

Бондаренко Анна Владимировна

**МИКРОВОДОРОСЛИ БЕНТОСА
КРЫМСКОГО ПРИБРЕЖЬЯ АЗОВСКОГО МОРЯ**

03.02.10 – гидробиология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата биологических наук

Севастополь – 2017

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки
«Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского
Российской академии наук», г. Севастополь

Научный руководитель:

Рябушко Лариса Ивановна – доктор биологических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник отдела аквакультуры и морской фармакологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН»

Официальные оппоненты:

Комулайнен Сергей Фёдорович – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Лаборатории экологии рыб и водных беспозвоночных Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт биологии Карельского научного центра РАН», г. Петрозаводск

Садогурская Светлана Александровна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Сектора биомониторинга и гидробиологических исследований Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский Ботанический сад – Национальный научный центр РАН», г. Ялта

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Национальный научный центр морской биологии» Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Владивосток.

Защита состоится « » 2017 г. в 10.00 на заседании диссертационного совета Д900.009.01 при ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН» по адресу: 299011, г. Севастополь, пр. Нахимова, 2. e-mail: dissovet@imbr-rass.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН» по адресу: 299011, РФ, г. Севастополь, проспект Нахимова, 2, и на сайте по адресу: <http://imbr-ras.ru/?p=5838>

Автореферат разослан « » _____ 2017 г.

Учёный секретарь диссертационного совета, кандидат биологических наук

Поспелова Наталья Валериевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Микроскопические водоросли (МВ) играют важную роль в функционировании морских экосистем. МВ планктона и бентоса в прибрежной зоне морей представляют единый многовидовой эколого-флористический комплекс, образующийся под влиянием сгонно-нагонных явлений, штормов, вдольбереговых течений и других гидрологических факторов (Рябушко, 2013). Донные МВ, среди которых преобладающей группой являются диатомовые водоросли, поселяются на поверхности разнообразных грунтов и биосубстратов. Изучение микрофитобентоса Азовского моря, прежде всего его крымского побережья, значительно отстаёт от фитопланктона и имеет в основном флористическую и систематическую направленность (Бондаренко, Рябушко, 2006, 2008, 2009; Садогурская и др., 2006; Бондаренко, 2012). Одной из проблем при анализе списков видов микрофитобентоса Азовского моря, в том числе его крымского побережья, является одновременное присутствие в них старых и новых номенклатурных единиц одних и тех же таксонов, что порою затрудняет их использование для таксономических и общебиологических работ. Поэтому первостепенное значение приобрела работа по упорядочению таксономической структуры микроводорослей бентоса и фитопланктона как основы для дальнейшего изучения микрофитобентоса крымского побережья Азовского моря (Рябушко, Бондаренко, 2011).

В связи со слабой изученностью видового разнообразия донных МВ и отсутствием количественных данных об их пространственно-временном распределении, необходимо исследовать состав микрофитобентоса и встречаемость его компонентов в разных экотопах моря в зависимости от изменения экологических факторов среды и сезона года. Выявление потенциально опасных и сапробионтных видов МВ – индикаторов органического загрязнения вод, установление их таксономического статуса, определение численности и биомассы в донных сообществах, в том числе в заповедных прибрежно-аквальных комплексах, имеет важное значение. В последние годы крымское побережье Азовского моря является зоной интенсивной антропогенной деятельности, поэтому исследование одного из ключевых компонентов морской экосистемы – микроводорослей этого региона определяет актуальность выбранной темы.

Степень разработанности темы исследования. Сведения о флористическом составе микроводорослей бентоса крымского побережья Азовского моря практически отсутствуют, и лишь в восточной части залива Сиваш были проведены эпизодические исследования МВ донных сообществ, которые датируются серединой прошлого столетия (Прошкина-Лавренко, 1945, 1951, 1962; Владимирова, 1960б). С 2000 г. начато изучение видового состава супралиторальных цианобактерий в побережье Казантипского природного заповедника (Садогурская, 2001а, б, 2005, 2006), а с 2006 г. – в основном сублиторальных диатомовых

водорослей (Бондаренко, 2006, 2008, 2012; Рябушко, Бондаренко, 2008). Однако в этих публикациях отсутствуют гидробиологические данные о структурных показателях сообществ (обилие видов, численность, биомасса, индексы видового разнообразия, выровненности, доминирования видов в сообществе) микрофитобентоса по разным экотопам моря и сезонам года.

Цель работы – исследование видового разнообразия и структуры сообществ микроводорослей в разных экотопах трёх районов крымского побережья Азовского моря.

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

1. Провести общую инвентаризацию таксономического состава водорослей микрофитобентоса и фитопланктона Азовского бассейна как флористической основы для дальнейшего изучения микрофитобентоса крымского побережья.
2. Изучить видовой состав микроводорослей по экотопам и сезонам в трёх районах крымского побережья Азовского моря: залив Сиваш, Керченский пролив и бухты мыса Казантип, включая акваторию Казантипского природного заповедника.
3. Дать сравнительный эколого-флористический и фитогеографический анализ сообществ микроводорослей бентоса.
4. Исследовать количественные показатели сообществ микрофитобентоса (обилие видов, численность, биомасса, индексы видового разнообразия, выровненности, доминирования видов в сообществе) в экотопах моря: эпилитон, эпифитон, рыхлые грунты по сезонам года в трёх районах крымского побережья.
5. Сравнить качественные и количественные характеристики сообществ микроводорослей по районам, экотопам и сезонам года.

Научная новизна. Впервые проведена инвентаризация и ревизия систематического состава микроводорослей планктона и бентоса Азовского бассейна. Составлен чек-лист, включающий 1085 видов, разновидностей и форм водорослей 9 отделов: Cyanoprokaryota (171), Euglenophyta (24), Raphidophyta (7), Cryptophyta (13), Chrysophyta (24), Nartophyta (12), Dinophyta (125), Bacillariophyta (557), Chlorophyta (152). Впервые для флоры моря приведён 41 вид и внутривидовой таксон (ввт) микроводорослей, принадлежащих к отделам: Cyanoprokaryota (3 вида), Bacillariophyta (37), Nartophyta (1). В бентосе крымского побережья, по литературным и собственным данным, отмечено 304 таксона МВ, в том числе автором найдено 200 видов и ввт МВ, относящихся к 6 отделам, 9 классам, 34 порядкам, 49 семействам и 77 родам. Выявлено 18 потенциально опасных видов, включая 9 потенциально токсичных, способных нанести вред биоте и человеку.

Впервые представлен чек-лист бентосных микроводорослей Казантипского природного заповедника, включающий 180 видов и ввт, в том числе 121 таксон, обнаруженный автором. Впервые для Азовского моря выявлено 80 видов-сапробионтов МВ – индикаторов качества воды с преобладанием

бетамезосапробионтов (47,5%), на основании чего акватория крымского побережья отнесена к мезотрофному типу вод. Впервые дан сравнительный анализ эколого-флористических и фитогеографических характеристик элементов флоры, а также определены количественные показатели сообществ микрофитобентоса по экотопам и сезонам года для районов крымского побережья.

Теоретическая и практическая значимость. Результаты работы имеют важное фундаментальное и практическое значение, представляющие интерес не только для исследователей Азовского моря, но и других морей России. Выявление потенциально опасных видов микроводорослей, которые представляют опасность для биоты и человека, а также могут быть источником массовой гибели ценных промысловых рыб и беспозвоночных в море, имеет практическое значение для прогнозирования таких негативных явлений, как «красные приливы» и «цветение» воды, нарушающих равновесие природных экосистем. МВ как индикаторы качества водной среды можно использовать для оценки экологического состояния водоёмов. Монография Рябушко Л.И., Бондаренко А.В. «Микроводоросли планктона и бентоса Азовского моря (Чек-лист, синонимика, комментарий)» внедрена в качестве учебного пособия на кафедре экологии и зоологии Таврической академии Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского (г. Симферополь) и включена в курс лекций по дисциплине «Основы биотехнологии культивирования гидробионтов», а также используется при проведении практических занятий по дисциплинам «Гидробиология» и «Основы биологической продуктивности водных экосистем».

