

На правах рукописи

ЖИГАДЛОВА Галина Геннадьевна

МОРСКИЕ ВОДОРОСЛИ - МАКРОФИТЫ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ
ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ВОСТОЧНОЙ КАМЧАТКИ
(биоразнообразие, систематика, биология, рациональное
использование)

03.00.18 - гидробиология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Петропавловск-Камчатский – 2007

Работа выполнена в Лаборатории гидробиологии
Камчатского филиала Тихоокеанского института географии ДВО РАН

Научный руководитель: доктор биологических наук,
старший научный сотрудник
Селиванова Ольга Николаевна

Официальные оппоненты: доктор биологических наук,
старший научный сотрудник
Звягинцев Александр Юрьевич

кандидат биологических наук,
доцент
Пржеменецкая Валентина Федоровна

Ведущая организация: Тихоокеанский научно-исследовательский
рыбохозяйственный центр

Защита состоится «13» ноября 2007 г. в 12 час. на заседании
диссертационного совета Д 005.008.02 при Институте биологии моря
им. А.В. Жирмунского ДВО РАН по адресу: 690041, г. Владивосток,
ул.Пальчевского, 17.
Факс (4232) 310-900. E-mail: inmarbio@mail.primorye.ru

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Института
биологии моря имени А.В. Жирмунского ДВО РАН

Автореферат разослан «13» октября 2007 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук

Е.Е. Костина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ. Сохранение биологического разнообразия является одним из ключевых условий устойчивости биосферы. В 1995 г. Россия ратифицировала Конвенцию о биологическом разнообразии (Рио-де-Жанейро, 1993), после чего изучение биоразнообразия стало не просто одним из направлений научных исследований, но составной частью Национальной стратегии России. Важнейшим инструментом сохранения биологического разнообразия является создание системы особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Общей целью рабочей программы по охраняемым территориям объявлена всемерная поддержка комплексной, эффективно управляемой и экологически репрезентативной глобальной системы охраняемых районов во всех регионах мира. Для исполнения намеченных задач необходимы регулярная инвентаризация и мониторинг эффективности сохранения биоразнообразия в границах существующих ООПТ. В настоящее время на шельфе Восточной Камчатки создано и функционируют 8 ООПТ, имеющих охраняемую морскую акваторию, которые способствуют сохранению биоразнообразия на их территории. Однако целенаправленного изучения морской альгофлоры ООПТ до сих пор практически не проводилось. Данная работа, посвященная пяти ООПТ, частично восполняет этот пробел.

Водоросли-макрофиты являются ведущими компонентами прибрежных экосистем Восточной Камчатки. В настоящее время в связи с интенсивным использованием морских природных ресурсов и возрастающей угрозой сокращения биоразнообразия морской биоты в результате вмешательства в природные процессы охраняемых морских акваторий со стороны промысловых и туристических организаций изучение видового состава макрофитов становится особенно актуальным. В связи с необходимостью разработки мероприятий по рациональному природопользованию, которые способствовали бы воспроизводству естественных зарослей макрофитов и не нарушали бы целостности морских экосистем в районах с разрешенной хозяйственной деятельностью, исследование биологии промысловых видов приобретает особую значимость.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ. Целью настоящей работы является изучение роли ООПТ в сохранении биоразнообразия макрофитов шельфа Восточной Камчатки, их эффективности для охраны редких и исчезающих видов, пересмотр систематики и исследование биологии некоторых видов водорослей на охраняемых акваториях.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1) изучение видового состава морских водорослей-макрофитов и их распределения на шельфе исследуемых ООПТ Восточной Камчатки;

2) фитогеографический анализ альгофлоры ООПТ; 3) оценка репрезентативности видового состава макрофитов ООПТ по отношению к альгофлоре шельфа Восточной Камчатки в целом; 4) анализ основных угроз сохранению биоразнообразия макрофитов прибрежных ООПТ Восточной Камчатки; 5) пересмотр систематики массовых видов водорослей порядка Laminariales и Fucales (Phaeophyta) на основании молекулярно-филогенетических данных; 6) изучение биологии некоторых массовых промысловых и потенциально промысловых видов макрофитов.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА. Впервые на основании оригинальных материалов проведена инвентаризация морской альгофлоры ряда ООПТ Восточной Камчатки в результате которой приведены сведения о современном составе бентосной альгофлоры ООПТ; Выявлено 199 видов макрофитов, в том числе 40 Chlorophyta, 37 Phaeophyta, 122 Rhodophyta. Из них 1 является новым для дальневосточных морей России, 5 - новыми для побережья Восточной Камчатки, для 15 видов расширены ранее известные ареалы. приведены сведения по биологии изученных образцов водорослей (глубинах произрастания и состоянии фертильности); дан фитогеографический анализ альгофлоры ООПТ; впервые оценена репрезентативность видового состава макрофитов ООПТ по отношению ко всей флоре морских водорослей Восточной Камчатки; показана эффективность ООПТ Восточной Камчатки по сохранению биоразнообразия альгофлоры региона, в том числе редких и исчезающих видов морских водорослей. Впервые пересмотрена систематика ламинариевых и фукусовых Восточной Камчатки с применением новейших методов филогенетических исследований. Предложены 8 новых номенклатурных комбинаций для ряда таксонов на основании молекулярно-генетических данных. Обобщены данные по биологии некоторых промысловых видов водорослей исследуемого района. Изучены темпы элиминации и рост *Saccharina (=Laminaria) bongardiana*. Представлены результаты исследования по продолжительности жизни и размножения бурой водоросли *Fucus evanescens*.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ РАБОТЫ. Приводимые в работе списки водорослей-макрофитов шельфа ООПТ Восточной Камчатки могут быть использованы природоохранными структурами (заповедниками, заказниками и др.) как эталонные при проведении мониторинговых работ. На данный момент представленная работа может быть использована в качестве справочного пособия по современной таксономии и номенклатуре водорослей-макрофитов. В работе решены спорные вопросы систематики с применением новейших методов молекулярно-генетических анализов основных промысловых видов, изучена их биология на основании чего могут быть даны научно обоснованные рекомендации к их промыслу.

ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ.

1. Существующая система ООПТ Восточной Камчатки, имеющих охраняемую морскую акваторию, достаточно эффективна с точки зрения сохранения биоразнообразия морских экосистем. Произрастающие на ООПТ водоросли-макрофиты на 96 % представляют всю альгофлору шельфа Восточной Камчатки. Запрет промысла морских гидробионтов в 3-х мильной зоне ООПТ создает благоприятные условия для сохранения экосистем в целом и их растительных компонентов в частности.

2. Новые данные молекулярно-филогенетических исследований вызвали необходимость пересмотра систематики (ревизии) всех отделов макрофитов, в том числе ламинариевых водорослей. Вследствие пересмотра объема сем. *Laminariaceae* и разделения на два генетически различающихся рода: *Laminaria* и *Saccharina*, дальневосточные представители рода *Laminaria* также подвергнуты ревизии и разделению на 2 рода, из которых более крупным стала *Saccharina*.

АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ. Основные результаты диссертационной работы были доложены на: научной конференции по сохранению биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей (Петропавловск-Камчатский, 2000); Дальневосточной региональной конференции, посвященной памяти А. П. Васьковского (95-летие) (Магадан, 2006); ежегодной встрече Фикологического Общества США (Гленеден Бич, Орегон, США, 2006); международной научной конференции по сохранению биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей (Петропавловск-Камчатский, 2006), международной научно-практической конференции «Морская экология 2007» (Владивосток, 2007), заседаниях Камчатского отделения Гидробиологического общества РАН и научных семинарах лаборатории гидробиологии Камчатского филиала ТИГ ДВО РАН (2007) и кафедры экологии ДВГУ (Владивосток, 2007).

ПУБЛИКАЦИИ. По теме диссертации опубликовано 17 работ.

СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИССЕРТАЦИИ. Диссертация состоит из введения, 4 глав, выводов, списка литературы и приложения. Работа изложена на 179 страницах, имеет 11 таблиц и 24 рисунка. Список литературы включает 283 источника из них 152 иностранных.

БЛАГОДАРНОСТИ. Выражаю признательность своему научному руководителю доктору биологических наук О.Н. Селивановой за научные консультации в определении водорослей, помощь в постановке задач, активную и всестороннюю поддержку моей работы. Искренне благодарю своих коллег, сотрудников Лаборатории гидробиологии Камчатского филиала Тихоокеанского института географии, сотрудников Кроноцкого биосферного заповедника Л.П. и П.Д. Сарычевых и выпускницу Московского государственного университета С.В. Горянину за участие в сборе водорослей.

Персонально благодарю Е.А. Иванюшину за участие в работе по изучению биологии ламинарии. Выражаю благодарность зарубежным коллегам за любезно предоставленные образцы водорослей и проведение молекулярно-генетических анализов. Выражаю также свою искреннюю признательность к.б.н. Лепской Е.В. за критические замечания к рукописи диссертации.

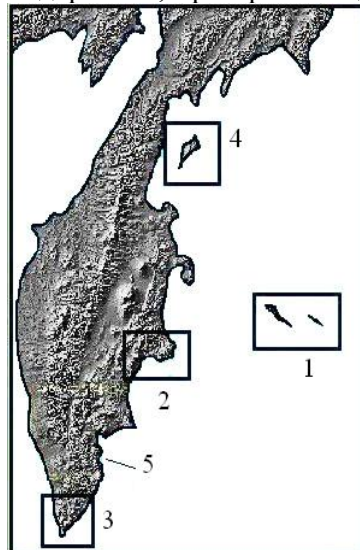
СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. АЛЬГОФЛОРА ИССЛЕДУЕМЫХ РАЙОНОВ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ДАННЫХ)

Глава состоит из двух разделов. Первый представляет собой обзор отечественной литературы, посвященной альгофлористическим исследованиям в акваториях изучаемых ООПТ: Командорском и Кроноцком природных биосферных заповедниках, Южно-Камчатском заказнике, о. Карагинском и о. Старичкове (Рис. 1). Во втором разделе дан аналитический обзор изменений в систематике морских водорослей-макрофитов, произошедших в последнее десятилетие, главным образом, благодаря внедрению в фикологию молекулярно-генетических методов. В ходе обсуждения литературных данных автор пытается выбрать наиболее убедительные среди существующих таксономических воззрений, при этом наибольшее внимание уделено информации, имеющей отношение к водорослям, произрастающим в районе исследования.

Рис. 1. Карта района исследования, представляющая изученные ООПТ:

1. Командорский природный биосферный заповедник;
2. Кроноцкий природный биосферный заповедник;
3. Южно-Камчатский заказник;
4. о. Карагинский;
5. о. Старичков.



ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследованный альгологический материал был собран в ходе комплексных экспедиций Лаборатории гидробиологии КФ ТИГ ДВО

РАН вдоль восточного побережья Камчатки. Водоросли собирали на Командорских островах в 1986-92, 1995 и 2007 гг., в акватории Кроноцкого государственного заповедника в 1983-85, 1988 гг., на м. Лопатка и о. Уташуд (Южно-Камчатский заказник) в 1985 и 1988 гг., на о. Старичкове в период с 1984 по 2007 г. и на о. Карагинском в 1988 г. Водоросли собирали с мая по октябрь на литорали во время отливов, из штормовых выбросов и с использованием легководолазной техники на глубинах 1-50 м. Собранный материал изучали по стандартной методике с использованием светового микроскопа «Олимпус» с приготовлением гистологических срезов. Помимо собственных сборов при определении материала использовали образцы водорослей с Аляски и Алеутских островов из Гербария Мичиганского университета, Анн-Арбор, Мичиган, Гербария Университета Калифорнии, Беркли, Калифорния (США) и Гербария университета Британской Колумбии, Ванкувер (Канада). Также была использована информация из электронных баз данных: www.algaebase.org; www.seaweedsokalaska.com; www.ucjeps.berkeley.edu/INA.html.

