

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

**КОВАЛЕВА
Галина Витальевна**

**МИКРОВОДОРОСЛИ БЕНТОСА, ПЕРИФИТОНА И ПЛАНКТОНА
ПРИБРЕЖНОЙ ЧАСТИ АЗОВСКОГО МОРЯ**

03.00.05 – БОТАНИКА

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

**Санкт-Петербург
2006**

Работа выполнена на кафедре ботаники Санкт-Петербургского государственного университета

Научный руководитель: доктор биологических наук,
профессор *Стрельникова Нина Ивановна*

Официальные оппоненты: доктор биологических наук
Макаревич Павел Робертович,
кандидат биологических наук
Никулина Вера Никифоровна

Ведущая организация: *Ботанический институт им. Комарова РАН*

Защита состоится «5» октября 2006 г. в 16 часов на заседании Диссертационного совета Д212.232.32 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора биологических наук при Санкт-Петербургском государственном университете по адресу: *199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9, СПбГУ, биолого-почвенный факультет, кафедра ботаники*, ауд. 1. Факс 8(812) 328-97-03.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке им. А.М.Горького Санкт-Петербургского государственного университета.

Автореферат разослан «___» _____ 2006 г.

Ученый секретарь
Диссертационного совета Д212.232.32
доктор биологических наук

В.Н.Никитина

Актуальность исследований. За последние несколько лет, интерес к прибрежным зонам морей приобрел глобальный характер. Современный технический прогресс, в сочетании с изменением климата, привели к трансформации потоков веществ, поступающих в моря, загрязнению и нарушению геохимической среды водоемов. Азовское море относится к самым «проблемным» внутренним морям России (Романкевич, Айбулатов, 2004). Особенно сильно эти негативные факторы сказываются в прибрежной зоне морей, являющейся наиболее высоко продуктивной. Известно, что микроводоросли, из-за высокой скорости размножения, очень чутко реагируют на все изменения в окружающей среде и, поэтому, служат надежными индикаторами загрязнения.

Фитопланктон открытой части Азовского моря является одним из наиболее изученных компонентов экосистемы Азовского моря (Усачев, 1927; Пицък, 1951, 1955, 1963; Прошкина-Лавренко, 1963; Алдакимова, Губина и др., 1972; Закутский, Алдакимова и др., 1978; Губина, Копец и др., 1982; Ластивка, Губина, Сафронова, 1996; Студеникина и др., 1999 и др.). На настоящее время в планктоне открытой части Азовского моря известно около 605 видов микроводорослей (Студеникина и др., 1999). Бентосным и перифитонным микроводорослям уделялось гораздо меньше внимания (Мережковский, 1902; Арнольди, 1922, 1928; Мейер, 1950; Шехов, Губина, 1969; Борисюк, 2001). До исследований, послуживших основой диссертации, в прибрежной части моря и лиманах было обнаружено 174 вида микроводорослей, из которых только 117 являются бентосными. В связи с этим, исследования микроводорослей прибрежной части Азовского моря, особенно бентосных и перифитонных форм, являются очень актуальными.

Цель и задачи. Целью данной работы было изучение микроводорослей бентоса, перифитона и планктона прибрежной части Азовского моря и некоторых водоемов азово-черноморского бассейна имеющих общее геологическое происхождение. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

- 1) выявление видового состава микроводорослей прибрежной зоны Азовского моря, лиманов Восточного Приазовья, Усть-Маньчского водохранилища, озера Абрау;
- 2) изучение таксономической и экологической структуры микроводорослей, населяющих исследуемые водоемы;
- 3) изучение сезонной динамики планктонных и бентосных альгоценозов;
- 4) флористическое районирование побережья Азовского моря на основе распределения микроводорослей бентоса и перифитона;
- 5) оценка степени загрязнения исследуемых районов, с использованием микроводорослей, в качестве индикаторов сапробности;
- 6) изучение истории формирования современной флоры диатомовых водорослей Азовского моря на основе диатомового анализа.

Научная новизна. Данная работа представляет собой первую эколого-флористическую сводку о водорослях прибрежной части Азовского моря, лиманов Восточного Приазовья, Усть-Маньчского водохранилища, озера Абрау. Впервые подробно исследованы бентосные и эпифитные водоросли всего российского побережья Азовского моря, изучены особенности их систематической структуры и сезонной динамики. Впервые изучены видовой состав и сезонная динамика обрастаний на искусственных субстратах (сети, поплавки). Подробно исследовано развитие микроводорослей в зимний период, включая ледовые обрастания. В результате многолетних исследований удалось выявить особенности сезонных сукцессий планктонного сообщества в прибрежье. Впервые для флоры Азовского моря приводятся 156 видов диатомовых водорослей, 78 видов – впервые указаны для флоры микроводорослей азово-черноморского региона.

В результате исследования впервые проведено флористическое районирование побережья Азовского моря на основе распределения микроводорослей. На основе изучения микроводорослей была проведена оценка загрязнения побережья Азовского моря и некоторых водоемов азово-черноморского бассейна.

Сопоставление видового состава диатомовых водорослей побережья Азовского моря, лиманов Восточного Приазовья, Усть-Маньчского водохранилища, озера Абрау с обширными литературными данными по ископаемым диатомовым этого региона, позволило предложить гипотезу происхождения флоры диатомовых водорослей Азовского моря.

Теоретическое и практическое значение работы. Проведенное исследование, существенно дополняет уже имеющиеся данные о состоянии биоресурсов и функционировании экосистемы Азовского моря в целом. Исследования имеют большое практическое значение, поскольку могут служить базисом для дальнейшего изучения продуктивности и функционирования прибрежной зоны Азовского моря. Использование микроводорослей в качестве индикаторов загрязнения позволило оценить экологическое состояние исследованных водоемов. Подробно изучена флора микроводорослей прибрежной зоны Азовского моря и некоторых водоемов азово-черноморского бассейна, имеющих общее геологическое происхождение (лиманов Восточного Приазовья, Усть-Маньчского водохранилища, озера Абрау). Подобные исследования имеют значение для решения теоретических вопросов о путях формирования флоры водоемов азово-черноморского бассейна.

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались и обсуждались на 13 конференциях и симпозиумах, в том числе: Международной конференции «Биологические основы устойчивого развития прибрежных морских экосистем» (Мурманск, 2001 г.); VIII Съезде Гидробиологического общества РАН (Калининград, 2001); 4-ой Конференции Балканской Ассоциации Охраны окружающей среды (Balkan Environmental Associations) «Transboundary pollution», (Эдирне, Турция, 2001); VIII и IX школах диатомологов России и стран СНГ (ИБВВ, Борок, 2002, 2005г.); на XVIII Международном диатомовом симпозиуме (Миедзиздрое, Польша, 2004 г.); Международном симпозиуме «Живая клетка диатомей» (Иркутск, Россия, 2004); на заседаниях альгологической секции Русского Ботанического общества (БИН РАН, Санкт-Петербург, 2004, 2005).

Публикация результатов. Результаты работы изложены в 28 публикациях, из которых 8 работ - в научных трудах, монографиях коллектива авторов и научных журналах и 20 - в тезисах и трудах конференций и симпозиумов.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 300 страницах машинописного текста, состоит из введения, 5 глав, выводов, списка литературы (263 источника) и иллюстрирована 39 рисунками и 23 таблицами в тексте. Приложение содержит систематический список видов и 10 таблиц микрофотографий.

Исследования были поддержаны грантом Фонда Форда (Ford Foundation) в рамках Международной программы стипендий на 2002-2005 гг., осуществляемой Институтом Международного образования (The Institute of International Education, Inc., USA).

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Обзор литературы. В главе описана история изучения микроводорослей Азовского моря с конца XIX века до настоящего времени (93 литературных источника). Обзор литературы последних десятилетий разделен на несколько направлений: фитопланктон открытой части Азовского моря; фитопланктон прибрежной части моря; бентосные и перифитонные микроводоросли побережья Азовского моря; микроводоросли из современных осадков Азовского моря; микроводоросли лиманов на побережье Азовского моря, системы Маньчского каскада водохранилищ и озера Абрау.

Глава 2. Материалы и методы. Материалом для диссертации послужили 573 качественные пробы бентоса и перифитона и 145 количественных проб планктона.

В период с 1995 по 2001 г. были исследованы: российское побережье Азовского моря (I



Рис. 1. Карта-схема районов исследования.

Материал собран автором в береговых экспедициях Азовского НИИ рыбного хозяйства (г.Ростов-на-Дону) по российскому побережью Азовского моря (ежемесячно с мая 1997 по декабрь 1998 гг.), а также во внеплановых экспедициях по побережью (1999 - 2001 гг.) в разные сезоны. Пробы из озера Абрау были собраны в октябре 1995 г., мае, октябре 1996 г., июне- июле 1996; июле 1997 г., апреле 1998 г., в лиманах Усть-Маньчского водохранилища - в апреле 2001 г.