Методы исследования. При отборе и обработке качественных и количественных проб микрофитобентоса Азовского моря использованы гидробиологические методы, методы диатомового анализа и других групп МВ; микрофотографии выполнены в программе AxioVision Rel. 4.6 фотоаппаратом «Canon» PowerShot A640; проведена статистическая обработка материала.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Инвентаризация таксономического состава микроводорослей планктона и бентоса Азовского бассейна является основой для изучения микроводорослей бентоса крымского побережья Азовского моря.
2. Микрофитобентос крымского побережья представляет собой многовидовое сообщество микроводорослей с преобладанием бентосных видов *Vacillariophyta*.
3. Качественные и количественные характеристики структуры сообществ микрофитобентоса зависят от типа субстрата и сезона года.

Достоверность результатов обеспечена достаточным количеством собранных проб (всего – 229, из которых 120 – количественные), использованием стандартных методов качественной и количественной обработки материала, а также методов статистического анализа, осуществлённого в компьютерной программе Excel.

Личный вклад соискателя. Диссертационная работа является самостоятельным научным исследованием. Автор принимал непосредственное участие в сборе проб и обработке материала, а также в анализе данных, обсуждении результатов и написании текстов статей, представлении тезисов докладов на научных семинарах и конференциях. Совместно с научным руководителем проведена инвентаризация и дан критический анализ таксономической структуры микрофитобентоса и фитопланктона Азовского бассейна, подготовлен чек-лист МВ, вошедший в монографию Рябушко Л.И., Бондаренко А.В. «Микроводоросли планктона и бентоса Азовского моря (чек-лист, синонимика, комментарий)», в которой соискателю принадлежит подготовка материала и написание части текста.

Апробация результатов диссертации. Основные положения диссертации представлены на 9 отечественных и международных научных форумах: Міжнародна конференція молодих учених ботаніків «Актуальні проблеми ботаніки, екології та біотехнології» (Київ, 2006), Международная научная конференция «Современные проблемы альгологии» и VII школа по морской биологии (Ростов-на-Дону, 2008), XI международная научная конференция «Диатомовые водоросли как биоиндикаторы современного состояния окружающей среды и их роль в палеоэкологии и биостратиграфии (морфология, систематика, флористика, экология, палеогеография, биостратиграфия)» (Минск, 2009), Научно-практическая конференция «Биоразнообразиие и устойчивое развитие» (Симферополь, 2010), XII международная конференция диатомологов, посвященная 120-летию со дня рождения А.И. Прошкиной-Лавренко «Диатомовые водоросли: морфология, систематика, флористика, экология, палеогеография, биостратиграфия» (Звенигород, 2011), II международная научно-практическая конференция «Биоразнообразиие и устойчивое развитие» к 200-летию Никитского ботанического сада (Симферополь, 2012), XIII международная научная конференция диатомологов «Диатомовые водоросли: современное состояние и перспективы исследований» (Борок, 2013), II всероссийская научно-практическая конференция «Устойчивое развитие особо охраняемых природных территорий» (Сочи, 2015), IV Балтийский морской форум международной научной конференции «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоёмов» (Калининград, 2016).

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 237 страницах, включает введение, 5 глав, заключение, выводы, список литературы (236 источников) и 5 приложений. Текст иллюстрирован 36 рисунками и 34 таблицами.

Публикации. По материалам диссертации опубликована 21 научная работа, включая 1 монографию в соавторстве, 3 статьи в рецензируемых научных изданиях, соответствующих требованиям ВАК РФ и Украины (вышедшие из печати до 1 января 2015 г.), 1 статья – в других изданиях, 16 – в материалах и тезисах конференций, симпозиумов и школ-семинаров.

Благодарности. Соискатель выражает свою особую признательность научному руководителю диссертационной работы, д.б.н. Л.И. Рябушко за методологическую и методическую помощь, консультации при постановке цели и задач работы, обсуждение полученных результатов и совместные публикации, а также благодарность коллегам-соавторам работ: к.б.н. Н.В. Поспеловой и к.б.н. Д.С. Балычевой; к.б.н. И.К. Евстигнеевой и к.б.н. Н.В. Мироновой – за консультации по определению некоторых видов водорослей-макрофитов; зав. библиотекой ИМБИ РАН О.А. Акимовой – за оказание помощи в поиске труднодоступных литературных источников; к.г.н. М.А. Попову и к.б.н. А.А. Бегуну (ФГБУН «Национальный научный центр морской биологии» ДВО РАН, г. Владивосток) – за участие в сборе проб микрофитобентоса Азовского моря. С благодарностью хочу вспомнить О.Ю. Ерёмину, принимавшего участие в сборе материала, по определению температуры и солёности воды в местах отбора проб. Автор выражает глубокую благодарность главному научному сотруднику, руководителю отдела аквакультуры и морской фармакологии ИМБИ РАН, д.б.н. В.И. Рябушко за поддержку, советы и консультации, а также д.б.н., профессору А.В. Гаевской за ценные замечания в работе и редактирование монографии.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В главе 1 «**Состояние изученности микрофитобентоса Азовского моря**» представлен ретроспективный обзор литературных источников, включающих данные о микроводорослях бентоса Азовского бассейна, в том числе крымского побережья, за период с начала 20 столетия по настоящее время (Мережковский, 1902; Прошкина-Лавренко, 1955, 1963; Владимирова, 1960; Липницкая, Третьяк, 1999; Борисюк, 2001, 2002; Ковалёва, 2006, 2008; Парталы, 2006; Садогурская и др., 2006; Бондаренко, Рябушко, 2006, 2008, 2009; Рябушко, Бондаренко, 2017; и др.). Эти работы имеют в основном флористическую направленность, в них практически отсутствуют количественные данные о структурных характеристиках донных сообществ МВ на различных типах субстратов в зависимости от сезона года.

В главе 2 «**Общая характеристика районов исследования**» приведены данные о гидроло-гидрохимических характеристиках вод трёх районов крымского побережья Азовского моря: залив Сиваш, Керченский пролив и бухты мыса Казантип, включая акваторию Казантипского природного заповедника (рис. 1). В период отбора проб микрофитобентоса солёность воды Сиваша составляла 34–46‰, Керченского пролива – 12–15‰ и у мыса Казантип – 11,5‰. Температура воды варьировала от минус 0,5°C в феврале (мыс Казантип) до +29,3°C в августе (Керченский пролив) (табл. 1).

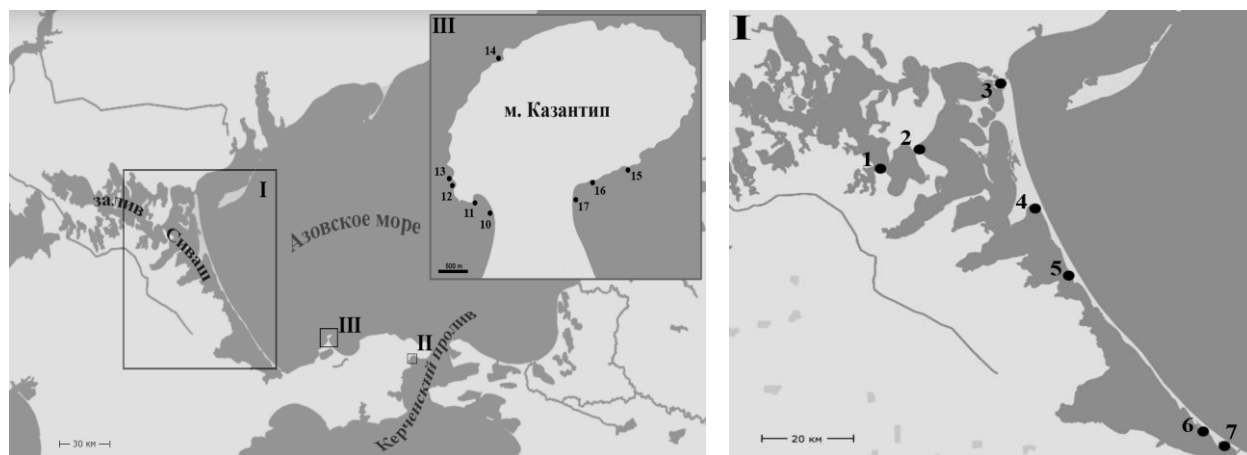


Рисунок 1 Районы и станции отбора проб микрофитобентоса крымского побережья Азовского моря: I – залив Сиваш (1–7); II – Керченский пролив (8, 9); III – бухты мыса Казантип (10–17), включая Казантипский природный заповедник (14–17)

Залив Сиваш характеризуется экстремальными условиями обитания гидробионтов: резкие изменения температурного режима (сильное прогревание летом, ледовый режим зимой), значительные минерализация (солёность воды достигает 200‰ и более) и заиление (толщина ила на дне превышает 5 м). Гидрологический и гидрохимический режим Керченского пролива формируется при взаимодействии азовоморских и черноморских вод, имеющих разную солёность, градиент которой создает его устойчивую плотностную стратификацию. Акватория пролива претерпевает значительную антропогенную нагрузку, поскольку является важной судоходной магистралью, промысловым районом и рекреационной зоной. Прибрежная акватория м. Казантип с 1998 г. является охраняемой в связи с созданием Казантипского природного заповедника, включающего сухопутную часть мыса и его аквальный комплекс.