Обработку коллекции проводили в Камчатском филиале Тихоокеанского института географии ДВО РАН (Петропавловск-Камчатский). Обработано более 4000 гербарных листов, около 500 сухих образцов кораллиновых водорослей и более 100 фиксированных формалином проб. Материал хранится в гербарном фонде КФ ТИГ.

Фитогеографическая характеристика альгофлоры района дана на основании анализа входящих в нее элементов. Коэффициент Фельдмана не использовали ввиду его непродуктивности.

При оценке эффективности ООПТ в сохранении разнообразия растительных компонентов экосистем шельфа Восточной Камчатки в качестве измеряемого количественного показателя автором введен так называемый «коэффициент репрезентативности», рассчитываемый по

формуле: $Kr = \frac{n}{N} \times 100\%$, где n – число видов водорослей-макрофитов конкретной территории (ООПТ), N – число видов макрофитов целого региона (в данном случае, шельфа Восточной Камчатки).

Для наблюдений за ростом сахарины (*Saccharina (pauze Lamnaria) bongardiana*) в 1990 г. на о. Беринга (Командорские острова) были выбраны 4 экспериментальных площадки. На разных площадках были помечены этикетками разные группы растений, ювенильные – на 1 площадке, развитые – на 2, с разной степенью нарушения длины пластины – на площадках 3 и 4. Пластины, помеченные этикетками, были перфорированы на разном уровне высоты от черешка. Прирост пластины отмечали по увеличению расстояния между перфорациями через 2 недели, 1 и 11 месяцев после начала эксперимента. В 1991 г. измерения растений были

продолжены, чтобы определить скорость их роста и срок жизни.

Для изучения биологии фукуса в полевых условиях в 2002 г. был заложен экспериментальный полигон на о. Старичкове. Наблюдения проводили в течение 6 лет (до 2007 г.) с весны (май) до поздней осени (конец октября). Маркировку отдельных растений не проводили, однако краской помечали участки скалы, на которых произрастали наблюдаемые ассоциации водорослей. Выкашивания водорослей не проводили, т.к. старые растения элиминировались естественным путем к концу вегетационного периода (к началу сентября). Этот этап «голой скалы» принимался за начало отсчета, т.к. вскоре появлялись ювенильные растения из осенней генерации (зимующая стадия), продолжающие рост весной следующего года. В течение сезона вегетации полигон посещали с интервалом 2-4 недели для наблюдений за развитием фукусов. Попытка применения морфобиометрического метода определения возраста фукуса (по числу дихотомических ветвлений) показала его неэффективность, поэтому реальный возраст растений оценивался по данным хронометрических наблюдений.

Молекулярно-генетические анализы ламинариевых и фукусовых водорослей Восточной Камчатки проводили в Университете Хоккайдо (Саппоро и Муроран, Япония) совместно с доктором Норишиге Йотсукурой (Dr. Norishige Yotsukura). У ряда видов *Laminaria*, *Cymathere* и *Kjellmaniella* проводили секвенирование ДНК. Из высушенных в силикагеле фрагментов свежесобранных водорослей экстрагировали нуклеиновые кислоты. После очищения от балластных веществ материал подвергали обработке на автоматическом секвенаторе ABI 310 для разделения ДНК на нуклеотиды с последующим анализом нуклеотидных последовательностей генов ITS (Internal transcribed spacers - внутренние транскрибируемые спейсеры), представляющих часть ядерного генома, и Rubisco spacer (Рубиско спейсер), представляющего часть хлоропластного генома (ITS-1 и ITS-2 + rbc spacer + rbcL) водорослей. Полученные данные обрабатывали на компьютере с использованием пакета филогенетических программ (Swofford, 2002), с помощью которых конструировали филогенетическое древо изучаемых таксонов. Для построения древа использованы методы объединения ближайших соседей (NJ) и максимальной парсимонии (MP).

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ФЛОРИСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

На шельфе ООПТ Восточной Камчатки обнаружено 199 видов макрофитов, включая 40 Chlorophyta, 37 Phaeophyta, 122 Rhodophyta. Флористический список пополнен видом, новым для дальневосточных морей России (*Colaconema endophyticum*), а также видами, ранее отмечавшимися на тихоокеанском побережье страны, но впервые

встреченными у берегов Восточной Камчатки (*Acrochaete geniculata*, *Acrochaete repens*, *Pseudulvella prostrata*, *Acrochaetium humile*, *Colaconema daviesii*). В некоторых случаях наши находки водорослей расширяют ранее известные ареалы видов. Глава состоит из восьми разделов. В пяти из них даны сведения о каждой из исследованных ООПТ, включающие физико–географические очерки районов, сведения о распределении водорослевых сообществ на шельфе ООПТ, данные по таксономическому разнообразию ООПТ. Видовые списки каждой ООПТ представлены в виде таблиц и содержат краткие сведения по фитогеографии, репродуктивному состоянию и распределению водорослей. В списках указаны виды, включенные в Красные Книги Российской Федерации и Камчатки. Флористические списки водорослей изученных акваторий представлены в соответствии с современными систематическими данными. Классы и порядки расположены в соответствии с филогенетической схемой, предложенной западными исследователями (Gabrielson *et al.*, 2006), а таксоны более низкого ранга от семейства до вида и внутривидовых таксонов расположены в алфавитном порядке в составе таксонов более высокого ранга. В разделе приведена новая номенклатурная комбинация:

Acrochaete pterosiphoniae (Nagai) Zhigadlova, nom. prov.
(базионим: *Entocladia pterosiphoniae* Nagai, 1940: 22).

