

КАМЧАТСКИЙ ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ДВО РАН  
КАМЧАТСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ РЫБОПРОМЫСЛОВОГО  
ФЛОТА  
КАМЧАТСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО МОРСКОГО ФОНДА  
Н.Г. КЛОЧКОВА, В.А. БЕРЕЗОВСКАЯ

## ВОДОРОСЛИ КАМЧАТСКОГО ШЕЛЬФА

*РАСПРОСТРАНЕНИЕ, БИОЛОГИЯ, ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ*



Дальнаука  
Владивосток  
Петропавловск- Камчатский  
1997

УДК 582.26/27

*Клочкова Н. Г., Березовская В. А.* Водоросли камчатского шельфа. Распространение, биология, химический состав. Владивосток; Петропавловск-Камчатский: Даль-наука, 1997. 155 с.

Описываются водоросли-макрофиты камчатско-берингоморского шельфа. Даны полный список видов и их распространение в регионе по 8 флористическим районам. Наиболее подробно описаны промысловые и потенциально промысловые виды. Для 29 из них приводятся рисунки внешнего вида. Для представителей порядка Laminariales даны определительные таблицы, сведения по биологии их развития, возрастной изменчивости. Приводятся общие сведения по химическому составу водорослей и данные по химическому составу некоторых камчатских видов. Рассматриваются возможности практического использования макрофитов. Подробно описана история альгологических исследований и использования водорослей в регионе. Рассмотрены возможности организации добычи ламинариевых водорослей на шельфе Восточной Камчатки и некоторые технологические вопросы.

Для морских альгологов, гидробиологов, химиков, технологов рыбной промышленности, специалистов, занимающихся охраной окружающей среды и использованием морских растительных ресурсов, преподавателей и студентов.

Ил. 40, табл. 21, библиограф. 166.

Отв. редактор д-р биол. наук *В.С. Леви*  
Рецензенты канд. биол. наук *В.Н. Лысенко*,  
канд. хим. наук *РА. Ляндзберг*

ISBN 5-7672-0072-6 © Клочкова Н. Г., Березовская В. А., 1997

© Дальнаука, 1997

© Камчатское отделение Дальневосточного морского фонда, 1997

## ВВЕДЕНИЕ

Практика использования водорослей-макрофитов восходит к глубокой древности, хотя водорослевая индустрия как отрасль промышленности начала интенсивно развиваться в прибрежных странах Европы и Америки только с прошлого века, а в Азии (особенно в Японии) несколько раньше. Ее появление было связано с началом глубокой химической переработки морских растений и получением из них различных веществ: агара, йода, золы, калийных солей, ацетона, альгиновой кислоты, ее соединений и т.д.

В настоящее время в мире ежегодно добывается более 10 млн. т морских водорослей. Современная водорослевая промышленность в зарубежных приморских странах является высокоэффективной и высокодоходной отраслью производства. Она основана на широком использовании наукоемких технологий, грамотной эксплуатации возобновляемых растительных ресурсов и ориентирована в основном на выпуск разнообразной пищевой продукции, кормовой крупки, муки и различных полисахаридов. В значительно меньших объемах производятся и некоторые другие вещества, обладающие, как правило, ярко выраженными фармакологическими и биостимулирующими свойствами.

В зависимости от вида выпускаемой продукции, ее качества и конъюнктуры мирового рынка цены на водорослевую продукцию колеблются в пределах 1,5-2 дол США за 1 кг сырой продукции, 4-5 долл. за 1 кг технического альгината, до 100 долл. за 1 кг особо чистого альгината, 250-300 долл. за 1 кг каррагенана высокого качества. При этом они остаются относительно постоянными и даже имеют тенденцию к повышению

благодаря устойчивому спросу на эту продукцию в пищевой, кондитерской, парфюмерной, фармацевтической, кожевенной, бумажной, текстильной, лакокрасочной и многих других отраслях промышленности.

В современных условиях, особенно в развитых странах, возросло внимание общества к проблемам долголетия и здоровья. Решение их напрямую связано с качеством питания и повышением иммунного статуса и выносливости организма в зависимости от состояния окружающей среды. Все это определяет спрос широких слоев населения на продукты питания с включением в них самих водорослей или продуктов их переработки, а также на лекарственные и лечебно-профилактические препараты из водорослей. Как известно, те и другие обладают ярко выраженным иммуностимулирующим и в определенной мере цитокинетическим действием, определяющим использование водорослей в онкологической практике.

Водорослевая промышленность в нашей стране не получила должного развития. Это объясняется несколькими причинами. Главной из них являлась политика ценообразования в плановой экономике прошлых лет, приводящая к убыточности производства. Кроме того, водорослевая промышленность, будучи химической по своей природе, организационно была отнесена к рыбной промышленности и в ее недрах оказалась чужеродной.

Вещества водорослевого происхождения в нашей стране в достаточно больших объемах использовались только в текстильной промышленности для повышения качества окрашивания тканей. Для этих целей страна до середины 80-х годов ежегодно закупала за рубежом альгинат натрия на десятки миллионов долл. США. Высококачественный агар закупался в основном только для нужд микробиологической промышленности. В настоящее время в связи с резким сокращением импортных закупок водорослевых полисахаридов потребности различных отраслей промышленности в них удовлетворяются менее чем на 1-1,5%. С учетом сказанного можно предполагать, что при стабилизации и подъеме экономики страны, грамотной инвестиционной и налоговой политике организация водорослевого производства может дать огромный экономический эффект и существенно пополнить перечень выпускаемой продукции высокого качества.

В связи с отчуждением от России большей части черноморского и балтийского промысловых районов первостепенное значение приобретает Дальневосточный регион. Одно из ведущих мест в нем по общим запасам водорослей занимает Камчатский промысловый район. Однако, несмотря на то что экономическое благополучие Камчатской области и Корякского автономного округа в значительной степени определяется состоянием эксплуатации морских биологических ресурсов, произрастающие здесь водоросли никогда не рассматривались как ценный промысловый объект и в сколько-нибудь значительных объемах до сих пор не добывались.

Основной причиной такого отношения к водорослям была несопоставимая по затратам и стоимости разница между водорослевой и рыбной продукцией. Отрицательную роль играло также отсутствие у специалистов рыбной отрасли опыта промысла и переработки макрофитов и традиций их использования населением. Эти обстоятельства, в свою очередь, определили слабую изученность сырьевой базы, биологии развития промысловых видов, их химического состава и технологий обработки.

Вовлечение морских водорослей в переработку, особенно в химическую, с использованием самых современных технологий, требует глубоких знаний по химическому составу используемого сырья. Хотя в качественном отношении альгохимический состав достаточно стабилен, в количественном отношении он

значительно изменяется от одной таксономической группы родов к другой, а в пределах одного рода - от вида к виду. Даже в пределах одного и того же вида химический состав растений зависит от многих факторов: возраста, физиологического состояния, условий местообитания, сезона сбора и др.

Любая попытка организовать переработку морского растительного сырья с определенной целью, например для получения лечебных или лечебно-профилактических препаратов, будет наталкиваться на необходимость выбора из множества представителей местной флоры видов с самым высоким содержанием необходимых соединений и знания периодов их максимального накопления. Именно поэтому изучение химии водорослей того или иного района всякий раз представляет собой самостоятельную задачу.

Важно отметить, что Камчатский район по составу промысловых водорослей, биологии их развития и экологии значительно отличается от других районов страны (Охотское, Японское и Белое моря) с развитым водорослевым промыслом.

Живой интерес к проблеме освоения камчатских водорослевых ресурсов и многочисленные обращения к нам представителей различных организаций и частных лиц указывают на практическую потребность в появлении обобщающей сводки по промысловым морским макрофитам Камчатки. Продолжающийся в стране экономический кризис будет еще некоторое время сдерживать развитие водорослевого производства, однако в недрах нарождающейся экономики вызревают научно-организационные и производственные предпосылки для его развития и на нашем полуострове.

Исходя из этого авторы решили объединить материалы собственных ботанических и альгохимических исследований, полученных в ходе многолетнего изучения макрофитобентоса Камчатки, с имеющимися литературными данными.

Предлагаемая работа не претендует на полноту и законченность. Одни вопросы в ней рассматриваются с достаточной основательностью, по другим наши исследования еще продолжаются, а ряд проблем в книге только обозначен.

Готовя книгу к печати, мы старались затронуть в ней самые разнообразные вопросы, интересные не только для учащихся и специалистов, занимающихся альгологическими, альгохимическими, химико-технологическими исследованиями, вопросами промысла, переработки и охраны морских растительных ресурсов, но и для самого широкого круга потребителей водорослевой продукции.

Авторы благодарят всех, кто содействовал появлению этой работы. В первую очередь мы выражаем нашу признательность д.б.н. В.С. Левину (КамчатНИРО), подвигнувшему нас на написание книги и взявшему на себя труд по её научному редактированию, а также начальнику Департамента по рыболовству администрации Камчатской области М.В. Дементьеву за оказанную нам помощь в организации альгологических исследований. Особую благодарность мы выражаем д.б.н. К.Л. Виноградовой (БИН РАН) и к.б.н. И.С. Гусаровой (ТИНРО) за критические замечания и ценные советы, высказанные ими при прочтении рукописи, д.х.н. А.И. Усову (ИОХ РАН) и к.х.н. С.В. Хотимченко (ИБМ ДВО РАН) за консультации по вопросам альгохимии и использования водорослей, а также проведение некоторых анализов; к.б.н. М.В. Суховеевой (ТИНРО) за предоставленные материалы командорского гербария Е.И. Кардаковой-Преженцовой и собственные камчатские сборы водорослей; к.х.н. Р.А. Ляндзбергу (ПКВМУ) за помощь в проведении исследований и правку рукописи. Мы благодарим Т.А. Клочкову за помощь в техническом оформлении работы, а также Е.А. Халиман и О.А. Щукину, проиллюстрировавших внешний вид водорослей. В книге их рисунки обозначены (ЕАХ) и (ОАЩ) соответственно.

## Глава I

### ОБЗОР СОСТОЯНИЯ ИЗУЧЕННОСТИ АЛЬГОФЛОРЫ И ЗАПАСОВ ПРОМЫСЛОВЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ПРОМЫСЛОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ КАМЧАТКИ



#### 1.1 ИСТОРИЯ АЛЬГОФЛОРИСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Начало альгологическим исследованиям в регионе положила Вторая Камчатская, или Великая Северная экспедиция Витуса Беринга 1737-1743 гг. Тогда адъютантом Российской Академии наук Г. В. Стеллером и студентом С. П. Крашенинниковым были собраны первые небольшие коллекции водорослей, в том числе ламинариевых.

Эти материалы позднее послужили С. Г. Гмелину для описания в его сводке "Historia fucorum" 14 видов камчатских водорослей. С. П. Крашенинников в своем обширном научном творчестве специальных публикаций по водорослям не оставил, однако в его знаменитом "Описании земли Камчатской" приводятся весьма интересные сведения о нахождении и использовании местными жителями Камчатки некоторых видов морских макрофитов в пищевых и медицинских целях.

Следующая небольшая коллекция камчатских водорослей была собрана во время первой русской кругосветной экспедиции Ф.И. Крузенштерна (1821-1822 гг.). Часть собранных им материалов попала в коллекцию Императорского ботанического сада, ныне Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН, другая - к известному исследователю морских водорослей шведскому альгологу Я. Агарду и в дальнейшем использовалась для их описания.

Примерно в те же годы в бухтах юго-восточного побережья Камчатки Асача и Тихирка участниками экспедиции Ф. П. Литке был собран наиболее обширный для российских вод Азии и Америки альгологический материал. Он также стал достоянием Российской Академии наук и с момента своей первой научной обработки, предпринятой участником экспедиции А. Постельсом и академиком Ф.И. Рупрехтом, и до последних лет неоднократно привлекался для альгофлористических исследований. В опубликованной этими исследователями работе было описано еще несколько представителей порядка Laminariales.

Опубликованная А. Постельсом и Ф.И. Рупрехтом работа вплоть до начала XX в. оставалась единственной отечественной альгофлористической сводкой, содержащей сведения по морским водорослям Камчатки. При этом практически весь камчатский альгологический материал, датированный XVIII и XIX веками, был собран у юго-восточного побережья полуострова и у Командорских островов. В северных районах Берингова моря в этот период водоросли для изучения собирались только однажды, в 1876 г. Это сделал натуралист экспедиции А.Э. Норденшельда Ф.Р. Чельман, который позднее самостоятельно их обработал и опубликовал полученные результаты.

В XX в. география альгологических исследований в обсуждаемом районе и их

интенсивность увеличились. В 1908-1909 гг. здесь работала комплексная камчатская экспедиция, финансируемая крупным российским промышленником Ф.П. Рябушинским. В ходе ее работы сотрудниками Ботанического института В.Л. Комаровым, Н.Н. Ворониным и П.В. Савичем были собраны достаточно обширные коллекции водорослей в Авачинском и Кроноцком заливах. Ботанические труды экспедиции содержат обширный список водорослей и первое для Восточной Камчатки подробное описание их распределения в Авачинской губе.

Период с конца 20-х до начала 40-х годов является наиболее плодотворным по результатам исследования водорослей Камчатки. В эти годы изучение морских биологических ресурсов дальневосточных морей начало проводиться по единой общегосударственной программе, руководителем которой был профессор К.М. Дерюгин. Большое место в ней уделялось и изучению водорослей. В течение многих лет альгологические исследования на Дальнем Востоке проводила Е.С. Зинова. Ее публикации вплоть до появления первых региональных определителей и циклов статей по отдельным систематическим группам водорослей использовались как основные источники информации по флоре этого обширного и мало изученного региона.

Почти одновременно с Е.С. Зиновой в 1926 г. для проведения научно-промысловых исследований морской растительности дальневосточных морей на Дальний Восток был приглашен Г.И. Гайл. По воспоминаниям современников это был человек высокой культуры, энтузиаст, активный и энергичный пропагандист и популяризатор широкого и многостороннего использования водорослей. В течение долгих лет он возглавлял альгологические исследования в регионе.

Самое пристальное внимание к дальневосточному морскому растительному сырью в те годы объяснялось потребностью страны в йоде. Организация его производства рассматривалась как важная государственная задача. На ее решение были мобилизованы многие научные подразделения и выделены крупные бюджетные средства. Поиск источников йода шел по нескольким направлениям. Было известно, что его можно получать из золы морских водорослей, в частности ламинариевых. Однако для вовлечения в переработку растительных ресурсов дальневосточных морей и организации здесь йодового производства были необходимы сведения по распределению и запасам водорослей, содержанию в них йода и т.д.

В 1928-1930 гг. под руководством Г.И. Гайла по единой разработанной им методике определения промысловых запасов была проведена йодоводорослевая экспедиция, обследовавшая отдельные районы Берингова, Охотского и Японского морей. В Беринговом море и у побережья юго-восточной Камчатки работали Е.А. Кардакова (Командорские острова), Р.А. Конгисер и А.П. Введенский (Корфо-Карагинский район), И.А. Кремлев (Кроноцкий залив). Участок побережья от м. Лопатка до Анадырского залива был обследован участниками гидрографического отряда под руководством А.А. Демина. Работа велась с маломерных судов и весельных шлюпов, водолазная техника для проведения подобных работ еще не применялась. Все представления о сублиторальной растительности были получены с помощью несложных приспособлений: водяного фонаря (деревянного ящика с врезанным на дно стеклянным окном), драг, волокуш и канзы. Полученные такими методами результаты, безусловно, не отличались высокой точностью, однако давали представление о характере промысловых зарослей, запасах водорослей и позволяли оконтуривать основные промысловые районы и давать их сравнительную характеристику.

В результате проведенных исследований было выяснено, что наиболее перспективным для размещения йодового производства является Корфо-Карагинский район. По мнению Г.И. Гайла он выгодно отличался от остальных дальневосточных районов более благоприятными климатическими и навигационными условиями и

значительной обеспеченностью ламинариевым сырьем.

Однако вскоре после получения экспедицией первых обнадеживающих результатов интерес к водорослям как источнику получения йода угас, так как в это же время йод был найден в буровых водах бакинских нефтяных скважин, и его извлечение из них обещало стать более дешевым. В результате альгологические исследования на Дальнем Востоке были свернуты и с подобным размахом больше не проводились.

Материалы исследований 30-х годов имели большое значение для определения промысловых скоплений водорослей в дальневосточных морях. Для ряда районов Берингова и Охотского морей, включая Корфо-Карагинский, они до сих пор являются единственными. При этом важно отметить, что практически все результаты экспедиционных исследований, кроме исследований Е.А. Кардаковой и флористических данных Г.И. Гайла, по ламинариевым водорослям остались неопубликованными. В очень кратком виде они содержатся лишь в отчетах ТИНРО.

В довоенные годы отдельные коллекции водорослей у Камчатки и Командорских островов собирались гидробиологами Зоологического института АН СССР и Камчатской гидробиологической морской станции. Результаты обработки этих материалов можно найти в целом ряде публикаций.

В послевоенные годы вся история альгологических исследований в регионе в той или иной мере была связана с отношением к водорослям как промысловому ресурсу и структурному элементу мелководных сообществ шельфа. С середины 60-х годов началось проведение гидробиологических исследований северо-пафических районов. Для изучения и сбора водорослей начали использовать легководолазное снаряжение. В результате был собран огромный альгологический материал, изучены донные фитоценозы, определены промысловые скопления ламинариевых водорослей и характер их широтных изменений. В 1966 г. у Восточной Камчатки они носили эпизодический характер, а в 1967 г. здесь работала совместная экспедиция СахТИНРО и ВНИРО. Она обследовала юго-восточный участок камчатского побережья от м. Сопочный до п-ва Шипунский.

Полученные альгологами экспедиции И.С. Гусаровой и Е.И. Блиновой материалы почти полностью попали в гербарий БИН. Там они активно использовались для проведения монографических ревизий различных таксономических групп водорослей: ламинариевых, ульвовых, делиссериевых, криптонемиевых, бангиевых и др. На их основе были описаны новые для науки роды, виды, в том числе ламинариевые. Несколькими годами позже альгологической экспедицией ВНИРО изучались промысловые запасы водорослей в самых северных районах Берингова моря (зал. Анадырский и б. Провидения). Результаты обработки материалов, собранных этой экспедицией, были опубликованы Н.Е. Толстиковой.

Начиная с конца 60-х вплоть до середины 80-х годов альгологические исследования в Беринговом море и у юго-восточной Камчатки проводились сотрудниками Академии наук. Особое внимание уделялось изучению видового состава и структуры сообществ литоральной зоны, большое место в работе всех экспедиций занимал сбор водорослей. Эти исследования начались в 1968 г. с самых северных районов дальневосточного побережья (зал. Анадырский, бухты Провидения, Лаврентия, Угольная и зал. Креста). В 1970 г. исследовалась литораль в более южном Камчатско-Беринговоморском районе (б. Лаврова, Олюторский, Корфо-Карагинский, Камчатский, Кроноцкий заливы, Авачинская губа), в 1972 г. изучалась литораль Командорских островов. Материалы этих экспедиций также широко использовались для таксономических ревизий, описания видов, новых для отдельных районов и для науки. Обобщенные данные обработки альгологических материалов из всех перечисленных выше районов были представлены и опубликованы только в форме перечня видов. Таким образом цикл

литеральных исследований в районе был завершен. Ламинариевым и другим промысловым водорослям при этом особое внимание не уделялось, они собирались и изучались наряду с другими видами флоры.