В главе 3 «**Материалы и методы исследований**» дано описание методов отбора и обработки проб микроводорослей, собранных в трёх районах крымского побережья Азовского моря в экотопах: эпифитон макрофитов (зелёные, красные, бурые водоросли, морские травы – 2 вида зостер), каменистые и рыхлые грунты на глубинах от 0,1 до 1,5 м за период с 2005 по 2014 гг. Всего собрано 229 проб, из них – 120 количественные (табл. 1).

Для анализа таксономического состава Bacillariophyta использовали классификационную систему (Round et al., 1990) с дополнениями; видовую принадлежность микроводорослей определяли по следующим источникам (Косинская, 1948; Диатомовый анализ, 1949, 1950; Короткевич, 1960; Прошкина-Лавренко, 1955, 1963; Гусяков и др., 1992; Рябушко, 2003, 2013; Рябушко, Бегун, 2016; Van Heurck, 1899; Smith, 1853, 1856; Cleve-Euler, 1952, 1953; Kuylenstierna, 1989-1990; Al-Yamani, Saburova, 2011; Anagnostidis, Komárek, 1988, Anagnostidis, 2001; Levkov, 2009; Witkowski et al., 2000; и др).

Таблица 1 Объём материала по изучению микроводорослей бентоса крымского побережья Азовского моря

Район исследования		Год, месяц	Температура воды, °С	Количество проб
Залив Сиваш	западный	2005: XII	1,0	3
		2006: IV, VI, VII, IX, X	10,2–29,0	29
	восточный	2008: V, VIII	27,0–28,5	10
		2009: VI	23,0–25,0	13
Керченский пролив		2005: XI	8,3	7
		2006: IV, V, VII, VIII, IX, XI	9,0–29,3	43
Бухты мыса Казантип		2005: XI	9,0	4
		2006: IV, V, VII, VIII, IX, XI	10,0–26,0	36
		2008: V	20,0–20,2	14
		2010: V	12,3	20
		2011: II, IV, X	- 0,5–10,5	42
		2014: VIII	27,5	8
Всего проб		229 проб, в т.ч. 120 количественные		

Экологическая и фитогеографическая характеристики МВ приведены по данным авторов (Прошкина-Лавренко, 1953, 1955, 1963; Короткевич, 1960; Макрушин, 1974; Водоросли. ..., 1989; Флора водоростей ..., 2009; Гусяков и др., 1992; Гусяков, 2002; Барина и др., 2006; Рябушко, 2013; Рябушко, Бегун, 2015) и (<http://www.algaebase.org>). При анализе структуры сообществ микрофитобентоса использованы индексы видового разнообразия Шеннона-Вивера (Shannon, Weaver, 1949), выровненности видов Пиелу (Pielou, 1966), доминирования Бергера-Паркера (Berger, Parker, 1970) и флористического сходства видов Чекановского-Сёренсена (Sørensen, 1948; Песенко, 1982). Статистический анализ данных выполнен в компьютерной программе Excel.

В главе 4 «**Таксономическое разнообразие микроводорослей Азовского бассейна**» представлены результаты инвентаризации и ревизии МВ планктона и бентоса Азовского бассейна. По оригинальным и литературным данным составлен список и описана таксономическая структура МВ с учётом последних номенклатурных изменений. Чек-лист МВ включает 1085 таксонов (табл. 2, рис. 2а), принадлежащих к 9 отделам с преобладанием Bacillariophyta – 51%, в котором указано: планктонных видов – 65%, бентосных – 28% и бентопланктонных – 7%. Для микрофитобентоса крымского побережья приведено 304 таксона (184 бентосных видов), в т.ч. для Казантипского природного заповедника – 180 видов и ввт из 6 отделов: Cyanoprokaryota – 78, Bacillariophyta – 96, Dinophyta – 2, Haptophyta – 2, Chrysophyta – 1 и Chlorophyta – 1. В микрофитобентосе трёх районов крымского побережья Азовского моря обнаружено 200 видов и ввт МВ (табл. 3, рис. 2б) с

доминированием диатомовых (79%).

Таблица 2 Таксономическая структура микроводорослей планктона и бентоса Азовского моря

Отдел	Количество таксонов микроводорослей				
	Класс	Порядок	Семейство	Род	Вид и ввт
Суанoprokaryota	1	5	23	55	171
Euglenophyta	1	2	4	7	24
Raphidophyta	1	1	1	5	7
Cryptophyta	1	2	5	8	13
Chrysophyta	3	4	5	9	24
Нaptophyta	3	6	7	9	12
Dinophyta	1	10	21	36	125
Bacillariophyta	3	31	57	112	557
Chlorophyta	8	16	28	72	152
Всего:	22	77	151	313	1085

Впервые для моря указан 41 таксон, из них Суанoprokaryota (3 вида) – *Microcystis ovalis** Hollenberg, 1939, *M. wesenbergii** (Komárek) Komárek, 1968, *Pleurocapsa minor** Hansgirg, 1891; Bacillariophyta (37 видов и ввт) – *Amphora arcus* Gregory, 1854, *A. laevis* Gregory, 1857, *A. parvula* Proschkina-Lavrenko, 1963, *A. proteus* Gregory, 1857, *Biddulphia artctica* f. *balaena** (Ehrenberg) E.H. Jörgensen, *B. obtusa* (Kützing) Ralfs et Pritchard, 1861, *Caloneis liber* (W.Smith) Cleve, 1894, *Cocconeis costata* Gregory, 1855, *C. speciosa* Gregory, 1855, *Diatomella salina* var. *septata* (Nikolaev) I.V. Makarova, 1968, *Gyrosigma wansbeckii** (Donkin) Cleve, 1894, *Licmophora abbreviata* C. Agardh, 1831, *L. flabellata* (Greville) C. Agardh, 1830, *L. oedipus* (Kützing) Grunow, 1881, *Mastogloia kariana** Grunow, 1880, *Navicula cancellata* var. *gregorii** Grunow, 1880, *N. palpebralis* Brébisson ex W. Smith, 1853, *N. rostellata* Kützing, 1844, *Nitzschia hybrida* f. *hyalina* Proschkina-Lavrenko, 1963, *N. lanceolata* W.Smith 1853, *N. spathulata* Brébisson in W. Smith, 1853, *N. vidovichii* (Grunow) Grunow in Van Heurck, 1881, *Odontella aurita* (Lyngbye) C. Agardh, 1832, *Parlibellus delognei* (Van Heurck) E.J. Cox, 1988, *P. delognei* var. *remotiva* (Proschkina-Lavrenko) L.I. Ryabushko, 2006, *Plagiotropis longa** (Cleve) Kuntze, 1898, *Pl. maxima* var. *dubia** (Cleve et Grunow) L.I. Ryabushko, 2011, *Pleurosigma aestuarii* (Brébisson et Kützing) W. Smith, 1853, *Pl. infantum** Shadbolt, 1853, *Pl. nubecula** W. Smith, 1852, *Pseudo-nitzschia prolongatoides* (Hasle) Hasle, 1993, *Pseudostaurosira brevistriata* (Grunow) Williams et Round, 1987, *Rhoicosphenia genuflexa** (Kützing) L.K. Medlin, 1984, *Stauroneis maeotica** Pantocsek, 1901, *Synedra curvata* Proschkina-Lavrenko, 1951, *Triceratium pentacrinus* f. *quadrata** A.I. Forti, *Tryblionella granulata* (Grunow) D.G. Mann, 1990 и 1 вид Haptophyta – *Acanthoica acanthos* (Schiller) Deflander, 1952.