В разделе 6 приводится фитогеографическая характеристика макрофитов из районов исследования. Отмечено, что для берегов Восточной Камчатки характерны неодинаковое развитие флоры и положение нижней границы распространения макрофитов, что обусловлено глубиной проникновения фотоактивной радиации и прохождением водных масс. Зона массового развития водорослей у юго-восточной Камчатки и Командорских островов прослеживается до 20 (30) м, а в беринговоморском районе у о. Карагинского водорослевый пояс прослеживается до 50 м, чему способствует, вероятно, высокая прозрачность воды. Другим важнейшим фактором, влияющим на фитогеографический состав бентосной флоры, является гидрологический режим, включая систему морских течений. Гидрологический режим юго-восточной Камчатки обусловлен водообменом с Беринговым морем и Тихим океаном (Рис. 2). Гидрологические условия Берингова моря определяются его положением в северных широтах, беринговоморский район подвергается охлаждающему влиянию арктического бассейна, сообщаясь через Берингов пролив с Северным Ледовитым океаном, а через проливы Алеутской гряды – с Тихим. Командорские острова омываются глубинными водами Тихого океана. Зимние штормы приносят холодные воды из северной части Берингова моря. К Командорским островам подходит теплое Аляскинское течение. Различия климатических и гидрологических условий порождают и

различия в составе флоры. Флора морских водорослей шельфа Восточной Камчатки в целом характеризуется как бореальная или умеренно-холодноводная. Холодное Восточно-Камчатское течение, проходя вдоль побережья Восточной Камчатки,

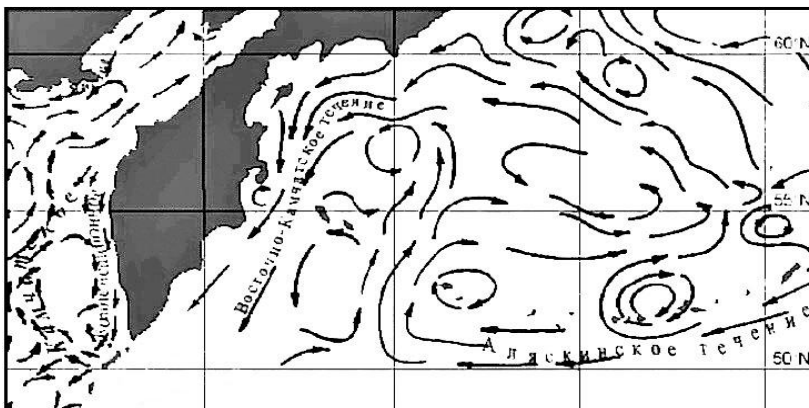


Рис. 2. Карта-схема системы течений, составленная автором на основе «Атласа по океанографии Берингова, Охотского и Японского морей»

создает благоприятные условия для проникновения и распространения далее на юг Камчатского полуострова холодноводных (арктическо-бореальных и высоко-бореальных) видов. На шельфе о. Карагинского нет бореально-тропических видов, а в Кроноцком заповеднике они представлены единично (Таб.).

Фитогеографический состав макрофитов на шельфе ООПТ Восточной Камчатки.

Условные обозначения, принятые в таблице: аб – арктическо-бореальный, вб – высокобореальный, шб – широкобореальный, б/тр – бореально-тропический, к – космополит.

Фитогеогр. Группа	Команд. Зап.		Южно- Кам. Зак.		О.Старичков		Кроноцкий Зап.		О.Карагинский	
	Кол- во	%	Кол- во	%	Кол- во	%	Кол- во	%	Кол- во	%
Аб	19	12	6	7	10	12	12	16	11	17
Вб	54	35	30	33	26	31	27	37	24	36
Шб	71	45	49	54	41	49	33	45	28	42
б/тр	6	4	4	4	2	2	1	1	-	-
К	6	4	2	2	4	5	-	-	3	5
Всего	157		91		83		73		66	

Более половины флоры этих ООПТ представлено арктическо-бореальными и высоко-бореальными видами. Такое соотношение фитогеографических групп позволяет считать флору этих районов наиболее холодноводной среди исследуемых акваторий.

В разделе 7 данной главы автором предпринята попытка оценить репрезентативность видового состава макрофитов ООПТ по отношению к флоре шельфа Восточной Камчатки в целом. В современной науке часто используется термин «репрезентативность». Это понятие применимо и в сравнительной флористике, в том числе в фикологических исследованиях. По аналогии с «коэффициентом встречаемости», используемым в сравнительной флористике в качестве показателя активности вида, автором предлагается «коэффициент репрезентативности» (Kr) (см. Материалы и Методы). Степень репрезентативности подразделена на высокую ($Kr = 100-70\%$), среднюю ($Kr = 69,9-40\%$) и низкую ($Kr = 39,9-10\%$).

Общий список водорослей Восточной Камчатки, основанный на собственных материалах, включает 207 видов макрофитов. Степень репрезентативности флоры изученных нами ООПТ составила для Командорского природного биосферного заповедника – 75,8%; Кроноцкого природного биосферного заповедника – 35,3%; Южно-Камчатского государственного заказника – 44%; о. Карагинского – 31,9%; о. Старичкова – 40,1%. Степень репрезентативности альгофлоры всех изученных ООПТ в совокупности оценивается как высокая ($Kr = 96\%$).

Высокая степень репрезентативности альгофлоры Командорского заповедника связана с тем, что видовое богатство макрофитов этой акватории значительно превосходит таковое других ООПТ Восточной Камчатки, так как Командорская флора существенно пополнена за счет проникновения американских видов, большинство из которых занесено в Красные Книги России и Камчатки. Таким образом, один из крупнейших заповедников Камчаткой области играет важнейшую роль в сохранении редких и исчезающих видов макрофитов.