В главе описаны методы сбора и обработки проб бентоса, перифитона (включая криоперифитон) и планктона (включая пико- и наннопланктон), приготовления постоянных препаратов для исследования диатомовых водорослей (среда Эльяшева, Nafrax) и временных препаратов для эпифлуоресцентной микроскопии (Caron, 1983).

Для таксономического анализа использованы классификации водорослей: для диатомовых - Ф.Паунда, Р.Крауфорда и Д.Манна (Round, Crawford, Mann, 1990) с изменениями (Witkowski, Lange-Bertalote, Metzelin, 2000); для динофитовых - А.Сомния с изменениями Г.В.Коноваловой (Коновалова, 1998); для синезеленых водорослей - Ю.Комарека и К.Анагностидиса (Anagnostidis, Komarek, 1985, 1988, 1990; Komarek, Anagnostidis, 1989, 1995, 1998), но поскольку эта система охватывает не все группы, для некоторых видов и родов оставлены прежние названия (Еленкин, 1938, 1949; Голлербах и др., 1953). Для золотистых, криптофитовых, эвгленовых, гаптофитовых, рафидофитовых и зеленых водорослей (включая празиофитовых) использовались системы, опубликованные в монографии Identifying marine phytoplankton (1997).

Глава 3. Физико-географическая характеристика Азовского моря. Азовское море - является полузамкнутым внутренним водоёмом, сообщаящимся в своей южной части с Чёрным морем через неглубокий Керченский пролив. Площадь Азовского моря 39 тыс.км², его объем (при среднемноголетнем уровне стока) равен 290 км³, средняя глубина около 7 м, максимальная 13-14 м. Средняя соленость вод Азовского моря в последние годы (1988-2000 гг.) изменяется от 10,42‰ до 11,8‰ - на акватории моря; от 5,69‰ до 7,79‰ - в Таганрогском заливе (Студеникина и др., 1999).

Глава 4. Общая характеристика водорослей по районам исследования.

В главе подробно описаны особенности видового состава, распределения и сезонной динамики микроводорослей бентоса, перифитона и планктона прибрежной зоны Азовского моря, лиманов Восточного Приазовья, Усть-Маньчского водохранилища, озера Абрау.

Описание флоры дано по районам, выделенным на основе сходства видового состава микроводорослей, с учетом ландшафтного районирования (Хрусталева и др., 2001; Петров, 2004):

Северо-Азовская ландшафтная область, Таганрогский округ: 1. Район северного побережья Таганрогского залива, 2. Район южного побережья залива, 3. Западный район Таганрогского залива; **Центрально-Азовская ландшафтная область, Восточно-Приазовский округ:** 4. Район восточного побережья моря, 5. Лиманы восточного побережья; **Керченско-Таманская ландшафтная область:** 6. Побережье Таманского полуострова, коса Чушка, 7. Динской и Таманский залив, 8. Лиманы Таманского полуострова.

Глава 5. Анализ флоры.

5.1. Таксономический анализ. Микроводоросли исследованных водоемов представлены 449 видами и 43 внутривидовыми таксонами из 166 родов, относящихся к 96 семействам, 53 порядкам, 13 классам и 9 отделам водорослей (табл. 1).

Таблица 1

Отдел	число таксонов					% от общего кол-ва видов
	класс	порядок	семейство	род	вид	
Bacillariophyta	3	27	46	76	285	63,47
Chlorophyta	2	6	14	22	40	8,91
Dinophyta	1	6	9	19	33	7,35
Cyanophyta	1	3	8	18	29	6,46
Chrysophyta	2	5	8	10	20	4,45
Euglenophyta	1	1	3	5	17	3,79
Cryptophyta	1	1	3	8	16	3,56
Haptophyta	1	3	4	5	5	1,11
Raphidophyta	1	1	1	3	4	0,89
Всего	13	53	96	166	449	100

5

Для анализа показателей систематического разнообразия микроводорослей рассчитали пропорции флоры, а так же родовой коэффициент – родовая насыщенность видовыми и внутривидовыми таксонами (Толмачев, 1974) (табл.2).

Таблица 2

Отдел	Пропорции флоры *	Родовая насыщенность таксонами	
		видовыми	внутривидовыми
Bacillariophyta	1 : 1,7 : 6,2 : 7,1	1 : 3,8	1 : 4,3
Chlorophyta	1 : 1,6 : 2,9 : 2,9	1 : 1,8	1 : 1,8
Dinophyta	1 : 2,1 : 3,7 : 3,8	1 : 1,7	1 : 1,8
Cyanophyta	1 : 2,3 : 3,6 : 3,6	1 : 1,6	1 : 1,6
Chrysophyta	1 : 1,3 : 2,5 : 2,5	1 : 2,0	1 : 2,0
Euglenophyta	1 : 1,7 : 5,7 : 6,0	1 : 3,4	1 : 3,6
Cryptophyta	1 : 2,7 : 5,3 : 5,3	1 : 2,0	1 : 2,0
Haptophyta	1 : 1,3 : 1,3 : 1,3	1 : 1,0	1 : 1,0
Raphidophyta	1 : 3,0 : 4,0 : 4,0	1 : 1,3	1 : 1,3
Всего	1 : 1,7 : 4,7 : 5,1	1 : 2,7	1 : 3,0

*Пропорции флоры рассчитывали по соотношению: количество родов; видов; видов вместе с внутривидовыми таксонами - в 1 семействе.

6

Получены относительно высокие значения родовой коэффициента (табл. 2), хотя средний родовой коэффициент невысок (2,7). Сравнение родовой коэффициента по отделам показало, что наибольшее видовое богатство характерно для отделов Bacillariophyta (родовой коэффициент - 3,8) и Euglenophyta (3,4), Chrysophyta и Cryptophyta (по 2,0). Анализ родовой насыщенности внутривидовыми таксонами не изменил этих соотношений. Анализ видового разнообразия микроводорослей на родовом уровне показал, что в состав 10 ведущих родов вошли: Navicula (29 видов), Nitzschia (24), Chaetoceros (18), Amphora (14), Cymbella (13), Cocconeis (11), Fragilaria (9), Tryblionella (9), Gomphonema (8) – из отдела Bacillariophyta и Chromulina (8 видов) – из Chrysophyta.

По количеству видов, в состав 10 ведущих семейств вошли представители отдела Bacillariophyta, Dinophyta и Cyanophyta. Виды, входящие в состав 10 ведущих семейств, составляют 44,12 % от всей флоры.

Анализ пропорций флоры (табл. 2) показал, что наибольшее количество родов, приходящихся на одно семейство характерно для отделов Raphidophyta (3,0), Cryptophyta (2,7), Cyanophyta (2,3), Dinophyta (2,1). По соотношению количества видов на семейство (табл. 2) первое место занимает отдел Bacillariophyta (6,2), а затем идут Euglenophyta (5,7) и Cryptophyta (5,3), Raphidophyta (4,0).

В состав 15 ведущих порядков вошло 303 вида из 82 родов, что составляет 63,48% от всей флоры. Наибольшее видовое разнообразие характерно для порядков Naviculales (12,92 % от общего числа видов), Bacillariales (8,91%), Cymbellales (6,46%), Fragilariales (5,57%). На долю других 11 порядков приходится менее 5% от общего числа видов.

Неоднородность материалов (разные сезоны, частота и методы сбора) не позволяют провести сравнительный таксономический анализ всех отделов водорослей в рамках исследованных районов. Репрезентативное сравнение родовой насыщенности видовыми и внутривидовыми таксонами (родовой коэффициент) возможно для представителей отдела Bacillariophyta (табл.3), поскольку диатомовые водоросли изучали наиболее подробно и равномерно во всех районах.

Средние значения родовой насыщенности: 2,21 - для видов и 2,38 - для внутривидовых таксонов (табл. 3) характерны для всех исследованных районов, за исключением северного и западного побережья Таганрогского залива, а также восточного побережья моря.

Сравнение средних значений количества родов и видов в разных районах позволяют оценить полноту изучения флоры и целесообразность выделения флористических районов. В среднем, на один район приходится по 63,8 вида и 28,3 рода, что составляет 22,4% (табл. 3) от общего числа видов, выявленных во флоре прибрежной части Азовского моря и прилегающих водоемов.

Только для флоры четырех районов (северное, западное побережье Таганрогского залива, восточное побережье моря и протоки на косе Чушка) отмечены значения ниже средних показателей (табл. 3), что может свидетельствовать о бедности систематической структуры водорослей данного района из-за специфических условий местообитания.

