lyngbye) C. Agardh 1832	1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 12, 14
271.	<i>Surirella brebissonii</i> var. <i>kuetzingii</i> Krammer et Lange-Bertalot 1987	13, 14
272.	<i>Surirella fastuosa</i> Ehrenberg 1840	1, 6, 5, 8, 10
273.	<i>Surirella linearis</i> W. Smith 1853	5, 6, 13
274.	<i>Surirella ovalis</i> Brébisson 1838	5, 6, 13
275.	<i>Surirella pandura</i> H. Peragallo et Peragallo 1899	6
276.	<i>Surirella striatula</i> Turpin 1828	15
277.	<i>Synedra curvata</i> Proschkina-Lavrenko 1951	2, 3
278.	<i>Synedrosphenia crystallina</i> (Agardh) Lobb. et Ashw. 2022	1, 2, 3, 9, 10, 15
279.	<i>Tabularia fasciculata</i> (C. Agardh) Williams et Round 1986	1, 3, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15
280.	<i>Tabularia parva</i> (Kützing) Williams et Round 1990	1, 12
281.	<i>Tabularia tabulata</i> (C. Agardh) Snoeijis 1992	1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 12
282.	<i>Tetramphora decussata</i> (Grunow) Stepanek et Kociolek 2016	12
283.	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschk. 1902	2, 4, 10
284.	<i>Thalassiosiphysa hyalina</i> (Grevelli) Paddock et Sims 1981	6, 9, 10
285.	<i>Thalassiosira eccentrica</i> (Ehrenberg) Cleve 1904	1, 2, 3, 4, 9, 10
286.	<i>Toxarium undulatum</i> J.W. Bailey 1854	2, 3, 4, 6, 10
287.	<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenberg) P.T. Cleve 1894 var. <i>aspera</i>	1, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 12
288.	<i>Tryblionella apiculata</i> Gregory 1857	2, 4, 6, 10
289.	<i>Tryblionella circumscuta</i> (J.W. Bailey) Ralfs, 1861	10, 11
290.	<i>Tryblionella coarctata</i> (Grunow) D.G. Mann 1990	1, 3, 8, 9, 10, 12
291.	<i>Tryblionella granulata</i> (Grunow) D.G. Mann 1990	3, 10, 11
292.	<i>Tryblionella hungarica</i> (Grunow) D.G. Mann 1990	1, 13
293.	<i>Tryblionella marginulata</i> (Grunow) D.G. Mann 1990	3, 10
294.	<i>Tryblionella punctata</i> W. Smith 1853	8
295.	<i>Undatella lineolata</i> (Ehrenberg) L.I. Ryabushko 2006	1, 4, 6, 9, 10, 12
296.	<i>Undatella quadrata</i> (Bréb. ex Kütz.) Paddock et Sims 1980	1, 4, 6, 9, 10

* – Номерное обозначение авторов: 1 – 15:

1 – Лишаев Д. Н., 2018-2020 (собственные данные по зал. Донузлав и Инкерманской бухте);

2 – Прошкина-Лавренко А. И. Диатомовые водоросли бентоса Чёрного моря. – М., Л.: Изд. АН СССР. 1963. 243 с.;

3 – Гусяков Н. Е., Неврова Е. Л. Состав диатомовых водорослей на твёрдых субстратах в районе Севастопольской бухты / Деп. В ВИНТИ, 29.04.87, № 3019-В87. – Севастополь, 1987. 15 с;

4 – Рощин А. М., Чепурнов В. А. Бентосные диатомовые водоросли прибрежного каменистого мелководья района Карадага // Актуальные проблемы современной

- альгологии : Тез. докл. 1-й Всесоюзн. конф. (Черкассы, 23–25 сент. 1987 г.). – Киев: Наук. думка, 1987. С. 138-139;
- 5 – Неврова Е. Л., Гусяков Н. Е. Сезонная динамика бентосных диатомовых водорослей на твердых субстратах Севастопольской бухты // Экология моря. 1988. Вып. 30. С. 25-28;
- 6 – Чепурнов В. А. Бентосные диатомовые водоросли и гарпактикоиды Черноморского каменистого мелководья района Карадага и их пищевые отношения : Дис. канд. биол. наук: 03.00.18. – Севастополь, 1988. 151 с.;
- 7 – Рябушко Л.И. Диатомовые водоросли микрофитобентоса твёрдых грунтов прибрежных районов Севастопольской бухты (Чёрное море) // Альгология. 1994. Т. 4, № 2. С. 15-21;
- 8 – Неврова Е. Л. Донные диатомовые водоросли на мелководье у Севастополя (Чёрное море) // Альгология. 1998. Т. 8, № 3. С. 278-285;
- 9 – Ли Р. И., Рябушко Л. И. Сезонная динамика видового состава и количественных характеристик диатомовых водорослей эпилимнина Крантинной бухты в зависимости от температуры воды в Чёрном море: сб. науч. тр. [«Системы контроля и окружающей среды – 2010»]. Вып. 14. – Севастополь: МГИ НАНУ, 2010. С. 215-221;
- 10 – Рябушко Л. И. Микрофитобентос Чёрного моря. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2013. 416 с.;
- 11 – Балычева Д. С., Рябушко Л. И. Микроводоросли бентоса заповедника «Лебяжьих островов» (Чёрное море) // Nature Conservation Research. Заповедная наука. 2017. Т. 2, № 2 (Suppl. 2). С. 9-18.
- 12 – Blaginina A., Balycheva D., Miroshnichenko E., Ryabushko L., Kapranov S., Varinova S., Lishaev D. Does the elemental composition of rock surface affect the formation of marine communities of diatoms and cyanobacteria? // Journal of Marine Science and Engineering. 2023. 11(8), No. 1569; <https://doi.org/10.3390/jmse11081569>.
- 13 – Христюк П. М. Основные черты флоры водорослей пресных вод Крыма : Дис. ... канд. биол. наук. Симферополь, 1949. 1222 с.
- 14 – Самышев Э. З., Сенчикова Л. Г., Сергеева Н. Г., Михайлова Т. В., Панкратова Т. М. Структура и функционирование сообществ планктона и бентоса оз. Донузлав в условиях антропогенного загрязнения и оценка перспектив его рыбохозяйственного использования // Системы контроля окружающей среды. Методические, технические и программные средства / НАН Украины. МГИ : сб. науч. тр. – Севастополь, 2001. С. 301-325.15.
15. – Лилицкая Г. Г., Царенко П. М. Bacillariophyta оз. Донузлав (Крым, Украина) // Альгология. 2012. Т. 22, № 1. С. 102-113.

Из 15 источников по эпилимниту, только 4 (№ 1, 13-15) касаются информации находки видов в заливе, а 2 источника (№1 и №12) касаются Инкерманской бухты.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 — видовой состав, эколого-фитогеографические характеристики диатомовых водорослей эпилимниона залива Донузлав (Крым, Чёрное море), 2018–2020 годы

№ п/п	ТАКСОН	ЖФ	ЭК	S	ФЭ
1	2	3	4	5	6
1.	<i>Achnanthes brevipes</i> C.A. Agardh 1824	Б	СМ	β	К
2.	<i>Achnanthes longipes</i> C.A. Agardh 1824	Б	М	β	АБТ
3.	<i>Amphora arcus</i> W. Gregory 1857	Б	М	–	АБ
4.	<i>Amphora angusta</i> W. Gregory 1857	Б	СМ	β	К
5.	<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing 1844	Б	ПС	$\alpha\text{-}\beta$	К
6.	<i>Amphora proteus</i> W. Gregory 1857	Б	М	$\alpha\text{-}\beta$	К
7.	<i>Bacillaria paxillifer</i> (O.F. Müller) T. Marsson 1901	БП	СМ	$\alpha\text{-}\alpha$	К
8.	<i>Berkeleya micans</i> (Lyngbye) Grunow 1880	Б	СМ	α	Б нот
9.	<i>Berkeleya rutilans</i> (Trentepohl ex Roth) Grunow 1880	Б	СМ	–	АБ нот
10.	<i>Caloneis farmosa</i> var. <i>densestriata</i> Proschkina-Lavrenko 1963	Б	М	–	Б
11.	<i>Caloneis liber</i> (W. Smith) P. Cleve 1894	Б	М	–	К
12.	<i>Carinasigma rectum</i> (Donkin) G. Reid 2012	Б	М	–	БТ нот
13.	<i>Cocconeis costata</i> W. Gregory 1855	Б	М	β	К
14.	<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg 1838	Б	СМ	β	К
15.	<i>Cocconeis pseudodebesii</i> Proschkina-Lavrenko 1963	Б	СМ	–	Б
16.	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann et Lewin 1964	БП	СМ	β	К
17.	<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1894	Б	М	–	БТ нот
18.	<i>Diploneis chersonensis</i> (Grunow) P. Cleve 1894	Б	М	–	АБТ нот
19.	<i>Diploneis smithii</i> (Brébisson) P. Cleve 1894	Б	СМ	–	К
20.	<i>Entomoneis paludosa</i> (W. Smith) Reimer 1975	БП	СМ	$\beta\text{-}\alpha$	К
21.	<i>Falcula media</i> var. <i>subsalina</i> Proschkina-Lavrenko 1963	БП	М	α	Б

Продолжение					
1	2	3	4	5	6
22.	<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing 1844	Б	М	β	К
23.	<i>Gyrosigma prolongatum</i> (W. Smith) Griffith et Henfrey 1856	Б	М	–	АБ нот
24.	<i>Halamphora coffeiformis</i> (C.A. Agardh) Levkov 2009	Б	СМ	α	АБТ
25.	<i>Halamphora costata</i> (W. Smith) Levkov 2009	Б	М	–	БТ нот
26.	<i>Halamphora hyalina</i> (Kützing) Rimet et R. Jahn 2018	Б	М	β	АБТ нот
27.	<i>Halamphora terroris</i> (Ehrenberg) P. Wang 2014	Б	М	–	АБТ нот
28.	<i>Haslea crucigera</i> (W. Smith) Simonsen 1974	Б	М	–	Б
29.	<i>Haslea ostrearia</i> (Gaillon) Simonsen 1974	Б	М	–	БТ
30.	<i>Haslea subagnita</i> (Proschkina-Lavrenko) Makarova et Karajeva 1985	Б	С	–	Б
31.	<i>Licmophora abbreviata</i> C.A. Agardh 1831	Б	М	β	К
32.	<i>Licmophora dalmatica</i> (Kützing) Grunow 1867	Б	М	–	Б
33.	<i>Licmophora flabellata</i> (Greville) C.A. Agardh 1830	Б	М	β	БТ нот
34.	<i>Licmophora gracilis</i> (Ehrenberg) Grunow 1881	Б	М	–	АБТ
35.	<i>Licmophora hastata</i> Mereschkowsky 1901	Б	М	–	Б
36.	<i>Licmophora paradoxa</i> (Lyngbye) C.A. Agardh 1828	Б	М		К
37.	<i>Lyrella clavata</i> (W. Gregory) 1990	Б	М	–	БТ
38.	<i>Melosira lineata</i> (Dillwyn) C.A. Agardh 1824	БП	СМ	α	АБТ нот
39.	<i>Melosira moniliformis</i> (O.F. Müller) C.A. Agardh 1824	БП	СМ	α - β	АБТ нот
40.	<i>Microtabella delicatula</i> (Kützing) Round 1990	Б	СМ	–	АБ
41.	<i>Navicula antonii</i> Lange-Bertalot 2000 *	Б	П	–	БТ нот
42.	<i>Navicula cancellata</i> Donkin 1873	Б	М	–	К
43.	<i>Navicula directa</i> (W. Smith) Ralfs ex Pritchard 1861	Б	СМ	–	К
44.	<i>Navicula distans</i> (W. Smith) Ralfs ex Pritchard 1861	Б	СМ	–	АБТ