* – виды, новые для Азово-Черноморского бассейна

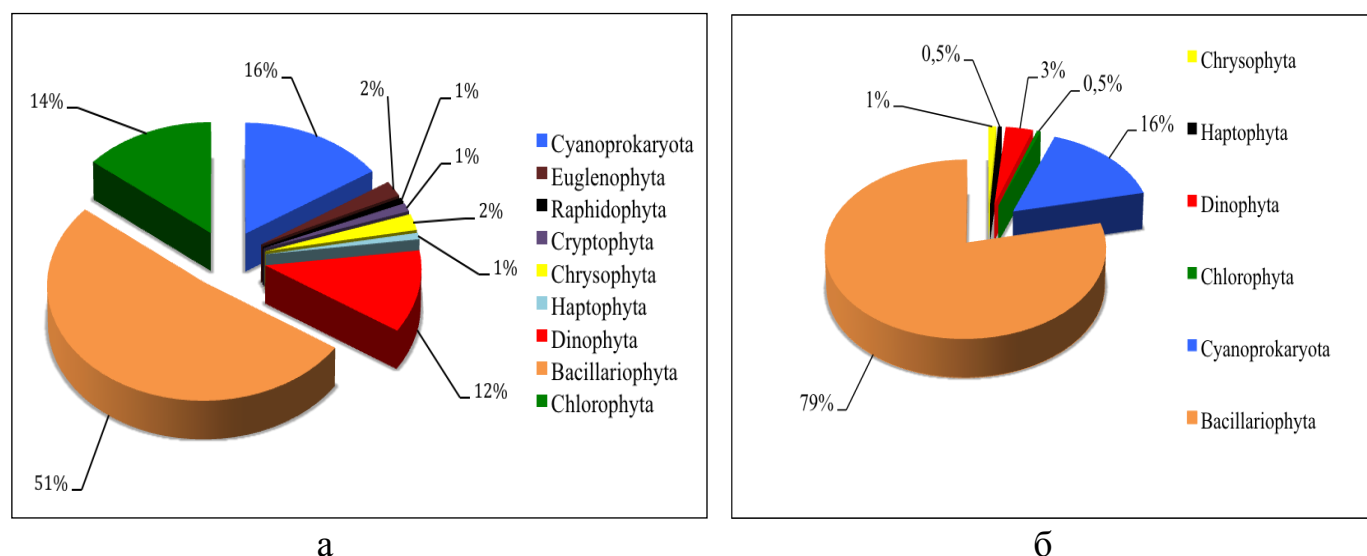


Рисунок 2. Процентное соотношение количества видов и ввт по отделам МВ планктона и бентоса Азовского моря (а) и бентоса крымского побережья (б)

По районам исследования обнаружены новые для Азовского моря виды: в Керченском проливе – 23, бухтах мыса Казантип – 19, заливе Сиваш – 16. Из общего количества новых таксонов 27 видов и ввт известны и в Чёрном море, 14 – впервые указаны для Азово-Черноморского бассейна.

Таблица 3 Таксономическая структура микроводорослей бентоса крымского побережья Азовского моря

Отдел	Класс	Порядок	Семейство	Род	Виды и ввт
Цуанопрокариота	1	5	7	16	32
Dinophyta	1	3	3	3	7
Chrysophyta	1	1	1	1	1
Haptophyta	2	2	2	2	2
Bacillariophyta	3	22	35	54	157
Chlorophyta	1	1	1	1	1
Всего	9	34	49	77	200

В целом, ведущее положение в таксономической структуре микрофитобентоса акваторий крымского побережья Азовского моря по видовому обилию занимают диатомовые водоросли родов *Navicula* Bory, 1822 (18 видов), *Nitzschia* Hassall, 1845 (18), *Licmophora* C. Agardh, 1827 (8), *Pleurosigma* W. Smith, 1852 (8), *Cocconeis* Ehrenberg, 1837 (7), *Amphora* Ehrenberg ex Kützing, 1844 (6), *Tryblionella* W. Smith, 1853 (6), динофитовых *Prorocentrum* Ehrenberg, 1834 (4) и цианопрокариот *Phormidium* Kützing ex Gomont, 1892 (6), *Lyngbya* C. Agardh ex Gomont, 1892 (4), *Microcystis* Kützing ex Lemmermann, 1907 (5). Среди МВ бентоса одиночноживущие формы составляют 56%, колониальные – 44%, хотя последние вносят основной вклад в численность донных сообществ. Бентосные виды микроводорослей

составляют 64%, бентопланктонные – 19% и планктонные – 17%. Во флоре МВ выявлено 80 видов-сапробионтов – индикаторов органического загрязнения вод, из них 47,5% составляют бетамезосапробионты – виды умеренно загрязнённых вод (рис. 3). Доминирование бетамезосапробионтов в донных сообществах по количеству видов и численности позволяет отнести акваторию исследования к мезотрофному типу вод.

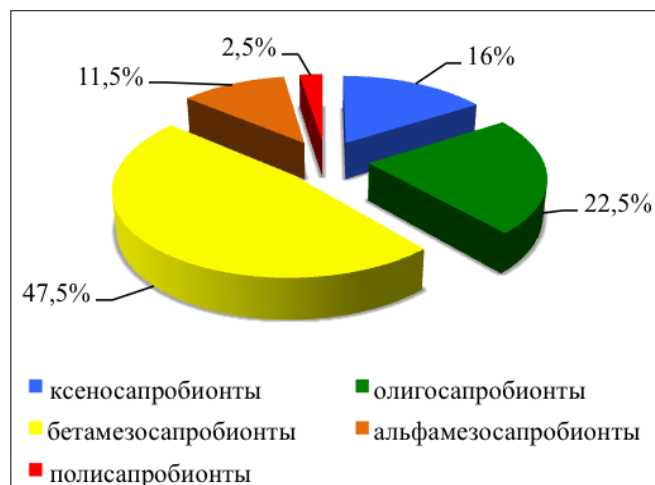
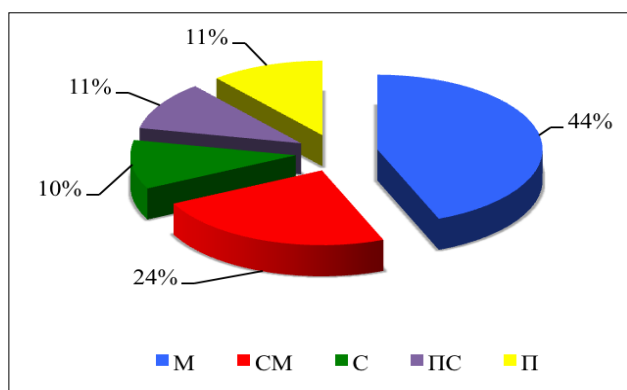
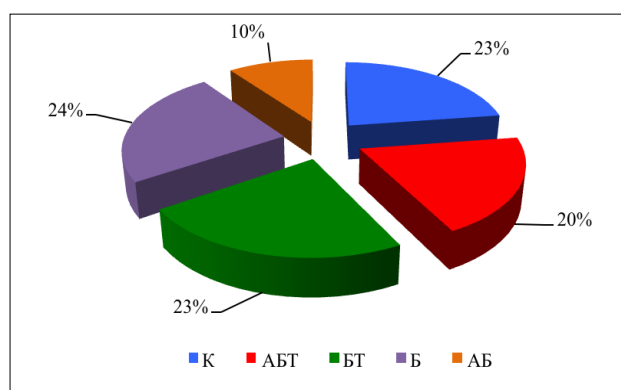


Рисунок 3 Процентное соотношение видов-сапробионтов в микрофитобентосе крымского побережья Азовского моря: альфамезосапробионты – виды значительно загрязнённых вод, бетамезосапробионты – виды умеренно загрязнённых вод, ксеносапробионты – виды очень чистых вод, олигосапробионты – виды чистых вод, полисапробионты – виды сильно загрязнённых вод

Низкая солёность вод Азовского моря и значительные речные стоки обуславливают существенный вклад пресноводных и пресноводно-солонатоводных видов МВ в структуру микрофитобентоса крымского побережья. На их долю приходится по 11%, морские виды составляют менее половины – 44%, солонатоводно-морские – 24% (рис. 4а).



а



б

Рисунок 4 Процентное соотношение групп МВ бентоса крымского побережья Азовского моря по отношению к солёности воды (а): М – морские, СМ – солонатоводно-морские, С – солонатоводные, ПС – пресноводно-солонатоводные, П – пресноводные. Фитогеографические элементы (б): К – космополиты, АБТ – аркто-бореально-тропические, БТ – бореально-тропические, Б – бореальные, АБ – аркто-бореальные

Анализ фитогеографической структуры МВ показал, что наименее представлены виды аркто-бореального комплекса, доли остальных групп имеют

близкие значения (рис. 4б). Виды-космополиты распределены равномерно с их преобладанием в Сиваше (28%).