При средней или даже низкой степени репрезентативности альгофлоры отдельных изученных ООПТ, их совокупная репрезентативность оказалась высокой (96%). Очевидно, это свидетельствует об удачности выбора определенных участков шельфа Восточной Камчатки для организации ООПТ. Несмотря на довольно небольшую площадь охраняемой акватории, созданная система ООПТ охватывает участки различного географического положения, от самого юга полуострова Камчатка (Южно-Камчатский заказник) до центральных районов Берингова моря (о. Карагинский). Изученные ООПТ имеют различные климатические и гидрологические условия. Часть рассматриваемых ООПТ расположена в активной сейсмической зоне, подверженной землетрясениям, их берега могут подвергаться

воздействию цунами, а также вулканическим пеплопадам, влияющим на температурные и химические показатели водной среды. Таким образом, бентосная флора каждой из ООПТ сформировалась под влиянием различающихся условий, в каждом случае своеобразных, но в общем представляющих часть того широкого спектра факторов, при которых сформировалась флора всего региона в целом. Из этого можно заключить, что существующая система ООПТ представляет собой основу для эффективного сохранения биоразнообразия макрофитов шельфа Восточной Камчатки в целом.

В разделе 8 рассматриваются основные угрозы сохранению биоразнообразия макрофитов особо охраняемых территорий Восточной Камчатки. Показано, что для Восточной Камчатки основными угрозами являются активные, экологически неграмотные вмешательства в природные процессы охраняемых морских акваторий со стороны промысловых и туристических организаций, а также возможные природные катастрофы.

ГЛАВА 4. СИСТЕМАТИКА, ФИЛОГЕНИЯ И БИОЛОГИЯ НЕКОТОРЫХ МАССОВЫХ И ПРОМЫСЛОВЫХ ВИДОВ ВОДОРΟΣЛЕЙ ИЗ РАЙОНОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

4.1. ОБЗОР ВОДОРΟΣЛЕЙ ПОРЯДКА LAMINARIALES И FUCALES ИЗ РАЙОНОВ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ОСНОВЕ МОЛЕКУЛЯРНО-ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Типичные представители умеренно-холодноводной флоры – бурые водоросли из порядка Laminariales – являются ведущими компонентами бентосных сообществ шельфа Восточной Камчатки. Ламинариевые водоросли широко распространены в водах Северной Пацифики как на азиатском, так и американском побережьях. Систематика и филогения представителей этого порядка на американском континенте к настоящему времени уже достаточно тщательно изучена, что пока нельзя сказать о ламинариевых Восточной Камчатки. Успехи зарубежной фикологии связаны с внедрением молекулярно-генетических методов исследований, дающих более точную и объективную характеристику таксонов. Результатом исследований канадских авторов стало разделение крупнейшего рода *Laminaria* на два рода: *Laminaria* и *Saccharina* и описание нового семейства Costariaceae (Lane *et al.*, 2006).

В ходе генетического исследования некоторых водорослей с побережья Камчатки показано, что нуклеотидные последовательности спейсерных генов камчатской *Laminaria gurjanovae* имеют значительное сходство, но не совпадают с другими изученными тихоокеанскими видами и с атлантической *L. saccharina*, что позволяет с уверенностью считать *L. gurjanovae* независимым видом. Полученные результаты спейсерного анализа указывают на

необходимость изменения родовой принадлежности ряда камчатских водорослей. *L. gurjanovae* и *L. bongardiana* должны быть переведены в род *Saccharina*, первая - на основании близкого генетического сходства с *Laminaria saccharina* (ныне *Saccharina latissima*), а вторая – на основании сходства с рядом других таксонов (*L. angustata*, *L. longissima*, *Kjellmaniella spp.*), также перенесенных в род *Saccharina* (Lane *et al.*, 2006). Исходя из этого, предлагаются следующие новые номенклатурные комбинации.

Saccharina bongardiana (Postels *et* Ruprecht) Selivanova, Zhigadlova *et* Hansen, comb. nov. (базионим: *Laminaria bongardiana* Post. *et* Rupr., 1840: 10, tab. 13, 14) с четырьмя формами: f. *bifurcata*, f. *subsessilis*, f. *subsimplex*, f. *taeniata*.

Saccharina gurjanovae (A. Zinova) Selivanova, Zhigadlova *et* Hansen, comb. nov. (базионим: *Laminaria gurjanovae* A. Zinova (A. Зинова), 1964: 125; 1969: 65, рис. 1, 2), включая форму: f. *lanciformis*.

Согласно нашим данным генетического анализа *L. longipes* наряду с *L. yezoensis* сохраняет свое систематическое положение в составе рода *Laminaria*.

Другим объектом молекулярно-генетических исследований, стал представитель порядка Fucales – фукус исчезающий. В России он известен под научным названием *Fucus evanescens*, в Японии как *F. distichus f. evanescens*, а на американском побережье - как *F. gardneri*. Эти виды имеют большое морфологическое и генетическое сходство, но некоторые различия в их ядерном геноме пока не позволяют считать эти таксоны единым видом.

Изученные нами с точки зрения систематики и филогении ламинариевые и фукусовые водоросли стали также объектом исследований по их биологии. Эти водоросли являются промысловыми или потенциально промысловыми, и достоверные данные по биологии важны для научно обоснованных рекомендаций по их рациональному промыслу.

4.2. БИОЛОГИЯ *SACCHARINA BONGARDIANA* НА ПРИМЕРЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ЛИТОРАЛИ О. БЕРИНГА

Исследовались сезонные изменения размерного состава поселений *Saccharina bongardiana*, темпы элиминации и рост водоросли. В течение лета 1990г., сохранилась значительная часть растений – до 90%. До следующего года на разных полигонах дожили менее половины растений (Рис.3). Таким образом, основная элиминация растений происходит в течение осени и зимы. Как известно, при развитии пластины одновременно идут два противоположных процесса: рост и разрушение. Мы различали видимый прирост (изменение собственно длины пластины при одновременном ее разрушении), и фактический прирост - увеличение длины пластины за счет растяжения клеток меристемы в зоне деления.