Одновременно с изучением литорали у восточной Камчатки и Командорских островов продолжались исследования бентосных сообществ в сублиторальной зоне шельфа. В этой связи стоит упомянуть гидробиологическую экспедицию Института биологии моря ДВНЦ АН СССР, проводившуюся у Командорских островов под руководством В.И. Лукина, и восточно-камчатскую экспедицию ЗИН под руководством А.Н. Голикова, в ходе которых были получены новые альгофлористические данные.

Изучение промысловых запасов водорослей в 80-х годах проводилось дважды, оба раза в связи с реализацией государственной программы ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Летом 1986 г. у побережья Камчатского и Озерного заливов распределение водорослей и их запасы изучала экспедиция ТИНРО под руководством М.В. Суховеевой. Обработка собранных ею материалов позволила закрыть еще одну брешь в изучении сублиторальной флоры Берингова моря и показала, что многие виды водорослей распространены гораздо севернее, чем это было известно прежде.

Тем же летом у юго-восточной Камчатки в районе побережья от м. Лопатка до зал. Кроноцкий вела работу экспедиция ВНИРО. Однако места обследования донной растительности были выбраны неудачно, в связи с этим в отчете экспедиции был сделан вывод о том, что организация водорослевого промысла здесь бесперспективна. Этот вывод был принят в Камчатрыбпроме с удовлетворением, поскольку, как уже говорилось выше, при старых формах организации производства рыбная промышленность полуострова не была заинтересована в развитии водорослевого промысла.

Следует отметить, что с конца 80-х годов в связи с организацией лаборатории альгологии в КИЭП ДВО РАН и лаборатории промысловых беспозвоночных и водорослей в КамчатНИРО начались и активно продолжаются исследования камчатских ламинариевых водорослей. Особое внимание в них уделяется изучению биологии развития массовых промысловых видов, размерно-возрастной структуры их популяций, разработке основ рационального использования морских растительных ресурсов, влияния на развитие ламинариевых водорослей антропогенных факторов. Одновременно с этим на кафедре химии ПКВМУ началось проведение исследований по определению химического состава камчатских ламинариевых, и в первую очередь изучение содержания в них минеральных и основных органических веществ.

Таким образом, начиная с XVIII в. до настоящих дней у северо-западного побережья Берингова моря и юго-восточной Камчатки проведены значительные по объему альгологические исследования, в ходе которых для этого района было обнаружено более 250 видов водорослей. К настоящему времени получены обширные сведения по их распространению в районе, сложились общие представления об их ценотической роли. Из всех научных публикаций, содержащих хотя бы краткие упоминания о водорослях-макрофитах этого района, только в некоторых содержится информация, ценная с точки зрения их промыслового использования. Из числа этих работ в первую очередь следует упомянуть работы Е.И. Блиновой и И.С. Гусаровой, Ю.Е. Петрова и М.В. Суховеевой.

## 1.2. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ПРОМЫСЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И ЗАПАСОВ ВОДОРΟΣЛЕЙ В ОБСУЖДАЕМОМ РАЙОНЕ

Сведения о промысловых запасах водорослей в Беринговом море и у юго-восточной



Камчатки чрезвычайно скупы и касаются только представителей порядка *Laminariales*. Все имеющиеся к настоящему времени результаты промысловых съемок ламинариевых в наиболее полном виде, как говорилось выше, содержатся в отчетах сотрудников ТИНРО и ВНИРО, которые для открытого использования недоступны.

Следует отметить, что информация по запасам и распространению ламинариевых водорослей была получена разными исследователями, в разные годы, в ходе разовых летних промысловых съемок, с использованием разных методов исследований и оценки запасов. Практически во всех случаях исследователями давалась предварительная оценка запасов (табл. 1.1).

Таблица 1.1

**Общие запасы ламинариевых водорослей Восточной Камчатки и промысловые характеристики отдельных районов побережья (по литературным данным и данным архивов ТИНРО и КамчатНИРО)**

№	Участок	Биомасса, г/м <sup>2</sup>	Запасы в сырце, тыс. ц.	Проективные покрытие, %	Площадь зарослей, га	Ширина зарослей, м	Исследователи
1	б. Провидения	-	157	-	-	-	Н.Е. Толстикова
2	б. Угольная - м. Багрянок	5000	0,1	-	2300	-	Г.А. Конгисер
3	зал. Гека	-	-	-	550	-	-
4	Скобелевская коса -м. Песчаный (зал. Корфа)	-	-	4-100	5500	-	М.В. Суховеева
5	м. Столбовой - м. Африка	12000	-	100	-	-	-
	м. Чайчий - м. Красный	16000	-	100	-	-	-
6	м. Шипунский - р. Вахиль, о-в Крашенинникова - м. Налычева	-	224,9	30-100	226	10-300	Е.И. Блинова, И.С. Гусарова
7	Горло Авачинской губы	-	33,7	60-80	56	10-300	Они же
8	Горло Авачинской губы, западный берег	-	36,0	60	75	50-150	-
9	б. Саранная	-	30,4	80	38	35-100	-
10	м. Опасный - м. Отвесный	-	19,6	30-50	56	20-150	-
11	б. Вилючинская	1144	20,8	100	26	10-25	-
12	б. Жирова	-	12,8	100	16	15-25	-
13	м. Крутой -б. Фальшивая, м Входной -м. Пирамидальный	-	15,4	30-100	38	10-70	-
14	б Русская	6400	20,8	30-100	33	1-100	-
15	б Лиственничная	-	25,2	20-100	36	5-150	-
16	б Березовая	-	18,7	70-100	27	30-200	-
	Открытый берег между	-	-	-	-	-	-
17	м. Поворотный и м. Полосатый, б Березовая -б. Асача	-	20,0	10-50	85	20-100	-
18	м. Круглый- м. Крестовый	-	340,5	30-60	472	50-600	-
19	Район м Кузачин	-	24,0	40-80	40	100-400	-
20	м. Тонкий - м. Ходжелайка	-	264,0	80	330	300	-
21	м. Ходжелайка -м. Желтый	-	28,8	5-90	71	10-300	-
22	м. Желтый - б. Вестник	-	75,6	90-100	84	100-300	-
23	Район м. Синявина	9160-21920	24,0	30-100	60	10-700	-
24	о-в Гаврюшкин Камень -м. Сопочный	-	516,0	40-90	860	50-700	-

Сопоставление приведенных данных свидетельствует о значительном расхождении взглядов различных авторов по оценке запасов водорослей на участках побережья,

близких по биономическим условиям и флоре ламинариевых. Суммируя данные, приведенные в таблице, можно утверждать, что общие запасы макрофитов Восточной Камчатки составляют достаточно значительную величину, порядка 2 млнц. Вместе с тем из таблицы видно, что для значительных по протяженности участков северо-восточного побережья их объем еще не определен, хотя и известно, что многие из этих районов являются весьма перспективными для вовлечения в промышленное использование. Так, в хранящемся в Камчатском областном архиве протоколе совещания Тихоокеанского института рыбного хозяйства (ТИРХ) за 1931 г., посвященного вопросам йодной промышленности в ДВК, организатор йодоводорослевой экспедиции Г.И. Гайл отмечал: "Вдоль восточного побережья Камчатки тянутся значительные заросли водорослей, принимающие на участке побережья мыс Пираткова - мыс Опасный промысловый характер. К северо-востоку заросли мельчают и перерывы делаются значительнее. И опять в районе острова Карагинский начинаются мощные ламинариевые поля. Обширные заросли найдены в заливе Корфа и вне его. В Олюторском заливе и далее по направлению к Анадырскому лиману продолжается водорослевое поле переменной мощности...".

В заключительном отчете, составленном Г. И. Гайлом по результатам экспедиции, приводятся сведения по запасам ламинариевых в разных административных областях Дальнего Востока (табл. 1.2). Правда, тогда (в 30-е годы) в их число еще не входили Южные Курилы и Южный Сахалин. Данные таблицы свидетельствует о том, что Камчатский промысловый район по сравнению с другими является наиболее богатым по запасам ламинариевых водорослей. Эти выводы затем неоднократно подтверждались более поздними исследованиями, проведенными в этих районах.

Таблица 1.2

**Площади и промысловая производительность ламинариевых полей дальневосточного побережья (по Г.И. Гайлу)**

Районы	Площадь, га	Ежегодное промысловое производство сухой субстанции, т
Приморская область	15000	37500
Сахалинская область	1 400	2 250
Нижне-Амурская область	37500	93750
Камчатская область:		
Промысловые центры в Пенжинской губе, на участке мысов Пираткова-Опасный и в Корфо-Карагинском районе	50000	125000
Всего	103900	258 500

В то же время столь высокая оценка промысловой значимости Камчатского района, как уже указывалось, подвергалась сомнениям. Эти сомнения подкреплялись неудачными попытками организации здесь добычи водорослей, а также исследованиями, проведенными в некоторых районах побережья со слабой сырьевой базой. Поэтому окончательный ответ на вопрос об обеспеченности Камчатского района ламинариевым сырьем может быть дан только после проведения в этом регионе новых альгологических исследований на самом современном уровне.

Ламинариевые водоросли, безусловно, важнейшая по промысловой и экономической значимости, но не единственная среди макрофитов группа, представляющая практический интерес. На Дальнем Востоке России кроме них в больших объемах добывается и перерабатывается агарсодержащая красная водоросль *Ahnfeltia tobuchiensis*, и в значительно меньших количествах некоторые представители родов *Chondrus* и *Gracilaria*. Последний вид в южном Приморье был даже введен в

марикультуру. В ограниченном количестве в Приморье налажена также переработка морской травы *Zostera marina*, из которой получают пектиноподобное соединение с высоким лечебно-профилактическим действием - зостерин. Вся добыча красных водорослей сосредоточена в южном Приморье, на юге Сахалина и у о-ва Кунашир. Что касается камчатского побережья, то здесь запасы багрянок и их распространение вдоль побережья, как и многих других водорослей, представляющих коммерческий интерес, не разведаны.

Разносторонний анализ камчатской флоры макрофитов с очевидностью указывает, что она не является уникальной и по составу родов и семейств близка к флорам других холодоумеренных районов. Ее таксономическая пестрота обеспечивает многообразие видов разного химического состава и дает возможность поиска в них химических соединений с заданными свойствами.

Несмотря на то что для камчатско-беринговоморского района еще не разведаны запасы важнейших в промысловом отношении групп водорослей (фукусовых, гигартиновых, пальмариевых и некоторых других), можно предполагать, что они обязательно должны присутствовать здесь в промысловых количествах, так же как и в других высокобореальных флорах Северной Америки и Европы (берега Канады, Норвегии, Исландии, Северных Курил, Белого и Баренцева морей и т.д.). Для флоры Камчатки еще не разведаны и запасы глубоководных багрянок. Есть основания надеяться, что здесь в достаточно больших количествах могут быть обнаружены некоторые виды церамиевых водорослей.

Таким образом, на основе имеющихся альгологических данных можно утверждать, что Камчатский промысловый район в достаточной мере обеспечен водорослевым сырьем. Запасы ламинариевых размещены на огромных по протяженности участках побережья, расположенных от южной оконечности полуострова до его самых северных районов. Запасы других водорослей здесь еще не оценены.

## Глава II

### ВОДОРΟΣЛИ-МАКРОФИТЫ КАМЧАТСКОГО ПРОМЫСЛОВОГО РАЙОНА. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ



#### 2.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФЛОРЫ

Флора макрофитов западного побережья Берингова моря и юго-восточной Камчатки в настоящее время насчитывает более 290 видов (приложение). Безусловно, это количество нельзя считать исчерпывающим, поскольку для указанного района, как и для Дальнего Востока России в целом, еще слабо изучены некоторые группы водорослей. К ним в первую очередь относятся таксоны, включающие представителей с микроскопическими размерами, а также таксоны, внутрисемейственная или внутривидовая систематика которых строится на признаках, наличие которых возможно только в определенную фазу развития их представителей, причем нередко только спорофитов или гаметофитов. Незавершенность инвентаризации камчатско-

берингоморской альгофлоры объясняется также слабой изученностью фитобентоса отдельных участков побережья, и в том числе тех, где наиболее вероятно нахождение видов, новых для всего обсуждаемого района. К таковым районам относятся южный берег полуострова, граничащий с Курильскими островами и Охотским морем, Командорские острова, испытывающие влияние северо-американской флоры, некоторые северные участки Берингова моря, соседствующие с Ледовитым океаном.

Камчатская флора по систематической структуре мало отличается от флор других высокобореальных районов Северной Пацифики. В ней присутствуют представители практически всех таксонов высокого ранга - порядков и семейств. Вместе с тем насыщенность их видами и родами здесь несколько меньшая, чем у соседних Курильских или Алеутских островов и не превышает в среднем 4-5 видов для семейства и 1,8 вида для одного рода. Анализ таксономической структуры, фитогеографических особенностей и степени эндемизма флоры с очевидностью указывает, что Камчатский альгофлористический район находится под сильным воздействием флор соседних районов и особенно флор Северных Курил.

Приведенная информация, казалось бы, далекая от задач практического использования водорослей, на самом деле важна для оценки потенциальных возможностей поиска новых объектов промысла. Таксономическая пестрота флоры, например, позволяет предполагать многообразие химического состава водорослей, а представления о банальности камчатского флористического комплекса и его широких связях с флорами соседних районов, напротив, не дают оснований для поиска здесь уникальных, свойственных только камчатскому промысловому району источников сырья.

Из-за значительных гидрологических и климатических изменений, наблюдаемых вдоль побережья и обусловливаемых меридиональной вытянутостью района, видовое разнообразие водорослей от юга к северу постепенно сокращается. В значительной степени этому способствует система течений. Так, тихоокеанская водная масса, проходящая вдоль Курильских островов и юго-восточной Камчатки с юга на север на широте Камчатского залива отжимается от берега и почти целиком поворачивает на восток. Это приводит к изменению условий обитания водорослей, и многие из них, особенно багрянки, севернее Камчатского залива не встречаются или их количество резко сокращается.

Интересно отметить, что некоторые представители красных водорослей вновь обнаруживаются севернее Олюторского залива в бухтах фиордового типа: Южной и Северной Глубоких, Натальи и др. Видимо, этому способствует больший прогрев их вод за счет инсоляции и подводных гидротермальных излияний. Вспышки видового разнообразия здесь, как правило, сопровождаются изменением морфометрических характеристик водорослей в сторону увеличения их размеров и повышения биомассы.

Особое положение во флоре западного побережья Берингова моря, занимает флора Командорских островов. Она отличается наличием свойственных только ей видов американского происхождения и характеризуется более богатым составом гигартиновых, пальмариевых и других, ценных в промысловом отношении водорослей.

Сравнение флористических списков разных районов северо-западного побережья Берингова моря и юго-восточной Камчатки показывает, что по составу и общему количеству видов они различаются достаточно сильно. Это, с одной стороны, является следствием реально происходящих от района к району флористических изменений, а с другой, безусловно, отражает недостаточную их изученность. На основе уже существующей информации можно говорить о необходимости продолжения альгологических и альгохимических исследований с целью разведки запасов различных групп водорослей и нахождения среди них родов и видов, содержащих определенные

химические соединения.

## 2.2. ВИДОВОЙ СОСТАВ МАССОВЫХ И ПРОМЫСЛОВЫХ ВИДОВ МАКРОФИТОВ

В обзор включены описания видов, известных в качестве промысловых, а также их близкие камчатские родственники и аналоги, используемые водорослевой промышленностью других стран. Кроме этого, в перечень включены некоторые еще не используемые виды, характеризующиеся высоким содержанием биологически активных соединений и перспективные для вовлечения в переработку. Некоторые из них на Камчатке не образуют промысловых зарослей. Однако если содержащиеся в них вещества будут необходимы для биотехнологии, медицины, косметики, фармацевтической и парфюмерной промышленности, то рентабельной может стать добыча и переработка даже небольших количеств сырья или культивирование этих видов.

Краткий обзор камчатских промысловых и потенциально промысловых видов приводится для каждого из отделов водорослей - зеленых (*Chlorophyta*), бурых (*Phaeophyta*) и красных (*Rhodophyta*). Бурые ламинариевые водоросли как наиболее ценные из промысловых макрофитов описываются более подробно в следующем разделе.

### Отдел Зеленые водоросли - CHLOROPHYTA

К числу потенциально промысловых видов отдела относятся представители нескольких родов ульвовых водорослей, имеющих пластинчатые слоевища и способных в определенных условиях формировать значительные заросли. Самыми подходящими местами их массового скопления являются кутовые мелководные участки глубоковрезанных в сушу закрытых бухт. Зеленые водоросли чувствительны к содержанию в воде биогенных веществ, особенно с присутствием азота и фосфора. Являясь органотрофами, они способны усваивать растворенные в воде низкомолекулярные органические соединения. Кроме того, ульвовые легко переносят резкие перепады солености, от нормальной морской до почти полного опреснения. Все это обеспечивает их массовое развитие в опресняемых приустьевых участках побережья.

Местами максимального скопления ульвовых на Камчатке являются бухты Оссора, Карага, устье р. Камчатка и прилегающие к нему районы побережья, лагуна Малый Семячик, оз. Калыгирь и др. Несколько десятилетий назад районом массового скопления ульвовых была Авачинская губа. Здесь ульвовые, и особенно представители родов *Enteromorpha* и *Ulva*, образовывали промысловые скопления в приустьевых участках рек Авача и Паратунка, в бухтах Раковая и Сельдевая. В настоящее время в двух последних районах ульвовые сообщества полностью уничтожены из-за сильного загрязнения акватории. В кутовой части губы они еще сохраняются, однако из-за загрязненности ее токсичными элементами промыслового значения не имеют. Максимальные значения биомассы, известные для видов порядка в камчатском регионе, не превышают 1 кг/м<sup>2</sup>.

В течение одного вегетационного сезона виды этого порядка можно собирать несколько раз благодаря тому, что они характеризуются высокими темпами роста и частой сменой поколений. После промысла восстановление популяций ульвовых могут обеспечить даже 10-15 % оставшихся растений. Это обусловлено их репродуктивной активностью и высокой степенью прорастания спор. Зеленые водоросли, кроме того, легко культивируются. Биотехника их выращивания, по мнению специалистов,

намного проще, чем у бурых ламинариевых водорослей, имеющих сложные циклы развития. Ульвовые имеют более примитивную организацию и простые жизненные циклы, поэтому их развитие лимитировано меньшим количеством ограничивающих факторов.

В соседних азиатских странах ульвовые используются для изготовления пищевой продукции с пикантным вкусом и витаминных салатов с лечебно-диетическими свойствами. Только у берегов Японии в настоящее время добывается ежегодно около 20 тыс. т ульвовых. Представители порядка характеризуются высоким содержанием витаминов, особенно витамина С, а также белковых и азотистых веществ, содержание которых достигает 10-30% от сухой массы.