Продолжение					
1	2	3	4	5	6
45.	<i>Navicula perrhombus</i> Hustedt ex Simonsen 1962	Б	СМ	–	БТ
46.	<i>Navicula ramosissima</i> (Agardh) Cleve 1895	Б	СМ	–	АБТ HOT
47.	<i>Navicula salinarum</i> Grunow 1880	Б	С	β - <i>o</i>	АБТ HOT
48.	<i>Navicula pennata</i> var. <i>pontica</i> Mereschowsky 1902	Б	СМ	–	БТ
49.	<i>Nitzschia hybrida</i> f. <i>hyalina</i> Proschkina-Lavrenko 1963	Б	СМ	β	Б
50.	<i>Nitzschia lanceolata</i> W. Smith 1853	Б	С	β	БТ HOT
51.	<i>Nitzschia longissima</i> (Brebisson) Grunow 1862	БП	М	–	К
52.	<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) W. Smith 1853	Б	С	α	АБТ HOT
53.	<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Nitzsch) W. Smith 1852	Б	ПС	β - α	Б
54.	<i>Nitzschia tenuirostris</i> Mereschowsky 1902	БП	С	–	Б
55.	<i>Nitzschia vermicularis</i> (Kützing) C.A. Hantzsch 1860	Б	С	β	БТ HOT
56.	<i>Parlibellus delognei</i> (Van Heurck) E.J. Cox 1988	Б	М	–	К
57.	<i>Petroneis monilifer</i> (Cleve) A.J. Stickle et D.G. Mann 1990	Б	М	–	БТ
58.	<i>Plagiotropis lepidoptera</i> (W. Gregory) Kuntze 1898	Б	М	<i>o</i>	АБТ
59.	<i>Pleurosigma elongatum</i> W. Smith 1852	Б	СМ	β	К
60.	<i>Psammodyction panduriforme</i> (W. Gregory) D.G. Mann 1990	Б	М	–	БТ HOT
61.	<i>Rhaphoneis amphiceros</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1844	Б	СМ	–	БТ HOT
62.	<i>Rhopalodia gibberula</i> (Ehrenberg) O.F. Müller 1895	Б	С	β	АБТ
63.	<i>Seminavis ventricosa</i> (W. Gregory) M. Garsia-Baptista 1993	Б	М	β	К
64.	<i>Striatella unipunctata</i> (Lyngbye) C.A. Agardh 1832	Б	М	–	БТ HOT
65.	<i>Synedrosphenia crystallina</i> (C. Agardh) Lobban et Ashworth 2022	Б	СМ	β	БТ
66.	<i>Tabularia fasciculata</i> (C.A. Agardh) D.M. Williams et Round 1986	Б	СМ	<i>x-o</i>	К

Продолжение					
1	2	3	4	5	6
67.	<i>Tabularia parva</i> (Kützing) D.M. Williams et Round 1990	Б	СМ	α	АБТ нот
68.	<i>Tabularia tabulata</i> (C.A. Agardh) Snoeijjs 1992	Б	СМ	β - α	К
69.	<i>Thalassiosira eccentrica</i> (Ehrenberg) P. Cleve 1904	П	М	–	К
70.	<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenberg) P. Cleve 1894	Б	М	β	К
71.	<i>Tryblionella coarctata</i> (Grunow) D.G. Mann 1990	Б	СМ	–	БТ
72.	<i>Tryblionella hungarica</i> (Grunow) D.G. Mann 1990	Б	С	a - o	К
73.	<i>Undatella lineolata</i> (Ehrenberg) L.I. Ryabushko 2006	Б	СМ	β	АБТ
74.	<i>Undatella quadrata</i> (Brebisson ex Kützing) T.B.V. Paddock ex P.A. Sims 1980	Б	СМ	–	Б

Условные обозначения: (*) – вид указан впервые для Крыма и Чёрного моря; (–) – данные отсутствуют; ЖФ – жизненные формы : Б – бентосная, БП – бентопланктонная, П – планктонная; ЭК – экологические формы : М – морская, СМ – солонатоводно-морская, С – солонатоводная, ПС – пресноводно-солонатоводная; S – показатели индекса сапробности воды: β -бета-мезосапробионт, β - α – бета-альфамезосапробионт, β - p – бетапелисапробионт, x - o – ксено-олигосапробионт, α – альфамезосапробионт, o – олиго-сапробионт, o - α – олиго-альфамезосапробионт; o - β – олиго-бетамезосапробионт; ФЭ – фитогеографические элементы : Б – бореальный вид, АБ – аркто-бореальный, БТ – бореально-тропический, АБТ – аркто-бореально-тропический, К – космополиты, нот – нотальный вид.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В.1 — видовой состав, экологические и фитогеографические характеристики диатомовых водорослей эпилимтона марихозийств залива Донузлав (Крым, чёрное море), 2018–2020 годы

№ п/п	ТАКСОН	ЖФ	ЭК	S	ФЭ
1	2	3	4	5	6
1.	<i>Achnanthes brevipes</i> C.A. Agardh 1824	Б	СМ	β	К
2.	<i>Achnanthes longipes</i> C.A. Agardh 1824	Б	М	β	АБТ
3.	<i>Amphora arcus</i> W. Gregory 1857	Б	М	–	АБ
4.	<i>Amphora angusta</i> W. Gregory 1857	Б	СМ	β	К
5.	<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing 1844	Б	ПС	$o-\beta$	К
6.	<i>Amphora proteus</i> W. Gregory 1857	Б	М	$\alpha-\beta$	К
7.	<i>Bacillaria paxillifer</i> (O.F. Müller) T. Marsson 1901	БП	СМ	$o-\alpha$	К
8.	<i>Berkeleya micans</i> (Lyngbye) Grunow 1880	Б	СМ	o	Б нот
9.	<i>Berkeleya rutilans</i> (Trentepohl ex Roth) Grunow 1880	Б	СМ	–	АБ нот
10.	<i>Caloneis liber</i> (W. Smith) P. Cleve 1894	Б	М	–	К
11.	<i>Carinasigma rectum</i> (Donkin) G. Reid 2012	Б	М	–	БТ нот
12.	<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg 1838	Б	СМ	β	К
13.	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann et Lewin 1964	БП	СМ	β	К
14.	<i>Diploneis chersonensis</i> (Grunow) P. Cleve 1894	Б	М	–	АБТ нот
15.	<i>Diploneis smithii</i> (Brébisson) P. Cleve 1894	Б	СМ	–	К
16.	<i>Donkinia carinata</i> (Donkin) Ralfs in Pritchard 1861	Б	М	–	БТ
17.	<i>Entomoneis paludosa</i> (W. Smith) Reimer 1975	БП	СМ	$\beta-\alpha$	К
18.	<i>Falcula media</i> var. <i>subsalina</i> Proshkina-Lavrenko 1963	БП	М	o	Б
19.	<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing 1844	Б	М	β	К
20.	<i>Gyrosigma prolongatum</i> (W. Smith) Griffith et Henfrey 1856	Б	М	–	АБ нот

Продолжение					
1	2	3	4	5	6
21.	<i>Halamphora coffeiformis</i> (C.A. Agardh) Levkov 2009	Б	CM	α	АБТ
22.	<i>Halamphora costata</i> (W. Smith) Z. Levkov 2009	Б	М	–	БТ нот
23.	<i>Halamphora hyalina</i> (Kützing) Rimet et R. Jahn 2018	Б	М	β	АБТ нот
24.	<i>Halamphora terroris</i> (Ehrenberg) P. Wang 2014	Б	М	–	АБТ нот
25.	<i>Haslea subagnita</i> (Proschkina-Lavrenko) Makarova et Karajeva 1985	Б	С	–	Б
26.	<i>Licmophora abbreviata</i> C.A. Agardh 1831	Б	М	β	К
27.	<i>Licmophora flabellata</i> (Greville) C.A. Agardh 1830	Б	М	β	БТ нот
28.	<i>Lyrella clavata</i> (W. Gregory) 1990	Б	М	–	БТ
29.	<i>Melosira lineata</i> (Dillwyn) C.A. Agardh 1824	БП	CM	α	АБТ нот
30.	<i>Microtabella delicatula</i> (Kützing) Round 1990	Б	CM	–	АБ
31.	<i>Navicula cancellata</i> Donkin 1873	Б	М	–	К
32.	<i>Navicula directa</i> (W. Smith) Ralfs ex Pritchard 1861	Б	CM	–	К
33.	<i>Navicula perrhombus</i> Hustedt ex Simonsen 1962	Б	CM	–	БТ
34.	<i>Navicula ramosissima</i> (Agardh) P. Cleve 1895	Б	CM	–	АБТ нот
35.	<i>Navicula salinarum</i> Grunow 1880	Б	С	β -o	АБТ нот
36.	<i>N. pennata</i> var. <i>pontica</i> Mereschkowsky 1902	Б	CM	–	БТ
37.	<i>Nitzschia hybrida</i> f. <i>hyalina</i> Proschkina- Lavrenko 1963	Б	CM	β	Б
38.	<i>Nitzschia longissima</i> (Brebisson) Grunow 1862	БП	М	–	К
39.	<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) W. Smith 1853	Б	С	α	АБТ нот
40.	<i>Parlibellus delognei</i> (Van Heurck) E.J. Cox 1988	Б	М	–	К
41.	<i>Petroneis monilifer</i> (P. Cleve) A.J. Stickle et D.G. Mann 1990	Б	М	–	БТ
42.	<i>Plagiotropis lepidoptera</i> (W. Gregory) Kuntze 1898	Б	М	o	АБТ
43.	<i>Pleurosigma elongatum</i> W. Smith 1852	Б	CM	β	К

Продолжение					
1	2	3	4	5	6
44.	<i>Psammodyction panduriforme</i> (W. Gregory) D.G. Mann 1990	Б	М	–	БТ нот
45.	<i>Seminavis ventricosa</i> (W. Gregory) M. Garsia-Baptista 1993	Б	М	β	К
46.	<i>Striatella unipunctata</i> (Lyngbye) C.A. Agardh 1832	Б	М	–	БТ нот
47.	<i>Synedrosphenia crystallina</i> (C. Agardh) Lobban et Ashworth 2022	Б	СМ	β	БТ
48.	<i>Tabularia fasciculata</i> (C.A. Agardh) D.M. Williams et Round 1986	Б	СМ	$x-o$	К
49.	<i>Tabularia tabulata</i> (C.A. Agardh) Snoeijis 1992	Б	СМ	$\beta-\alpha$	К
50.	<i>Thalassiosira eccentrica</i> (Ehrenberg) P. Cleve 1904	П	М	–	К
51.	<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenberg) P. Cleve 1894	Б	М	β	К
52.	<i>Undatella lineolata</i> (Ehrenberg) L.I. Ryabushko 2006	Б	СМ	β	АБТ

Условные обозначения: (–) – данные отсутствуют; ЖФ – жизненные формы : Б – бентосные, БП – бентопланктонные, П – планктонные; ЭК – экологические формы : М – морская, СМ – соловатоводно-морская, С – солоноватоводная, ПС – пресноводно-солоноватоводная; S – показатель индекса сапробности воды: β – бетамезосапробионт, $\beta-\alpha$ – бета-альфамезосапробионт, $\beta-p$ – бетапелисапробионт, $x-o$ – ксено-олигосапробионт, α – альфамезосапробионт, о – олигосапробионт, $o-\alpha$ – олиго-альфамезосапробионт; $o-\beta$ – олиго-бетамезосапробионт; ФЭ – фитогеографические элементы : Б – бореальный вид, АБ – аркто-бореальный, БТ – бореально-тропический, АБТ – аркто-бореально-тропический, К – космополит, нот – нотальный вид.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Таблица Г.1 — видовой состав, эколого-фитогеографические характеристики диатомовых водорослей эпилимнина Инкерманской бухты (Крым, чёрное море), 2018–2019 гг.