В результате анализа эколого-флористических и фитогеографических характеристик микрофитобентоса по районам крымского побережья Азовского моря установлено, что между районами имеется как сходство, так и различие (табл. 4). В зал. Сиваш (I) найдено 103 вида и ввт, Керченском проливе (II) – 88, бухтах м. Казантип (III) – 121. Наибольшая общность флор по коэффициенту Чекановского-Сёренсена (K_s), равная 57%, отмечена для акваторий II и III. Для этих районов характерно доминирование колониальных диатомовых *Berkeleya rutilans* (Trentepohl) Grunow, 1880, *Tabularia tabulata* (C. Agardh) Snoeijs, 1992 и *Thalassionema nitzschioides* (Grunow) Mereschkowsky, 1902 с массовым развитием весной и в конце лета. В заливе Сиваш преобладают в основном одиночноживущие формы диатомовых водорослей *Cocconeis scutellum* Ehrenberg, 1838, *C. britannica* Nägeli ex Kützing, 1849, *Pleurosigma angulatum* (Quekett) W. Smith, 1852). Общность флор для I и II районов составляет $K_s=38\%$, для I и III – 39%.

Таблица 4 Эколого-флористическая и фитогеографическая характеристики микрофитобентоса Азовского моря по районам исследования

Группы микроводорослей	Залив Сиваш	Керченский пролив	М. Казантип
По отношению к солёности воды, %			
Морские	47,0	41,0	35,0
Солоноватоводно-морские	22,5	35,0	26,0
Солоноватоводные	15,5	9,0	13,0
Пресноводно-солонатоводные	10,0	6,0	12,0
Пресноводные	5,0	9,0	14,0
По отношению к местообитанию, %			
Бентосные	67,0	71,0	65,0
Бентопланктонные	14,0	23,0	20,0
Планктонные	19,0	6,0	15,0
Индикаторы органического загрязнения вод, %			
Ксеносапробионты	17,5	10,0	16,0
Олигосапробионты	17,5	18,0	23,0
Бетамезосапробионты	47,5	54,0	47,0
Альфамезосапробионты	12,5	10,0	10,0
Полисапробионты	5,0	8,0	4,0
Фитогеографические элементы, %			
Аркто-бореальные	9,0	14,0	11,0
Аркто-бореально-тропические	22,5	25,0	18,0
Бореальные	18,0	20,0	24,0
Бореально-тропические	22,5	17,0	22,0
Космополиты	28,0	24,0	25,0

В бентосе крымского побережья отмечено 18 потенциально опасных видов, в том числе 9 потенциально токсичных: *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing, 1846, *M. ovalis*, *M. wesenbergii*, *Halamphora coffeiformis* (C. Agardh) Levkov, 2009, *Pseudo-nitzschia prolongatoides*, *Prorocentrum compressum* (Bailey) Abé ex Dodge, 1975, *P. cordatum* (Ostenfeld) Dodge, 1975, *P. lima* (Ehrenberg) Dodge, 1975 и *P. micans* Ehrenberg, 1833, наибольшая численность которых приурочена к лету. Соотношение этих видов по районам составляет: залив Сиваш – 9/6, Керченский пролив – 7/3 и м. Казантип – 12/4. Потенциально токсичные МВ малочисленны, но встречены круглогодично в разных экотопах моря.

Морские виды в заливе Сиваш составляют 47% (табл. 4), а в акватории м. Казантип отмечен высокий вклад пресноводных форм (14%) по сравнению с другими районами. Доли бентосных видов в составе сообществ приблизительно одинаковые по районам, больший процент планктонных форм зарегистрирован в заливе Сиваше (21%).

Глава 5 «Флористический состав и структурные характеристики сообществ микроводорослей бентоса крымского побережья Азовского моря» содержит сведения о качественном составе (количество видов, доминирующие виды) и количественных характеристиках (обилие видов (s), численность (N), биомасса (B)) микроводорослей донных сообществ, а также приведены их структурные показатели: индексы Шеннона (H), доминирования Бергер-Паркера (D_{BP}) и выровненности видов Пиелу (e). Количественные характеристики существенно дополняют флористические исследования и наиболее полно отражают состояние донных сообществ разных экотопов моря.

Максимальное количество видов обнаружено летом с ведущей группой диатомовых водорослей в течение года, минимальное – осенью (табл. 5).

Таблица 5 Количество видов и ввт микроводорослей бентоса по сезонам года в трёх районах крымского побережья Азовского моря

Группа МВ	Весна			Лето			Осень		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Диатомовые	51	37	61	55	63	53	31	38	50
Цианобактерии	2	1	16	15	3	4	4	4	6
Динофитовые	–	–	2	6	–	–	–	–	–
Другие	1	–	3	2	–	1	–	–	–
Всего	55	38	82	77	66	58	35	42	56
Итого	123			138			89		

Примечание: I – зал. Сиваш, II – Керченский пролив, III – бухты мыса Казантип.

Наибольшее видовое богатство МВ отмечено в эпифитоне макрофитов, наименьшее – в эпилитоне (табл. 6). Флора МВ в разных экотопах имеет довольно высокое сходство, рассчитанное по коэффициенту Чекановского-Сёренсена: для

эпифитона и эпилитона $K_s=54\%$, эпифитона и рыхлых грунтов – 57% , эпилитона и рыхлых грунтов – 56% . Наряду с этим, качественный состав сообществ характеризуется некоторыми особенностями: в эпифитоне доминируют колониальные виды диатомовых *B. rutilans*, *B. micans* (Lyngbye) Grunow, 1868, *T. tabulata*, в том числе типичные виды-обрастатели *Achnanthes brevipes* C. Agardh, 1824, *Licmophora abbreviata* C. Agardh, 1831, *Rhoicosphenia abbreviata* (C. Agardh) Lange-Bertalot, 1980, *Rh. marina* (W. Smith) M. Schmidt, 1889, а также цианобактерии *Phormidium laetevirens* (P. Crouan et H. Crouan ex Gomond) Anagnostidis et Komárek, 1988, *Ph. nigroviride* (Thwaites ex Gomont) Anagnostidis et Komárek, 1988. В эпилитоне состав доминирующих видов близок к эпифитону, однако уменьшается доля МВ, имеющих органы прикрепления. МВ рыхлых грунтов представлены преимущественно одиночноживущими формами диатомовых водорослей родов *Cocconeis*, *Pleurosigma*, *Amphora* и *Tryblionella*, динофитовых водорослей *Pr. compressum*, *Protoperedinium bipes* (Paulsen) Balech, 1974, *Gonyaulax diegensis* Kofoid, 1911 и гаптофитовой водоросли *Emiliania huxleyi* (Lohmann) Hay et Mohler, 1967.

Таблица 6 Количество видов и ввт микроводорослей на разных субстратах в трёх районах крымского побережья Азовского моря

Районы исследования	Макрофиты	Камни	Рыхлые грунты
Залив Сиваш	70	3	69
Керченский пролив	61	59	25
Бухты мыса Казантип	98	50	49
Всего	151	81	113

В сообществах МВ разных экотопов западного Сиваша получены следующие количественные показатели. В эпифитоне *Cladophora siwaschiensis* C. Meyer при обилии видов $s=13$, пик численности $N=230,8 \cdot 10^3$ кл.·см⁻² отмечен в августе ($t=29^\circ\text{C}$) и обусловлен массовым развитием цианобактерий *Ph. laetevirens*, *Lyngbya aestuarii* (Mertens) Liebman ex Gomont, 1892 и *L. semiplena* (C. Agardh) J. Agardh ex Gomont, 1892 с доминированием *Ph. nigroviride* ($D_{BP}=74,5\%$) (рис. 5, 6). Наибольшие значения $B=0,058$ мг·см⁻² и индекса Шеннона ($H=3,19$) при высоком индексе Пиелу ($e=0,89$) отмечены в октябре ($t=10,2^\circ\text{C}$) с доминированием диатомовых *C. scutellum* и *C. britannica* ($D_{BP}\approx 23,0\%$) (рис. 7). В сообществах МВ рыхлых грунтов зарегистрировано 2 пика значений $N=41,2 \cdot 10^3$ кл.·см⁻³ ($s=11$ и $B=0,052$ мг·см⁻³) в апреле ($t=15,0^\circ\text{C}$) и $N=43,6 \cdot 10^3$ кл.·см⁻³ ($s=9$, $B=0,063$ мг·см⁻³) в октябре с доминированием *C. scutellum* ($D_{BP}=21,0\%$ и $35,5\%$, соответственно). Наибольшие значения индексов $H=3,30$ и $e=0,96$ отмечены в апреле.