Представители порядка используются в растениеводстве в качестве высокоэффективной азотной подкормки. Удобрения из ульвовых водорослей отличаются высоким содержанием азота и калия. Они имеют ярко выраженный ростостимулирующий эффект и увеличивают лежкость плодов и их вкусовые качества. Кроме того, ульвовые применяются как компоненты микроудобрений.

В приазиатских умеренных водах роды и виды этого порядка имеют широкое распространение. Во флоре Камчатки практический интерес могут представлять представители 4 родов.

#### Род Ульва - *Ulva L. emend. Thur.*

Слоевище представляет собой пластины округлой или овальной формы, цельные или перфорированные и разорванные на лопасти, до 10-20 (35) см в поперечнике, тонкие, до 200 мкм толщиной. Пластины образованы двумя слоями клеток.

У побережья Камчатки встречается повсеместно, является одним из наиболее массовых представителей зеленых водорослей. Обитает в широком диапазоне глубин, от среднего горизонта литорали до 5 м и более. В значительных количествах встречается на пологих мелководных закрытых от сильного прибоя участках морского дна. Максимально зарегистрированная биомасса в пределах северо-западной Пацифики до 1 кг/м<sup>2</sup>. Вес одного взрослого растения не превышает 30-60 г.

Род представлен единственным видом - водорослью *Ulva fenestrata* P. et R. (Ульва продырявленная, рис. 2.1,а), которая одна из немногих среди морских макрофитов имеет тривиальное название - морской салат.

#### Род Ульвария - *Ulvaria Blid.*

Слоевище представляет собой тонкие однослойные пластины грязно-бурого цвета, округлые или неопределенных очертаний, часто лопастные, до 30 см в поперечнике и 80 мкм толщиной. Края пластин слабо волнистые или густоскладчатые.

У побережья Камчатки встречается повсеместно, преимущественно на глубинах 2-8 м среди ламинариевых водорослей, иногда на литорали. Самостоятельных зарослей не образует, нередко сопутствует *Ulva fenestrata*. Вид чрезвычайно вынослив к загрязнению вод органическими веществами, в том числе нефтепродуктами и фенолами. Масса среднего зрелого растения обычно не превышает 20-30 г.

Род включает один вид - *Ulvaria splendens* Rupr. (Ульвария блестящая, рис. 2.1,б).

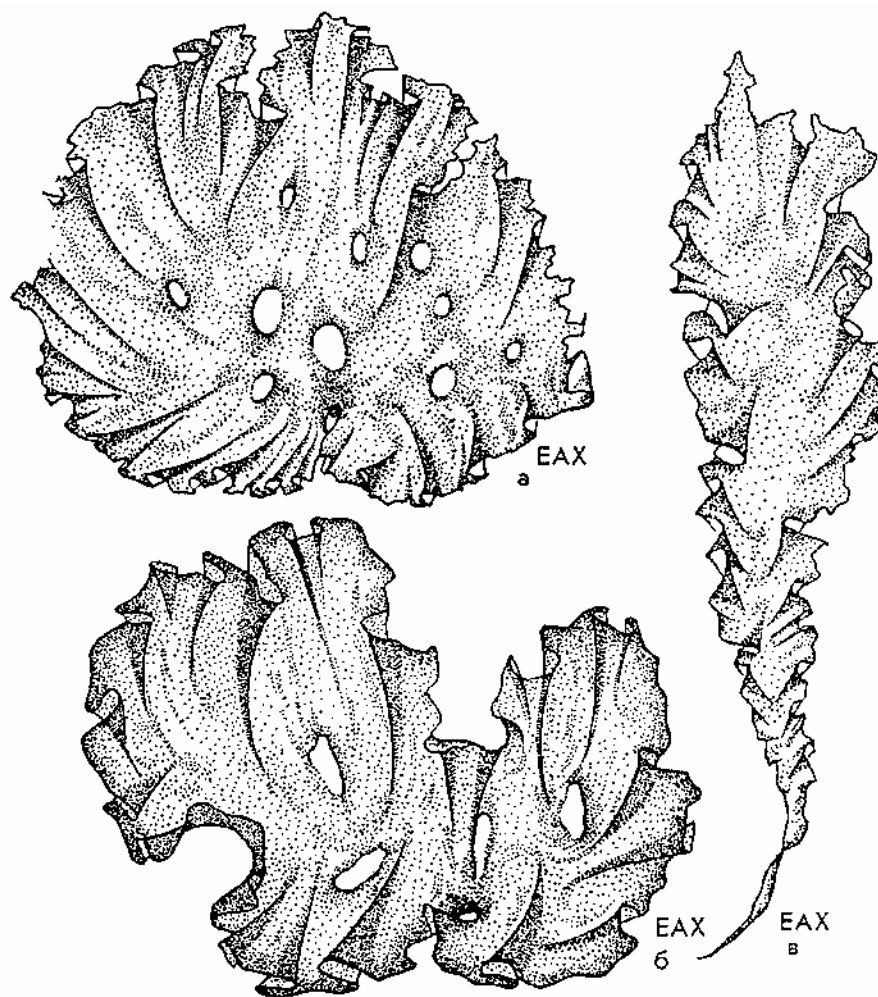


Рис. 2.1. Внешний вид ульвовых водорослей: Ульва продырявленная (а); Ульвария блестящая (б); Энтероморфа линзовидная (в)

#### Род Монострома - *Monostroma* Thur.

Слоевище представляет собой в начальный период вегетации нежные, мягкие и слизистые на ощупь однослойные мешочки, которые в зрелом состоянии разрываются почти до основания, и имеет вид пластин 10-40 см в поперечнике и до 60 мкм толщиной.

Развивается преимущественно в литоральной зоне шельфа и в сублиторальной кайме до глубины 1 м. Поселяется иногда на каменистом грунте, чаще на других водорослях. Самостоятельных зарослей не образует, сопутствует другим пластинчатым ульвовым. Поколение водорослей, встречающееся в первую половину года, более многочисленно, чем то, которое развивается позже. Биомасса вида невысокая, не более 120 г/м<sup>2</sup>, но в условиях органического загрязнения может возрастать до 450 г/м<sup>2</sup>. Масса одного зрелого растения не более 15-20 г.

Род включает два вида: *Monostroma grevillei* (Turn.) Wittg. (Монострома Гревилля) и *Monostroma crassidermum* Tokida (Монострома толстокожистая).

#### Род Энтероморфа (Кишечница) - *Enteromorpha* Link.

Слоевище представляет собой ланцетовидные двуслойные пластины или обильно разветвленные, спавшиеся и не спавшиеся однослойные слабо или обильно разветвленные однослойные трубки до 40 см высотой и от 0,5 до 40 мм шириной.

Растет плотными пучками и куртинами. Предпочитает защищенные и полузащищенные участки литорали, расположенные в кутах заливов и бухт с галечно-песчаными, гравийными и мелкогалунными грунтами. На литорали и в сублиторальной кайме может образовывать плотные поселения с биомассой, достигающей 2 кг/м<sup>2</sup>. Хорошо переносит загрязнение. При повышении концентрации биогенных элементов резко увеличивает свое присутствие. Поэтому чрезмерное распространение видов этого рода и вытеснение ими других представителей флоры свидетельствует о высокой степени сапробности вод. Как и другие ульвовые, Энтероморфа охотно поедается морскими ежами и другими морскими животными.

Род включает 5 видов, из которых наиболее распространены *Enteromorpha linza* (L.) J.Ag. (Энтероморфа линзовидная, рис. 2.1,в), *Enteromorpha clathrata* (Roth) Grev. (Энтероморфа решетчатая) и *Enteromorpha prolifera* (O.F. Mull.) J.Ag. (Энтероморфа прорастающая).

### Отдел Бурые водоросли - РНАЕОРНУТА

Бурые водоросли включают наибольшее количество промысловых и потенциально промысловых видов, важнейшими из которых являются ламинариевые и фукусовые. Многие представители этих порядков обладают высокими продукционными характеристиками, образуют структурную основу литоральных и сублиторальных сообществ. Многие камчатские представители бурых водорослей имеют крупные размеры и в отдельных случаях достигают в длину 15-20 м, хотя среди них имеются и сравнительно небольшие и даже микроскопические виды.

На камчатском шельфе бурые водоросли распространены повсеместно. Они хорошо приспособлены к самым различным местам обитания и глубинам. Среди них, так же как и среди зеленых водорослей, имеются представители, обитающие как в условиях нормальной морской солености, так и виды, приспособленные к условиям опреснения. Однако сильного опреснения они, в отличие от ульвовых водорослей, избегают. Для нормального развития бурых водорослей необходимо наличие достаточно большого количества растворенных в воде биогенных элементов. Именно поэтому они хорошо развиваются и дают высокую биомассу в эвтрофицированных водоемах, районах апвеллингов и т.д.

Многие представители бурых водорослей обнаруживают высокую приспособляемость к токсическому воздействию. Поэтому они могут существовать в районах с достаточно высоким уровнем загрязнения тяжелыми металлами, нефтью, фенолами, поверхностно-активными и другими веществами. Следует иметь в виду, что в условиях загрязнения у многих бурых водорослей, особенно у видов с высоким содержанием полисахаридов, происходит значительное накопление тяжелых металлов и радионуклидов. Поэтому при организации их добычи необходимо учитывать экологическое состояние района промысла.

Практически все бурые водоросли содержат в своем составе альгиновую кислоту и маннит в количествах, иногда не уступающих содержанию их у ламинариевых. Поэтому практически все массовые виды бурых водорослей, растущие у берегов Камчатки, могут рассматриваться как потенциально промысловые. Кроме ламинариевых наиболее широкое распространение и значительные запасы имеет Фукус исчезающий (*Fucus evanescens* Ag.). Этот вид наряду с альгиновыми кислотами содержит ряд биологически активных соединений, которые обладают иммуностимулирующими, гепариноподобными и некоторыми другими свойствами. В связи с этим Фукус исчезающий может найти широкое применение в медицинской и фармацевтической промышленности как природное сырье для получения ценных



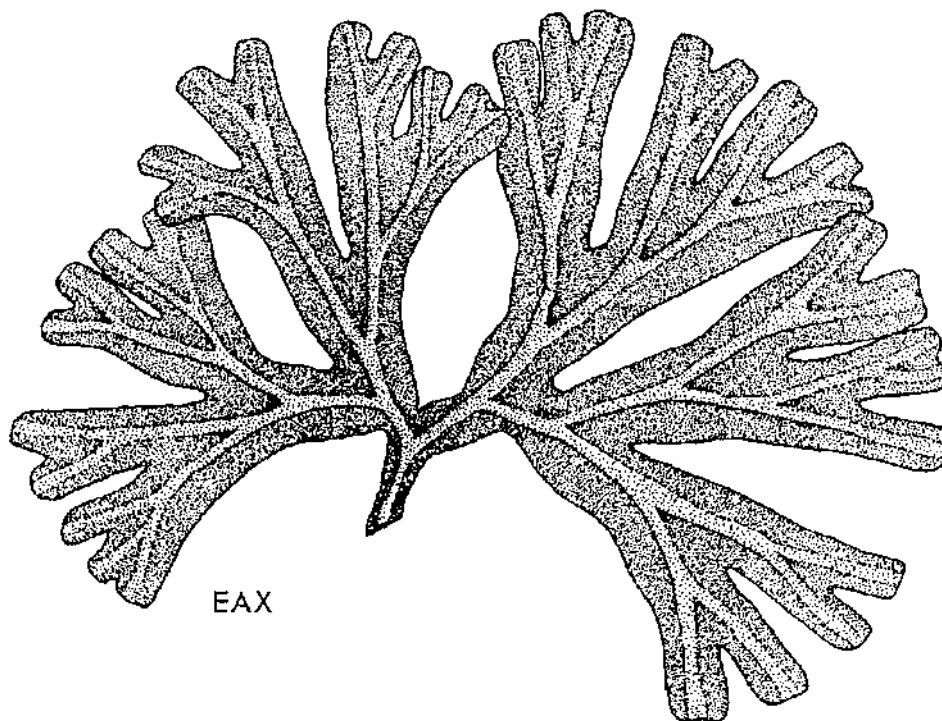
лекарственных препаратов.

Свежесобранные и высушенные фукусовые водоросли, так же как и отходы их переработки, могут широко использоваться для получения кормовой муки, крупки и гидролизата. Их применение в животноводстве существенно пополняет рацион животных витаминами, биогенными макро- и микроэлементами, незаменимыми аминокислотами, в том числе дефицитными: метионином, триптофаном, лизином, цистином и другими полезными веществами. Лигниновые соединения, концентрирующиеся в отходах производства некоторых фукусовых водорослей (в основном цистозировых и саргассовых), могут использоваться для получения высококачественных строительных материалов, обладающих стойкостью к грибковому разрушению. В заключение следует отметить, что из фукусов, как и из ламинариевых, готовят разнообразную пищевую продукцию, кондитерские изделия, тонизирующие напитки и др.

#### Род Фукус - *Fucus Turn.*

Слоевище представляет собой дихотомически разветвленные многолетние кустики 20-45 см высотой с вальковатыми у основания и уплощенными в средней и верхней частях растения линейными ветвями с центральной вздутой жилкой. При созревании растений на вершинах ветвей образуются вздутия - рецептакулы. Внутри них развиваются органы размножения.

Растет в среднем горизонте скалистой и каменистой прибойной и полузащищенной литорали и является фонообразующим видом бентосной растительности среднего горизонта. Предпочитает пологие участки дна. Чрезвычайно приспособлен к резким изменениям условий обитания. Достаточно хорошо переносит антропогенное воздействие, способен накапливать в больших количествах тяжелые металлы. Однако при сильном загрязнении у Фукуса исчезающего значительно изменяются размеры слоевищ и возрастная структура популяций.



*Рис. 2.2. Фукус исчезающий, внешний вид стерильного растения*

Распространен вдоль всего западного и восточного побережий Камчатки в районах,

где в литоральной зоне шельфа развиты жесткие грунты. Основные запасы вида сосредоточены у северо-западного побережья, расположенного севернее м. Утхолокский. Биомасса вида варьирует от 0,5 до 30 кг/м<sup>2</sup>.

Особенности роста и спороношения растений обеспечивают его хорошую регенерацию и ежегодное начиная с третьего-четвертого годов жизни активное воспроизводство. Это является благоприятной предпосылкой для частичного ежегодного подрезания слоевищ при проведении промысла. При полном промысловом изъятии растений скорость возобновления их популяций невысокая.

Во флоре Камчатки, как уже отмечалось выше, встречается один вид - *Fucus evanescens* Ag. (Фукус исчезающий, рис. 2.2).

### Отдел Красные водоросли - RHODOPHYTA

К числу потенциально промысловых видов отдела относятся представители нескольких родов бангиевых, гигартиновых, пальмариевых, церамиевых и некоторых других водорослей. Красные водоросли в морской бентосной флоре Камчатки являются самой распространенной группой. На их долю приходится более 60% от общего количества произрастающих здесь видов. Но несмотря на это, их структурообразующая и продукционная роль значительно ниже, чем у бурых водорослей. Объясняется это тем, что подавляющее большинство багрянок имеет небольшие размеры. Некоторые виды имеют микроскопические размеры, часть представляют собой тонкие пленки и корки, плотно сцепленные с субстратом. Высота самых крупных из них обычно не превышает 50-60 см, основная же их масса имеет размеры 5-35 см.

Красные водоросли вдоль камчатского побережья распространены практически повсеместно в разных диапазонах глубин. Вместе с тем большинство из них обитают в условиях нормальной морской солености и сильного или умеренного прибоя.

Представители этого отдела являются органотрофами и чувствительны к содержанию в воде растворенных биогенных веществ. Однако предел их устойчивости к органическому загрязнению и токсическому воздействию значительно ниже, чем у зеленых и бурых водорослей. Поэтому снижен и диапазон колебания экологических условий, к которым они приспособлены. Подавляющее большинство багрянок при повышении содержания в водоеме загрязняющих веществ исчезает из растительных сообществ.

В ценотической структуре подводных растительных сообществ красным водорослям обычно принадлежит роль субдоминантов и сопутствующих видов. Чаще всего они формируют основу подлеска ламинариевого келпа, реже образуют самостоятельный глубоководный пояс багрянок. При формировании ими монодоминантных сообществ последние, как правило, не занимают больших площадей и не дают большой продукции.

В состав красных водорослей входят различные полисахариды с ярко выраженными гидрофильными свойствами, содержание которых может достигать 55% от сухой массы. Наиболее известен среди них агар. Лучшие его образцы на Дальнем Востоке получают из Анфельции тобучинской, однако на Камчатке этот вид не произрастает. Здесь встречается Анфельция складчатая, по, судя по всему, она не образует сколь-нибудь заметных промысловых скоплений. Другим важнейшим полисахаридом красных водорослей является каррагинан. Он содержится у некоторых видов гигартиновых водорослей, которые встречаются во флоре Камчатки и Командорских островов.

Чрезвычайно многочисленны во флоре обсуждаемого района церамиевые водоросли. Многие из них находят разнообразное использование в медицине, сельском хозяйстве,

употребляются в пищу и являются весьма перспективными для поиска биологически активных веществ. Некоторые представители камчатских церамиевых характеризуются высоким содержанием йода. Кроме упомянутых представителей багрянок во флоре Камчатки встречаются близкие родственники видов и родов других семейств и порядков водорослей, которые находят широкое практическое применение в зарубежных странах. Однако полезные свойства и химический состав их камчатских аналогов еще требуют изучения.

#### Род Порфира - *Porphyra* Ag.

У всех видов рода слоевище представляет собой очень тонкие, нежные, слизистые на ощупь одно- или двуслойные пластины до 20-40 см высотой и 2-20 см шириной. Цвет пластин в зависимости от видовой принадлежности изменяется от красно-коричневого до серо-фиолетового. Края пластин ровные или слабо складчатые. Прикрепляется небольшой мозолистой подошвой.

Встречаются главным образом на литорали на жестком грунте или в виде эпифитов на других водорослях. Некоторые виды рода образуют узкие самостоятельные пояса, главным образом в верхнем и среднем горизонтах литорали. Большая их часть участвует в формировании подлеска ламинариевых водорослей в сублиторальной кайме, поселяясь на грунте или других водорослях. Все виды рода имеют сложные циклы развития. Пластинчатая стадия у них вегетирует в теплую половину года. Литоральные виды начинают развитие у южной Камчатки только с середины лета при максимальном прогреве воды. Литоральные представители рода могут давать 100%-ное проективное покрытие и образовывать биомассу до 1 кг/м<sup>2</sup>.

Виды данного рода едва ли можно рассматривать как самостоятельные объекты промысла. Разные порфиры могут собираться в качестве прилова к другим водорослям. В большей степени они интересны как потенциально возможный объект марикультуры, характеризующийся высоким темпом роста. Культивируется Порфира в Японии и, с недавних пор, в огромных количествах в Китае. В настоящее время проводятся экспериментальные работы по введению в марикультуру некоторых азиатских видов в Северной Америке. Выращивают Порфиру на горизонтально подвешенных сетях. Организация плантаций дает большой экономический эффект и выполняет санитарные функции, способствуя снижению эвтрификации прибрежных вод.