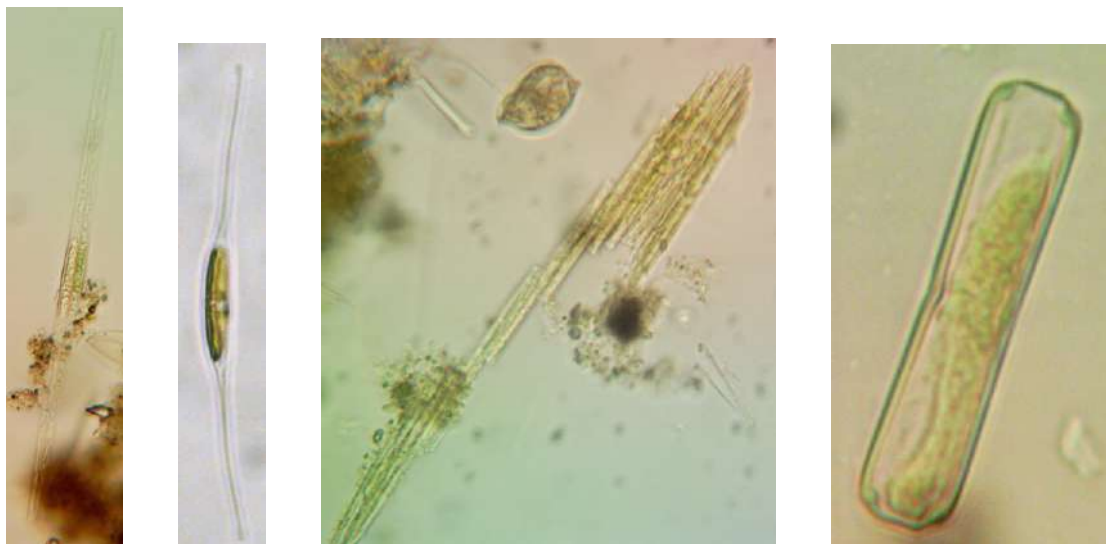
№	ТАКСОН	ЖФ	ЭК	S	ФЭ
1	2	3	4	5	6
1.	<i>Achnanthes brevipes</i> C.A. Agardh 1824	Б	СМ	β	К
2.	<i>Achnanthes longipes</i> C.A. Agardh 1824	Б	М	β	АБТ
3.	<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing 1844	Б	ПС	α - β	К
4.	<i>Bacillaria paxillifer</i> (O.F. Müller) T. Marsson 1901	БП	СМ	α - β	К
5.	<i>Berkeleya rutilans</i> (Trentepohl ex Roth) Grunow 1880	Б	СМ	–	АБ нот
6.	<i>Caloneis formosa</i> var. <i>densestriata</i> Proschkina-Lavrenko 1963	Б	М	–	Б
7.	<i>Caloneis liber</i> (W. Smith) P. Cleve 1894	Б	М	–	К
8.	<i>Campylopyxis garkeana</i> (Grunow) L.K. Medlin 1985	Б	М	–	АБ
9.	<i>Cocconeis costata</i> W. Gregory 1855	Б	М	β	К
10.	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg 1838	Б	С	α - β	К
11.	<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg 1838	Б	СМ	β	К
12.	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann et Lewin 1964	БП	СМ	β	К
13.	<i>Diploneis smithii</i> (Brébisson) P. Cleve 1894	Б	СМ	–	К
14.	<i>Donkinia carinata</i> (Donkin) Ralfs in Pritchard 1861	Б	М	–	БТ
15.	<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing 1844	Б	М	β	К
16.	<i>Gyrosigma balticum</i> (Ehrenberg) Rabenhorst 1853	Б	СМ	–	АБТ нот
17.	<i>Halamphora coffeiformis</i> (C.A. Agardh) Levkov 2009	Б	СМ	α	АБТ
18.	<i>Halamphora hyalina</i> (Kützing) Rimet et R. Jahn 2018	Б	М	β	АБТ нот
19.	<i>Halamphora terroris</i> (Ehrenberg) P. Wang 2014	Б	М	–	АБТ нот

Продолжение					
1	2	3	4	5	6
20.	<i>Hantzschia marina</i> (Donkin) Grunow 1880	Б	М	–	БТ нот
21.	<i>Haslea ostrearia</i> (Gaillon) Simonsen 1974	Б	М	–	БТ
22.	<i>Haslea subagnita</i> (Proschkina-Lavrenko) Makarova et Karajeva 1985	Б	С	–	Б
23.	<i>Hyalodiscus scoticus</i> (Kützing) Grunow 1879	Б	СМ	–	К
24.	<i>Licmophora abbreviata</i> C.A. Agardh 1831	Б	М	β	К
25.	<i>Licmophora communis</i> (Heiberg) Grunow 1881	Б	М	–	АБ нот
26.	<i>Licmophora flabellata</i> (Greville) C.A. Agardh 1830	Б	М	β	БТ нот
27.	<i>Melosira lineata</i> (Dillwyn) C.A. Agardh 1824	БП	СМ	α	АБТ нот
28.	<i>Navicula cancellata</i> Donkin 1873	Б	М	–	К
29.	<i>Navicula directa</i> (W. Smith) Ralfs ex Pritchard 1861	Б	СМ	–	К
30.	<i>Navicula perrhombus</i> Hustedt ex Simonsen 1962	Б	СМ	–	БТ
31.	<i>Navicula ramosissima</i> (Agardh) Cleve 1895	Б	СМ	–	АБТ нот
32.	<i>Neosynedra provincialis</i> (Grunow) D.M. Williams et F.E. Round 1986	Б	М	–	Б
33.	<i>Nitzschia hybrida</i> f. <i>hyalina</i> Proschkina-Lavrenko 1963	Б	СМ	β	Б
34.	<i>Nitzschia lanceolata</i> W. Smith 1853	Б	С	β	БТ нот
35.	<i>Nitzschia longissima</i> (Brebisson) Grunow 1862	БП	М	–	К
36.	<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) W. Smith 1853	Б	С	α	АБТ нот
37.	<i>Nitzschia tenuirostris</i> Mereschkowsky 1902	БП	С	–	Б
38.	<i>N. vermicularis</i> (Kützing) C.A. Hantzsch 1860	Б	С	β	БТ нот
39.	<i>Parlibellus delognei</i> (Van Heurck) E.J. Cox 1988	Б	М	–	К
40.	<i>Parlibellus hamulifer</i> (Grunow) E.J. Cox 1988	Б	М	–	БТ нот
41.	<i>Petroneis granulata</i> (Bailey) D.G. Mann 1990	Б	М	–	АБТ нот
42.	<i>Petroneis monilifer</i> (Cleve) A.J. Stickle et D.G. Mann 1990	Б	М	–	БТ

Продолжение					
1	2	3	4	5	6
43.	<i>Pleurosigma angulatum</i> (Queckett) W. Smith 1853	Б	М	–	К
44.	<i>Pleurosigma elongatum</i> W. Smith 1852	Б	СМ	β	К
45.	<i>Pleurosigma intermedium</i> W. Smith 1853	Б	М	–	АБТ нот
46.	<i>Pleurosigma marinum</i> Donkin 1858	Б	М	–	БТ нот
47.	<i>Proschkinia poretzskiae</i> (Korotkevich) D.G. Mann 1990	Б	М	–	АБ
48.	<i>Psammodyction panduriforme</i> (W. Gregory) D.G. Mann 1990	Б	М	–	БТ нот
49.	<i>Rhoicosphenia marina</i> (W. Smith) M. Schmidt 1889	Б	М	β	АБ
50.	<i>Rhopalodia gibberula</i> (Ehrenberg) O.F. Müller 1895	Б	С	β	АБТ
51.	<i>Seminavis ventricosa</i> (W. Gregory) M. Garsia-Baptista 1993	Б	М	β	К
52.	<i>Striatella unipunctata</i> (Lyngbye) C.A. Agardh 1832	Б	М	–	БТ нот
53.	<i>Surirella fastuosa</i> (Ehrenberg) Kützing 1843	Б	СМ	–	АБТ нот
54.	<i>Synedrosphenia crystallina</i> (C. Agardh) Lobban et Ashworth 2022	Б	СМ	β	БТ
55.	<i>Tabularia fasciculata</i> (C.A. Agardh) D.M. Williams et Round 1986	Б	СМ	$x-o$	К
56.	<i>Tabularia parva</i> (Kützing) D.M. Williams et Round 1990	Б	СМ	α	АБТ нот
57.	<i>Tabularia tabulata</i> (C.A. Agardh) Snoeijis 1992	Б	СМ	$\beta-\alpha$	К
58.	<i>Thalassiosira eccentrica</i> (Ehrenberg) P. Cleve 1904	П	М	–	К
59.	<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenberg) P. Cleve 1894	Б	М	β	К
60.	<i>Tryblionella coarctata</i> (Grunow) D.G. Mann 1990	Б	СМ	–	БТ
61.	<i>Undatella lineolata</i> (Ehrenberg) L.I. Ryabushko 2006	Б	СМ	β	АБТ

Условные обозначения. (–) – данные отсутствуют; ЖФ – жизненные формы : Б – бентосные, БП – бентопланктонные, П – планктонные; ЭК – экологические формы : М – морские, СМ – солоноватоводно-морские, С – солоноватоводные, ПС – пресноводно-солоноватоводные; S – показатель индекса сапробности воды : β – бетамезосапробионт, $\beta-\alpha$ – бета-альфамезосапробионт, $x-o$ – ксено-олигосапробионт, α – альфамезосапробионт, o – олигосапробионт, $o-\alpha$ – олиго-альфамезосапробионт; $o-\beta$ – олиго-бетамезосапробионт; ФЭ – фитогеографические элементы : Б – бореальный вид, АБ – аркто-бореальный, БТ – бореально-тропический, АБТ – аркто-бореально-тропический, К – космополиты, нот – нотальный вид, встречающийся и южном полушарии.