Для сопоставления особенностей таксономической структуры микроводорослей прибрежья и планктона открытой акватории моря, использовали список планктонных водорослей Азовского моря (Студеникина и др., 1999).

Сравнение показало, что, несмотря на явное доминирование в прибрежных районах диатомовых, ранжирование трех ведущих отделов в открытой акватории моря и прибрежье остается сходным: преобладает отдел Bacillariophyta, второй по значимости - Chlorophyta. Третье и четвертое место делят Dinophyta и Cyanophyta. Для открытой части моря (Студеникина и др., 1999) на долю Cyanophyta приходится 17,3%, а Dinophyta – 16,04%, в прибрежной соответственно - 7,35 % и 6,46 %.

7

Таблица 3

Родовая насыщенность в отделе Bacillariophyta для разных районов

Район	Количество		% от общего числа видов	Родовая насыщенность таксонами	
	родов	видов		видовыми	внутри видовыми
Северное побережье Таганрогского залива	17	30	10,5	1: 1,8	1: 1,9
Южное побережье Таганрогского залива	34	86	30,2	1: 2,5	1: 2,2
Западный район Таганрогского залива	18	35	12,3	1: 1,9	1: 2,2
Восточное побережье моря	32	48	17,1	1: 1,5	1: 1,6
Лиманы Восточного Приазовья	33	77	27,0	1: 2,3	1: 2,5
Мористое побережье косы Чушка	35	70	24,6	1: 2,0	1: 2,3
Протоки на косы Чушка	16	37	13,0	1: 2,3	1: 2,4
Динской и Таманский заливы	40	110	38,6	1: 2,8	1: 3,2
Усть-Маньчское водохранилище	29	75	26,3	1: 2,6	1: 2,9
Оз. Абрау	29	70	24,6	1: 2,4	1: 2,7
Средние значения	28,3	63,8	22,4	2,21	2,38

5.2. Экологический анализ. Исходя из анализа литературы (Дуплаков, 1933; Девяткин, 2003; Протасов, 1994; Комулайнен, 1999) и собственного материала, основным признаком разделения на экологические группы является отношение микроводорослей к субстрату. Главное сходство местообитания перифитона и бентоса - наличие твердого субстрата (в противовес планктону, где водоросли должны приспосабливаться к парению в толще воды). В мелководной прибрежной зоне это сходство местообитаний особенно заметно, поэтому разница в систематической структуре между микрофитобентосом и микроперифитонном практически отсутствует. Даже типично бентосные виды из родов *Diploneis*, *Gyrosigma*, *Hantzschia*, *Lyrella*, *Mastogloia* и др. регулярно встречаются в перифитонном сообществе, также как и эпифитные формы из родов *Amphora*, *Cymbella*, *Epithemia*, *Gomphonema* и др. часто отмечаются в бентосе. Представители родов *Cocconeis*, *Navicula*, *Nitzschia* - с одинаковой частотой являются доминирующими, как в бентосном, так и в перифитонном сообществе. На этом основании анализируются две экологические группировки - планктон и бентос, где водоросли перифитона включены в бентосную группировку.

Представителей отделов Chlorophyta, Cyanophyta, Chrysophyta, Dinophyta, Euglenophyta, Struorophyta, Nartophyta и Raphidophyta изучали только в пробах планктона. Микроводоросли из отдела Bacillariophyta исследованы как в пробах планктона, так и в бентосе. Общее количество бентосных (54,1%) и планктонных видов (45,9%) сопоставимо, но в отделе Bacillariophyta (табл.4) это соотношение изменяется. На долю бентосных форм диатомовых приходится 78,6%, а планктонных - 21,4%.

Диатомовые водоросли из класса Coscinodiscophyceae являются преимущественно планктонными формами (48 видов). Наибольшее видовое разнообразие характерно для родов

Chaetoceros (18), *Thalassiosira* (8), к родам *Coscinodiscus* и *Cyclotella* относятся по 4 вида. Только три вида из этого класса - *Melosira moniliformis*, *Hyalodiscus scoticus*, *Podosira hormoides* встречаются в обрастаниях и три формы (*Actinoptychus senarius*, *Trinacria pileolus*, *Puxidicula cruciata*) случайно найдены в современных осадках.

Таблица 4

Соотношение планктонных и бентосных форм в отделе Bacillariophyta

Экологическая группа	Количество				
	родов		видов		вн/вид
БЕНТОС	55	71,4 %	224	78,6 %	41
ПЛАНКТОН	22	28,6 %	61	21,4 %	0
Всего	76¹	100 %	285	100 %	41

¹ Примечание: род *Nitzschia* встречен и в планктоне, и в бентосе

Из класса Fragillariophyceae, в планктоне присутствуют лишь два вида: *Asterionella formosa* и *Thalassionema nitzschioides*. Причем первый отмечен исключительно в пресноводных местообитаниях (оз. Абрау), а второй - в осолоненной части Азовского моря и Керченском проливе. Большинство диатомовых из этого класса являются бентосными формами (42 вида). Самыми разнообразными по числу видов являются рода *Fragilaria* (12 видов), *Synedra* (8), *Licmophora* (5), *Diatoma* (4). Виды из родов *Synedra* и *Diatoma* встречаются в основном в опресненных участках моря и лиманах, а виды рода *Licmophora* - только в районе Керченского пролива, при солёности выше 10-12‰. Класс Bacillariophyceae представлен в планктоне 11 видами: *Nitzschia acicularis*, *N. lorensiana*, *N. reversa*, *N. tenuirostris*, *Nitzschia sp.*, *Bacillaria paxillifer*, *B. socialis*, *Cylindrotheca closterium*, *Pseudonitzschia pseudodelicatissima*, *P. pungens*, *Entomoneis paludosa*. Чаще всего в планктоне встречаются *Nitzschia acicularis*, *N. tenuirostris*. К классу Bacillariophyceae относится подавляющее большинство бентосных форм (217 видов и разновидностей). Самые разнообразные по количеству видов рода *Navicula* (28 видов и 7 разновидностей), *Nitzschia* (19 и 1), *Amphora* (14 и 3), *Cocconeis* (11 и 10).

Из отдела **Chlorophyta** в планктоне опресненных районов чаще всего отмечены представители класса Chlorophyceae, порядка Chlorococcales (из родов *Monoraphidium*, *Scenedesmus*, *Oocystis*, *Ankistrodesmus*), а в осолоненных районах - виды из класса Prasinophyceae, порядка Chlorodendrales (*Tetraselmis*, *Pyramimonas*, *Nephroselmis*). Представитель класса Chlorophyceae, порядка Ulotrichales - *Planctomema lauterbornii* встречается практически повсеместно по всей акватории моря и в лиманах.

Отдел **Cyanophyta** в планктоне представлен только микроводорослями из класса Cyanophyceae, среди которых часто обнаруживали виды из порядков Chroococcales (родов *Merismopedia*, *Synechocystis*, *Gomphosphaeria*, *Coelosphaerium*, *Microcystis*) и Oscillatoriales (*Planktohyngbya*, *Planktothrix*, *Phormidium*, *Lyngbya*). В летний сезон *Aphanizomenon flos-aqua*, *Nodularia spumigena* (порядок Nostocales) и *Microcystis aeruginosa* (Chroococcales) часто вызывают «цветение» в Таганрогском заливе.

Виды из отдела **Chrysophyta** встречаются в прибрежном планктоне Азовского моря и лиманах преимущественно в холодные сезоны года (осень, зима). Чаще других отмечены представители класса Chrysophyceae, порядка Ochromonadales из родов *Ochromonas* (*O. oblonga*) и *Chromulina* (*Ch. microplancton*, *Ch. parvula*, *Ch. rosanoffii*). Виды из класса Dictyochophyceae, порядка Pedinellales (*Apedinella spinifera*, *Pseudopedinella tricostata*) в массе

развиваются в южной части побережья Азовского моря (Темрюкский, Динской, Таманский заливы). Отдел **Cryptophyta** в планктоне Азовского моря и лиманах представлен одним классом CRYPTOPHYCEAE и порядком CRYPTOMONADALES. Наиболее массовы виды из семейства Cryptomonadaceae (*Plagioselmis punctata*, *P. prolunga*, *Hemiselmis simplex*, *Cryptomonas erosa*).