Ценится порфира за ее великолепный вкус, напоминающий вкус креветок, питательную ценность, обусловленную высоким содержанием белковых веществ, а также за полезные лечебные свойства, которые определяются тем, что приготовленные из нее пищевые продукты содержат в своем составе йод, витамины, незаменимые аминокислоты и многие другие необходимые человеку вещества. Собранные для пищевого использования растения сушат и дробят или нарезают. Нарезанные кусочки складывают в несколько слоев, формируя небольшие, около 1 мм толщиной пласты. Высушенную порфиру используют для приготовления соусов и подливок, вторых блюд и как приправу к супам. В Японии пищевая продукция из порфиры имеет общее название "нори".

Во флоре Камчатки род представлен 12 видами. Наиболее распространенными из них являются *Porphyra abbottae* Krishn. (Порфира Абботт), *Porphyra miniata* (Ag.) Ag. (Порфира красная, рис. 2.3,а), *Porphyra variegata* (Kjellm.) Hus (Порфира пестрая), *Porphyra ochotensis* Nagai (Порфира охотская) и *Porphyra pseudolinearis* Ueda (Порфира ложнолинейная), *Porphyra kurogii* Lindstr. (Порфира Куроги, рис. 2.3,б).

#### Род Мастокарпус - *Mastocarpus* Kibitz.

У всех представителей рода слоевище представляет собой упругие, хрящеватые,

сдавленно-цилиндрические или плоские дихотомически разветвленные темно-бордовые кустики 3-7 см высотой и до 2 см шириной в верхней, наиболее широкой части.

Все виды рода растут в среднем горизонте литорали в условиях повышенной прибойности, у открытых и полузащищенных морских побережий, предпочитают хорошо аэрированные чистые воды. На пологих скалистых платформах образуют самостоятельные чистые заросли с высоким проективным покрытием, площадь которых обычно не превышает 1-1,5 м<sup>2</sup>. На участках с дробным микрорельефом растут по трещинам скал. Максимальная биомасса может достигать 3 кг/м.

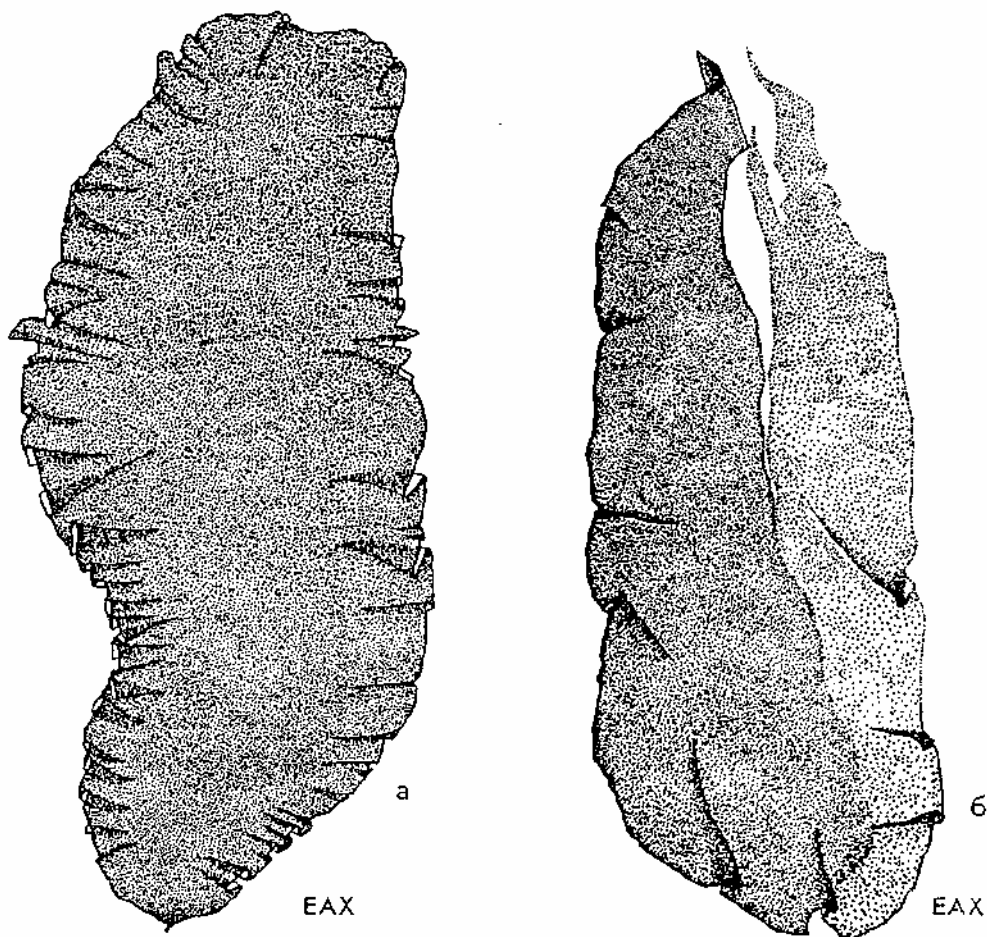


Рис. 2.3. Порфира красная (а) и Порфира Куроги(б)

Природные популяции Мастокарпуса обычно состоят из находящихся в них в разных соотношениях спорофитных и гаметофитных генераций. Растения различных генераций содержат в своем составе разное количество полисахаридов. Поэтому важным направлением научного изучения видов этого рода наряду с исследованием их сырьевой базы является изучение половой структуры популяций и механизмов ее формирования. Во многих зарубежных странах практикуется экстенсивная марикультура близких родственников мастокарпуса.

Во флоре Камчатки род представлен 3 видами: *Mastocarpus ochotensis* (Rupr.) Mak. (Мастокарпус охотский, рис. 2.4,а), *Mastocarpus unalashkensis* (Rupr.) Mak. (Мастокарпус уналашкинский, рис. 2.4,б), и *Mastocarpus papillatus* (Ad.) Kutz. (Мастокарпус сосочковый). Первые два вида являются наиболее распространенными, некоторыми исследователями они объединяются в один полиморфный вид *Mastocarpus*

*pacifica*. (Kjellm.) Perest.

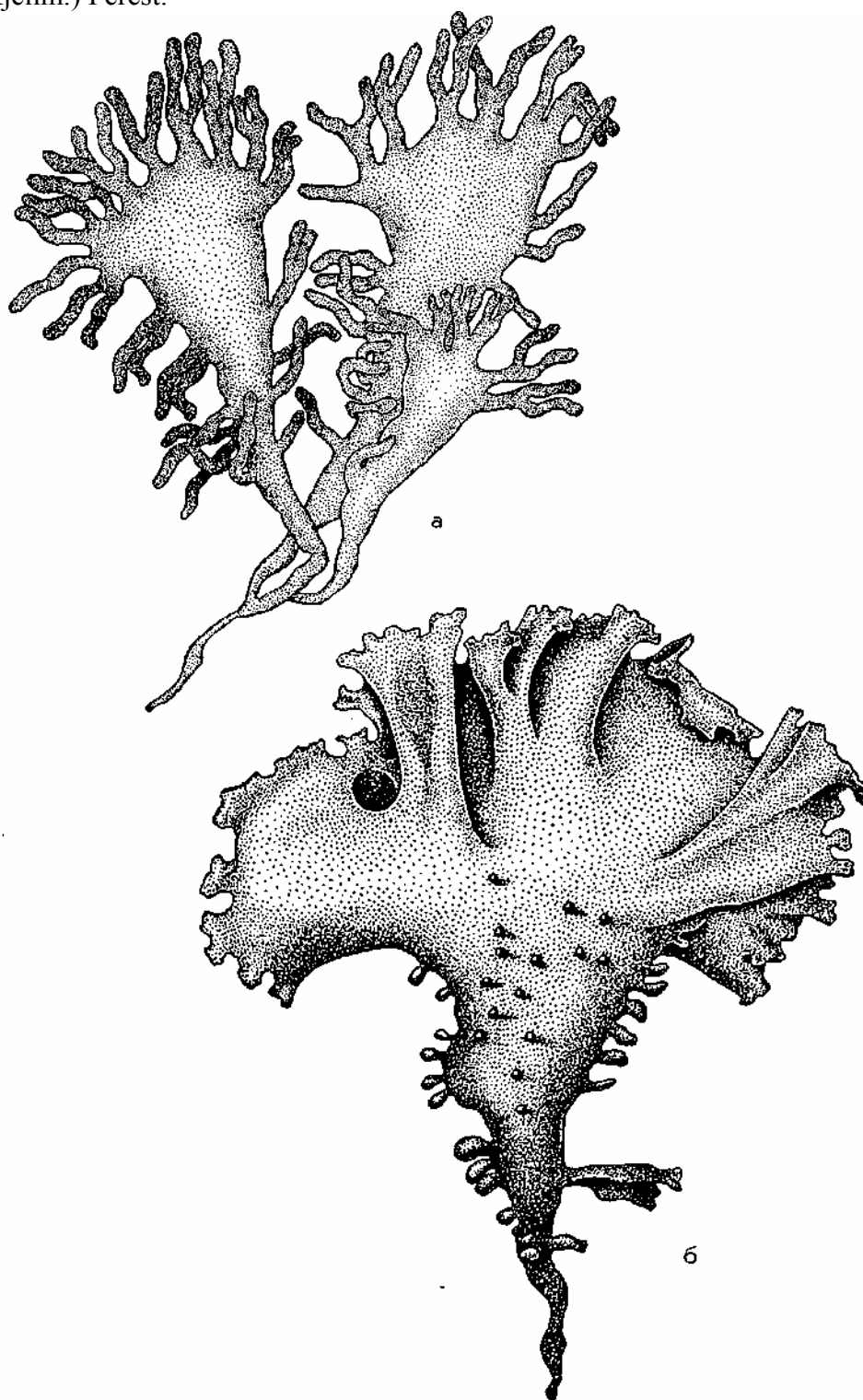


Рис. 2.4. Мастокарпус охотский (а) и Мастокарпус уналашкинский (б). Увеличено в 3 раза

Все виды рода являются перспективными источниками ценного гетерополисахарида каррагинана.

Род Хондрус - *Chondrus* Stackh.

Слоевище в виде плоских разветвленных кустиков каштаново-карминного цвета до 9

см высотой. Стебелек у самого основания сдавленный, в верхней части плоский до 5 мм шириной и 3,5 см высотой. Боковые ветви образуются в ди- или трихотомической манере. Прикрепляется небольшой подошвой.

Во флоре Камчатки представлен только одним видом - *Chondrus platynus* (Ag.) J. Ag. (Хондрус широкий, рис. 2.5).

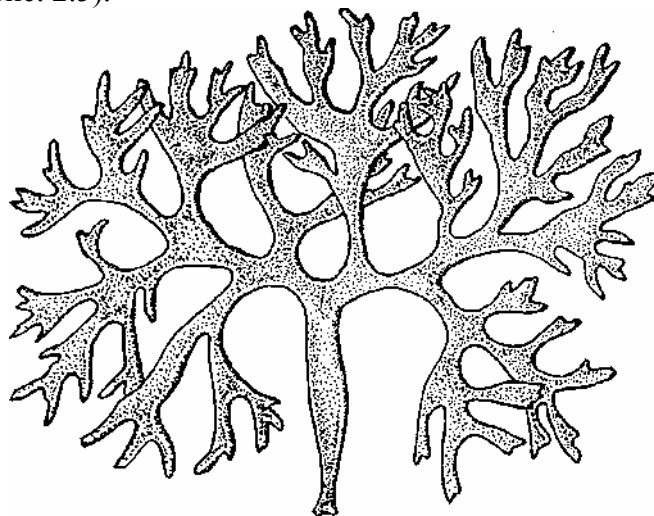


Рис. 2.5. Хондрус широкий, внешний вид стерильного растения

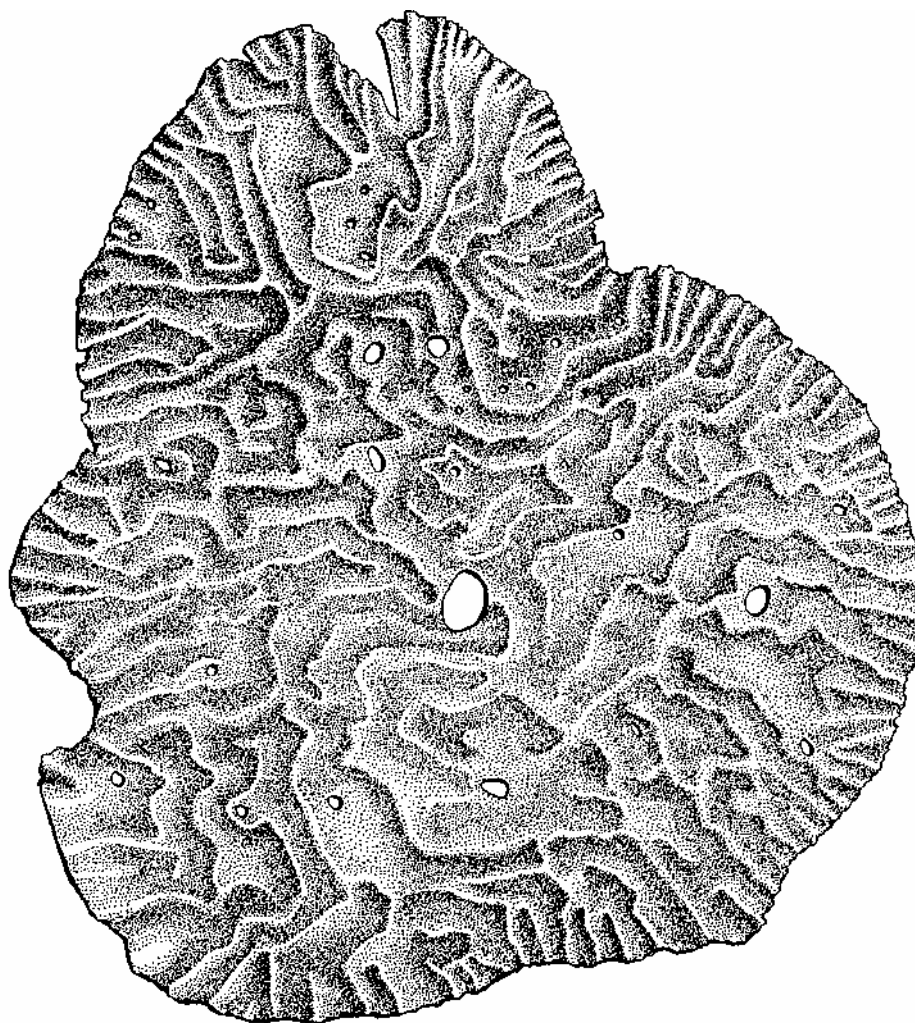
У восточного побережья Камчатки этот вид, как очень редкий, рекомендован к охране. У западного он встречается достаточно часто. Возможно, что на западном побережье, как и в других районах Охотского моря, он образует промысловые скопления. Характеризуется высоким содержанием полисахаридов.

#### Род Турнерелла - *Turnerella* Schmitz.

Представляет собой кожистые, округлые или неопределенных очертаний, цельные или разорванные на лопасти темно-бордовые или почти черные пластины 30-50 см высотой и 20-45 см шириной. Прикрепляется небольшой мозолистой подошвой. От других пластинчатых водорослей, идентификация которых достаточно сложна, легко отличается внешним видом пластин и их текстурой.

Встречается довольно часто, у открытых побережий, растет в сублиторальной зоне шельфа на глубинах от 2 до 30 (40) м. Предпочитает скалистые и глыбово-валунные грунты, прибойные открытые местообитания. Самостоятельной ассоциации не образует и чаще всего развивается под пологом ламинариевых. На северо-восточном побережье Камчатки встречается чаще, чем на юго-восточном. Обычно растет совместно с другими пластинчатыми багрянками.

Представляет интерес как массовый представитель водорослевой флоры и потенциально возможный источник полисахаридов, аналогичных каррагинану. Во флоре Восточной Камчатки представлена видом - *Turnerella mertensiana* (P. et R.) Schmitz (Турнерелла Мертенса, рис. 2.6).



*Рис. 2.6. Турнерелла Мертенса, внешний вид сухого гербарного образца*

#### Род Пальмария - *Palmaria* Stackh.

Виды, относящиеся к данному роду, представляют собой перепончатые, мягкие или грубые, не слизистые на ощупь, разветвленные пластины 20-50 см высотой, ветви узко- или ширококлиновидные, до 7 см шириной в верхней, самой широкой части. Цвет темно-красный или вишневый. Растет пучками, по несколько от одной подошвы. Пальмария хорошо отличается от других багрянок: при легком подсыхании у растений хорошо просматриваются очень крупные, видимые невооруженным глазом сердцевинные клетки.

Растет в широком диапазоне глубин от нижнего горизонта литорали до 5-10 м, обычно среди ламинариевых водорослей по всей ширине формируемого ими пояса. На границе среднего и нижнего горизонтов литорали и в нижнем горизонте образует самостоятельные пояса или смешанные заросли. Максимальная биомасса может достигать 0,5-3,0 кг/м<sup>2</sup>.

Активный рост слоевищ начинается в зимне-весенний период, к концу мая - началу июня растения достигают полной зрелости. Созревание спор и период спороношения растянуты. В течение лета могут происходить прорастание спор, появление новых генераций и их созревание. К осени качество пальмариевого сырья сильно снижается из-за массового развития на растениях, появившихся в ранне-весенний период, эпифитов и особенно эндофитов, а также из-за огрубевания слоевищ.

Все виды характеризуются высокими темпами роста и активностью колонизации субстратов, в том числе антропогенных. Вероятно, как и их ближайшие родственники из Атлантики, могут быть введены на Камчатке в марикультуру.

Представители рода широко известны в приморских странах Европы и Нового Света как пищевые растения. В Шотландии только до войны заготавливалось до 50 тыс. т сухой *Palmaria palmata*. Она экспортировалась во Францию, Великобританию и другие страны. В настоящее время она в основном потребляется на внутреннем рынке. У атлантического побережья Канады поставлена марикультура пальмарии. Сравнительно недавно было обнаружено, что многие представители порядка *Palmariales* содержат йезопентаеновую кислоту, которая оказывает профилактическое и лечебное воздействие.

Во флоре Камчатки род представлен 3 видами: *Palmaria stenogona* (Perest.) Perest. (Пальмария узкоугольная, рис. 2.7), *Palmaria marginicrassa* Lee (Пальмария толстокраевая) и *Palmaria callophyloides* Hawkes (Пальмария каллофиллисоподобная).