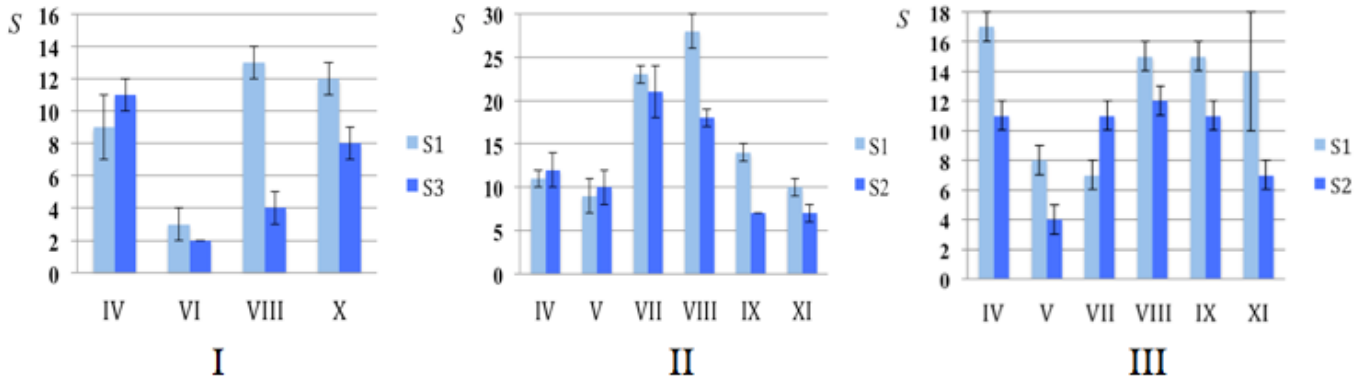


Рисунок 5 Обилие видов (s) в крымском побережье Азовского моря (I, II, III) по сезонам года

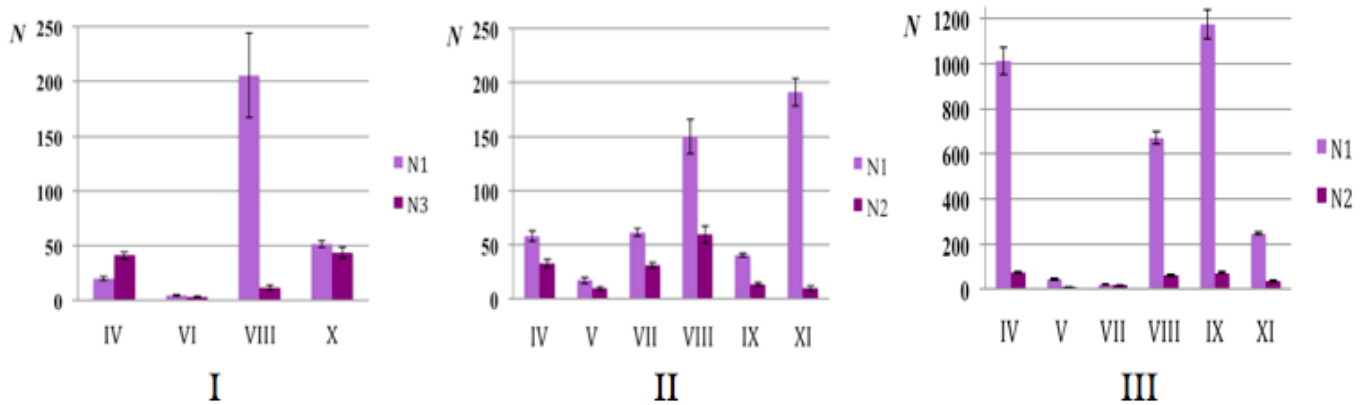


Рисунок 6 Численность ($N_{1,2} \cdot 10^3$, кл.·см⁻², $N_3 \cdot 10^3$, кл.·см⁻³) в крымском побережье Азовского моря (I, II, III) по сезонам года

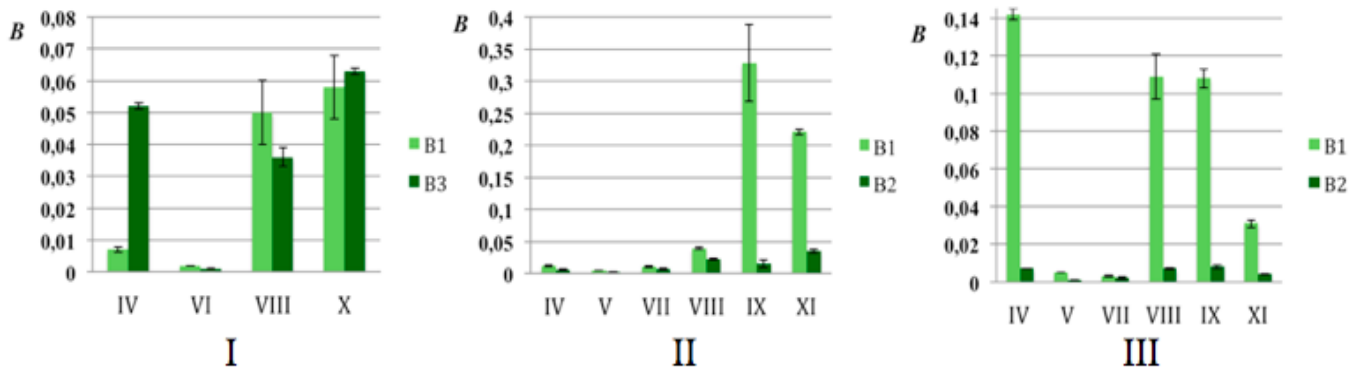


Рисунок 7 Биомасса ($B_{1,2}$, мг·см⁻², B_3 , мг·см⁻³) крымском побережье Азовского моря (I, II, III) и сезонам года. Численность и биомасса МВ даны на единицу объёма субстрата, см³

В трёх экотопах Керченского пролива: в эпифитоне *Ceramium* sp. пик численности $N=150 \cdot 10^3$ кл.·см⁻² ($s=20$; $B=0,039$ мг·см⁻²) МВ отмечен в августе при $t=29,3^\circ\text{C}$ с доминированием диатомовой водоросли *B. rutilans* ($D_{BP}=24,6\%$) и массовым развитием *B. micans*, *T. tabulata*, *L. abbreviata* и *Th. nitzschoides* и

$N=191 \cdot 10^3$ кл.·см⁻² ($s=10$, $B=0,221$ мг·см⁻²) в ноябре при $t=9,0^\circ\text{C}$ за счёт массового развития цианобактерии *Ph. laetevirens* ($D_{\text{BP}}=67,2\%$) (рис. 5–7). Максимум биомассы ($B=0,328$ мг·см⁻²) МВ в сентябре обусловлен доминированием бентопланктонных колониальных видов диатомовых водорослей *Melosira moniliformis* (O.F. Müller) C. Agardh, 1824 и *M. lineata* (Dillwyn) C. Agardh, 1824 при $D_{\text{BP}} \approx 18,0\%$, максимальные индексы $H=3,03$ – $3,39$ и $e=0,70$ – $0,92$ зарегистрированы летом. В эпилитеоне пик численности $N=60 \cdot 10^3$ кл.·см⁻² при $s=15$ отмечен в августе с доминированием видов, указанных для эпифитона, а $B=0,035$ мг·см⁻² – в ноябре за счёт массового развития *M. moniliformis* и *B. micans*, $H=3,31$ – $3,46$ при $e=0,90$ летом. Для МВ рыхлых грунтов значения $s=8$, $N=11,9 \cdot 10^3$ кл.·см⁻³, $B=0,003$ мг·см⁻³, $H=2,8$ (при $e=0,92$) зарегистрированы в июле ($t=22,0^\circ\text{C}$) при доминировании *C. scutellum* ($D_{\text{BP}}=32,4\%$).