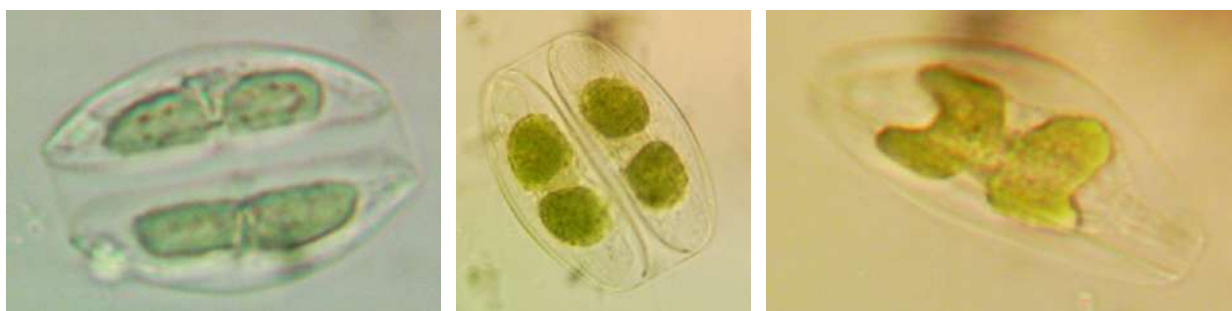
ПРИЛОЖЕНИЕ Д

ИЛЛЮСТРАЦИИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ
ЭПИЛИТОНА РАЙОНОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.1. МИКРОФОТОГРАФИИ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ,
ВЫПОЛНЕННЫЕ В СМ.

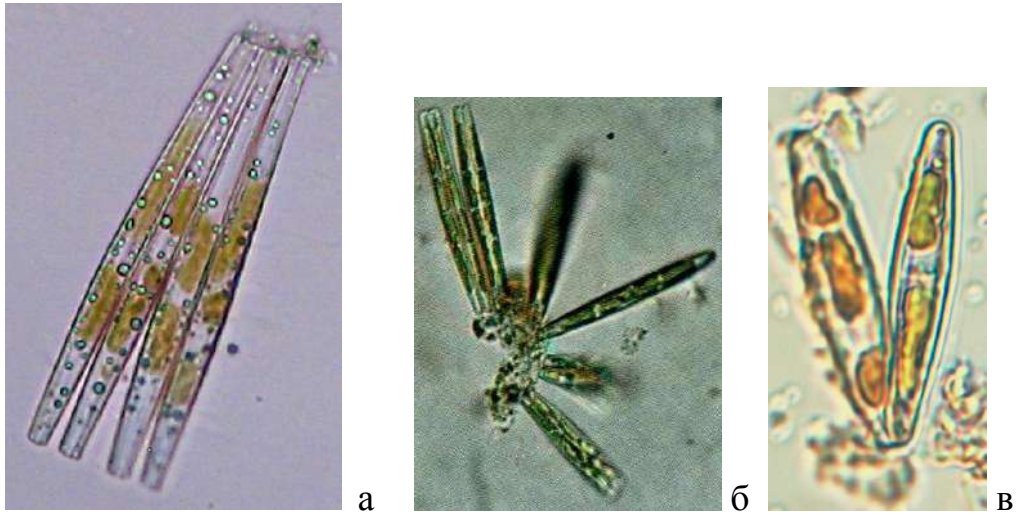
Nitzschia longissima *Cyndrotheca closterium* Колонии *Bacillaria paxillifer* *Caloneis liber*



Striatella unipunctata *Entomoneis paludosa* *Grammatophora marina*



Стадии деления клеток *Halamphora hyalina*



Колонии *Tabularia tabulata* (а) и *Tabularia parva* (б, в) с хлоропластами



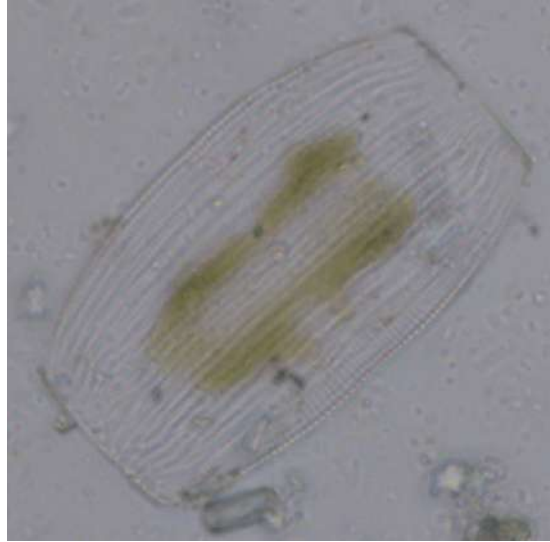
Plagiotropis lepidoptera с хлоропластами



Pleurosigma inflatum *Nitzschia sigma* *Halamphora coffeiformis* в разных ракурсах



Halamphora costata



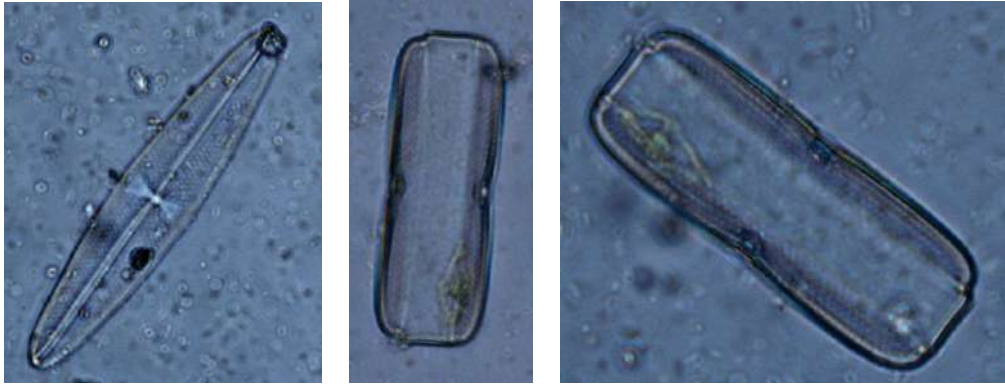
Amphora arcus с хлоропластами



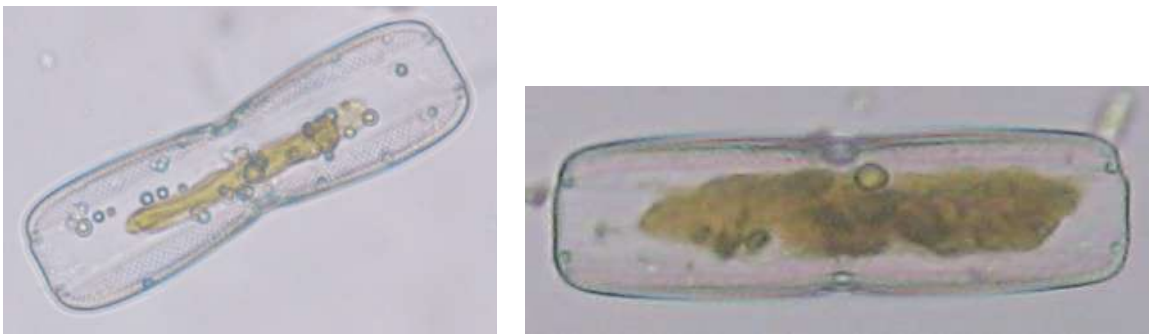
Amphora proteus в разных ракурсах



Amphora ocellata с хлоропластами



Trachyneis aspera в разных ракурсах



Клетки *Trachyneis aspera*, вид с пояска с хлоропластами



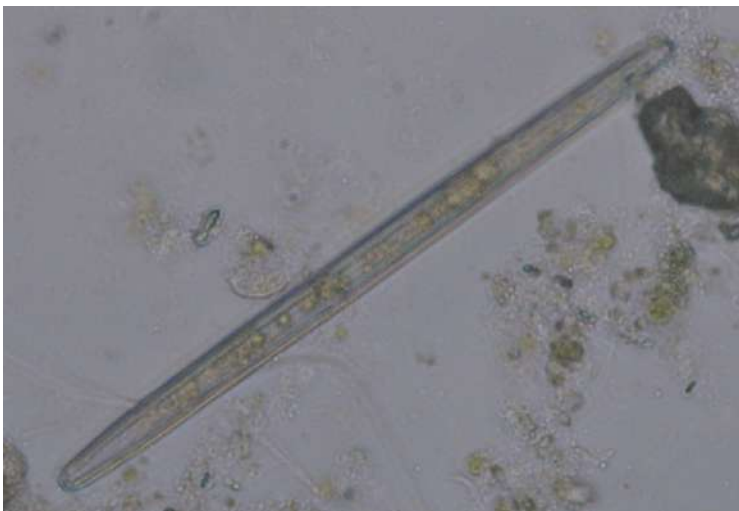
Navicula pennata var. *pontica*



Колония *Achnanthes brevipes* с хлоропластами



Панцирь *Achnanthes longipes*



Syndrosphenia crystallina с хлоропластами



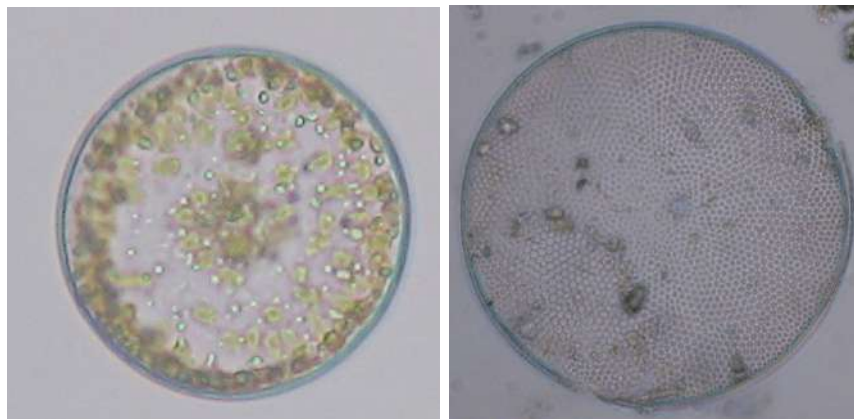
Панцирь *Lyrella clavata*



Berkeleya rutilans (одиночные клетки (а, б) с хлоропластами и её колонии (в))