В начале эксперимента сообщество ламинарии на 1-ом полигоне было представлено молодыми спорофитами, длина которых к июлю увеличилась почти вдвое. На 2-ом полигоне, где были промаркированы зрелые растения, их средняя длина к 1991г. заметно снизилась (Рис.4). Несмотря на то, что рассматривали постоянно

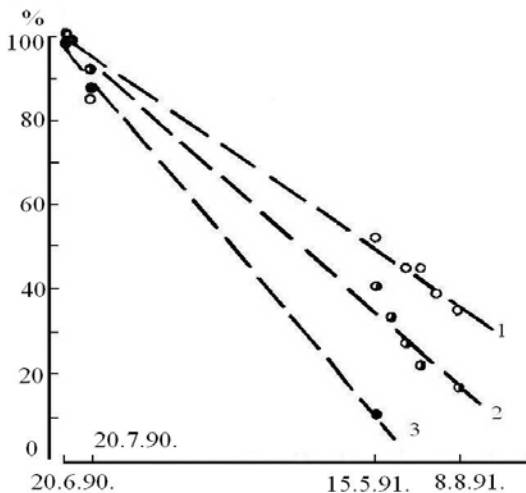


Рис. 3. Величина элиминации *Saccharina bongardiana* на полигонах 1, 2, 3.

По оси ординат — доля выживших растений, %.

уменьшавшиеся выборки растений, доля пригодных для промысла водорослей в мае-июне составила 25 – 50% и лишь к августу достоверно снизилась. Срезанная пластина ламинарии обладает способностью к восстановлению. Результаты измерения срезанных растений на 3 и 4 полигонах показали, что чем ближе к основанию пластины проходит срез, тем медленнее идет восстановление. Оптимальное положение среза – около 20 см от ее основания. Срезанные растения могут доживать до следующего года и достигать заметной длины. Несмотря на то, что средняя длина пластины взрослых растений в течение лета практически не изменяется (Рис.4), рост идет постоянно, маскируясь процессом разрушения. Анализ продвижения меток-отверстий по пластине от начального 10-сантиметрового уровня показал, что средняя величина продвижения первоначального отверстия на растениях составляла более 50 см за 2 месяца. На самом деле прирост пластины идет интенсивнее, однако на окончательные ее размеры влияют процессы роста и разрушения одновременно. По нашим наблюдениям, пополнение естественных зарослей *S. bongardiana* молодыми растениями происходит в течение всего лета. Однако плотность зарослей ламинарии резко возрастает в период с середины апреля по начало июня. Исходя из этого, можно полагать, что основное пополнение поселений спорофитов

происходит в конце весны, а живут они 2 - 3 года.

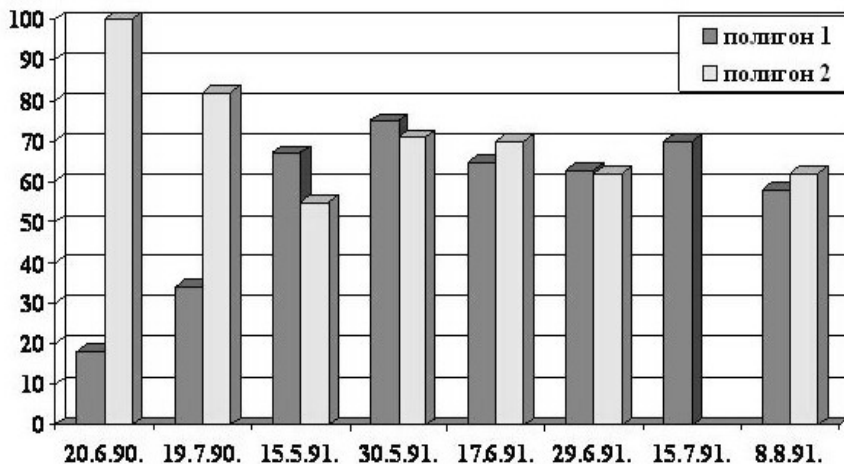


Рис. 4. Средняя длина *S. bongardiana* на полигонах 1 и 2.

4.3. БИОЛОГИЯ *FUCUS EVANESCENS* НА ПРИМЕРЕ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ЛИТОРАЛИ О. СТАРИЧКОВА

Другим объектом наших исследований по биологии водорослей был *Fucus evanescens*. После естественной осенней элиминации растений на экспериментальных площадках в начале сентября и двухнедельного периода покоя, площадки с середины сентября вновь заселялись молодыми проростками фукуса (Рис. 5). Еще через 2 недели (начало октября) растения увеличивались в размерах вдвое и образовывали от 2 до 5 дихотомических ветвлений. Эти растения перезимовывали и ранней весной продолжали свой рост и развитие (Рис. 6). Вероятно, при сохранении первоначального темпа образования ветвлений их количество может многократно превысить возраст растения, например, у трехлетнего оно может достичь 15, но ни одно из наблюдаемых растений до этого возраста не дожило. Достоверной зависимости числа ветвлений от возраста не было выявлено. По-видимому, недооценка количества возможных ветвлений, образующихся в первый год жизни растений, является причиной резкого завышения подлинного возраста фукусов. Другой задачей наших исследований на полигоне о. Старичкова было изучение размножения фукуса исчезающего. По нашим наблюдениям растения *Fucus evanescens* могут начать размножение уже на первом году жизни. Осенние образцы, достоверно определяемые нами как первогодние, уже имели рецептакулы с концептакулами (Рис.5, 6, 7д, е). Также отмечено, что фертильный период у фукуса растянут во времени с мая по октябрь (т.е. в течение всего наблюдаемого периода вегетации) (Рис.7).