В двух экотопах бух. Русская мыса Казантип: в эпифитоне *Cladophora* sp. значения $s=18$, $N=1012,0 \cdot 10^3$ кл.·см⁻² и $B=0,142$ мг·см⁻² МВ отмечены в апреле ($t=10^\circ\text{C}$) за счёт колониальных видов диатомовых *Th. nitzschoides* ($D_{\text{BP}}=27,5\%$) и *B. rutilans* ($D_{\text{BP}}=25,0\%$) (рис. 5–7). Максимум $N=1171,5 \cdot 10^3$ кл.·см⁻² зарегистрирован в сентябре ($t=19,3^\circ\text{C}$) при $B=0,108$ мг·см⁻² с доминированием диатомовых *P. brevistriata* ($D_{\text{BP}}=41,5\%$) и *Rh. abbreviata* ($D_{\text{BP}}=22,3\%$), однако из-за мелких размеров клеток получены низкие показатели биомассы. Близкие значения индекса Шеннона отмечены в апреле ($H=2,75$ и $e=0,67$) и августе ($H=2,81$ и $e=0,71$). Для эпилитаона каменистых грунтов бух. Русской пики численности и биомассы представлены в те же месяцы, что и для эпифитона – $s=12$, $N=72,6 \cdot 10^3$ кл.·см⁻², $B=0,007$ мг·см⁻² с доминированием *Th. nitzschoides* ($D_{\text{BP}}=27,8\%$) и *B. rutilans* ($D_{\text{BP}}=24,6\%$) в апреле и $s=11$, $N=70,3 \cdot 10^3$ кл.·см⁻², $B=0,008$ (сентябрь) за счёт развития *Rh. abbreviata* ($D_{\text{BP}}=20,3\%$) и *T. tabulata* ($D_{\text{BP}}=19,8\%$), наибольшие показатели ($H=2,95$ – $3,05$ и $e=0,85$ – $0,88$) видового разнообразия отмечены летом.

Во всех экотопах и районах исследования в течение года по численности доминируют β -мезосапробные виды-индикаторы умеренно загрязнённых вод с существенным вкладом β - α - и α -мезосапробионтов летом.

В результате сравнения структурных и количественных показателей сообществ МВ разнотипных экотопов, но в пределах каждого из районов крымского побережья Азовского моря, установлено, что наибольшее видовое разнообразие наблюдается в эпилитеоне и рыхлых грунтах по сравнению с эпифитоном. Для первых двух экотопов значения индекса Пиелу (e) выше, чем для эпифитона, в котором более низкая степень выровненности видов по численности в сообществе обусловлена существенным доминированием одного-двух видов МВ. При этом численность и биомасса МВ, заселяющих макрофиты, значительно превосходят таковые эпилитаона, что особенно заметно в периоды массового развития отдельных видов. Обилие видов МВ в донных сообществах имеет сходные значения весной, но к концу лета и осенью этот показатель для эпифитона макрофитов выше, чем для эпилитаона и рыхлых грунтов.

Сравнительные данные структуры донных сообществ МВ по сезонам года показали некоторые особенности в исследуемых районах. В западном Сиваше в эпифитоне максимум численности МВ зарегистрирован летом за счёт массового развития цианобактерий, а в рыхлых грунтах – весной и осенью за счёт бентосных диатомовых. Пики биомассы в двух экотопах отмечены осенью. Высокое видовое разнообразие сообществ МВ эпифитона наблюдается осенью, в рыхлых грунтах – весной. В Керченском проливе в эпифитоне зарегистрированы летний и осенний пики численности микроводорослей с максимумом биомассы в сентябре за счёт видов *M. moniliformis* и *M. lineata*, в эпифитоне и рыхлых грунтах – летний. Наибольшие значения индекса Шеннона отмечены также летом для сообществ трёх экотопов. В эпифитоне и эпифитоне бух. Русской пики численности и биомассы, а также высокое видовое разнообразие наблюдаются весной и летом. Флористический состав микрофитобентоса крымского побережья формируется весной за счёт массового развития диатомовых, в летне-осенний период – диатомовых и цианобактерий.

В целом, качественные, количественные и структурные характеристики сообществ донных МВ изменяются в зависимости от сезона года, типа субстрата и районов исследования. Наибольшие показатели численности МВ отмечены в эпифитоне водорослей-макрофитов для крымского побережья Азовского моря, что характерно и для микрофитобентоса Чёрного моря.

Очевидная практическая важность МВ, являющихся продуцентами органического вещества и основой пищевой пирамиды в море, обуславливает необходимость дальнейшего изучения микрофитобентоса Азовского моря, уделив особое внимание идентификации систематического состава бентосных видов, сезонной динамике численности, биомассы, а также структурно-функциональным показателям сообществ МВ, имеющих быстрый отклик на изменения качества водной среды. Учитывая слабое использование индикаторных видов донных микроводорослей (сапробионтных и потенциально опасных) для оценки экологического состояния морских водоёмов, разработка ряда вопросов в этом направлении является особенно важной и актуальной.

ВЫВОДЫ

1. Впервые проведена инвентаризация видового состава микроводорослей (МВ) планктона и бентоса Азовского бассейна, составлен чек-лист 1085 видов и внутривидовых таксонов из 9 отделов, в т.ч. 304 таксона отмечено в прибрежных акваториях Крыма, включая 180 для Казантипского заповедника. Обнаружен 41 новый таксон микроводорослей (Bacillariophyta – 37, Cyanoprokaryota – 3 и Naptophyta – 1) для Азовского моря.

2. Всего в трёх районах крымского побережья обнаружено 200 видов, разновидностей и форм МВ, относящихся к 6 отделам: Cyanoprokaryota (32 вида), Bacillariophyta (157), Dinophyta (7), Naptophyta (2) и по одному виду Chrysophyta и

Chlorophyta. В зал. Сиваш (I) найдено 103 вида, Керченском проливе (II) – 88, бухтах Казантипа (III) – 121.

3. Наибольшая общность флор МВ по коэффициенту Чекановского-Сёренсена (K_s) составляет для II и III районов 57%; I и II – 38%, I и III – 39%; для эпифитона и эпицитона $K_s=54\%$, эпифитона и рыхлых грунтов – 57%, эпицитона и рыхлых грунтов – 56%.

4. По экотопам исследования найдено: в эпифитоне макрофитов – 151 таксон МВ, эпицитоне – 81, рыхлых грунтах – 113. По сезонам года обнаружено видов: зимой – 27, весной – 123, летом – 138 и осенью – 89. В разных экотопах отмечено 64% бентосных форм, 19% – бентопланктонных и 17% – планктонных водорослей.

5. Приведена эколого-флористическая характеристика МВ бентоса крымского побережья: морские виды составляют 44%, пресноводные и пресноводно-солончатые – 22%. Выявлено 18 видов потенциально опасных видов МВ, в т.ч. 9 потенциально токсичных. Обнаружено 80 видов-сапробионтов – индикаторов качества водоёмов с преобладанием бетамезосапробионтов – 47,5%. Поэтому исследованные акватории крымского побережья Азовского моря можно отнести к мезотрофному типу вод.

6. Фитогеографическая структура микрофитобентоса представлена для зал. Сиваш аркто-бореальными и бореальными видами – 27%, Керченского пролива – 34%, бухт мыса Казантип – 35%, аркто-бореально-тропические и бореально-тропические – 45%, 42% и 40%, космополиты – 28%, 24% и 25%, соответственно.

7. Впервые получены количественные показатели обилия видов, численности и биомассы сообществ МВ крымского побережья Азовского моря. Для всех экотопов установлены максимумы численности и биомассы микрофитобентоса, характерные для весенне-летнего периода. Численность МВ в разные сезоны года в 2–14, а биомасса – 1,5–16 раз выше в эпифитоне макрофитов, чем в эпицитоне.

8. В микрофитобентосе крымского побережья Азовского моря по численности доминируют бентосные виды диатомовых *Cocconeis scutellum*, *Berkeleya micans*, *B. rutilans*, *Licmophora abbreviata*, *Rhoicosphenia abbreviata*, *Tabularia tabulata* и цианобактерии *Phormidium laetevirens*, *Ph. nigroviride*, преобладающие в отдельные сезоны в Керченском проливе и западном Сиваше.