Живая колония *Licmophora flabellata*



Thalassiosira eccentrica



Diploneis chersonensis

Gyrosigma prolongatum

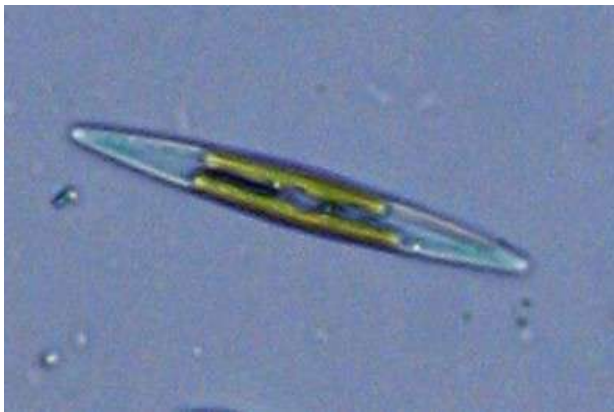
Pleurosigma elongatum



Панцири *Diploneis smithii*



Diploneis smithii



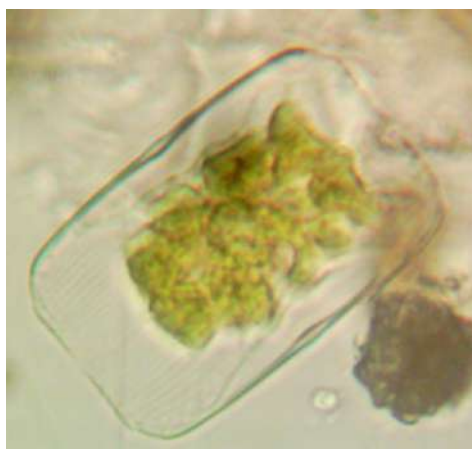
Haslea ostrearia с хлоропластами



Tryblionela coarctata



Carinasigma rectum

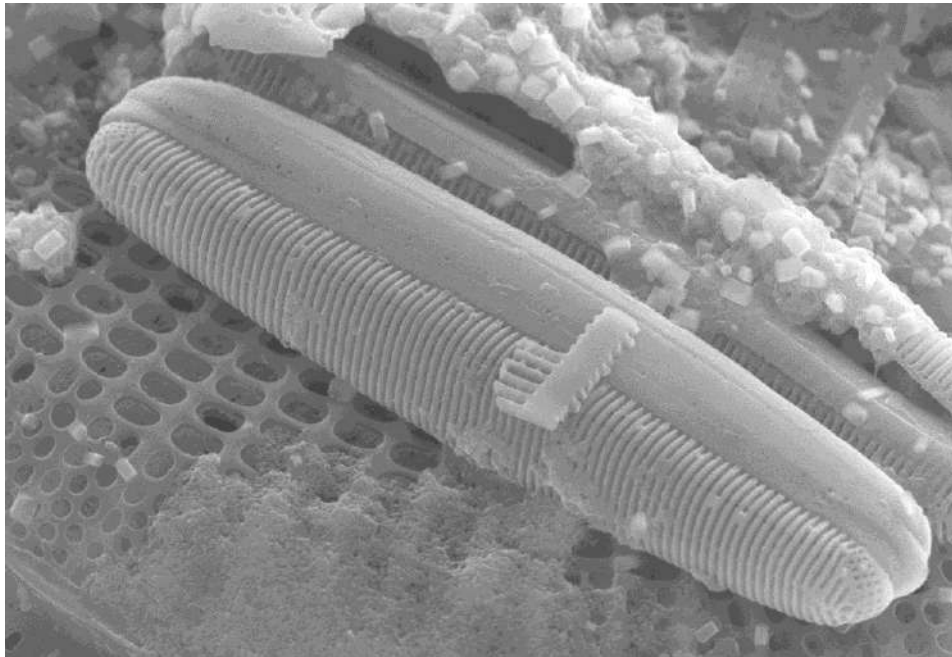


Undatella quadrata

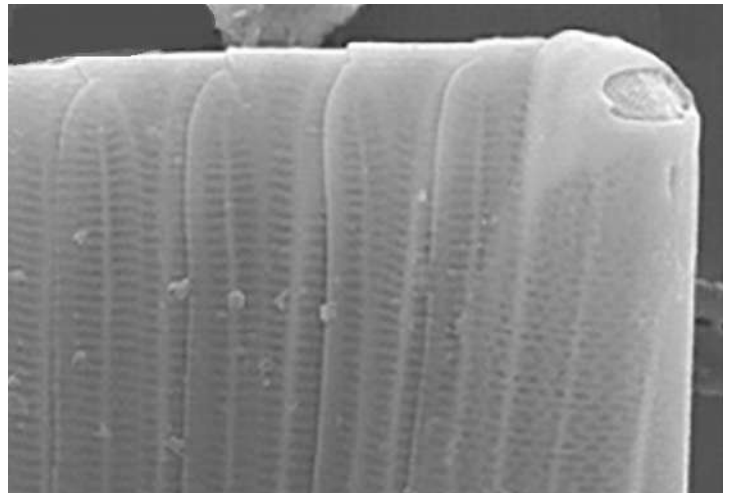
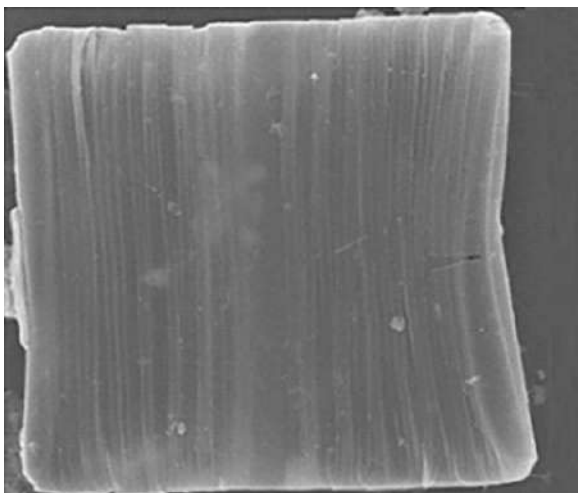


Undatella lineolata

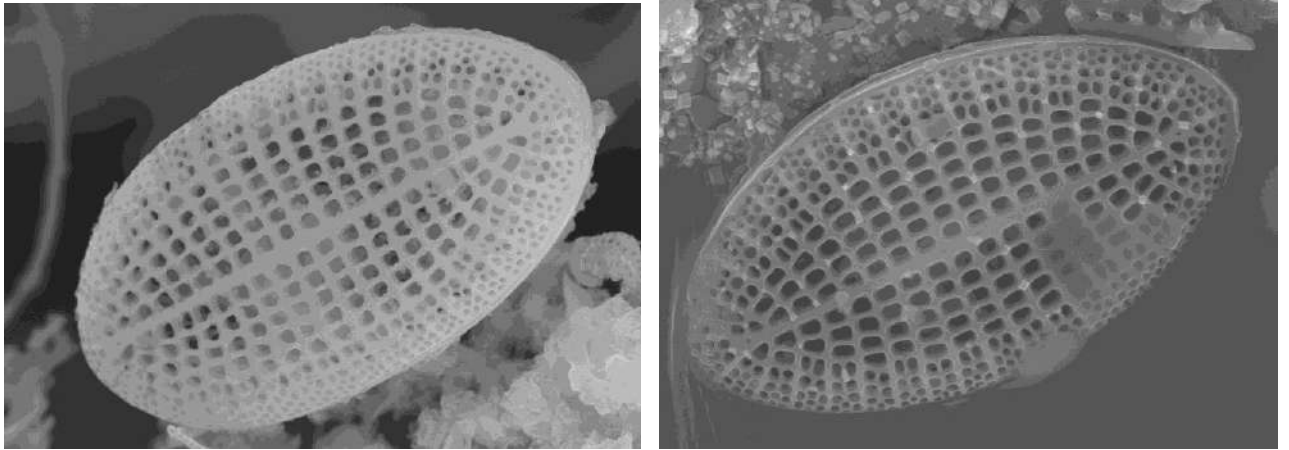
2. МИКРОФОТОГРАФИИ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ, ВЫПОЛНЕННЫЕ В СЭМ



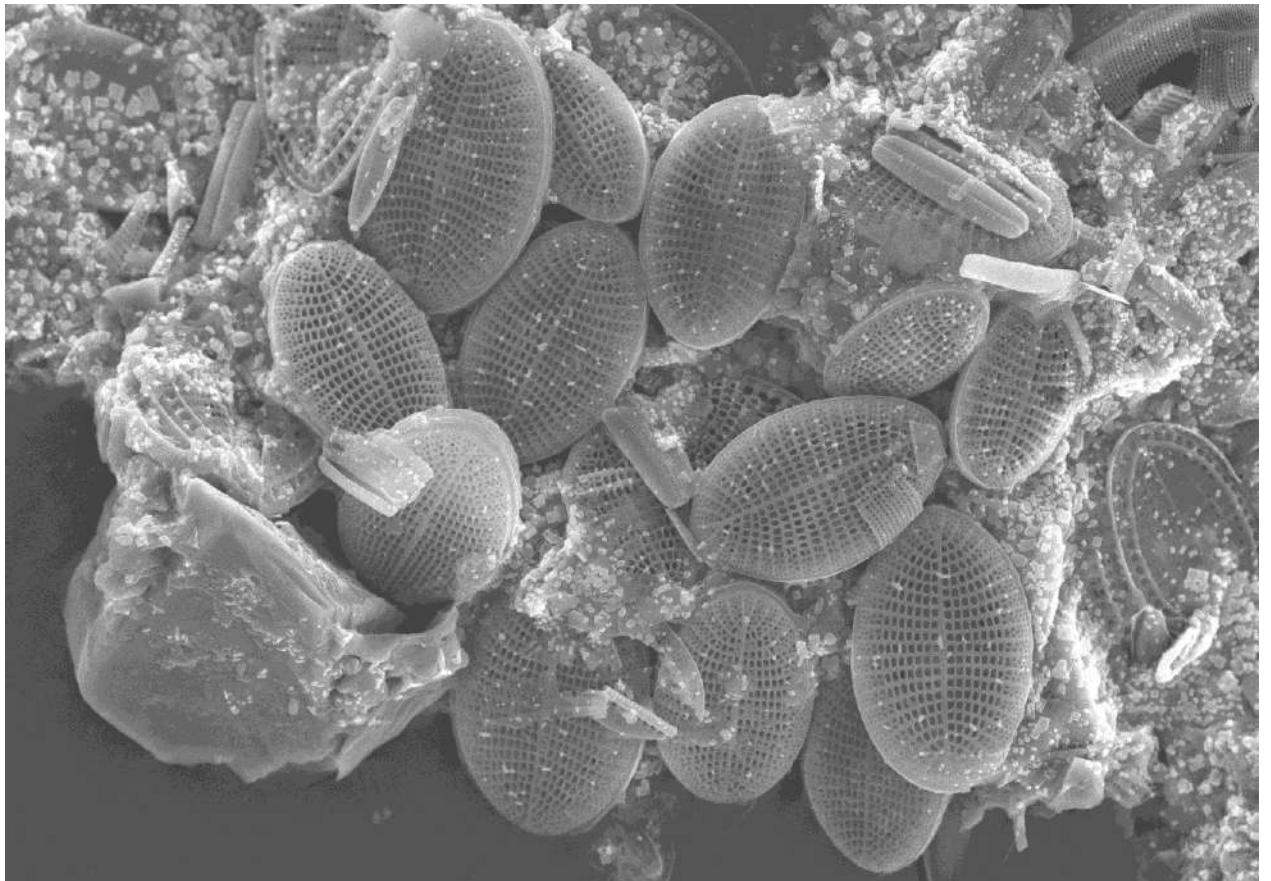
Вид сбоку *Hyalosira delicatula*



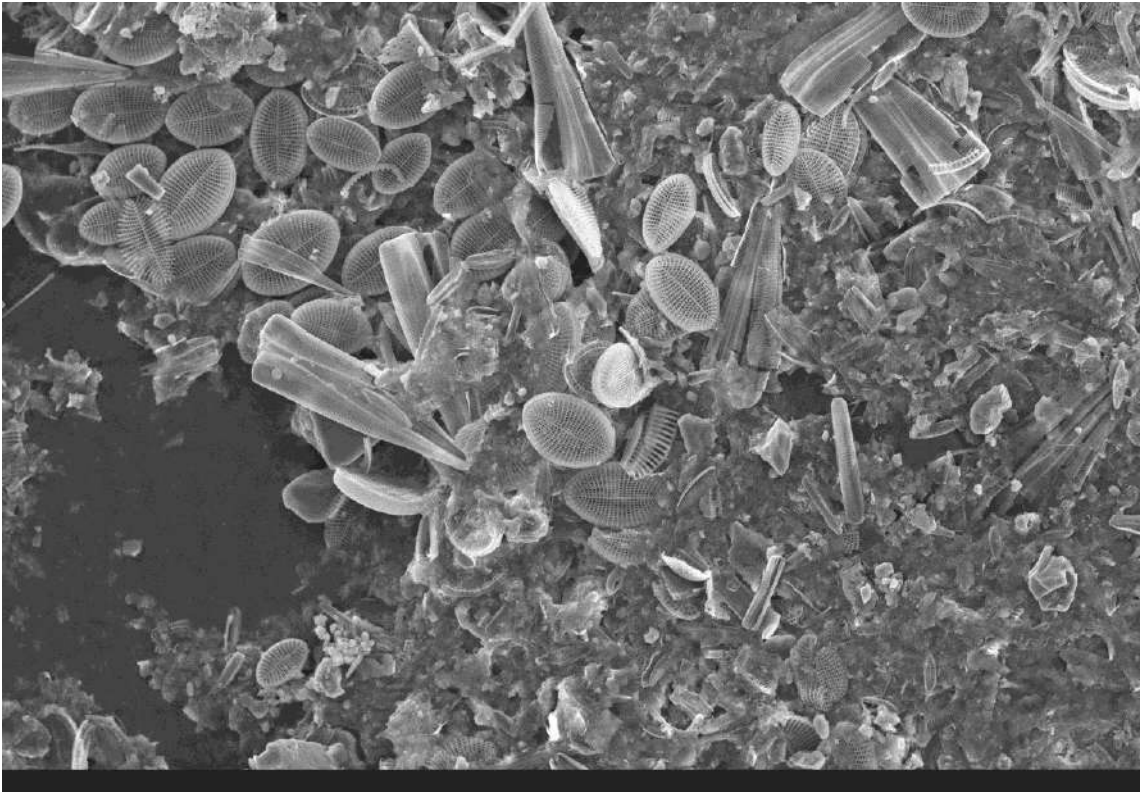
Панцири и их структура *Striatella unipunctata*