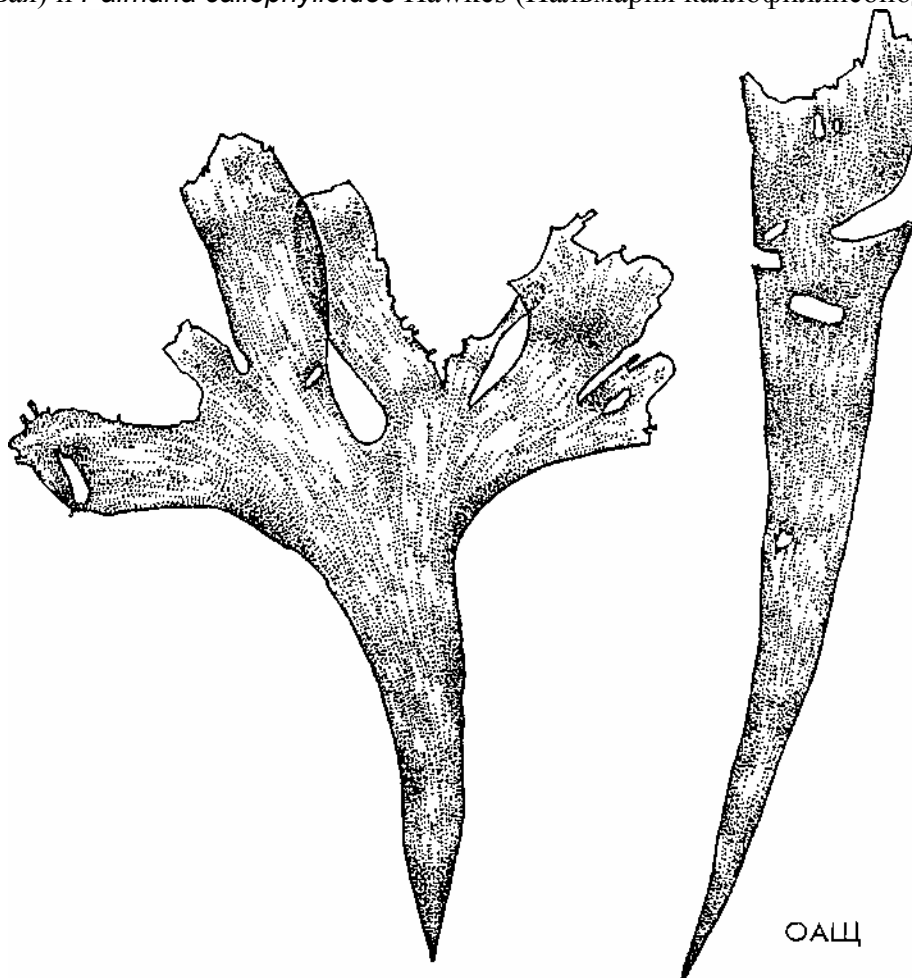


Рис. 2.7. Пальмария узкоугольная, раннелетнее растение первого года жизни

#### Род Птилота - *Ptilota* Ад.

Слоевидное растение в виде уплощенных многократно попеременно разветвленных кустиков 5-20 см и более высотой. Боковые ветви узко-линейные, уплощенные или плоские, до 2-3 мм шириной. На ветвях всех порядков развиваются чередующиеся пары разных по форме и размерам боковых ветвей, одна из которых неограниченного, а другая - ограниченного роста. Цвет растений темно-красный, почти бордовый. Прикрепляется небольшой подошвой. Хорошо отличается от остальных багрянок перистым



ветвлением.

Растет на жестких грунтах или эпифитно на черешках и ризоидах ламинариевых водорослей (особенно *Thalassiophyllum*) у открытых или полузащищенных участков побережья в условиях сильной и умеренной прибойности, на глубине 0-25 (40) м, обычно под пологом ламинариевых водорослей. Часто выступает как субдоминант сублиторальных растительных сообществ. Значительно реже образует разреженные заросли в сообществе корковых кораллиновых водорослей. Масса одного растения может достигать 0,4-0,5 кг, биомасса 3,5 кг/м<sup>2</sup>.

Все перечисленные виды - настоящие многолетники. Специальные исследования по определению продолжительности их жизни еще не проводились. По содержанию йода они практически не уступают ламинариевым водорослям. В связи с массовым развитием представителей рода на Камчатке их можно рассматривать в этом регионе как перспективные источники получения йодсодержащей продукции.

Во флоре Камчатки род представлен тремя видами: *Ptilota filicina* J.Ag. (Птилота папоротниковидная, рис. 2.8,а), *Ptilota plumosa* (L.) J.Ag. (Птилота перистая, рис. 2.8,б) и *Ptilota serrate* Kutz. (Птилота гребенчатая). Первый из них является наиболее массовым.



Рис. 2.8. Птилота папоротниковидная (а), Птилота перистая, увеличенный фрагмент верхней части боковой ветви (б): Неоптилота асплениевидная, увеличенный фрагмент верхней части боковой ветви (в)

#### Род Неоптилота - *Neoptilota* Kylin.

Этот род внешне практически не отличается от рода *Ptilota*, представляет собой сложным образом разветвленные кустики. Входящие в него виды являются многолетниками. Активный рост слоевищ начинается ранней весной и продолжается до середины июня. Уже к июлю у растений формируются органы размножения - карпо- и тетраспоры. Тогда же начинается их рассеивание. К осени растения обильно покрываются эпифитами. Вид встречается только в сублиторальной зоне шельфа на глубине 0-8 м у открытых и полуоткрытых прибойных участков побережья, часто под пологом ламинариевых водорослей, на жестком, скалистом или каменистом грунте или на их черешках и ризоидах. Встречается также в составе малопродуктивного

сообщества кораллиновых водорослей. Масса одного взрослого многолетнего растения может достигать 0,5-0,8 кг, биомасса до 4 кг/м<sup>2</sup>.

У восточного побережья Камчатки встречается повсеместно. В Корфо-Карагинском районе образует массовые промысловые скопления в сублиторальной зоне шельфа.

Во флоре Камчатки представлен видом *Neoptilota asplenioides* (Turn.) Kylin (Неоптилота асплениевидная, рис. 2.8,в).

Перспективный источник получения йода. Имеются сведения о положительных опытах использования дальневосточных видов родов *Ptilota* и *Neoptilota* для получения гидролизата, содержащего все незаменимые аминокислоты, и использования его в качестве кормовой добавки к кормам сельскохозяйственных животных.

#### Род Одонтоалия - *Odonthalia* Lyngb.

Слоевище представляет собой плоские, уплощенные или вальковатые обильно неправильно или попеременно разветвленные в одной плоскости кустики высотой 5-35 см. Боковые ветви 3-го - 7-го порядков. В основу внутриродового деления положены особенности строения органов размножения и их расположение на слоевище, а также ширина боковых ветвей, строение и расположение веточек ограниченного роста. Все представители рода - настоящие многолетники, вегетирующие предположительно до 3-5 лет.

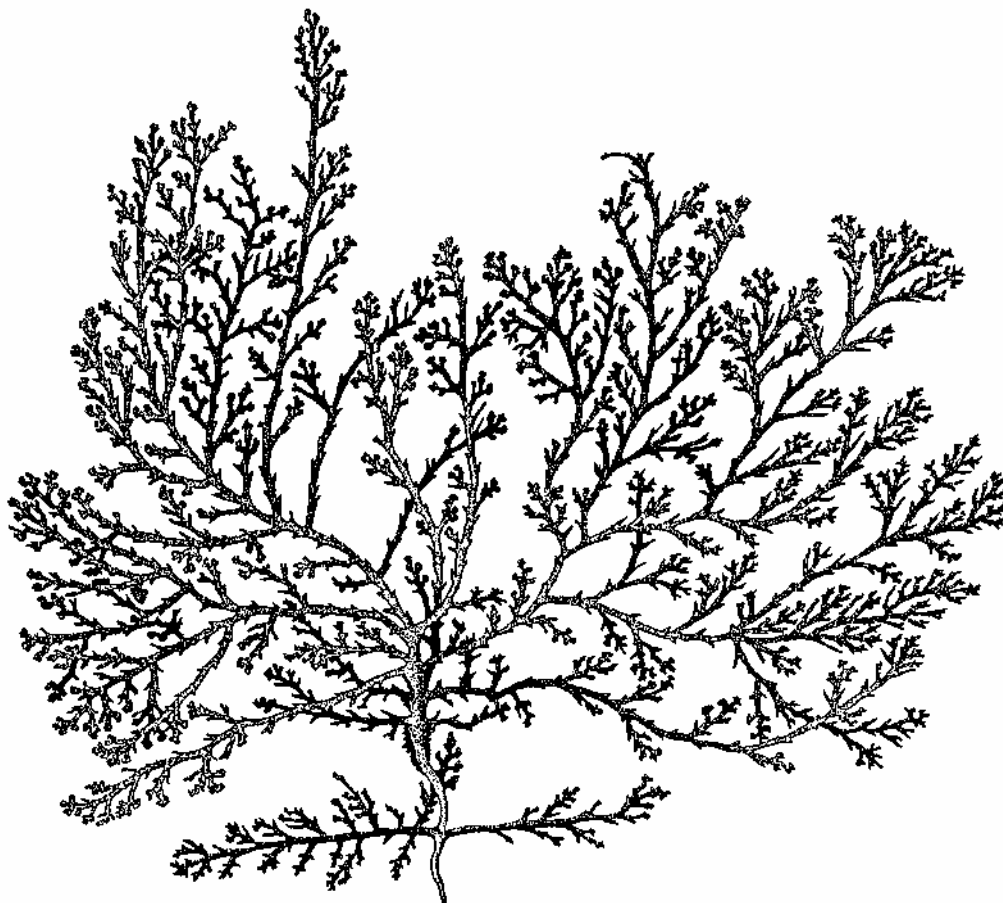


Рис. 2.9. Одонтоалия камчатская, внешний вид

Растут на жестких грунтах или черешках ламинариевых на глубине 0-20 м. На Командорских островах могут выходить на литораль. Часто формируют смешанные заросли с видами родов *Ptilota* и *Neoptilota* и друг с другом. Максимально

зарегистрированная биомасса до 5,3 кг/м<sup>2</sup>.

У побережья Камчатки и в Беринговом море встречаются 8 видов. Из них *Odonthalia kamtschatica* (Rupr.) J.Ag. (Одонтолия камчатская, рис. 2.9), *Odonthalia dentata* (L) Lyngb. (Одонтолия зубчатая), *Odonthalia setacea* (Rupr.) Perest. (Одонтолия щетинковидная) и *Odonthalia corymbifera* (Gmel.) J. Ag. (Одонтолия щитконосная, рис. 2.10) являются наиболее массовыми.

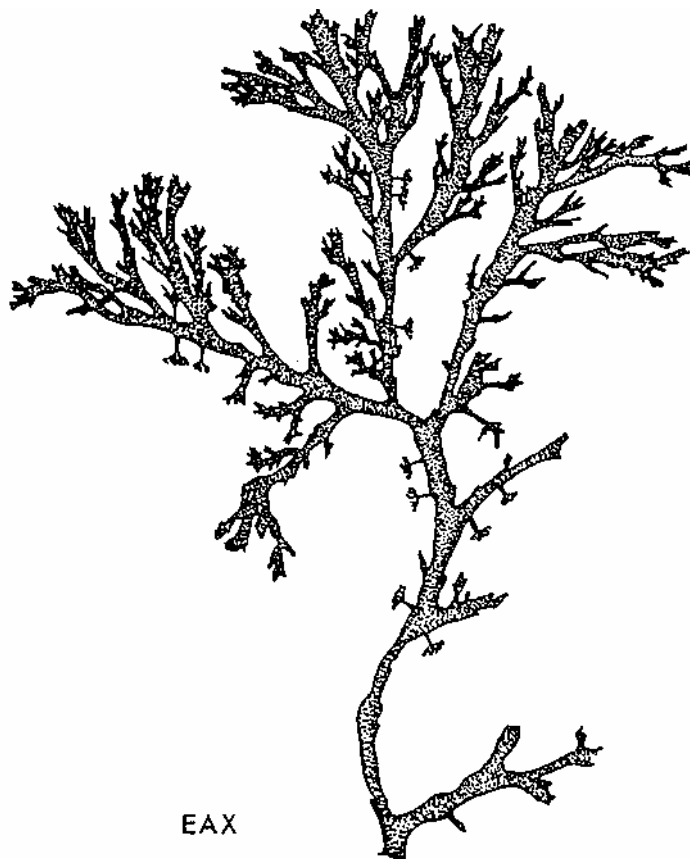


Рис. 2.10. Одонтолия щитконосная, внешний вид

### 2.3. СОСТАВ И ХАРАКТЕРИСТИКА ЛАМИНАРИЕВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ КАМЧАТСКО-БЕРИНГОВОМОРСКОГО РАЙОНА

#### 2.3.1. ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОРЯДКА LAMINARIALES НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ И В КАМЧАТСКО-БЕРИНГОВОМОРСКОМ РАЙОНЕ

В умеренных и холодных водах Мирового океана ламинариевым водорослям принадлежит особая средообразующая, ценотическая и продукционная роль. Для каждого района побережья характерен свой родовой и видовой состав, но как группа макрофитобентоса они распространены по всему миру там, где температура воды не поднимается выше 20°C.

Высокая экологическая пластичность обеспечивает этой группе массовое устойчивое присутствие в растительных сообществах макрофитобентоса. Несмотря на значительную ценотическую роль, состав родов и видов от района к району и их участие в формировании сообществ претерпевают сильные изменения. Из-за сложного внутреннего строения, активных формообразовательных процессов, высокой

избирательной способности к условиям среды и приспособленности к конкурентному давлению других видов порядок *Laminariales* весьма дифференцирован. Он включает большое количество родов, содержащих относительно небольшое число видов. При этом для многих родов и особенно видов характерны достаточно узкие ареалы. Этими признаками ламинариевые сильно отличаются от других групп, особенно входящих в отделы зеленых и бурых водорослей. Это позволяет широко использовать их для флористического районирования умеренных вод Мирового океана.

Сказанное выше в полной мере относится и к флоре ламинариевых российских дальневосточных морей (табл. 2.1, 2.2).

Таблица 2.1

**Объем и распространение дальневосточных родов порядка *Laminariales***

N п/п	Род	Распространение	Общий объем рода	Кол-во видов в дальневост. флоре	Распространение на ДВ России			
					I	II	III	IV
1	Agarum	Аркто-Тихоок. -Атлант	>5	2	+	+	+	+
2	Alaria	То же	>8	5	+	+	+	+
3	Arthrothamnus	Азиатско-Американское	2	2	+	+	+	-
4	Chorda	Аркто-Тихоок. -Атлант	2	1	+	+	+	+
5	Costaria	Азиатско-Американское	1	1	-	-	+	+
6	Costularia	Азиатское	1	1	-	-	+	-
7	Cymathere	Азиатско-Американское	3	3	+	+	+	-
8	Feditia	Азиатское	1	1	-	-	+	-
9	Kjellmaniella	-“-	2	2	-	-	+	+
10	Lammaria	Аркто-Тихоок -Атлант	>10	14	+	+	+	+
11	Lessonia	Азиатско-Американское	>5	1	-	+	-	-
12	Nereocystis	-“-	1	1	+	-	-	-
13	Pleuropterum	Азиатское	1	1	-	-	+	-
14	Phyllanella	-“-	1	1	-	+	-	-
15	Pseudochorda	-“-	1	1	-	-	+	+
16	Thalassiophyllum	Азиатско-Американское	1	1	+	+	+	+
17	Undaria	Азиатское	3	1	-	-	-	+
18	Undariella	-“-	1	1	-	-	+	-
Всего				40	8	9	14	8

*Примечание.* Районы распространения представителей указанных родов на Дальнем Востоке: I -Берингово море, юго-восточная Камчатка и Командорские острова; II - материковое побережье Охотского моря, Шантарские острова; III - Курильские острова и о-в Сахалин; IV - материковое побережье Японского моря.

Из данных, приведенных в табл. 2.1, видно, что на Дальнем Востоке в пределах Российского побережья распространены 18 родов ламинариевых водорослей, 2/3 их общего количества представлены здесь только одним видом и около половины являются вообще монотипическими. Из шести дальневосточных родов, содержащих в своем составе более одного вида, четыре составляют роды с небольшим количеством видов - от 2 до 3. Таким образом, из 18 родов только два, *Alaria* и *Laminaria*, насыщены большим числом таксонов. Они же относятся к наиболее многочисленным родам порядка.

Из всех дальневосточных родов ламинариевых четыре рода имеют широкое аркто-тихоокеанско-атлантическое распространение, остальные встречаются только в Тихом океане, из них 8 родов, т.е. половина, распространены только у азиатского побережья и 6 оставшихся родов - у азиатского и американского побережий.

Виды ламинариевых водорослей, как уже говорилось, имеют достаточно узкие

ареалы (табл.2.2).

Таблица 2.2

**Распространение видов порядка Laminariales в дальневосточных морях России**

Вид	Районы Дальнего Востока			
	I	II	III	IV
<i>Agarum cribrosum</i> Bory	1-5	6-10	11-17	18-20
<i>Agarum turneri</i> P. et R	5	-	-	-
<i>Alaria angusta</i> Kjellm.	3-5	6-7	11-16	18-19
<i>Alaria fistulosa</i> P. et R.	2-5	6-7, 9-10	11-16	-
<i>Alaria macroptera</i> (Rupr.) Yendo	1-2	9-10	11-15	-
<i>Alaria marginata</i> P. et R.	1-5	6-10	11-17	18
<i>Alaria ochotensis</i> Yendo	5	8-10	11-17	18-19
<i>Arthrothamnus bifidus</i> (Gmel) J Ad	2-5	6,8	13-15	-
<i>Arthrothamnus kurilensis</i> Rupr	-	-	13-15	-
<i>Chorda filum</i> (L) Lamour	1-2, 4-5	7-10	11-13,16-17	18-20
<i>Costaria costata</i> (Turn) Saund	-	-	11-17	18-20
<i>Costularia kurilensis</i> Ju. Petr et Guss.	-	-	14	-
<i>Cymathere fibrosa</i> Nagai	-	-	13-15	-
<i>Cymathere japonica</i> Miyabe et Nagai	-	-	13-15	-
<i>Cymathere triplicata</i> (P et R) J Ag	4-5	6	13-15	-
<i>Feditia simuschirensis</i> Ju Petr et I Guss	-	-	14	-
<i>Kjellmaniella crassifolia</i> Miyabe	-	-	12-13, 16-17	18-19
<i>Kjellmaniella gyrata</i> (Kjellm) Miyabe	-	-	13-14	-
<i>Lammaria angustata</i> Kjellm	-	-	12-13 16	-
<i>Laminaria appressirhiza</i> Ju Petr et V Voz.	-	7-10	11,13-16	-
<i>Lammaria cichorioides</i> Miyabe	-	-	11-13,16-17	18-20
<i>Lammaria complanata</i> (S et G) Setch	1	-	-	-
<i>Lammaria bongardiana</i> P et R	1-5	6-7	11,13-15	-
<i>Lammaria dentigera</i> Kjellm	1-5	6	11-16	-
<i>Lammaria groenlandica</i> Rosenv	1	-	-	-
<i>Lammaria gurjanovae</i> A Zin	1-5	7-10	11-17	20
<i>Lammaria japonica</i> Aresch	-	-	11-13,16-17	18-20
<i>Lammaria inclinatorhiza</i> Ju Petr et V Voz	-	6-8,10	-	-
<i>Lammaria longipes</i> Bory	2-5	6-7	11-15	-
<i>Lammaria multiplicata</i> Ju Petr et M Suchov	-	9	-	-
<i>Lammaria solidungula</i> I. Ag	1-2	-	-	-
<i>Lammaria yezoensis</i> Miyabe	2-5	6-7	11-15	I
<i>Lessonia laminarioides</i> P et R	-	7,10	-	I
<i>Nereocystis luetkeana</i> (Mert) P et R	3-5	-	-	-
<i>Phyllanella ochotensis</i> Ju Petr et V Voz	-	7,10	-	-
<i>Pleuropterum paradiseum</i> Miyabe et Nagai	-	-	13-15	-
<i>Pseudochorda nagaii</i> (Tokida) Inagaki	-	-	11-13, 16-17	19-20
<i>Thalassiophyllum clathrus</i> (Gmel) P et R	2-5	6,7	11,13-15	-
<i>Undaria pinnatifida</i> (Harv.) Suring	-	-	-	20
<i>Undariella kurilensis</i> Ju Petr et O Kussak	-	-	15	-

*Примечание.* Районы I-IV распространения представителей указанных родов на Дальнем Востоке соответствуют таковым в табл. 2.1. Участки в пределах этих районов (1 -20) соответствуют таковым на рис. 2.11.