9. В структуре донных сообществ МВ отмечены близкие значения индекса видового разнообразия Шеннона (H) с максимальными показателями по сезонам года: летом – для эпифитона $H=3,39$ и эпицитона $H=3,46$ Керченского пролива, весной – для рыхлых грунтов западного Сиваша $H=3,30$, летом – для эпифитона $H=2,81$ и эпицитона $H=3,05$ бух. Русская мыса Казантип. Индекс выровненности Пилу видов МВ в донных сообществах варьирует в среднем от 0,70 до 0,90.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК

1. Бондаренко А. В. Микрофитобентос трёх районов украинского сектора Азовского моря / А. В. Бондаренко // Морской экологический журнал, 2012. – Т. 11, № 3. – С. 25–32.
2. Ryabushko L. I. The Qualitative and Quantitative Characteristics of the Benthic Diatoms near Kazantip Cape of the Sea of Azov / L. I. Ryabushko, **A. V. Bondarenko** // Journal of the Black Sea / Mediterranean Environment. – 2016. – Vol. 22, no. 3. – P. 237–249.
3. Рябушко Л. И. Микрофитобентос Азовского моря / Л. И. Рябушко, **А. В. Бондаренко** // Биология моря. – 2017. – Т. 43, № 4. – С. 223–228.

Монография

4. Рябушко Л. И. Микроводоросли планктона и бентоса Азовского моря (Чек-лист, синонимика, комментарий) / Л. И. Рябушко, **А. В. Бондаренко**. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. – 211 с.

Статьи в других научных изданиях

5. Бондаренко А. В. Видовой состав и сезонная динамика количественных характеристик диатомовых водорослей бентоса прибрежной части Казантипского заповедника (Азовское море) / **А. В. Бондаренко**, Л. И. Рябушко // Системы контроля и окружающей среды : сб. науч. тр. / НАН Украины, Морск. гидрофиз. ин-т. – 2010. – Севастополь, 2010. – Вып. 13. – С. 231–237.

Материалы и тезисы конференций

6. Бондаренко А. В. Микрофитобентос Азовского моря / **А. В. Бондаренко**, Л. И. Рябушко // Актуальні проблеми ботаніки, екології та біотехнології : матеріали Міжнар. конф. молодих учених-ботаніків, 27-30 вересня 2006 р., м. Київ. – Київ, 2006. – С. 2.
7. Бондаренко А. В. Диатомовые водоросли бентоса крымского побережья Азовского моря / **А. В. Бондаренко**, Л. И. Рябушко // Современные проблемы альгологии и VII Школы по морской биологии : материалы Междунар. науч. конф., Ростов-на-Дону, 9–13 июня 2008 г. – Ростов-н/Д., 2008. – С. 61–63.
8. Бондаренко А. В. Диатомовые водоросли бентоса акватории Казантипского заповедника и Сивашского залива Азовского моря / **А. В. Бондаренко**, Л. И. Рябушко // Диатомовые водоросли как биоиндикаторы современного состояния окружающей среды и их роль в палеоэкологии и биостратиграфии (морфология, систематика, флористика, экология, палеогеография, биостратиграфия) : материалы XI Междунар. науч. конф., посвящ. 110-летию со дня рожд. В.С.

- Шешуковой-Порецкой. – Минск, 2009. – С. 35–36.
9. Бондаренко А. В. Видовое и эколого-географическое разнообразие бентосных диатомовых водорослей крымского побережья Азовского моря / А. В. Бондаренко // Биоразнообразие и устойчивое развитие : материалы науч.-практ. конф., Симферополь, 20-22 мая 2010 г. – Симферополь, 2010. – С. 19–21.
 10. Бондаренко А. В. Видовая структура прибрежных бентосных сообществ диатомовых водорослей крымского побережья Азовского моря / А. В. Бондаренко // Видовые популяции и сообщества в антропогенно трансформированных ландшафтах: состояние и методы его диагностики : материалы XI Междунар. науч.-практ. эколог. конф., Белгород, 20–25 сент. 2010 г. – Белгород, 2010. – С. 96.
 11. Бондаренко А. В. Диатомовые водоросли бентоса украинского сектора Азовского моря / А. В. Бондаренко // Pontus Euxinus-2011 : тез. докл. VII Междунар. науч.-практ. конф. молодых учёных (Севастополь, 24-27 мая 2011). – Севастополь, 2011. – С. 44.
 12. Сравнение видового состава и количественных характеристик диатомовых водорослей микрофитобентоса крымского побережья Чёрного и Азовского морей / Л. И. Рябушко, Р. И. Ли, **А. В. Бондаренко**, Д. С. Лохова // Диатомовые водоросли: морфология, систематика, флористика, экология, палеогеография, биостратиграфия: материалы XII Междунар. конф. диатомологов, посвящ. 120-летию со дня рожд. А.И. Прошкиной-Лавренко, Звенигород, 19–24 сент. 2011 г. – Москва, 2011. – С. 202–205.
 13. Рябушко Л. И. Современное состояние изученности Bacillariophyta планктона и бентоса Азовского моря: инвентаризация и критический анализ / Л. И. Рябушко, **А. В. Бондаренко** // Диатомовые водоросли: морфология, систематика, флористика, экология, палеогеография, биостратиграфия : материалы XII Междунар. конф. диатомологов, посвящ. 120-летию со дня рожд. А.И. Прошкиной-Лавренко, Звенигород, 19-24 сент. 2011 г. – Москва, 2011. – С. 126–129.
 14. Рябушко Л. И. Современное состояние изученности микроводорослей планктона и бентоса Азовского моря: инвентаризация и критический анализ / Л. И. Рябушко, **А. В. Бондаренко** // Матеріали XIII з'їзду Українського ботан. товариства, Львів, 19-23 вересня 2011 р. – Львів, 2011. – С. 320.
 15. Рябушко Л. И. Микроводоросли морских акваторий госзаказника «Бухта Казачья», Карадагского (Чёрное море) и Казантипского (Азовское море) заповедников Украины / Л. И. Рябушко, **А. В. Бондаренко**, Р. И. Ли // Матеріали XIII з'їзду Українського ботан. товариства, Львів, 19-23 вересня 2011 р. – Львів, 2011. – С. 321.

16. Бондаренко А. В. Микроводоросли эпифитона донной растительности побережья Казантипского природного заповедника (Азовское море, Украина) / А. В. Бондаренко // Актуальные проблемы современной альгологии : тез. докл. IV Междунар. конф., Киев, 23-25 мая 2012 г. – Киев, 2012. – С. 35–37. – (Альгология, 2012. Suppl.).
17. Видовое разнообразие микроводорослей заповедников Крыма: фитопланктон и микрофитобентос Чёрного и Азовского морей / Л. И. Рябушко, Н. В. Поспелова, **А. В. Бондаренко**, Р. И. Ли, Д. С. Лохова // Биоразнообразие и устойчивое развитие к 200-летию Никитского ботанического сада : тез. докл. II Междунар. науч.-практ. конф., Симферополь, 12–15 сент. 2012 г. – Симферополь, 2012. – С. 118–121.
18. Видовое разнообразие диатомовых водорослей акваторий Карадагского (Чёрное море) и Казантипского (Азовское море) заповедников Крыма: фитопланктон и микрофитобентос / Л. И. Рябушко, Н. В. Поспелова, **А. В. Бондаренко**, Р. И. Ли, Д. С. Лохова // Диатомовые водоросли: современное состояние и перспективы исследований : материалы XIII Междунар. науч. конф. диатомологов, Борок, 24-29 авг. 2013 г. – Кострома, 2013. – С. 80–81.
19. Bondarenko A. V. Microalgae of benthos of the coastal waters of Cape Kazantip (the Sea of Azov) / A. V. Bondarenko // Актуальні проблеми ботаніки та екології : матеріали Міжнар. конф. молодих учених, Щолкіне, 18-22 червня 2013 р. – Щолкіне, 2013. – С. 31–32.
20. Современное состояние изученности микрофитобентоса прибрежных акваторий Чёрного и Азовского морей близ заповедных территорий Крыма / Л. И. Рябушко, Н. В. Поспелова, **А. В. Бондаренко**, Д. С. Балычева // Устойчивое развитие особо охраняемых природных территорий : сб. статей II Всерос. науч.-практ. конф., Сочи, 2-4 дек. 2015 г. – Сочи, 2015. – С. 259–266.
21. Потенциально опасные микроводоросли планктона и бентоса локальных местообитаний в крымском побережье Азовского и Чёрного морей / Л. И. Рябушко, Н. В. Поспелова, Д. С. Балычева, **А. В. Бондаренко** // Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоёмов : труды IV Балтийского морского форума Междунар. науч. конф., Калининград, 24–25 мая 2016 г. – Калининград, 2016. – С. 215–218.