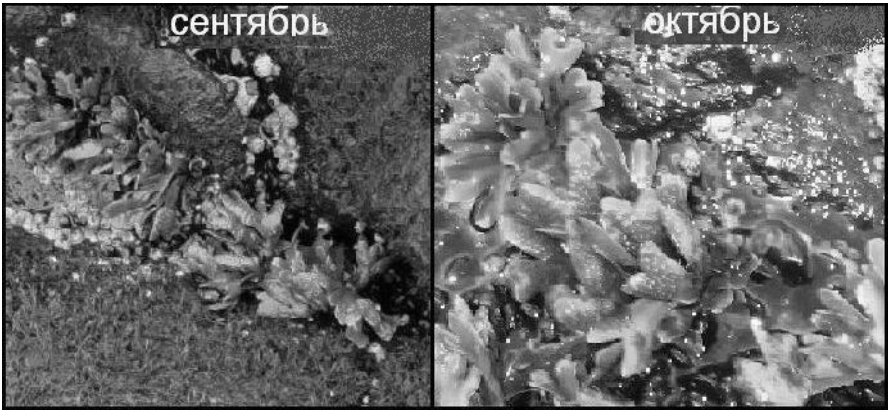


Рис. 5. Первогодние образцы *Fucus evanesceus* в природных условиях.

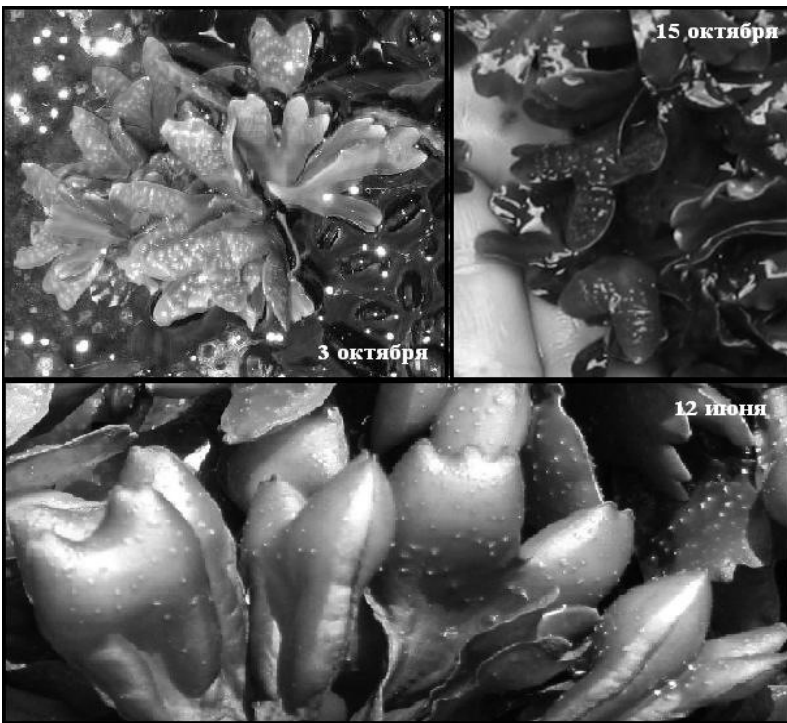


Рис. 6. Фертильные образцы *Fucus evanesceus* с о. Старичкова.

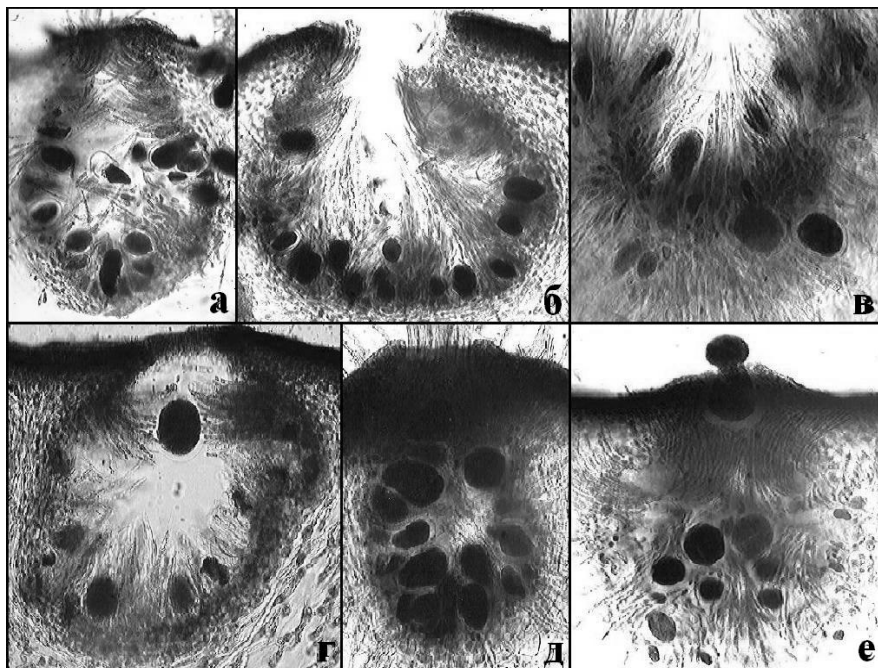


Рис. 7. Срезы концептакулов *Fucus evanescens*. а, б, в, г, д, е – образцы с мая по октябрь.

ВЫВОДЫ

1. В результате исследований на шельфе ООПТ Восточной Камчатки обнаружено 199 видов макрофитов, включая 40 Chlorophyta, 37 Phaeophyta, 122 Rhodophyta. Из них 1 впервые отмечен для дальневосточных морей России, 5 - для побережья Восточной Камчатки, а для 15 видов расширены ареалы. Предложено 8 новых номенклатурных комбинаций. Списки морских водорослей ООПТ приведены в соответствие с современными систематическими данными.

2. Фитогеографический анализ альгофлоры ООПТ Восточной Камчатки в целом позволяет охарактеризовать ее как бореальную или умеренно-холодноводную. Среди исследованных акваторий флору о. Карагинского и Кроноцкого заповедника можно считать наиболее холодноводной.