Из табл. 2.2 и рис. 2.11 видно, что в дальневосточных морях России повсеместно распространены только *Chorda filum*, *Agarum cribrosum* и два вида рода *Alaria*, причем один из них - *Alaria fistulosa* в Японском море встречается очень ограниченно. Остальные представители порядка имеют более узкие ареалы. Их распространение к

югу или к северу определяется во многом их термотипическими характеристиками. Большое влияние на процессы расселения ламинариевых оказывают особенности биологии развития, обеспечивающие им преимущество в конкурентных взаимоотношениях с другими представителями бентосных сообществ, а также приуроченность к определенным центрам разнообразия и возможного происхождения морских бентосных флор. Именно благодаря последнему обстоятельству среди ламинариевых встречаются узкоареальные виды, приуроченные только к материковому берегу Охотского моря или только к Курильским островам.

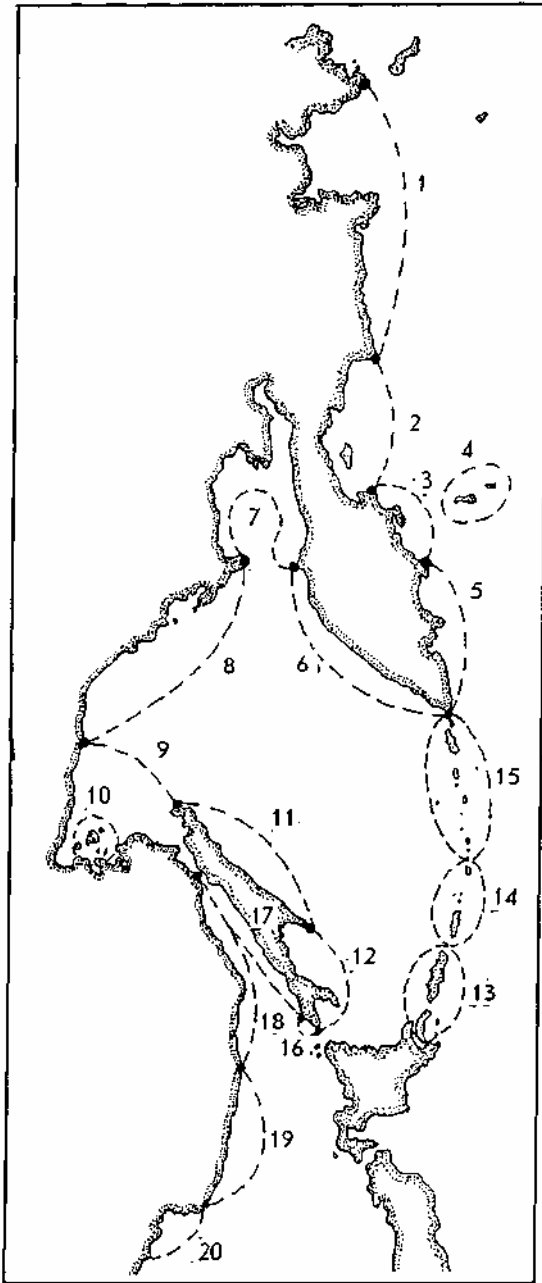


Рис. 2.11. Карта-схема районов распространения ламинариевых водорослей на Дальнем Востоке

Ламинариевая флора северо-западного побережья Берингова моря и юго-восточной Камчатки, как это видно из рис. 2.12, по количеству родов и видов вполне сопоставима со многими районами Охотского и Японского морей. Вместе с тем она резко беднее соседней северокурильской флоры и не имеет специфических, свойственных только ей родов. Из данных, приведенных в табл. 2.2, видно, что из общего списка дальневосточных видов только здесь встречаются арктические виды *Laminaria complanata*, *L. solidungula* и узкоареальный северопафический вид *Agarum turneri*. Остальные представители камчатских ламинариевых водорослей в Дальневосточных морях имеют более широкое распространение.

В качестве исторической справки отметим, что в прошлом веке у берегов Камчатки встречались и, по-видимому, были широко распространены представители рода Макроцистис (*Macrocystis*), но в настоящее время этот род у азиатского побережья Тихого океана полностью исчез, а у американского по ряду причин резко сократил свое присутствие, главным образом в связи с глобальными изменениями климата и изменением численности популяций морских млекопитающих, сдерживающих

развитие донных животных-фитофагов. Еще один вид камчатско-берингоморской флоры ламинариевых, Нереоцистис Лютке (*Nereocystis luetkeana*), у азиатского побережья встречается как заносный, только эпизодически, в выбросах. Чаще всего его можно найти у Командорских островов. Отдельные его экземпляры могут проникать в прибрежные воды полуострова и мигрировать с течением вдоль побережья вплоть до

Авачинского залива. Об этом свидетельствуют их находки на Халактырском пляже, вблизи горла Авачинской губы.

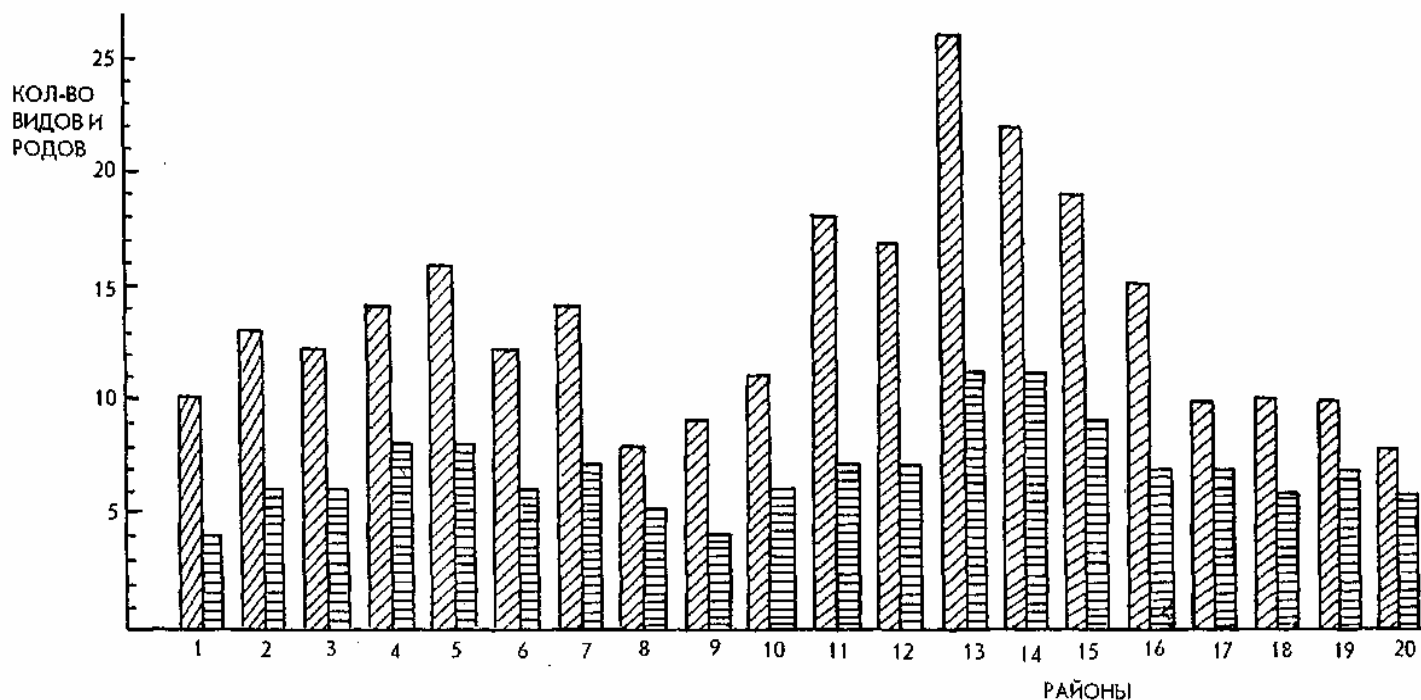


Рис. 2.12. Количество родов и видов ламинариевых водорослей в разных районах дальневосточного побережья

Изучение ценотической роли и распространения представителей порядка в пределах Северной Пацифики показывает, что большинство камчатско-командорских ламинариевых принадлежат к комплексу видов курило-командоро-алеутского распространения и что их видовой и родовой состав отличается от такового для материкового побережья Охотского моря.

Для флоры камчатско-берингоморского района к настоящему моменту указывалось более 30 видов ламинариевых. В соответствии с результатами последней ревизии дальневосточных представителей этого порядка, проведенной Ю.Е.Петровым, общий список видов района достигает 20 наименований (табл. 2.2). Остальные указывавшиеся здесь разными исследователями виды следует признать их синонимами или неверно определенными таксонами. За многолетнюю историю изучения флоры района наибольшее число таких видов было описано для родов *Alaria* и *Laminaria*, а среди представителей последнего - для полиморфного и наиболее распространенного вида *Laminaria bongardiana* (табл. 2.3, 2.4, 2.5).

Таблица 2.3

**Виды *Alaria*, ошибочно указывавшиеся для камчатско-берингоморского района**

Автор	Год опубликования работы	Название вида
Возжинская В.Б.	1966	<i>Alaria crassifolia</i> Kjellm
Kjellman F.R.	1889	<i>Alaria crispa</i> Kjellm
Yendo K.	1912	<i>Alaria dolichoraches</i> Kjellm
Спасский Н.Н.	1961	<i>Alaria esculenta</i> (L.) Grev.
Зинова Е.С.	1940	<i>Alaria lanceolata</i> Kjellm
Кардакова-Преженцева Е.И.	1938	<i>Alaria laticosta</i> Kjellm

Зинова Е.С.	1954	<i>Alaria membranacea J Ag</i>
Спасский Н.Н.	1961	<i>Alaria praelonga Kjellm</i>
Зинова Е.С.	1933	<i>Alaria pylaii (De la Pyl) Grev</i>
Воронихин Н.Н.	1914	<i>Alaria taeniata Kjellm</i>
Воронихин Н.Н.	1914	<i>Alaria tenuifolia Setch</i>
Щапова Т.Ф.	1948	<i>Alaria valida Kjellm et Setch</i>

*Примечание.* Из множества известных в научной литературе работ с упоминанием этих ошибочно указывавшихся видов приводятся только те, в которых они указывались впервые.

Таблица 2.4

**Сомнительные виды (предположительно синонимы *Laminaria bongardiana*),  
указывавшиеся для камчатско-берингоморского района**

Автор статьи	Год опубликования работы	Название вида
Щапова Т.Ф.	1948	<i>Laminaria agardhii Kjellm.</i>
Arwidsson T.	1932	<i>L. crassifolia P. et R.</i>
Зинова Е. С.	1940	<i>L. cuneifolia J. Ag.</i>
Arwidsson T.	1932	<i>L. ensiformis Ag.</i>
Щапова Т.Ф.	1948	<i>L. japonica Aresch.</i>
Гайл Г.И.	1936	<i>L. nigripes J. Ag.</i>
Спасский Н.Н.	1961	<i>L. ruprechtii (Aresch.) De-Toni</i>

*Примечание.* Из множества известных в научной литературе работ с упоминанием этих ошибочно указывавшихся видов приводятся только те, в которых они указывались впервые.

Таблица 2.5 дополняет приведенные выше сведения и показывает также, насколько неопределенным было понимание специалистами вопросов, касающихся систематики массового полиморфного вида Ламинария Бонгарда. Данные таблицы показывают, что представители данного вида разными авторами относились к трем разным родам и девяти самостоятельным видам.

Таблица 2.

**Виды *Laminaria*, ошибочно указывавшиеся для камчатско-берингоморского района**

Автор	Год опубликования работы	Название вида
Kjellman F. R.	1889	<i>Laminaria bullata Kjellm.</i> <i>L. nigripes J. Ag.</i>
Зинова Е.С.	1933	<i>L. bongardiana f. elliptica Kjellm.</i>
Nagai M.	1940	<i>L. taeniata P. et R.</i>
Okamura K.	1928	<i>Hedophyllum spirale Yendo</i>
Зинова Е.С.	1940	<i>H. sessile (Ag.) Setch.</i>
Гайл Г. И.	1936	<i>H. subsessile (Aresch.) Setch.</i> <i>H. bongardiana (P. et R.) S. et G.</i> <i>Streptophyllum spirale (Yendo) Myabe et Nagai</i>

*Примечание.* Из множества известных в научной литературе работ с упоминанием этих ошибочно указывавшихся видов приводятся только те, в которых они указывались впервые.

Следует отметить, что упомянутое выше исследование Ю.Е. Петрова не устранило до конца все противоречия в понимании объема или статуса отдельных таксонов и их синонимов. Это видно из того, что некоторые авторы продолжают рассматривать в качестве самостоятельных виды, отнесенные Ю.Е. Петровым к синонимам. Окончательное разрешение спорных вопросов по систематике ламинариевых камчатско-берингоморского района может быть сделано лишь на фоне изучения группы на большом материале, собранном по всему северо-пацифическому региону в разные периоды вегетации.



### 2.3.2. ОСОБЕННОСТИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ПОРЯДКА LAMINARIALES

Ламинариевые водоросли имеют цикл развития, в котором наблюдается обязательное чередование разных по морфологии форм развития: макроскопических достаточно крупных спорофитов и микроскопических раздельнополых гаметофитов (рис. 2.13). Все вегетативные клетки спорофитов содержат двойной набор хромосом, т.е. являются диплоидными. В генеративных клетках спорофитов в результате их мейотического деления образуются продукты бесполого размножения - зооспоры, содержащие редуцированный вдвое (гаплоидный) набор хромосом. Зооспоры представляют собой подвижные клетки грушевидной формы с двумя жгутиками. Прикрепляясь к субстрату, они теряют жгутики, превращаются в эмбриоспоры и дают начало гаплоидным женским и мужским растениям, которые при созревании формируют соответственно оогонии и антеридии. В них без предварительного деления хромосом образуются женские половые клетки (яйцеклетки) и мужские половые клетки (антерозоиды).

Половой процесс у этой генерации - оогамия. Крупная неподвижная яйцеклетка после созревания и выхода из оогония остается прикрепленной к нему.

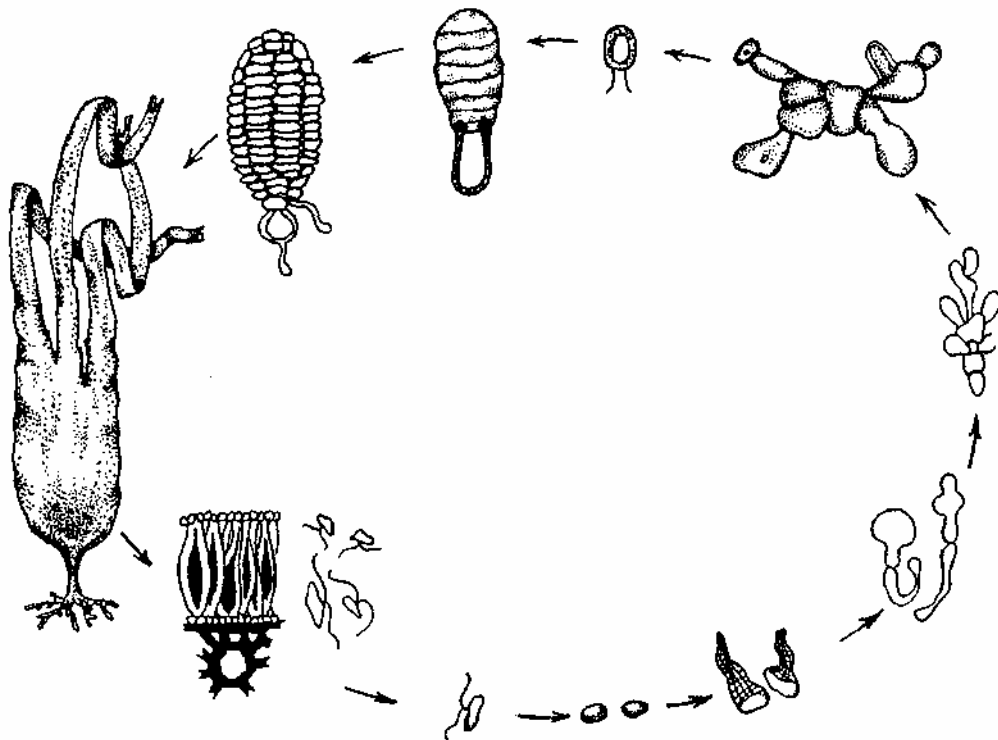


Рис. 2.13. Цикл развития ламинариевых водорослей.

После оплодотворения подвижной мужской гаметой образуется диплоидная зигота с двойным набором хромосом. Ее дальнейшее развитие дает начало спорофиту, прорастающему непосредственно на женском гаметофите. Таким образом, цикл развития вида как бы завершается.

Виды ламинариевых водорослей основную часть жизненного цикла проводят в стадии спорофита. У разных представителей порядка она может длиться от одного года до нескольких лет. Зооспоры, продуцируемые спорофитами, находятся в состоянии активной пелагической жизни обычно не более двух суток. После оседания на субстрат и плотного закрепления они прорастают в женский или мужской гаметофиты без периода покоя. Гаметофиты существуют не более 1-4 месяцев. Оплодотворенная

яйцеклетка трогается в рост также без периода покоя. Многолетний спорофит продуцирует споры ежегодно, с разной интенсивностью.

### 2.3.3. ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ И АНАТОМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ЛАМИНАРИЕВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ

При всех внешних различиях спорофиты ламинариевых имеют общие черты морфологии. Их слоевища дифференцированы на органы прикрепления, более или менее отчетливо выраженный стволик и пластинчатую часть. Последняя может быть гладкой или с различным рельефом: выпуклостями, вогнутостями, утолщениями и т.д. Пластины могут быть цельными или перфорированными, могут иметь продольные разрывы, жилки и складки, развиваться в одной плоскости или скручиваться. Сочетание разных признаков обуславливает множественность их комплектации, на которой основано внутривидовое и внутривидовое деление ламинариевых. В основу систематики этой группы положены, кроме того, особенности строения черешков, органов прикрепления, локализации фертильных структур, а также некоторые признаки анатомического строения.