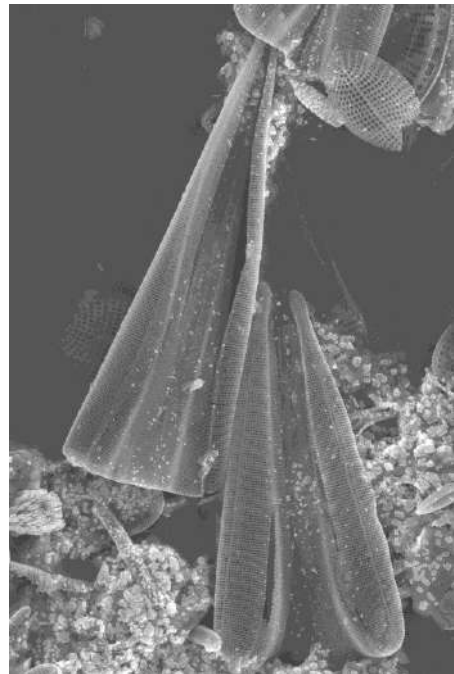
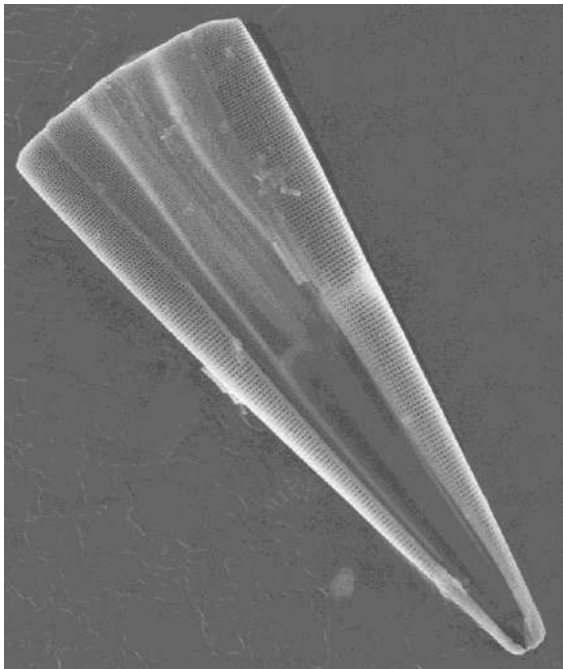
Верхние бесшовные створки *Cocconeis scutellum*



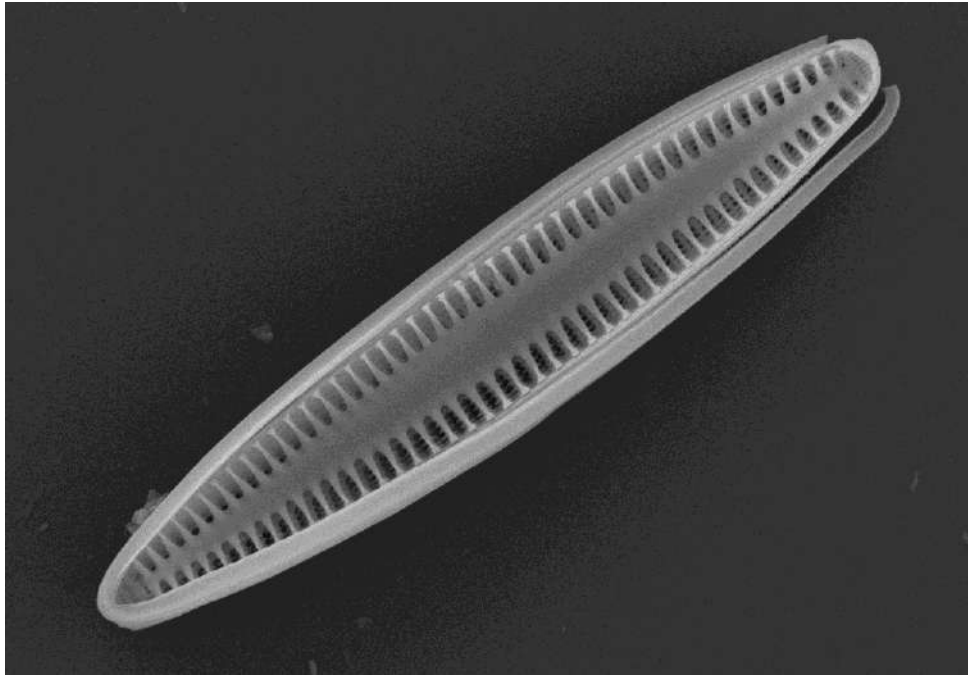
Створки *Cocconeis* spp.



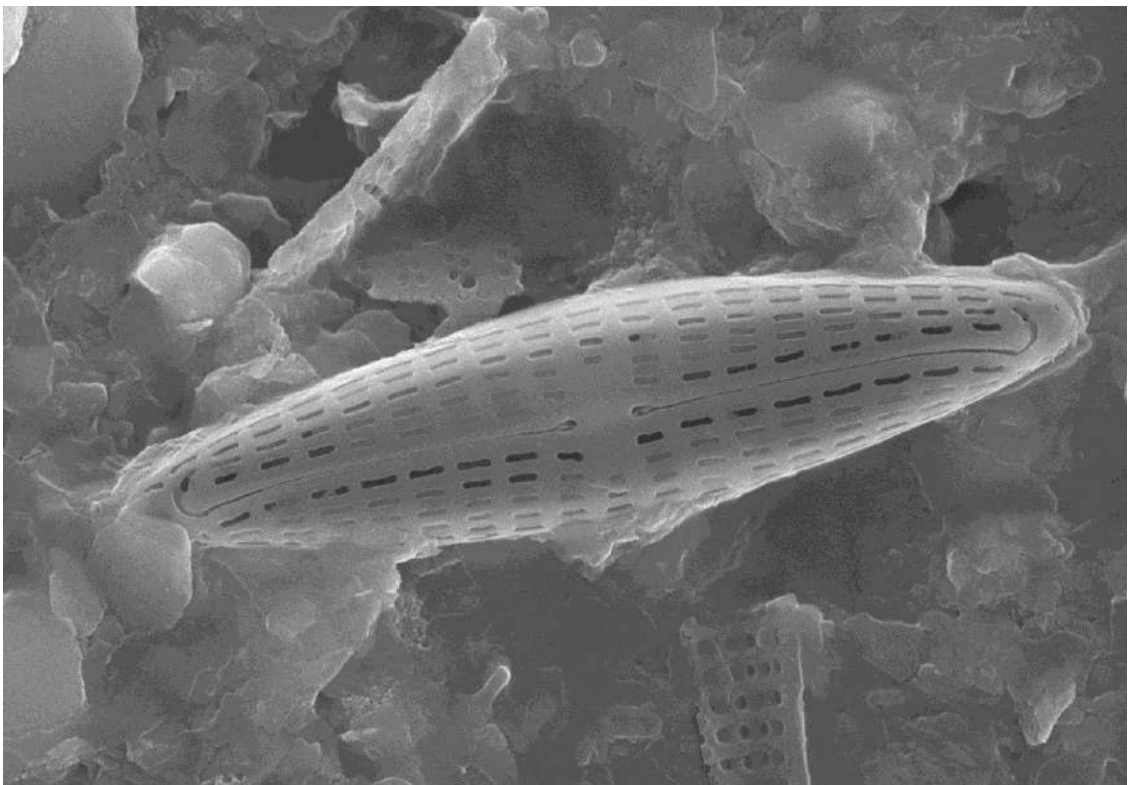
Виды-обрастатели родов *Licmophora* и *Cocconeis*