Представители отдела **Dinophyta** отмечены преимущественно в летний сезон. Виды из порядка Prorocentrales (*Prorocentrum micans*, *P. cordatum*) развиваются в массе в прибрежном планктоне моря и Таганрогского залива, а представители порядка Gymnodiniales (рода *Gymnodinium*, *Gyrodinium*, *Amphidinium*) и Peridinales (*Protoperidinium*, *Diplopsalis*, *Heterocapsa*) чаще вегетируют в южных осолоненных районах моря. Из отдела **Euglenophyta** в планктоне присутствуют виды из родов *Euglena* (*E. viridis*, *E. acusformis*) и *Eutreptia* (*E. globulifera*, *E. lanowii*). Виды из отделов **Haptophyta** и **Raphidophyta** встречаются редко и, преимущественно, в планктоне осолоненных районов моря.

На таксономический состав планктонных и бентосных микроводорослей в прибрежной части Азовского моря и прилегающих водоемов большое влияние оказывает соленость. Поскольку диатомовые водоросли равномерно изучены во всех районах, распределение групп разной галобности проведен только для этого отдела. Соотношение количества видов диатомовых водорослей с разной галобностью в Азовском море, Усть-Маньчском водохранилище и озере Абрау показано в табл. 5.

Таблица 5

Количества видов Bacillariophyta различной галобности в исследованных водоемах.

	неизв.	П ¹	П-С	С	С-М	М
Азовское море	17	38	55	44	66	48
Усть-Маньч	4	25	34	9	2	1
Абрау	7	38	25	2	6	2
Общее	18	77	68	47	67	49

¹ П – пресноводные, П - С – пресноводно - солоноватоводные, С - солоноватоводные, С – М – солоноватоводно-морские, М – морские виды.

Преобладание пресноводных и пресноводно-солоноватоводных видов во флоре (табл. 5) определяется участием видов из Усть-Маньчского водохранилища и озера Абрау. В прибрежной части собственно Азовского моря наиболее многочисленны солоноватоводно-морские, пресноводно-солоноватоводные и морские виды (табл. 5). Причем, в планктоне прибрежной части Азовского моря преобладают солоноватоводно-морские, морские и солоноватоводные виды, а в бентосе - пресноводно-солоноватоводные и солоноватоводно-морские виды (рис. 2).

Флора отдела Bacillariophyta сформирована видами разного происхождения - морского (морские и солоноватоводные группы галобности) и континентального (пресноводные и пресноводно-солоноватоводные) (рис.2). В пределах всего отдела Bacillariophyta на долю видов морского происхождения приходится 61% видов, а континентально – 39%.

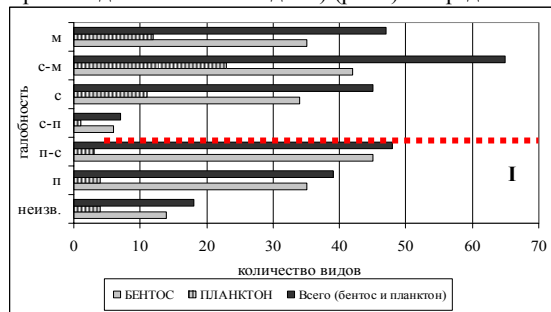
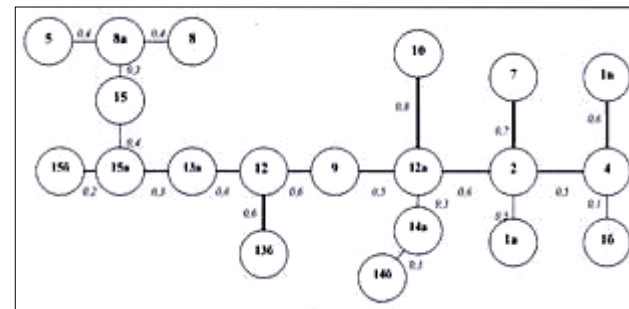


Рис. 2. Отношение к солености планктонных и бентосных видов отдела Bacillariophyta.

В планктоне процент видов морского происхождения (81%) гораздо больше, чем континентального (19%), а в бентосе - это соотношение более выровнено (соответственно 55,5% и 45,5%). Азовское море – солоноватоводный бассейн и основная масса морских видов проникает с адвекциями черноморских вод. В отличие от планктона Азовского моря, который формируется преимущественно аллохтонными видами морского происхождения, в бентосе преобладают автохтонные виды, среди которых – пресноводные виды привнесены реками.

5.2.1. Анализ общности флор. Для оценки флористического сходства микроводорослей из разных районов побережья Азовского моря, использованы материалы одной экспедиции (июнь 2000 г.), преимуществом которой является то, что пробы планктона и бентоса были собраны по всему российскому побережью Азовского моря (включая некоторые лиманы) в течение недели. Для проведения кластерного анализа использовали коэффициент Серенсена (Ks), а для построения дендрограммы (рис.3) метод максимального корреляционного пути (Шмидт, 1980).



Обозначения: 1а – Белглицкая коса, 1б – Таганрог, 1в – Приморка, 2 – Дельта Дона, 4 – Порт-Катон, 5 – Шабельск, 7 – Ейская коса, 8 – коса Долгая (со стороны залива), 8а – коса Долгая (море), 9 – коса Камышеватская, 10 – Ясенская коса, 12 – Ачуево, 12а – Ачуевская коса, 13а – Темрюк, 13б – Голубицкая, 14а – пос. Ильич, 14б – коса Чушка, 15 – Динской залив (центр), 15а – о.Крулинина, Таманский залив, 15б – Динской залив (возле пос.Ильич).

Рис. 3. Дендрограмма сходства видового состава диатомовых водорослей (коэф. Серенсена).

Самое высокое значение (Ks=0,8) индекса сходства Серенсена отмечено для двух точек побережья Азовского моря - коса Ясенская (10) и Ачуевская коса (12а), которые расположены в относительной близости, на восточном побережье моря. На уровне сходства Ks = 0,7, выделяется еще один кластер (помимо Ачуевской и Ясенской косы) – дельта Дона (2) и Ейская коса (7). Сходство видового состава водорослей этих районов обусловлено сходством экологических параметров среды: одним из неблагоприятных факторов является подвижность илистых или песчаных грунты и, кроме того, в этих районах заметно сказывается пресноводный сток из рек и лиманов.

На уровне Ks = 0,6 можно различить три отдельных плеяды: **I.** Ясенская коса (10) – Ачуевская коса (12а) – Дельта Дона (2) – Ейская коса (7); видовой состав диатомовых водорослей в этих районах смешанный – пресноводно-солоноватоводный, с преобладанием пресноводных и индифферентных видов. **II.** Камышеватская коса (9) – Ачуево (12) - Темрюкский залив (13а) – Голубицкая (13б). Три последние точки географически расположены рядом, а попадание в этот кластер Камышеватской косы объясняется гидролого-гидрохимическими особенностями района (в т.ч. течением, которое идет против часовой стрелки от Керченского пролива и Темрюкского залива). В планктоне этих районов отмечено присутствие как солоноватоводных, солоноватоводно-морских, так и морских видов, а для бентоса - характерна крайняя бедность видового состава диатомовых водорослей. **III.** пос.Приморка (1в) – пос. Порт-Катон (4) - расположены в относительно защищенных от волнового воздействия участках побережья и там было отмечено большое флористическое разнообразие диатомовых, с преобладанием пресноводных форм.

Только на уровне $K_s = 0,5$ все указанные выше кластеры объединяются в единый комплекс, который можно условно назвать «азовоморским». В этот комплекс не входят районы Динского залива (зона соприкосновения с черноморскими водами) и западная часть Таганрогского залива (зона соприкосновения пресных вод р.Дон и вод Азовского моря). Объединение флоры в «азовоморский комплекс» на невысоком уровне сходства (0,5) свидетельствует о гетерогенном составе микроводорослей из-за разнообразия экологических условий прибрежной части моря.

5.2.2. Флористическое районирование побережья Азовского моря. Видовой состав микроводорослей зависит в первую очередь от гидрографических параметров среды, среди которых соленость, прозрачность воды и тип грунта оказывают наибольшее влияние. Районы выделены на основе флористического сходства видов, с учетом экологических параметров среды.

1. Район северного побережья Таганрогского залива. Пресноводный сток из Дона заметно влияет на солевой состав вод в Таганрогском заливе, вследствие чего, во флоре залива преобладают пресноводные и пресноводно-солонатоводные виды микроводорослей. Для вод залива характерна низкая прозрачность и широкое распространение подвижных илистых грунтов, что лимитирует развитие бентосных и эпифитных водорослей. В этом районе отмечено невысокое видовое разнообразие бентосных и эпифитных диатомовых водорослей (около 30 видов). Характерные виды: *Amphora pediculus*, *A. ovalis*, *Cymatopleura elliptica*, *C. solea*, *Fragilaria construens*, *F. pinnata* var. *lanceola*, *Gyrosigma acuminatum*, *Hantzschia amphioxys*, *Tryblionella apiculata*, *T. gracilis*, *Nitzschia inconspicua* и *Surirella ovata*. В обрастаниях часто встречаются: *Amphora pediculus*, *Cocconeis pediculus*, *Cymbella parva*.