Внутренняя организация слоевищ ламинариевых также характеризуется многими общими чертами. Вся поверхность пластин покрыта фитокутикулой. Ее образуют параллельные слои плотной слизи. Под кутикулой располагаются 1-4 слоя интенсивно окрашенных клеток меристодермы. В них присутствует большое количество хлоропластов и физод. Физоды имеют вид бесцветных пузырьков в молодых клетках и желтых или светло-бурых в более зрелых и содержат повышенное количество танинов. Основная функция меристодермы - деление клеток и обеспечение нарастания пластины в толщину.

Под меристодермой располагается коровой слой. Клетки коры несколько крупнее клеток меристодермы. Они меньше, чем последние, пигментированы и сохраняют способность к неактивному делению. На продольном срезе слоевища клетки коры слегка вытянуты и плотно сомкнуты. Коровой слой более или менее плавно переходит в промежуточный слой, состоящий из более крупных бесцветных клеток. По мере продвижения к сердцевине их длина и поперечник постепенно увеличиваются.

Медуллярная ткань (сердцевина) формируется вращением в центральную часть клеточных нитей, отходящих от клеток промежуточного слоя. Практически у всех ламинариевых сердцевина более или менее рыхлая, образована нитями из длинных трубчатых клеток и гифов. В местах соединения друг с другом трубчатые клетки воронкообразно расширяются. В местах соприкосновения разделяющие их оболочки, называемые ситовидными пластинками, снабжены порами. Граница между сердцевинной и промежуточным слоем обычно более или менее выражена. Соотношения толщиной корового, промежуточного и сердцевинного слоев в разных частях слоевища различны. В ризоидах и стволиках сердцевина, как правило, очень плотная и развита незначительно. В пластине она составляет более 1/3 общей толщины.

В коровом и промежуточном слоях многих видов ламинариевых расположены слизистые каналы. Они пронизывают их по всей длине слоевища, часто ветвятся и образуют сеть. На отдельных участках слизистых каналов их внутренняя полость выстилается мелкими секреторными клетками, имеющими меньшие или такие же, как у соседних клеток, размеры. Физиологическая функция каналов пока не ясна.

При изучении ювенильных растений Ламинарии Бонгарда удалось проследить процесс формирования и повторного зарастания каналов. Вначале они закладываются как едва заметный просвет между клетками. По прошествии времени клетки раздвигаются, канал принимает окончательный вид. Окружающие его клетки долгое

время не меняют размеров и почти не отличаются от соседних. По мере дальнейшего роста пластин клетки, окружающие канал, делятся и уменьшаются в размерах, формируя более мелкоклеточную зону, окружающую канал. Иногда по каким-то причинам процесс деления клеток продолжается столь активно, что весь внутренний просвет заполняется клетками и уже сформированные каналы вновь зарастают. Секреторные клетки, выстилающие их внутреннюю поверхность, появляются после формирования мелкоклеточной периферической зоны. В систематике рода *Laminaria* наличие или отсутствие слизистых каналов в пластине, ризоидах и черешках является важнейшим таксономическим признаком. Однако их образование в определенной степени зависит от условий произрастания.

Рост пластин в длину осуществляется посредством активного деления меристематических клеток, расположенных в основании пластины, и более редкого деления вышележащих клеток. Удлинение черешка происходит в результате деления клеток, расположенных у его вершины. Как свидетельство многолетнего роста некоторых ламинариевых в их черешках заметна концентрическая полосчатость, соответствующая годичным кольцам. Наиболее заметна она в базальной, более старой части стволика.

Ризоиды имеют апикальный рост, а базальный диск, если таковой развивается вместо ризоидов, растет в ширину посредством краевого роста горизонтальных слоев клеток, примыкающих к субстрату. Рост подошвы в высоту идет за счет деления клеток, расположенных вертикальными рядами над стелющимися слоями клеток. Нарастание различных частей слоевища в ширину осуществляется посредством деления клеток меристодермы.

Органами бесполого размножения ламинариевых являются одногнездные спорангии. Они развиваются среди одноклеточных булавовидных парафизов и формируют обширные сорусы на поверхности пластин или особых пластинчатых выростов. Сорусы с поверхности пластин имеют более темную окраску и придают ей большую толщину. Форма сорусов ламинариевых по мере фертилизации слоевища изменяется. Вначале они появляются как отдельные пятна или штрихи, затем отдельные пятна сливаются в сорусы иероглифических очертаний. В фазе полной зрелости их очертания бывают сплошными в виде отдельных полос или обширных зон с четкой границей. Спороношение охватывает, как правило, среднюю и нижнюю части пластины.

Локализация и форма сорусов считаются важнейшими таксономическими признаками у представителей рода *Laminaria*. Для внутриродовой дифференциации имеет значение, каким образом, с одной или с обеих сторон пластины, располагаются сорусы и совпадают или не совпадают их очертания. Изучая представителей рода из разных местообитаний, в том числе в различной степени загрязненных, мы обратили внимание, что на форму, расположение и площадь сорусов среда обитания оказывает очень большое влияние. При повышении загрязнения накопление биомассы слоевищ и, следовательно, синтез веществ, обеспечивающих спорогенез, снижаются, из-за чего у растений из самых загрязненных мест площадь сорусов спорангиев значительно сокращается по сравнению с нормой, и нередко у видов, в норме характеризующихся двусторонним развитием спороносной ткани, они образуются только на одной или преимущественно на одной из сторон пластины.

Формирование органов размножения у ламинариевых происходит во многом однотипно. Одногнездные спорангии и окружающие их парафизы первоначально образуются как выросты на клетках меристодермы. По мере роста первые приобретают овальную форму, вторые - булавовидную. Спорангии в зрелом состоянии в верхней части имеют утолщенные оболочки. Их появлению предшествует рост одноклеточных парафиз. Подрастая, парафизы поднимают слой фитокутикулы и раскалывают его на

кусочки. Таким образом на вершинах парафиз образуются как бы слизистые шапочки. Иногда, например у *Alaria marginata* и *Laminaria bongardiana*, среди обычных одноклеточных парафиз пятнами встречаются многоклеточные однорядные или однорядные внизу и 2-4-рядные на вершине.

Морфологическое строение гаметофитов ламинариевых также имеет общие черты. Таковые представляют собой микроскопические однорядные разветвленные нити. При этом вегетативные клетки мужских гаметофитов нередко имеют меньшие размеры, чем женских. Важно отметить, что гаметофиты и ювенильные спорофиты не имеют признаков, пригодных для дифференциации видов.

### **Особенности ранних стадий развития**

Важнейшими моментами экологии ламинариевых являются особенности ранних стадий развития. У камчатско-берингоморских растений они еще не исследовались, но изучение видов, растущих в тех же широтах в Атлантике, например *Laminaria sacharina*, позволило определить, что для выхода зооспор большое значение имеет температура воды. Она не только стимулирует их выход, но также определяет скорость их движения в пелагической среде. Экспериментальные исследования показывают, что максимальная скорость движения зооспор у упомянутого вида наблюдается при низких температурах - от -1 до +15°C. При повышении температуры воды выше этой отметки продолжительность активного состояния зооспор уменьшается и снижается скорость их движения.

Среднее расстояние, преодолеваемое зооспорой в диапазоне оптимальных температур, составляет обычно не более 30 м. Это свидетельствует о том, что размножение подвижными зооспорами является не способом активного переноса генетического материала и расширения ареалов, а скорее приспособлением к активному выбору субстрата, важнейшим моментом которого является групповое оседание зооспор. Групповое оседание зооспор в конечном итоге приводит к групповому распределению спорофитов в зарослях. Эксперименты и наблюдения в природе показывают, что одиночные молодые спорофиты и ювенильные растения в разреженных зарослях плохо или совсем не выживают.

Образование плотных зарослей, напротив, уменьшает конкуренцию со стороны других видов и фитофагов, увеличивает радиус эффективного рассеивания спор. В плотных зарослях уменьшается гидродинамическая нагрузка на растения, расположенные как внутри куртин, так и снаружи. Это происходит благодаря тому, что плотные заросли формируют как бы единое тело, площадь соприкосновения которого с потоком волны резко уменьшается по сравнению с суммарной площадью каждого слоевища, если бы таковые росли разреженно.

Механизм выхода зооспор связан с осмотическими процессами в парафизах. Опытным путем было установлено, что при выбросе зооспор диаметр нижней части парафиз увеличивается в 2-3 раза, что вызывает сильное сдавливание спорангиев и разрыв их оболочек. Набухание парафиз, в свою очередь, связано с нарушениями осморегуляции, возникающими в результате их отрыва от слоевища под давлением созревающих и увеличивающихся в размерах спорангиев. Обычно процесс выброса зооспор осуществляется синхронно. Начавшись, процесс вскоре захватывает всю площадь спороносного пятна. Одновременный выход зооспор имеет огромное значение для успешного полового воспроизводства и обеспечения свойственного ламинариевым эффекта группового произрастания спор.

Вышедшие в окружающую среду зооспоры, как уже говорилось, имеют жгутики. Способность к передвижению обеспечивает им активный выбор субстрата. При этом

наиболее интенсивно заселяются субстраты с хорошо выраженным микрорельефом и особенно уже заселенные спорами ламинариевых. Это обусловлено положительным хемотаксисом зооспор к ранее осевшим спорам своего вида. Их групповое распределение обеспечивает меньшую поражаемость эмбриоспор бактериями. Кроме того, на стадии развития гаметофита высокая плотность поселения обеспечивает большую вероятность встречи и слияния разнополюх гамет.

Широкий диапазон температур, при которых наступает спороношение, и короткий период вегетации гаметофитов определяют то обстоятельство, что период выхода спор и появления спорофитов растягивается у ламинариевых на несколько месяцев.

### **Особенности развития слоевищ спорофитов**

Особенности развития спорофитов разных представителей ламинариевых в общих чертах сходны. Вначале в результате деления зиготы формируется зачаточная нить. При последующих продольных и поперечных делениях ее клеток образуется протопластина. Прикрепление слоевища к субстрату в этот период осуществляется базальной подошвой. На этой стадии у совсем крошечных растений еще отсутствует черешок. По мере развития растения инициальные клетки подошвы формируют сначала зачаток, а затем и нормально развитый черешок. Сама подошва со временем становится лопастной; лопасти по мере своего роста постепенно вытягиваются и превращаются в ризоидальные отростки.

Ювенилы ламинарий какое-то время сохраняют ровную и гладкую поверхность пластины. Позже на них могут появляться характерные для некоторых видов неровности, чередующиеся выпуклости и вогнутости (були), надрывы, перфорации и другие присущие видам признаки. У видов Алярия и Агарум на очень ранних стадиях развития в центральной части пластины появляется уплотненная полоса, состоящая из более мелких клеток. Позже из нее сформируется срединная жилка. У Агарума, кроме того, в ювенильном возрасте начинается перфорация пластин. При достижении ламинариевыми 3 см в длину удается разглядеть все морфологические структуры. У растений, достигших 8 см в длину, уже отчетливо выражены пластина, черешок и подошва или ризоиды, обычно видны и жилки.

При достижении аляриями 35-40 см в длину начинается формирование особых спороносных листочков, спорофиллов. Вначале на их месте можно разглядеть зачаточные бугорки, затем они превращаются в выросты-листочки. Новые спорофиллы закладываются всегда выше по черешку, чем предыдущие. При появлении определенного, присущего виду количества спороносных листочков их закладка и рост прекращаются. К этому моменту обычно завершается линейный рост растений.

Наращение пластин ламинариевых в длину осуществляется в результате активного клеточного деления меристематических клеток. Зона роста, образуемая меристематической тканью, у всех видов с линейными слоевищами находится в самом основании пластины над черешком. У конусовидноскрученных пластин талассиофиллума зона роста находится во внутренней свернутой части пластины, прилегающей к вершине черешка.

В период активного роста у растений второго и последующих годов жизни меристематическая зона роста хорошо отличается от остальной части пластины более светлым цветом и более нежной текстурой. У первогодок, появившихся осенью и начавших новый сезон вегетации, после краткого периода зимнего покоя она выражена не вполне отчетливо. Появившийся участок новой пластины внешне хорошо отличается от прошлогодней. По мере его роста происходит постепенное разрушение старой перезимовавшей пластины вплоть до полного ее исчезновения. Правда, у

некоторых видов ламинарий, например у Ламинарии копытной (*L. solidungula*) и Ламинарии длинноногой, старые пластины прежних лет вегетации не разрушаются и сохраняются, отделяясь одна от другой хорошо выраженными перетяжками.

Разрушение пластин прошлого вегетационного сезона довершают микро- и макроэпифиты и особенно эндофиты. Среди последних, как показали наши исследования, проведенные на материалах из Авачинского залива, основную роль играют представители рода *Acrochaetium* из багряных водорослей и бурые эктокарповые - *Ectocarpus*, *Laminariocolax*, *Spongonema* и др. Разрушение пластин идет разными темпами в зависимости от условий обитания, главным образом от гидродинамической обстановки. На юге Восточной Камчатки у отдельных, не подверженных сильному прибою участков побережий, остатки прошлогодних пластин сохраняются вплоть до июля.

В период активного линейного роста все части растения - пластина, черешок, органы прикрепления - как правило, достигают определенных, видоспецифичных размеров, но более медленный рост пластин в длину и ширину некоторое время еще продолжается. После резкого замедления роста слоевищ начинается их созревание. Оно выражается в утолщении пластины и, как следствие этого, нарастании биомассы. В это время у растений снижается синтез веществ, обеспечивающих репликацию клеток, и увеличивается синтез запасных веществ и соединений, необходимых для осуществления процессов воспроизводства. Эти изменения сопровождаются изменениями минерального состава и обводненности тканей.

Направления этих изменений к настоящему времени в самых общих чертах уже известны, но в каждом районе побережья они имеют свою специфику, связанную с особенностями распределения годовых температур, соленостью, поступлением в прибрежные воды биогенных элементов. Своеобразными чертами камчатского района являются, как упоминалось выше, сильное весеннее и ранне-летнее опреснение прибрежных вод, высокая насыщенность терригенного стока органическими соединениями и незначительная (гораздо меньшая, чем, например, в Южном Приморье) разница средних зимних и средних летних температур. Резкое увеличение длины дня от зимы к лету, а вместе с тем и суточного количества фотосинтетически активной радиации (ФАР) также налагает свой отпечаток на течение процессов фотосинтеза и физиологического развития водорослей.

Можно предполагать, что в Камчатском регионе при своеобразии гидрологических и климатических условий пики накопления минеральных и органических веществ, процессы роста, спороношения, элиминации и некоторые другие имеют особенности, присущие только камчатскому промысловому району.

Фаза летнего созревания слоевищ сопровождается формированием споронной ткани и бесполой органов размножения. Споронная ткань ламинариевых развивается на специальных пластинчатых выростах или непосредственно на пластине. Участки слоевища с генеративной тканью внешне хорошо отличаются от соседних темным цветом и большей толщиной. Судя по проведенным наблюдениям, процессы спорогенеза и спороношения у ламинариевых довольно растянуты и у юго-восточной Камчатки продолжаются несколько месяцев.

Осенние шторма, характерные для восточного побережья Камчатки, являются важным фактором, регулирующим состояние численности популяций ламинариевых. Если бы растения не подвергались элиминации, то появление первогодних проростков и прорастание ювенилов лимитировались бы состоянием освещенности и отсутствием свободных участков грунта. Без постоянного активного пополнения популяции проростками новых слоевищ деформировалась бы ее возрастная структура и в развитии наблюдалась бы некая цикличность. Однако при отсутствии катастрофических

природных явлений этого, судя по всему, не происходит.

К осени за счет притока запасных веществ из верхней части слоевища в нижнюю заметно увеличиваются толщина и удельная масса (масса/единица площади пластины) участков пластины, расположенных в основании. Одновременно у растений снижаются эластичность слоевищ и прочность их сцепления с субстратом, в результате чего после каждого сильного волнения на берег выбрасывается огромное количество водорослей. У юго-восточного побережья, особенно на открытых участках берега со слабо развитой пляжной полосой, штормовые выбросы во время прилива выносятся обратно в море. На севере, в Камчатском и Озерном заливах, у островов Карагинский, Беринга они формируют огромные многокилометровые валы. Среди выброшенных водорослей встречаются представители разных возрастных групп, но доминируют (например, в Авачинской губе) 2-3-летние. Гибель растений, преждевременно закончивших развитие, является дополнительным фактором отбора наиболее жизнеспособных особей популяции.

### **Морфологическая изменчивость и формообразование у камчатских представителей рода *Laminaria***

Виды рода Ламинария являются наиболее ценными с промысловой точки зрения, поэтому они изучены лучше других представителей порядка. Большинство видов характеризуется высоким полиморфизмом. У разных представителей может изменяться длина, ширина, степень уплощенности черешка, строение пластин, форма и размеры ризоидов. У пластин значительным изменениям подвержены форма основания, степень и глубина рассеченности, гофрированность, не говоря уже о длине, ширине и их соотношениях. Из всех форм изменчивости (индивидуальной, экологической, сезонной, географической) наиболее отчетливо проявляется возрастная. Зачастую именно она приводит к образованию разных морфологических форм вида. Часто они настолько различаются между собой, что, не имея представления о морфогенезе растений (процессах постепенных возрастных изменений морфологии), их вполне можно было бы принять за самостоятельные виды.

Во флоре ламинариевых Камчатки наибольшей полиморфностью отличается *Laminaria bongardiana*. Изучение биологии ее развития и обработка массового сезонного материала позволяют представить процессы морфологического развития и образования некоторых форм вида, в частности *f. typica*, *f. taeniata* и *f. bifurcata*. Две первые формы имеют широкое распространение практически вдоль всего побережья, последняя встречается значительно реже, только в определенных экотопах.

Уже говорилось, что процессы спороношения ламинариевых сильно растянуты во времени и период развития гаметофитов у них может продолжаться достаточно долго, до четырех месяцев, поэтому появление спорофитов у них происходит практически в течение всего вегетационного периода. Часть из них появляется поздней осенью и зимой, часть - ранней весной, при этом начало их развития совпадает с началом нового вегетационного сезона. Большое количество проростков спорофитов появляется в течение всего лета и в начале осени, когда бурный линейный рост у взрослых представителей популяции сменяется фазой созревания.

Далее каждая из этих разных по времени появления групп спорофитов при последующем своем развитии демонстрирует присущие им особенности морфогенеза. В наибольшей степени они определяются совокупным воздействием возрастной и сезонной изменчивости. Данные проведенного нами исследования в обобщенном виде приводятся ниже, на рис. 2.14-2.17.