3. Совокупная репрезентативность видового состава макрофитов ООПТ по отношению ко всей флоре морских водорослей Восточной Камчатки составляет 96 %. Показана эффективность системы ООПТ

Восточной Камчатки по сохранению редких и исчезающих видов водорослей и биоразнообразия морских экосистем в целом.

4. Показано, что основными угрозами сохранению морского биоразнообразия макрофитов прибрежных ООПТ Восточной Камчатки являются активные посягательства добывающих организаций на использование биологических ресурсов охраняемых акваторий, и экологически неграмотные вмешательства туристических организаций в рекреационные ресурсы территорий.

5. Пересмотр систематики водорослей порядка Laminariales шельфа Восточной Камчатки на основании молекулярно-филогенетических данных привел переводу большинства известных дальневосточных видов *Laminaria* в род *Saccharina*.

6. Изучение биологии *Saccharina bongardiana* (прежде ламинария) показало, что продолжительность жизни растений 2-3 года. Основное пополнение поселений спорофитов происходит в конце весны. Растения *S. bongardiana* достигают товарных размеров в первый год жизни.

7. Исследования по биологии *Fucus evanescens* доказывают, что продолжительность жизни фукуса составляет около 2 лет. Сроки спороношения данного вида растянуты на весь период вегетации (с мая по октябрь).

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ.

Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах

1. Иванюшина Е.А., Жигadlova Г.Г. Биология ламинарии *Laminaria bongardiana* на литорали острова Беринга (Командорские острова) // Биология моря, 1994. Т. 20. N 5. С. 374-380.

2. Селиванова О.Н., Жигadlova Г.Г. *Phycodryx valentinae* sp.nov. (Delesseriaceae, Rhodophyta) с обсуждением других видов рода *Phycodryx* из Северной Пацифики // Биология моря, 2003. Т. 29. № 4. С. 240-248.

3. Селиванова О.Н., Жигadlova Г.Г., Хэнсен Г.И. Пересмотр систематики водорослей порядка Laminariales (Phaeophyta) из дальневосточных морей России // Биология моря, 2007. Т. 33. № 5. С. 329-340.

Статьи, опубликованные в иностранных научных журналах

4. Selivanova O.N., Zhigadlova G.G. New and rare macrophyte species of the Commander Islands' shelf // Algologia, 1993. V. 3. N 3. P. 66- 72.

5. Selivanova O.N., Zhigadlova G.G. Marine algae of the Commander Islands. Preliminary remarks on the revision of the flora. I. Chlorophyta // Bot. Mar., 1997a. V. 40. P. 1-8.

6. Selivanova O.N., Zhigadlova G.G. Marine algae of the Commander Islands. Preliminary remarks on the revision of the flora. II. Phaeophyta // Bot. Mar., 1997b. V. 40. P. 9-13.

7. Selivanova O.N., Zhigadlova G.G. Marine algae of the Commander Islands. Preliminary remarks on the revision of the flora. III. Rhodophyta // Bot. Mar., 1997c. V. 40. P. 15-24.

8. Selivanova O.N., Zhigadlova G.G. New and rare macrophyte species of algae of the Commander Islands shelf (Russian Far East) // International Journal on Algae, 1999. V. 1. N 3. P. 99-103.

Статьи, опубликованные в других изданиях

9. Жигадлова Г.Г., Селиванова О.Н. Донные водоросли российского побережья Берингова моря. III. Карагинский залив (включая остров Карагинский) // Сб. Трудов Камчатского Филиала ТИГ ДВО РАН. Вып.5. Петропавловск-Камчатский: Изд-во «Камч. Печатный двор», 2004. С. 47-90.

10. Селиванова О.Н., Жигадлова Г.Г. Макрофиты Командорских островов // Донная флора и фауна шельфа Командорских островов. Владивосток: Дальнаука, 1997. С. 11-58.

11. Селиванова О.Н., Жигадлова Г.Г. Донные макрофиты российского побережья Берингова моря (включая Командорские острова). I. Остров Медный // Сб. Трудов Камчатского института экологии и природопользования ДВО РАН. Петропавловск-Камчатский: Изд-во «Камч. печатный двор», 2000. С. 71-108.

12. Селиванова О.Н., Жигадлова Г.Г. Донные макрофиты российского побережья Берингова моря (включая Командорские острова). II. Остров Беринга // Сб. Трудов Камчатского института экологии и природопользования ДВО РАН. Изд-во «Камч. печатный двор», 2003. С. 172-208.

Работы, опубликованные в материалах региональных и международных научных конференций

13. Жигадлова Г.Г. Проблемы изучения и сохранения биоразнообразия морских донных водорослей Карагинского залива (Берингово море) // Тез. докл. II научной конф. "Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей". Петропавловск-Камчатский: Изд-во Госкосматэкологии, 2000. С. 133-134.

14. Жигадлова Г.Г. Водоросли-макрофиты Особо Охраняемой морской акватории Кроноцкого Государственного Биосферного Заповедника (Восточная Камчатка) // Материалы VII международной научной конф. "Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей". Петропавловск-Камчатский: Изд-во «Камчатпресс», 2006а. С. 336-342.

15. Жигадлова Г.Г. Морские водоросли Особо Охраняемой Природной Территории - Памятника Природы остров Старичков

(Восточная Камчатка) // Геология, география и биологическое разнообразие Северо-Востока России: Материалы Дальневосточной региональной конференции, посвященной памяти А.П.Васьковского (95-летие). Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2006. С. 347-350.

16. Selivanova O.N., Zhigadlova G.G., Hansen G.I. Species and genera of the order Laminariales from Russian Pacific coasts that are unfamiliar to western phycologists // Abstr. Annual meetings of Phycol. Society of America, Juneau, Alaska, July 7-12, 2006. P. 74-75.

17. Жигадлова Г.Г. Угрозы сохранению биоразнообразия прибрежных Особо Охраняемых Территорий Восточной Камчатки // «Морская экология 2007»: Материалы международной научно-практической конф., Владивосток, 2007. С. 90-94.