2. Район южного побережья залива (включая косы). Здесь также часто отмечаются илистые и глинистые грунты, поэтому микробентосные водоросли развиты слабо. Чаще всего в бентосе встречаются *Cymatopleura elliptica*, *C. solea*, *Nitzschia inconspicua*, *Fragilaria construens*, *F. pinnata*. В обрастаниях на макрофитах массово развиваются *Cocconeis pediculus*, *C. placentula*, *C. placentula* var. *euglypta*, *C. scutellum* var. *parva*, *Amphora pediculus*, *A. ovata*. Обильные обрастания на искусственных субстратах (сети, поплавки и пр.) сформированы в основном диатомовыми водорослями: *Luticola mutica*, *Luticola cochonii*, *Nitzschia filiformis*, *Navicula ramosissima* f. *caspia*, *Diatoma tenuis*, *D. vulgare* var. *brevius*, *Navicula lanceolata* var. *tenella*. В обрастаниях часто встречаются виды, осевшие из планктона: *Monoraphidium contortum*, *Planctonema lauterbornii*, *Scenedesmus communis* (Chlorophyta), *Plagioselmis punctata* (Cryptophyta). В планктоне наибольшего видового разнообразия и численности достигают: *Microcystis pulvereae*, *Planktolyngbya limnetica*, *Oscillatoria tenuis*, *Merismopedia tenuissima*, *M. glauca*, *Synechocystis salina* (Cyanophyta), *Monoraphidium contortum*, *Scenedesmus communis*, *Planctonema lauterbornii*, *Oocystis borgey* (Chlorophyta).

3. Западный район Таганрогского залива. Район отличается по своим гидрологическим параметрам, поскольку находится в зоне смешения вод из Таганрогского залива и моря. Во флоре микроводорослей этого района отмечены виды морского происхождения, которые характерны для южной части Азовского моря: *Diploneis stroemii*, *Mastogloia smithii*, *Rhopalodia musculus*. В обрастаниях на макрофитах и морских травах в массе встречаются *Melosira moniliformis*, *Podosira hormoides*, *Synedra ulna*, *Cocconeis placentula*. Гидрологические особенности этого района сказываются и на развитии планктонных водорослей. Планктонное сообщество имеет смешанный состав: мелкие жгутиковые водоросли из отделов Chrysophyta, Chlorophyta, Haptophyta и Cryptophyta, диатомовые из родов *Thalassiosira*, *Cyclotella*, *Chaetoceros*, нитчатые синезеленые водоросли, преимущественно из рода *Planktolyngbya*. В распределении фитопланктона отмечается сильная мозаичность, обусловленная мелкомасштабными гидрологическими изменениями.

4. Район восточного побережья моря. Характерные для восточного побережья моря грунты: ракуша и песок (реже ил или глинистые грунты), из-за сильной волновой активности оказываются малоприспособленными для обитания как макрофитов, так и микробентосных

водорослей. Видовое разнообразие бентосных и эпифитных водорослей очень низкое.

В бентосе этого района были обнаружены: *Cocconeis placentula*, *C. placentula* var. *euglypta*, *C. pediculus*, *Synedra tabulata*, *Cymatopleura solea*, *Fragilaria construens*, *Fragilaria pinnata* var. *lanceola*, *Hantzschia virgata*, *Navicula* sp. Часть указанных видов являются эпифитными и чаще встречаются в обрастаниях. В обрастаниях обнаружены единичные клетки диатомовых водорослей: *Cocconeis placentula*, *C. placentyula* var. *euglypta*, *C. placentula* var. *intermedia*, *C. scutellum*, *Amphora coffeaeformis*, *Synedra tabulata*.

На формирование видового состава планктонных микроводорослей этого района оказывают влияние два фактора: проникновение черноморских вод через Керченский пролив и пресноводный сток из рек Протока и Кубань. Для фитопланктона Темрюкского залива характерно постоянное присутствие как эвригалинных пресноводных видов: *Planktolyngbya limnetica*, *Lyngbya jacutica* (Cyanophyta), *Planctonema lauterbornii*, *Monoraphidium contortum*, *Scenedesmus communis*, *Nephroselmis rotunda* (Chlorophyta), так и морских видов: *Pseudonitzschia pungens*, *Cerataulina pelagica*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Leptocylindrus danicus*, *L. minimus*. Обычны в планктоне представители рода *Chaetoceros* и «мелкие жгутиковые» водоросли из отделов Chlorophyta, Chrysophyta, Haptophyta, Cryptophyta.

5. Лиманы восточного побережья. Лиманы восточного побережья Азовского моря обильно зарастают макрофитами, что наряду с низкой волновой активностью способствует интенсивному развитию бентосных и эпифитных микроводорослей.

В районе г. Приморско-Ахтарск и Ахтарском лимане отмечено высокое видовое разнообразие бентосных и эпифитных диатомовых водорослей, среди которых наиболее массовые: *Navicula salinarum*, *Fragilaria pulchella*, *Navicula placentula*, *Amphora ovalis*, *Achnanthes hauckiana*, *Craticula halophila*. В обрастаниях на *Chaetomorpha linum* (Mull.) Kütz., отмечены: *Diatoma tenuis*, *Rhoicosphenia abbreviata*, *Campylodiscus echeneis*; среди эпифитов на *Potamogeton natans* L. численно преобладали *Cocconeis pediculus*, *C. placentula*, *Synedra tabulata*; на *Myriophyllum verticillatum* L. доминировали *Cocconeis pediculus* и часто встречены *Fragilaria pulchella*, *Cymatopleura solea* и *Epithenia turgida*.

В пробах обрастаний и бентоса Бейсугского лимана часто встречались: *Rhoicosphenia abbreviata*, *Cocconeis placentula*, *Amphora ovalis*, *Fragilaria pulchella*, *Opephora mutabilis*, *Navicula placentula*, *Achnanthes hauckiana*. Отличительной чертой флоры этого лимана является присутствие редко встречающихся в азово-черноморском районе видов: *Proschkinia bulnheimii*, *Hippodonta hungarica*, *H. capitata*, *Amphora twenteana*, *Navicula cryptotenelloides*, *N. placentula*, *N. trivialis*, *Diploneis suborbicularis*. По литературным данным (Гринченко, 2002), планктонные микроводоросли Ахтарского и Бейсугского лиманов мало отличаются от фитопланктона Таганрогского залива и Азовского моря. Нами в пробах фитопланктона Бейсугского лимана (октябрь 2001 г.) отмечено интенсивное развитие представителей рода *Chaetoceros*: *Ch. thronsenii*, *Ch. similis*, *Ch. tenuissimus*, *Ch. minimus*, *Ch. muelleri*, *Ch. seiracanthus*, *Ch. wighamii* (первые четыре вида, впервые выявлены в азово-черноморском бассейне).

6. Район побережья Таманского полуострова. По флористическому составу микроводорослей, этот район резко отличается от других районов Азовского моря, поскольку здесь наиболее заметно влияние черноморской флоры.

На мористом побережье косы Чушка не встречены типичные бентосные микроводоросли, поскольку найденные в грунтах виды (*Achnanthes brevipes* var. *intermedia*, *Rhoicosphenia abbreviata*, *Thalassionema nitzschioides*, *Cyclotella tuberculata*, *Nitzschia acicularis*) обильно обрастают камни, макрофиты, или обитают в планктоне. Эпифитные диатомовые развиваются в массе, но их видовое разнообразие невелико. Заметного количества достигают несколько видов: *Achnanthes brevipes* var. *intermedia*, *Rhoicosphenia abbreviata*, *Nitzschia scalpelliformis*, *Navicula pennata* var. *pontica*.