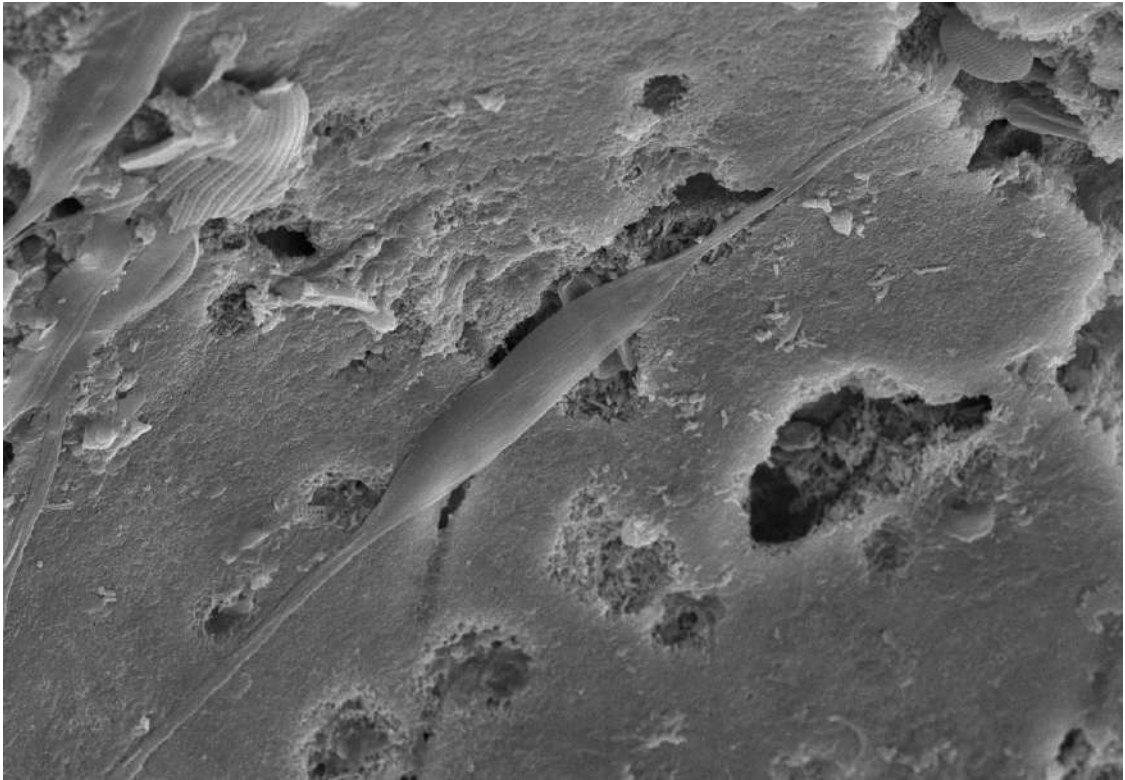
Панцири *Licmophora abbreviata*



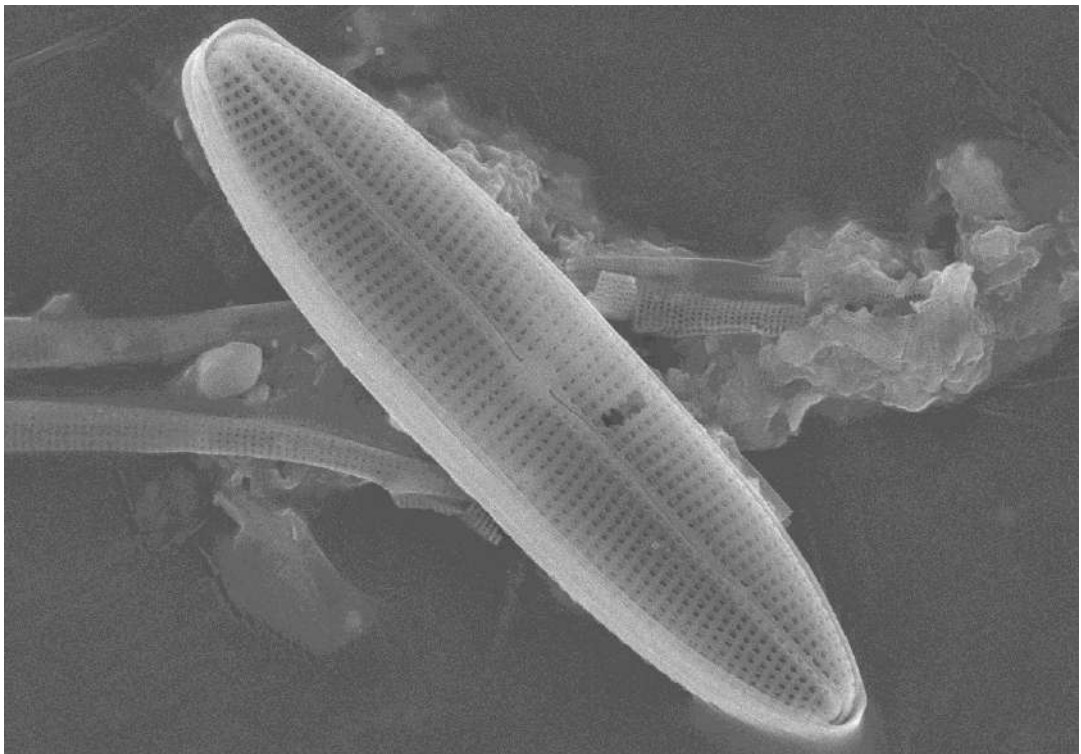
Створка *Tabularia parva*



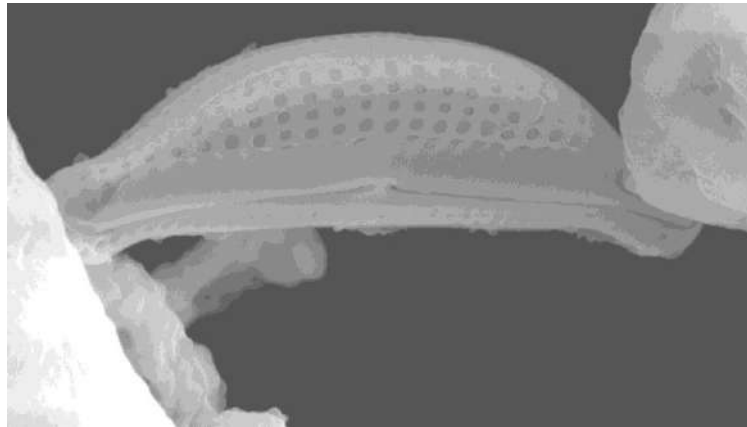
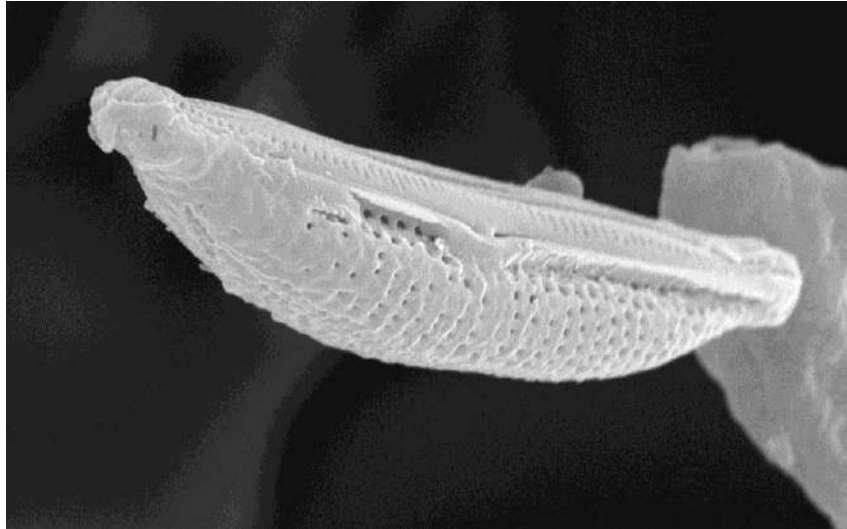
Створка *Navicula antonii*



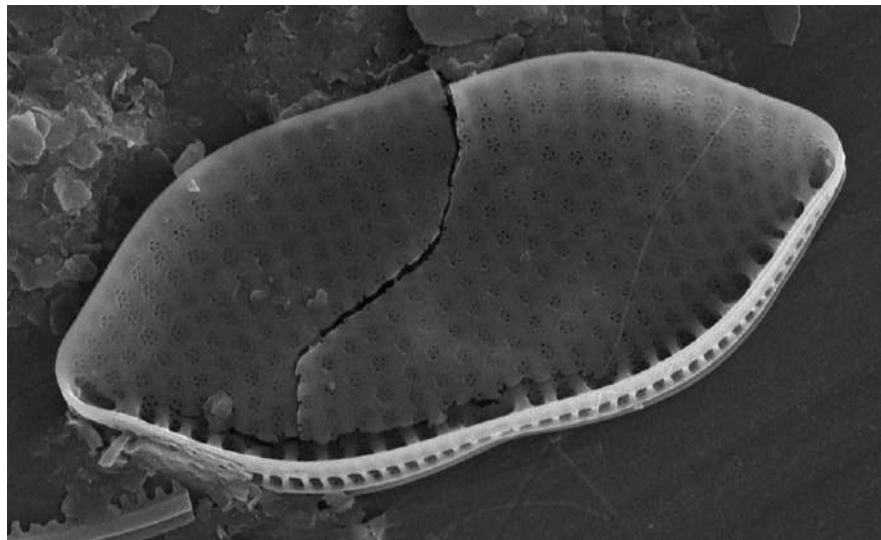
Створка *Cylindrotheca closterium*



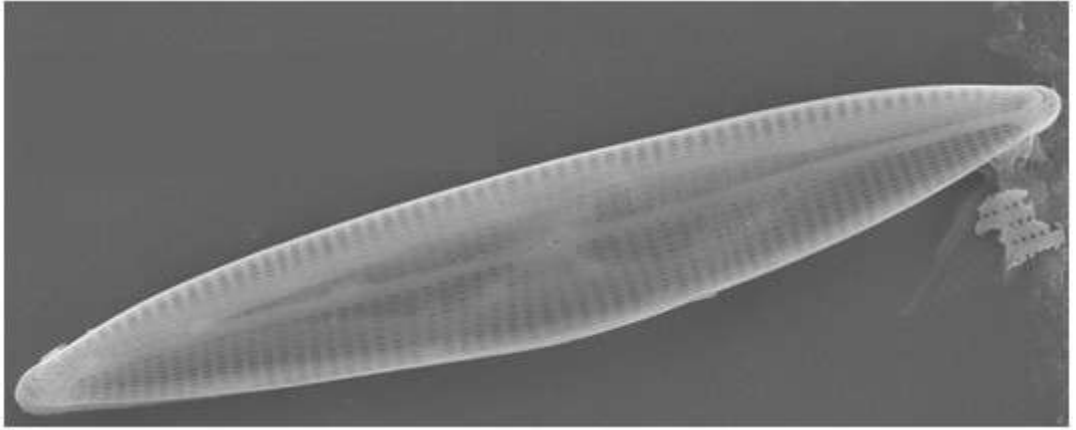
Створка *Caloneis formosa* var. *denstriata*



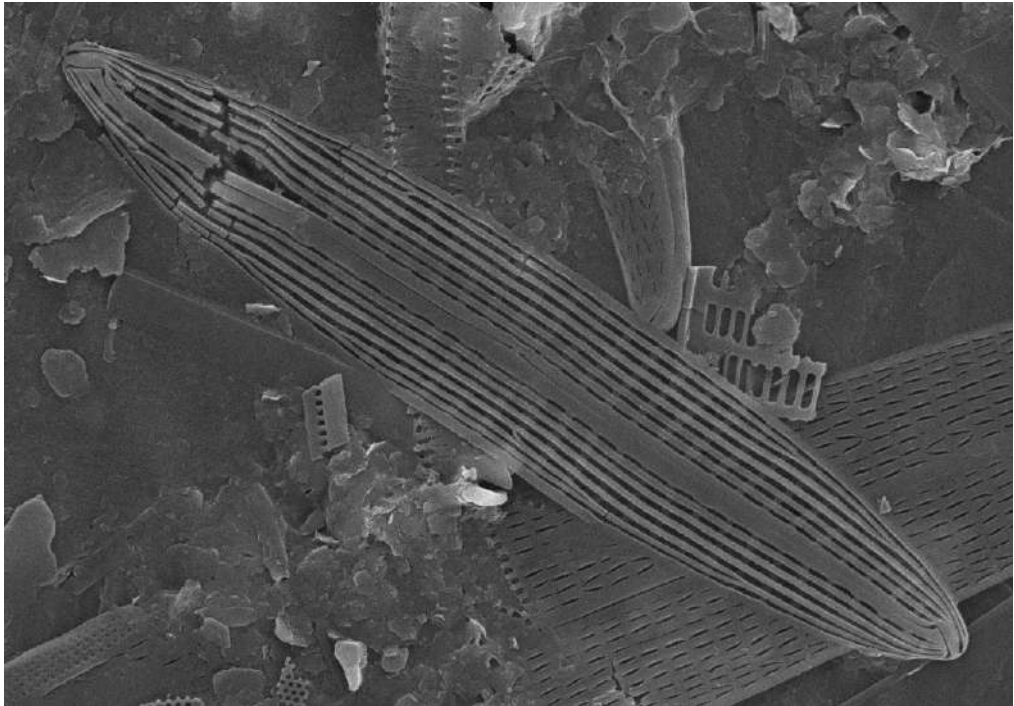
Панцири *Halamhora costata* в разных ракурсах