В планктоне этого района часто встречаются: *Skeletonema costatum*, *Leptocylindrus danicus*, *L. minimus*, *Thalassionema nitzschioides*, *Cyclotella tuberculata*, *Nitzschia acicularis*, *N. reversa*, *Cerataulina pelagica* (Bacillariophyta), *Planctonema lauterbornii* (Chlorophyta), *Plagioselmis punctata*, *P. prolonga* (Cryptophyta), *Planktolingbya limnetica* (Cyanophyta), *Katodinium rotundatum* (Dinophyta). В летнем планктоне часто встречаются «мелкие жгутиковые» (из отдела Chlorophyta), *Skeletonema costatum*, *Cyclotella tuberculata*, *Thalassiosira parva*, *Nitzschia acicularis* (Bacillariophyta), *Oscillatoria amphibia*, *Oscillatoria planctonica* (Cyanophyta), *Planktonema lauterbornii* (Chlorophyta), *Eutreptia lanovii* (Euglenophyta), *Amphidinium crassum*, *A. fusiforme* (Dinophyta), *Apedinella spinifera* (Chrysophyta). В конце лета и осенью в массе развиваются крупные формы диатомей: *Coscinodiscus gigas*, *C. radiatus*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Cerataulina pelagica*. Характерно для осеннего планктона развитие *Leptocylindrus danicus* и *L. minimus* (Bacillariophyta). Типичный «холодноводный» (зима-весна) комплекс обычно сформирован: *Plagioselmis punctata*, *P. prolonga* (Cryptophyta), *Katodinium rotundatum* (Dinophyta), *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira parva* (Bacillariophyta). Кроме того, в зимний период отмечены *Cryptomonas vulgaris*, *Rhodomonas salina*, *Cryptomonas erosa*, *Hemiselmis simplex* (Cryptophyta). В пробах, отобранных с поверхности ледовой кромки, были обнаружены: *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira parva*, *Achnanthes brevipes*, *Amphora sp.*, *Cocconeis placentula*.

Видовой состав микроводорослей в протоках на косе Чушка сходен с таковым на мористом побережье косы, хотя из-за мелководности проток наступление биологических сезонов в этих биотопах не начинается синхронно. В бентосе и перифитоне часто встречались: *Amphora coffeaeformis*, *Cocconeis scutellum*, *C. scutellum var. parva*, *C. placentula*, *C. placentula var. euglipta*, *C. pediculus*, *Navicula cryptocephala*, *N. ramosissima*, *Amphora sp.*, *Gyrosigma acuminatum*. Среди планктонных видов часто отмечали: *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzschioides* (Bacillariophyta), *Plagioselmis punctata*, *Hemiselmis simplex* (Cryptophyta), *Chromulina rosanoffii*, *C. microplancton*, *Monochrysis parva* (Chrysophyta), *Eutreptia lanowii* (Euglenophyta) и *Heterosigma akashiwo* (Raphidophyta).

7. Динской и Таманский залив. Из-за близости Черного моря, соленость вод в Динском и Таманском заливах близка к черноморской (до 18‰). Экологические условия в заливах (низкая волновая активность, высокая прозрачность воды и песчаные грунты, обильно заросшие макрофитами) создают хорошие условия для развития микроводорослей.

В бентосе Динского и Таманского заливов часто развиваются: *Mastogloia pusilla*, *Navicula ramosissima f. caspia*, *Catenula adhaerens*, *Amphora coffeaeformis var. tenuissima*, *Rhopalodia musculus*. В эпифитном сообществе в массе встречаются: *Cocconeis pediculus*, *C. placentula var. euglipta*, *Cocconeis scutellum*, *C. scutellum var. adjuncta*, *C. scutellum var. parva*, *Navicula ramosissima*, *N. ramosissima f. caspia*, *N. cincta*, *N. pennata var. pontica*, *N. ammophila var. intermedia*, *N. cancelata*, *N. pygmaea*, *Mastogloia pusilla*, *M. braunii*, *Synedra ulna*, *S. tabulata*, *S. tabulata var. intermedia*, *Nitzschia frustulum var. subsalina*, *N. kutzingiana*, *N. sigmoidea*, *Surirella striatula*, *Pleurosigma angulatum*, *P. elongatum*.

Планктонное сообщество микроводорослей Динского и Таманского заливов имеет много сходства с планктоном Черного моря. В зависимости от преобладающего течения, на акватории заливов развиваются «черноморский», или «азовоморский» комплекс видов. В первый чаще входят морские виды: *Proboscia alata*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Pseudonitzschia pseudodelicatissima*, *Nitzschia reversa*, *Ditylum brightwellii* (Bacillariophyta), *Prorocentrum micans*, *Protoperdinium bipes*, *P. depressum*, *P. mite*, *Gymnodinium sanguineum*, *G. simplex*, *G. wulffii*, *Amphidinium larvale*, *Alexandrium tamarense* (Dinophyta), *Hemiselmis simplex*, *H. virescens* (Cryptophyta), *Ochromonas oblonga* (Chrysophyta). В «азовоморский комплекс», входят как солоноватоводные, так и эвригалитные пресноводные виды: *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira parva*, *T. minima*, *Nitzschia tenuirostris* (Bacillariophyta), *Plagioselmis punctata* (Cryptophyta), *Planctonema lauterbornii*, *Tetraselmis inconspicua*, *Pyramimonas grossii*, *P. orientalis*, *Monoraphidium*

irregulare (Chlorophyta), *Chromulina parvula* (Chrysophyta), *Euglena gracilis*, *E. pisciformis*, *Eutreptia globulifera* (Euglenophyta), *Gomphosphaeria aponina*, *Merismopedia tenuissima*, *Spirulina tenuissima* (Cyanophyta).

8. Лиманы Таманского полуострова. Состав флоры микроводорослей в лиманах зависит от его изолированности и гидрологического режима. Среди эпифитов в Ахтанизовском лимане преобладают пресноводные диатомовые водоросли: *Diatoma vulgare* и *Synedra ulna*, а также солоноватоводные - *Navicula salinarum f. minima*, *Navicula salinarum var. rostrata*, *Rhoicosphenia abbreviata*, *Achnanthes brevipes*, *Surirella ovalis*. В обрастаниях на побережье Бугазского лимана найдены представители рода *Navicula* (*N. cryptocephala*, *N. salinarum*, *N. cincta*). Отличительной чертой лимана Цокур, является массовое развитие видов из рода *Cocconeis* (*C. placentula*, *C. placentula var. euglipta*, *C. placentula var. riouxii*, *C. pediculus*) и *Navicula* (*N. cincta*, *N. ramosissima f. caspia*, *N. salinarum var. rostrata*). Кроме того, в эпифитном сообществе часто встречаются пресноводные диатомовые - *Diatoma vulgare* и *Nitzschia sigma*.

5.2.3. Оценка степени загрязнения водоемов с использованием микроводорослей – индикаторов сапробности. Оценку степени загрязнения побережья Азовского моря и других исследованных водоемов проводили по методу Пантле-Бука (в модификации Сладечека).

Диапазон индекса сапробности S (от 1,48 до 2,26) свидетельствует о том, что экосистемы исследованных нами водоемов находятся в разных зонах кризисности (от самоочищения до риска), но в целом, эти изменений имеют обратимый характер. В большинстве случаев, исследованные нами водоемы относятся к III классу качества воды (удовлетворительная чистота), что соответствует α-мезосапробной зоне самоочищения (Барина и др., 2000).

Глава 5.3. История формирования флоры диатомовых водорослей Азовского моря. Общие предположения о возможном происхождении флоры планктонных диатомовых водорослей обсуждались в работах А.И.Прошкиной-Лавренко (1963); Е.И.Студеникиной с соавторами (1999). Генезис флоры Азовского моря до сих пор в литературе не рассматривался.

Среди диатомовых водорослей, выявленных в ходе исследования (326 видов и разновидностей), 172 вида известны в ископаемом состоянии (52,8% от общего числа видов). Только 6 видов обнаружены в отложениях древнее миоцена (*Hyalodiscus scoticus*, *Actinoptychus senarius*, *Cocconeis placentula*, *Coscinodiscus radiatus*, *Trinacria pileolus*, *Puxidicula cruciata*), причем два последних вида – вымершие (вероятно, створки были вымыты из более древних осадков на побережье).

Больше всего видов современной флоры Азовского моря и прилегающих водоемов встречаются в отложениях, начиная с миоценовой эпохи (142 вида и разновидности). Для 22 видов известны находки только в отложениях моложе миоцена (*Rhopalodia musculus var. mirabilis*, *Proboscia alata*, *Nitzschia scalpelliformis*, *Navicula lanceolata*, *Mastogloia pusilla*, *Gomphonema acuminatum*, *Diploneis didyma*, *Cymbella tumida* и др.).

Учитывая сложную геологическую историю, в течение которой миоценовая флора трансформировалась под влиянием часто меняющихся условий в водоемах, нельзя проводить прямые пути генезиса флоры от миоцена до настоящего времени. Вопрос происхождения флоры Азовского моря сложно решить прямым сопоставлением списка современных видов и видов, известных из ископаемых отложений этого региона. Необходимо рассмотреть геологическую историю водоема, для чего были привлечены литературные данные по геологии и стратиграфии азово-черноморского региона.

5.3.1 Геологическая история черноморско-каспийского региона в позднечетвертичное время. Черное и Азовское моря окончательно обособились в конце плейстоцена - начале голоцена (около 10000 лет назад) (Семененко, Ковалюх, 1973; Шнюков и др., 1974; Барг, Яценко, 2001). Для изучения путей формирования флоры Азовского моря важно определить водоем, который мог бы послужить донором флоры и биомические условия этого водоема, влияющие на формирование видового состава диатомовых.