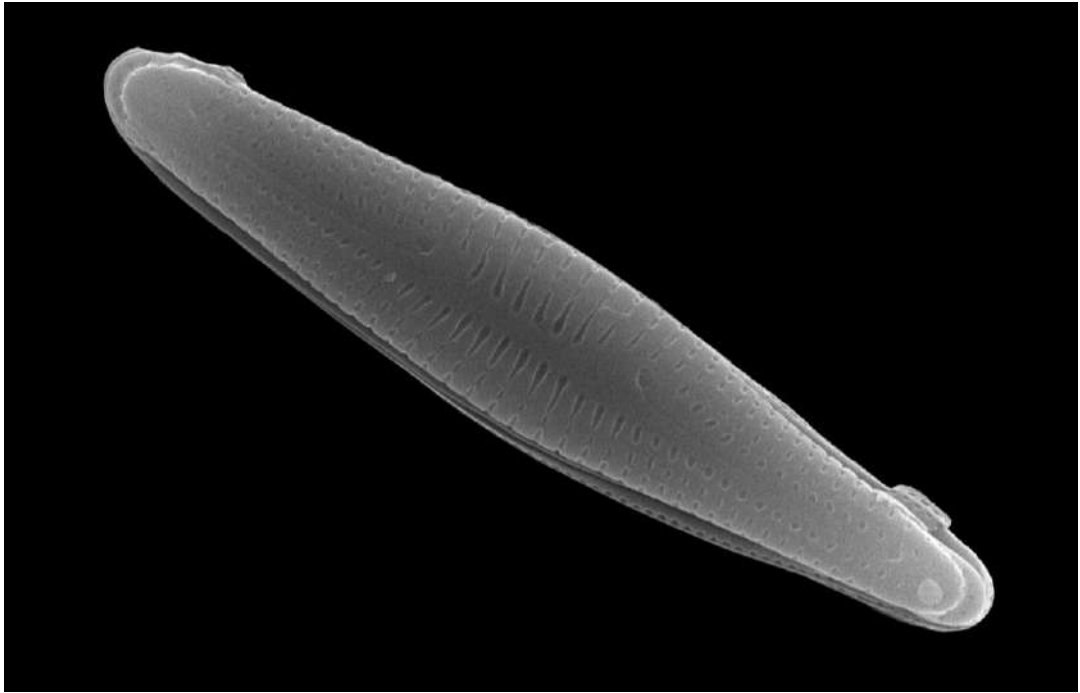
Створка *Psammodictyon panduriforme*



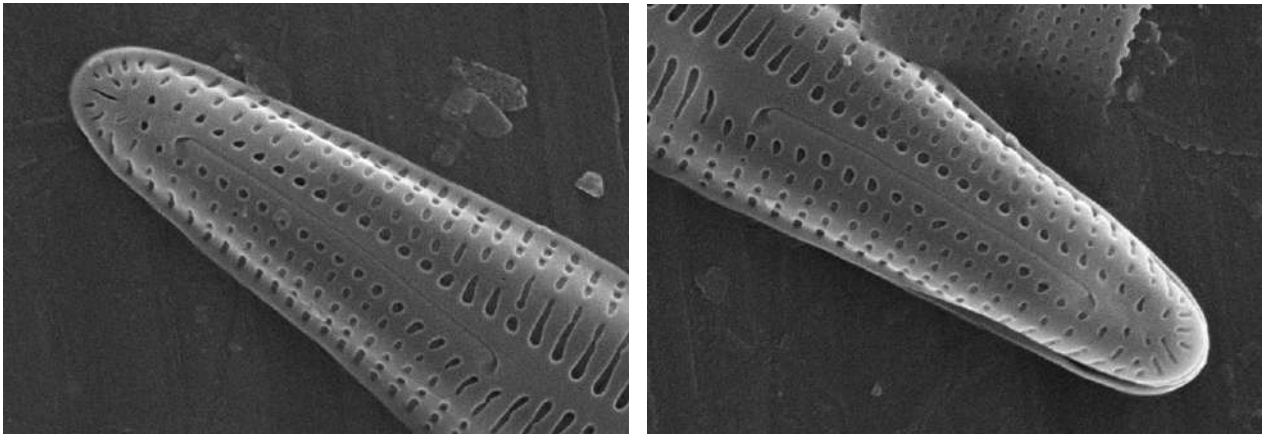
Створка Haslea subagnita



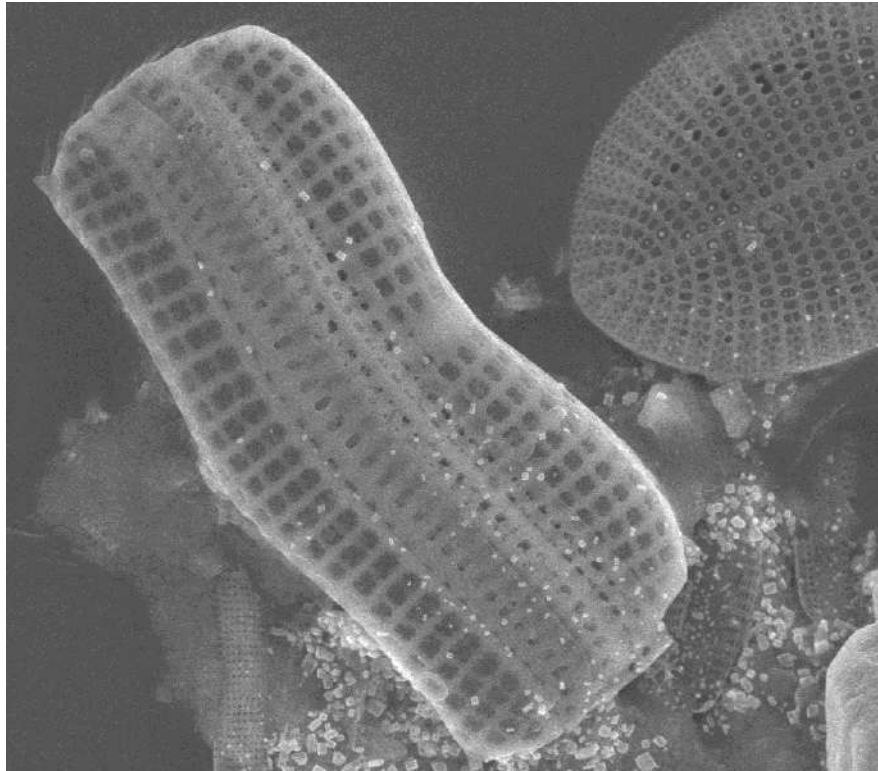
Створка Haslea crucigera



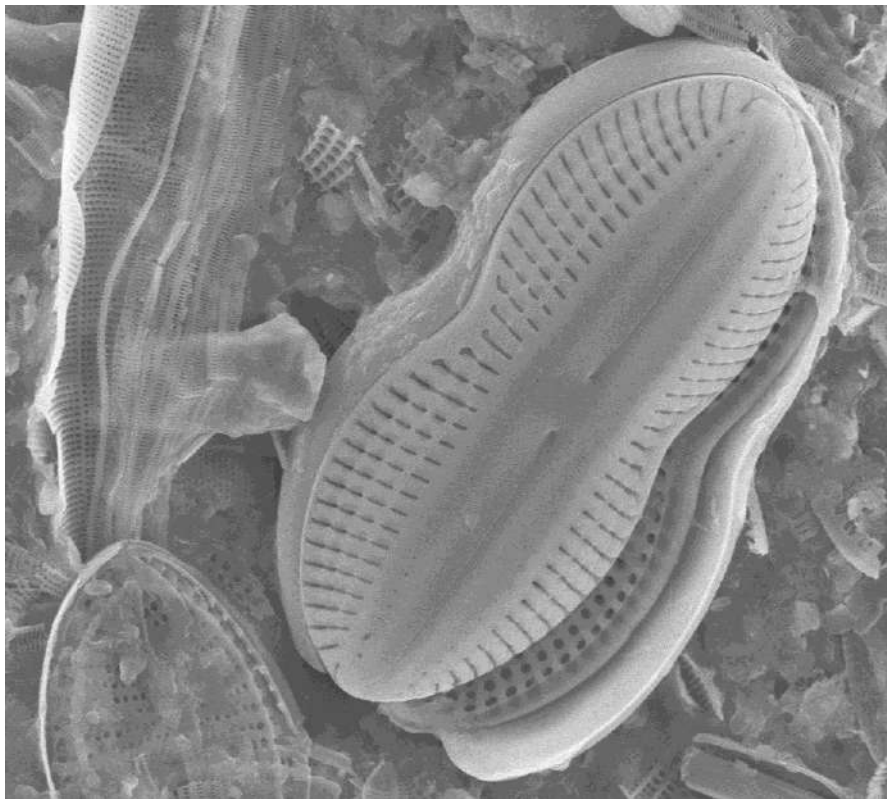
Створка *Berkeleya rutilans*



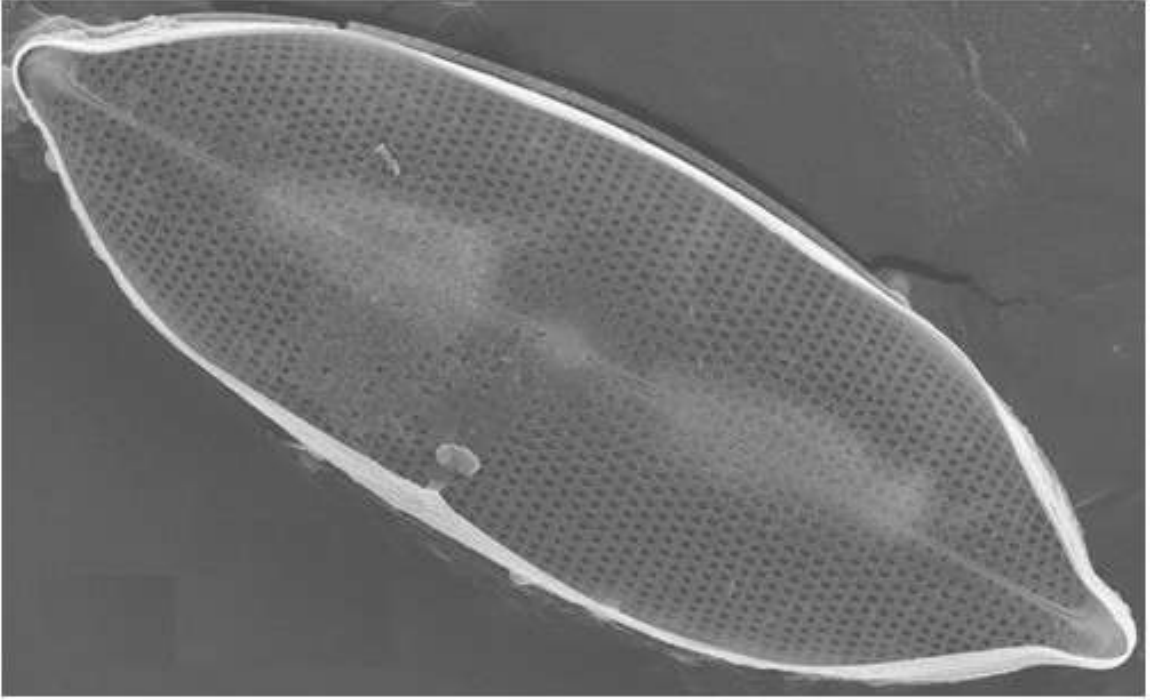
Фрагменты створки *Berkeleya rutilans*



Achnanthes longipes



Diploneis bombus



Petroneis monilifer