5.3.2. Стратиграфия Азовского моря в позднечетвертичное время. В главе приводится стратиграфическая схема (Шнюков и др., 1974; Барг, Яценко, 2001) и краткое описание стратонев позднечетвертичного возраста.

5.3.3. Генезис флоры диатомовых водорослей Азовского моря. В главе дано краткое описание изменений экологических условий, уровня и границ водоемов, существовавших на территории современного Азовского моря в позднечетвертичное время (Карангатский, Новоэвксинский, Бугазско-Витязевский, Каламитский, Джеметинский бассейны).

Анализ литературных данных по геологической истории показал, что существование Азовского моря, как самостоятельного водоема началось с возникновения лиманов (бугазско-витязевский бассейн), соответствующих древнеазовским слоям и окончательно оформилось ко времени существования каламитского бассейна – новоазовские слои (Семененко, Ковалюх, 1973; Шнюков и др., 1974). Карангатский и новоэвксинский горизонты разделяет регрессия, когда территория нынешнего Азовского моря была совершенно осушена, являясь долиной палео-Дона, следовательно, флора диатомовых водорослей, существовавшая в начале голоцена в лиманах (соответствующих Бугазско-Витязевскому бассейну) могла возникнуть только в результате трансформации новоэвксинской флоры.

В новоэвксинское время большие пространства современного северного шельфа Черного моря представляли собой озерно-аллювиальную равнину с крупными пресноводными лагунами и лиманами. (Динамика..., 2002; Olshytynska, 2004). Сравнение видового состава лагунно-лиманских комплексов нового эвксина (Olshytynska, 2004) показало большое сходство с флорой диатомовых водорослей лиманов и опресненной части побережья современного Азовского моря (около 64%), что свидетельствует о сходных экологических условиях. Как и в верхне-плейстоценовых лагунах нового эвксина, средняя соленость в опресненных заливах и лиманах Азовского моря изменяется от 0,2 (в устье Таганрогского залива) до 5‰. Основу видового разнообразия в современных лиманах формируют те же виды, что и в верхне-плейстоценовых лагунах: *Diatoma elongatum*, *D. vulgare*, *Epithemia turgida*, *Cymbella helvetica*, *C. lanceolata*, *Cyatopleura elliptica*, *C. solea*, *Gomphonema acuminatum*, *G. olivaceum*, *Gyrosigma acuminatum*, *Navicula lanceolata*, *Nitzschia sigma*, *Pinnularia viridis*, *Rhopalodia gibba*, *R. gibberula*, *Surirela ovalis*, *S. ovata*, *Synedra ulna*, *Triblionella gracillis*. Помимо этих, широко распространенных видов, один из общих видов - *Thalassiosira parva*, является эндемиком южных морей.

По результатам бурения Азовского моря, получены материалы о смене экологических комплексов маллакофауны (Шнюков и др., 1981), показавшие, что начиная с новоэвксинских слоев происходит замещение пресноводных комплексов фауны моллюсков на лиманные, а затем лиманно-морские, в то время как, лиманные комплексы сохранились по периферии акватории.

Вероятно, с повышением солености вод в конце голоцена, пресноводные и солоноватоводные диатомовые водоросли, так же как и моллюски, постепенно заселялись в лиманы, образовавшиеся в устьях рек. По материалам палинологического анализа восстановлены этапы формирования лиманов Восточного Приазовья (Мищенко, 2004). После скачкообразного повышения уровня моря в начале голоцена, происходит подтопление приустьевых участков рек (в частности, древней Кубани), а восточный берег Азовского моря постепенно опускается.

Происхождение диатомовой флоры современного Азовского моря, вероятно, связано с последствиями поздне-новоэвксинской трансгрессии. Новоэвксинская лиманная флора диатомовых водорослей, развивавшаяся на шельфе северного побережья Черного моря, могла

постепенно мигрировать через Керченский пролив, вместе с морскими водами, затопившими котловину современного Азовского моря.

В результате продолжавшейся трансгрессии, пресноводные лиманы Бугазско-витязевского бассейна (древнеазовские слои) были затоплены водами, хлынувшими из черноморской котловины (Каламитский бассейн). Вследствие этого, соленость открытой части Азовского моря повысилась с 5‰ до 10-15‰, а пресноводные организмы были вытеснены в лиманы и эстуарии.

5.3.4. Сравнительный анализ сходства современной флоры диатомовых водорослей Азовского моря и прилегающих водоемов с южными морями.

Отдельно исследовано сходство флоры водоемов побережья Азовского моря, Усть-Маньчского водохранилища и озера Абрау. Общим для озера Абрау и Бейсугского лимана является *Proschkinia bulnheimii* (кроме этих водоемов он встречается еще только в Ахтарском лимане). *Hippodonta hungarica* была впервые обнаружена в Шахаевском и Западном лиманах, а затем в Ахтарском и Бейсугском. Только в Бейсугском лимане встречен другой вид этого рода – *Hippodonta capitata*. Аналогичное распространение в пределах исследованных районов у *Amphora twenteanae*, *Navicula cryptotenelloides*, *N. placentula*, *N. trivialis*, *Diploneis suborbicularis*. Диатомовая водоросль *Catenula adhaerens* – первоначально была найдена в северо-западной части Азовского моря (г. Геничск), в Днепровском и Бугском лиманах (Мережковский, 1902), затем единично отмечена нами в Динском заливе, а так же в Бейсугском и Ахтарском лиманах. В лиманах *Catenula adhaerens* не развивается в массе, но встречается регулярно. Разновидность *Navicula pennata* var. *pontica* считается солоноватоводной или морской (Прошкина-Лавренко, 1963), но в ходе исследований она найдена не только в районе Динского залива, но и в Западном и Шахаевском лиманах, оз. Абрау, а так же в восточной части Таганрогского залива (дельта Дона). Сходство бентосных и эпифитных диатомовых Ахтарского и Бейсугского лиманов с флорой Усть-Маньчского водохранилища (куда входят Шахаевский и Западный лиманы) и оз. Абрау, вероятно связано с общей геологической историей и, как следствие, общностью происхождения флоры этих водоемов.

Общая геологическая история южных морей (Средиземного, Черного, Азовского, Каспийского, Аральского) находит отражение в составе современной флоры микроводорослей. Наибольшее сходство флоры Азовского моря наблюдается с Черным (147 видов) и Каспийским (129 видов) морями.

ВЫВОДЫ

1. В результате исследования микроводорослей бентоса, перифитона и планктона прибрежной части Азовского моря и некоторых водоемов азово-черноморского бассейна (лиманы Восточного Приазовья, Усть-Маньчского водохранилища, оз. Абрау) выявлено 449 видов и 43 внутривидовых таксона из 166 родов, 96 семейств, 53 порядков, 13 классов, 9 отделов. Основной вклад в исследованную флору вносят представители отдела Bacillariophyta (63,47%), на остальные отделы (Chlorophyta, Cyanophyta, Chrysophyta, Dinophyta, Euglenophyta, Cryptophyta, Nartophyta и Raphidophyta) приходится менее, чем по 10% от общего числа видов.

2. В ходе анализа систематической структуры получены относительно высокие средние значения родового коэффициента (2,7), что свидетельствует о богатстве флоры. Наибольшее значение родового коэффициента (3,8) отмечено для отдела Bacillariophyta. Экологический анализ флоры прибрежной части Азовского моря показал, что общее количество бентосных (54,1%) и планктонных видов (45,9%) сопоставимо, хотя в отделе Bacillariophyta на долю бентосных форм приходится 78,6%, а планктонных – 21,4%.

3. Распределение видов по степени галобности в отделе Bacillariophyta показало, что на долю

видов морского происхождения (морские и солоноватоводные группы галобности) приходится 61% видов, а континентально (пресноводные и пресноводно-солоноватоводные) – 39%. В планктоне процент видов морского происхождения (81%) гораздо больше, чем континентального (19%), а в бентосе - это соотношение более выровнено (соответственно 55,5% и 45,5%).

4. В ходе исследования, выявлены закономерности протекания сукцессии в планктонном и бентосном сообществе водорослей разных районов Азовского моря. В сезонном аспекте (весна-осень) увеличение видового разнообразия в планктонном сообществе идет в противовес процессам монодоминантности в эпифитных и перифитонных биоценозах. В планктоне зон смешения вод с разной соленостью (Должанский пролив и Темрюкский залив) в ходе сезонной сукцессии важную роль играют «мелкие жгутиковые водоросли» из отделов Scyrtophyta, Chlorophyta, Chrysophyta.

5. В результате флористического районирования на основе распределения микроводорослей, на побережье Азовского моря выделены восемь районов: северное, южное и западное побережье Таганрогского залива, восточное побережье Азовского моря, лиманы восточного побережья, побережье Таманского полуострова, Динской и Таманский заливы, лиманы Таманского полуострова.

6. По результатам оценки степени загрязнения, с использованием микроводорослей, в качестве индикаторов сапробности, исследованные районы относятся к слабо и умеренно загрязненным.

7. В результате сравнения видового состава диатомовых водорослей с палеонтологическими данными выяснено, что наибольший процент общих видов с современной флорой прибрежной части Азовского моря и прилегающих водоемов характерно для миоценовых отложений Восточного Паратетиса. Предложена гипотеза происхождения современной бентосной флоры Азовского моря в результате заселения диатомовых водорослей из лиманно-лагунных комплексов, развивавшихся на шельфе Черного моря в новом эвксине.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Ковалева Г.В. Особенности распространения рода *Chaetoceros* Ehr. в Азовском море // Краеведческие исследования в регионах России: Тез. науч.-практ. конф. - Орел, 1996. - С.15-16.

Ковалёва Г.В. *Chaetoceros minutissimus* Makar. et Pr.-Lavr. – новый для Азовского моря вид, доминирующий в весеннем планктоне // Эколого-физиологические исследования водорослей и их значение для оценки состояния природных вод: Тез. докл. конф. - Ярославль, 1996. - С.45-46.

Ковалёва Г.В. Пикководоросли как компонент криоперифитона Азовского моря // Тез. докл. междунар. семинара им. Г.Седова и Ф.Нансена (г.Ростов-на-Дону, 25-30 мая 1998г.). - Мурманск, 1998. - С. 30-32.

Ковалёва Г.В. Микроводоросли – обрастатели ставных неводов // Тез. докл. XI Всерос. конф. молодых ученых (14-16 сентября 1999г., ИБВВ). - Борок, 1999. - С.14-15.

Ковалёва Г.В., Кренёва К.В. К вопросу о состоянии прибрежного ценоза микроводорослей и инфузорий косы Чушка (Керченский пролив) // Тез. докл. XI Всерос. конф. молодых ученых (14-16 сентября 1999г., Борок) – Борок, 1999. - С.16-17

Ластивка Т.В., **Ковалёва Г.В.** Особенности видового состава и распределения диатомовых водорослей // Современное развитие эстуарных экосистем на примере Азовского моря. - Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1999. - С. 107-119.

Ковалёва Г.В. Видовой состав и сезонная динамика перифитонных микроводорослей в опресненной зоне Таганрогского залива // Закономерности океанографических и биологических процессов в Азовском море. - Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2000 - С.219-227.

Ковалёва Г.В., Селиванов И.П. Фитопланктон прибрежного ценоза Азовского моря в холодные сезоны года // Закономерности океанографических и биологических процессов в Азовском море. - Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2000 – С.197-212.

Ковалёва Г.В. К флоре диатомовых водорослей Динского и Таманского заливов // Тез. докл. VII Молодежной конференции ботаников в Санкт-Петербурге (15-19 мая 2000г.). - СПб: Буслай, 2000. - С.63-64.

Ковалёва Г.В. Особенности распространения и экологии золотистых водорослей в Азовском море // Проблемы биологии и геологии в Азовском море: Тез. докл. междунар. научн. семинара (7-10 сентября 2000г., г.Ростов-на-Дону). - Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 2000. - С. 31-32.

Ковалёва Г.В. Эпифитонные диатомовые водоросли лиманов и заливов Таманского полуострова // Гидробиотаника 2000, Тез. докл. V Всерос. конф. по водным растениям (ИБВВ, Борок, 10-13 октября). - Борок, 2000. - С.35-36.

Ковалёва Г.В. Редкие и новые виды микроводорослей Азовского моря // Флористические и геоботанические исследования в Европейской России: Мат. Всерос. научн. конф. - Саратов: Изд-во СПИ, 2000. - С.146-148.

Ковалёва Г.В. Видовой состав и сезонная динамика эпифитонных диатомовых водорослей Динского залива и северо-западной части Таманского лимана // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна: Сб. трудов АЗНИИРХ (1998-1999 гг.). - Ростов-на-Дону: БКИ, 2000. - С. 56-61.

Ковалёва Г.В. Пикопланктонные прокариотические зеленые водоросли (Prochlorophyta) в планктоне Азовского моря // Биологические основы устойчивого развития прибрежных морских экосистем: Тез. докл. междунар. конф. (г.Мурманск, 25-28 апреля 2001г.)- Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2001. - С.105-106.

Ковалёва Г.В. К истории исследований микроводорослей бентоса, перифитона и фитопланктона прибрежных районов Азовского моря // Биологические основы устойчивого развития прибрежных морских экосистем: Тез. докл. междунар. конф. (г.Мурманск, 25-28 апреля 2001г.)- Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2001. – С. 107-108.

Ковалёва Г.В. Особенности распространения и экологии золотистых водорослей в Азовском море // Среда, биота и моделирование экологических процессов в Азовском море. - Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2001, С. 97-103.

Ковалёва Г.В. К вопросу о вселении новых видов фитопланктона в Азовское море // Тез. докл. VIII Всероссийского съезда Гидробиол. об-ва РАН, Калининград, 2001. - Том. II. - С.82-83.

Ковалёва Г.В., Оноприенко М.П. Особенности сезонных сукцессий фитопланктона Азовского моря // Проблемы сохранения экосистем и рационального использования биоресурсов Азово-Черноморского бассейна: Тез. Межд. конф. – Ростов-на-Дону, 2001. - С. 97-99.

Kovalava G.V., Saifonova L.M. Phytoplankton of contact zones as an indicator of the ecological state of the marine ecosystems (exemplified by the Azov Sea) // Transboundary pollution, Abstracts 4th International Conference of the Balkan Environmental Associations: Print. In Trakya University, Edirne (Turkey), 2001. - P. 85.

Ковалёва Г.В. Исследования микробентосных и перифитонных диатомовых водорослей Азовского моря (к 100-летию истории изучения) // Морфология, экология и биогеография диатомовых водорослей: Тез. докл. VIII школы диатомологов России и стран СНГ. - Борок, 2002. - С.19-20.

Ковалёва Г.В., Гринченко М.А. *Chaetoceros thronsdemii* (Marino, Montresor et Zingone) Marino, Montresor et Zingone – новый вид в планктоне Азовского моря и Бейсугского лимна // Морфология, экология и биогеография диатомовых водорослей: Тез. докл. VIII школы диатомологов России и стран СНГ. - Борок, 2002. - С.5-6.

Ковалёва Г.В., Оноприенко М.П. Перспективы использования перифитонных микроводорослей в качестве индикаторов сапробности прибрежных экосистем (на примере Азовского моря) // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна (Сб. науч. трудов АЗНИИРХ, 2001-2002 г.). - Москва, 2002. - С. 150-158.

Ковалёва Г.В. Влияние биологических инвазий на таксономическое разнообразие микроводорослей Азовского моря // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна (Сб. науч. трудов АЗНИИРХ, 2001-2002 г.). - Москва, 2002. - С.158-164.

Ковалева Г.В. К истории изучения водорослей озера Абрау (п. Абрау-Дюрсо) // Биоразнообразие. Эволюция. Адаптация: Мат. юбилейной конф. молод. ученых (Одесса, 28марта-1 апреля 2003 г.). - Одесса, 2003, с.72.

Kovalava G.V. Microbenthic and periphytic diatoms of coastal part of the Sea of Azov // Abstract of 18 International Diatom Symposium (2-7 September 2004). - Miedzzydroje, Poland, 2004. - P.218.

Ковалева Г.В. Диатомовые водоросли озера Абрау (Краснодарский край) // Живая клетка диатомовых водорослей: Тез. Межд. симп. (17-22 сентября 2004 г., Иркутск, Россия). – Иркутск, 2004. – С. 52-53

Ковалева Г.В. Микроводоросли озера Абрау (Краснодарский край) // Бот. журн., 2005. – Т.90, №5 – С. 681- 695.

Ковалева Г.В. Диатомовые водоросли прибрежной части Азовского моря и сопредельных районов // Морфология, систематика, онтогенез, экология и биогеография диатомовых водорослей: Сб. тезисов IX школы диатомологов России и стран СНГ. – ИБВВ РАН, Борок, 2005. – С. 38-39.

Печать цифровая. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Формат 60x84/16. Объем 1,0 уч.-изд.-л.

Тираж 100 экз.

Отпечатано в Издательстве ЮИЦ РАН

344006, Ростов-на-Дону, ул. Чехова, 41, тел./факс (863) 266-56-77