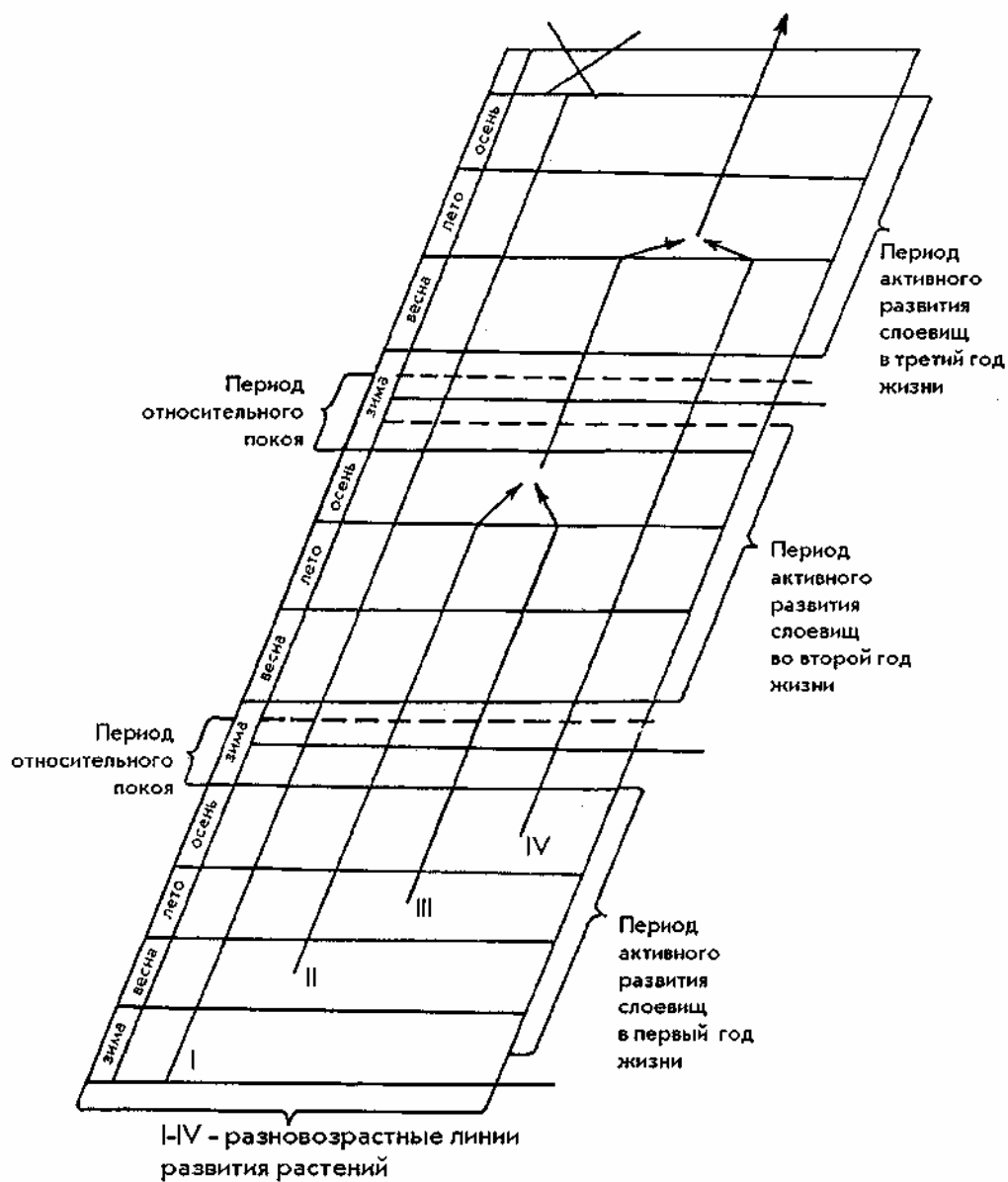


Рис. 2.14. Появление у разновозрастных растений *Laminaria bongardiana* наибольшего внешнего сходства (обозначено схождением стрелок). Схема

На рис. 2.14 схематически показаны периоды, когда растения *Laminaria bongardiana*, начавшие свое развитие в разные сезоны года: поздней осенью или в начале зимы предыдущего года (I линия), весной (II линия), летом (III линия) и поздней осенью (IV линия), - морфологически становятся мало различимы. На схеме схождением II и III линий показано, что к концу второго вегетационного сезона растения, составлявшие вторую и третью группы, приобретают сходную морфологию. На третьем году жизни внешне неразличимыми становятся растения II, III и IV групп. К этому времени все они приобретают черты типовой формы вида (на рисунке это показано повторным схождением линий со стрелками). Растения первой группы, приобретая на разных этапах морфогенеза внешний вид, соотносимый с формами *taeniata* и *typica*, к концу третьего года жизни становятся типичными представителями формы вида *bifurcata*.



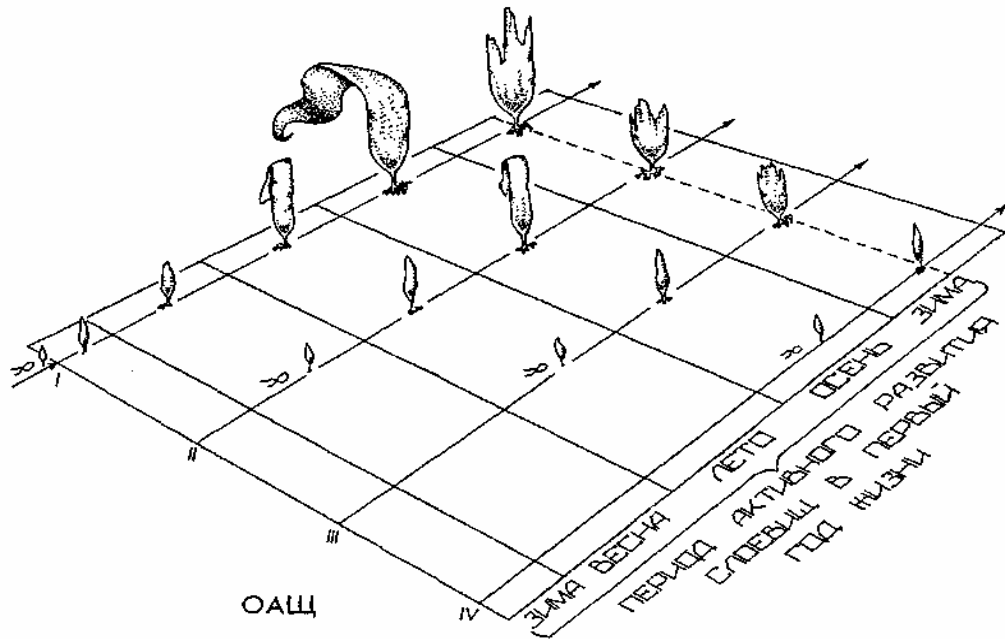


Рис. 2.15. Морфологические различия *Laminaria bongardiana* первого года жизни в зависимости от начала вегетации растений

На рис. 2.15-2.17 показан наиболее обычный внешний вид растений каждой из тех же четырех групп в разные сезоны года. Рис. 2.15 показывает, что первый год развития представители Ламинарии Бонгарда завершают образованием лентовидных, в подавляющем большинстве нерассеченных пластин. При этом растения, начавшие свой рост в самом конце предыдущего года (I группа), в большинстве случаев будут иметь внешний вид, соответствующий форме *taeniata*, с цельными или слабо рассеченными в верхней трети слоевищами. Растения, начавшие рост весной (II группа) и летом (III группа), будут иметь близкую к ним морфологию, но размеры их заметно меньше. Более молодые особи, начавшие рост поздней осенью (IV группа), выйдут под зиму в разной степени подросшими ювенилами. В фазу размножения на первом году жизни вступают только растения I и частично II групп.

После зимнего периода покоя во втором вегетационном сезоне все растения продолжают развитие. У представителей I группы уже к середине весны образуются вначале щелевидные, а затем продольные разрывы пластины. Они быстро приобретают типовую для вида форму. Растения II и III групп к середине или концу лета становятся практически неразличимы по размерам, форме и иным признакам. В то же время каждое из них приобретает неповторимые индивидуальные черты, поскольку на возрастную изменчивость накладываются индивидуальная и экологическая. На рис. 2.16, как и на рис. 2.14, исчезновение разницы в морфологии слоевищ условно показано схождением линий. Растения четвертой группы повторяют морфогенез растений первой группы развития в первый год их вегетации и завершат его образованием длинных зауженных нерассеченных или слабо рассеченных пластин.

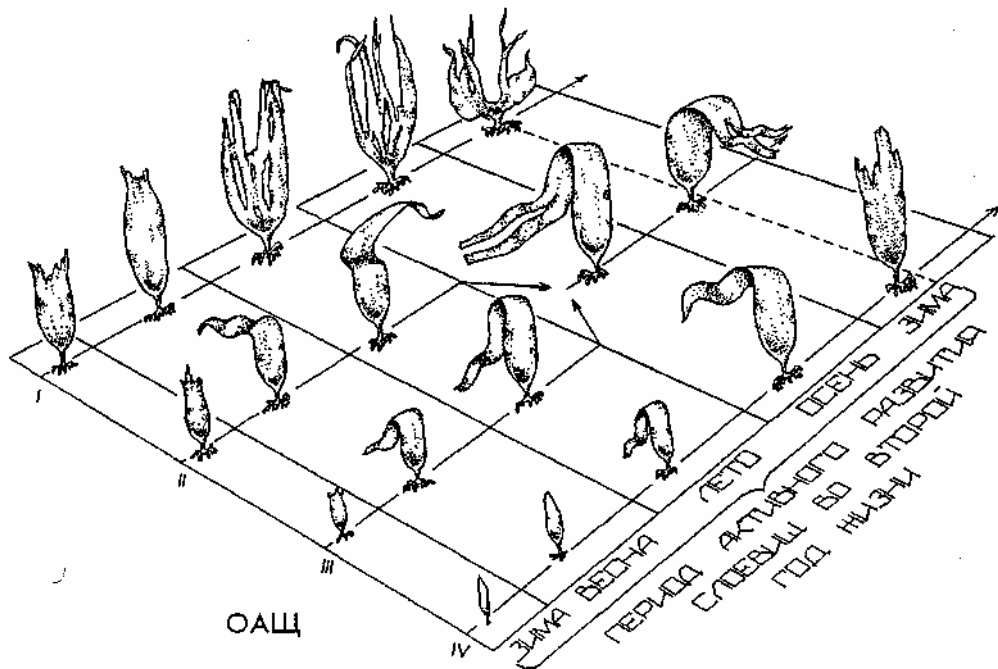


Рис. 2.16. Морфологические различия *Laminaria bongardiana* второго года жизни

К концу второго года жизни у растений первой группы обычно происходит практически полное разрушение центральных ремневидных лопастей пластины, которое охватывает всю ее базальную часть, а у некоторых экземпляров доходит до самого черешка. В результате уже к концу осени на границе между черешком и пластиной образуется грубый раневой рубец, который как бы продолжает черешок и придает ему уплощенную обратнотреугольную форму. К концу вегетационного сезона у этих растений сохраняются обычно только краевые участки пластины. К началу зимы на них вновь начинается формирование мери stomатической ткани. У представителей этой группы она появляется не как обычно на участке пластины, расположенном над черешком, а по нижнему краю остатков пластины, т.е. по ее бывшему основанию.

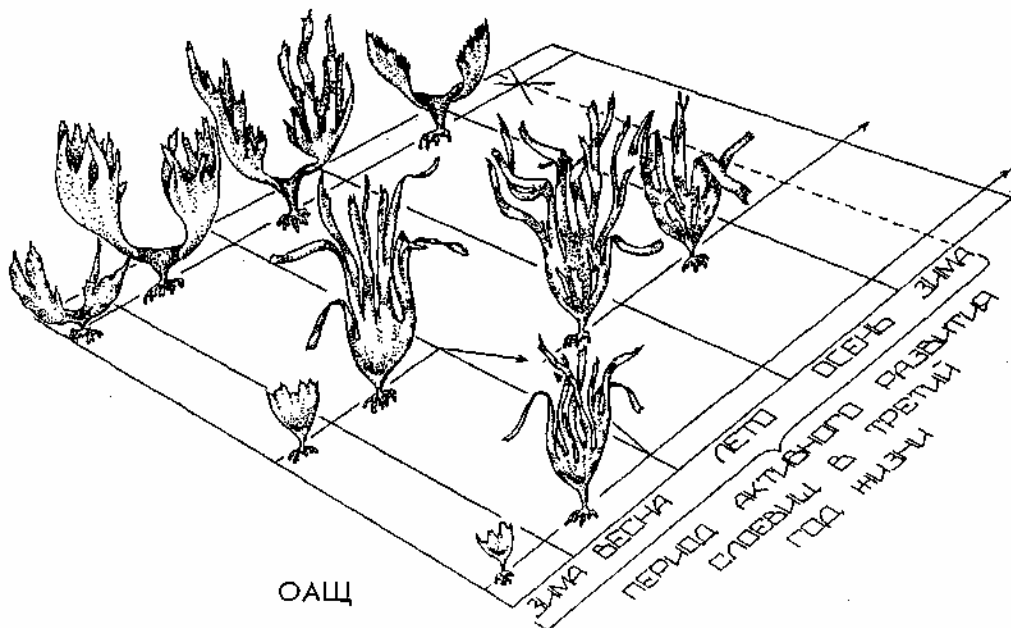


Рис. 2.17. Морфологические различия *Laminaria bongardiana* третьего года жизни

Активная функциональная деятельность меристемы в следующем, третьем вегетационном сезоне и постепенное изменение направления роста обеспечивают спиралевидное скручивание краевых остатков пластины. В результате на каждом краю уплощенного черешка появляются как бы две самостоятельные пластины. Летом такие растения приобретают внешний вид, называемый в таксономической литературе формой *bifurcata* (рис. 2.17).

Появление этой формы, однако, не всегда является функцией возрастных изменений. Определенную и очень важную роль в процессах морфогенеза играют также условия среды: прибойность, обеспечивающая сильное обтрепывание слоевищ, и температура и длина дня, стимулирующие функциональную деятельность меристематических клеток и начало вегетации. Их различные сочетания могут направлять морфогенез в ту или иную сторону.

К середине третьего вегетационного сезона большинство растений остальных групп, начавших свое развитие в разное время после зимы, становятся практически неразличимыми по внешнему виду и к концу осени или в последующее зимнее время завершат свою вегетацию.

Морфологическая изменчивость у других видов камчатских ламинарий выражена не столь явно, как у *Laminaria bongardiana*, и, судя по нашим наблюдениям, она в значительной степени определяется наложением сезонной и возрастной форм изменчивости. Так, в Авачинском заливе весной у *Laminaria yezoensis* растения возраста 0+ имеют, как правило, удлинённые ланцетовидные нерассеченные слоевища с остатками прошлогодней пластины. Почти у всех растений

возраста 1+ к началу мая пластины приобретают более или менее выраженную овальную форму. У них появляется один глубокий центральный разрыв, достигающий почти до самого черешка. Каждая из двух лопастей пластины несет остатки прошлогодней пластины. У растений возраста 2+ и старше также заметно выделяется центральный разрыв пластины, но кроме него образуются еще несколько разных по глубине разрывов, каждый из которых меньше центрального. Из-за более интенсивного роста краевых участков ремневидных лопастей, обращенных к центру пластины, все они слегка изгибаются наружу и несут сильно обтрепанные остатки прошлогодней пластины.

Уже к концу лета у растений всех возрастов, кроме растений первого года жизни и ювенилов, пластины глубоко, почти до основания рассекаются на множество ремневидных лопастей. Различить их по возрастам бывает возможно главным образом по строению черешков. В отличие от *Laminaria bongardiana* у *Laminaria yezoensis* имеется хорошо выраженный период зимнего покоя и начало развития пластин в новом вегетационном сезоне происходит столь бурно, что остатки пластины прошлого года резко отличаются от вновь образующейся и как бы стягивают ее у вершины.

Морфогенез *Laminaria dentigera* во многом повторяет таковой *Laminaria yezoensis*. Примечательно, что у растений этого вида всех возрастов в течение долгого времени молодая пластина, или по крайней мере ее центральная часть, остается цельной. Остатки старой пластины в месте соединения с новой чрезвычайно грубые, роговидные. В начале лета они окончательно сбрасываются не столько за счет постепенного разрушения, как у предыдущих видов, сколько путем отрыва от нарастающей молодой пластины при появлении у нее лопастей. Формирование лопастей у этого вида начинается с краев пластины. Возникает щелевидный разрыв, потом он доходит до верхней краевой части, и этот ремневидный участок молодой части пластины отрывается от участка прошлогодней пластины. Следом вновь закладывается щель и процесс повторяется. При полном рассечении пластины или немного раньше прошлогодняя пластина сбрасывается.

У *Laminaria gurjanovae* морфологическая изменчивость не столь выражена. Крайние морфологические формы вида достаточно сходны, и спутать этот вид с другими сложно. В ходе морфогенеза с увеличением возраста постепенно меняются форма основания пластины, ее размеры, более или менее заметными становятся два ряда булей.

Самой примечательной особенностью морфогенеза *Laminaria longipes* является то, что ее развитие имеет иную цикличность из-за того, что период активного роста ее пластин приходится на самое теплое время года. При нарастании новой пластины старая не разрушается, а сдвигается вверх. Таким образом, пластинчатая часть растения состоит из разновозрастных участков, отделяющихся друг от друга перетяжками.

#### 2.4. ОПИСАНИЕ МАССОВЫХ ПРОМЫСЛОВЫХ ВИДОВ ЛАМИНАРИЕВЫХ ВОСТОЧНОЙ КАМЧАТКИ

Из ламинариевых, известных для камчатско-беринговоморского района, в настоящем обзоре приводится описание наиболее массовых представителей.

Диагнозы видов сопровождаются определительными таблицами, в которых мы, рассчитывая на широкий круг пользователей данного материала, используем только признаки морфологии взрослых слоевищ.

##### ТАБЛИЦА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РОДОВ

- I. Слоевище дифференцировано на пластину, достаточно развитый черешок и органы прикрепления.
  1. Пластина имеет центральное ребро или четко выраженные продольные складки.
    - A. Пластина с выпуклым центральным ребром. Растение прикрепляется ризоидами.
      - а. Органы размножения развиваются на специальных спороносных пластинках-спорофиллах, развивающихся на стволике у основания пластины. Пластины без перфораций..... Род **Alaria**.
      - б. Органы размножения развиваются на пластине. Пластины с многочисленными округлыми перфорациями..... Род **Agarum**.
    - Б. Пластина с двумя-тремя продольными складками. Растение прикрепляется дисковидной подошвой..... Род **Cymathere**.
  2. Пластина без складок и ребер.
    - A. Пластина или пластины развиваются в одной плоскости, не имеют перфораций.
      - а. Стволик цилиндрический или сдавленно-цилиндрический, неразветвленный, с одной пластиной ..... Род **Laminaria** (частично).
      - б. Стволик уплощенный, в виде короткого треугольника, дихотомически разветвленный, несет 2 ремневидных пластины... Род **Arthrothamnus**.
    - Б. Пластина или пластины конусовидно свернуты, с многочисленными упорядоченными перфорациями..... Род **Talassiophyllum**.
- I. Слоевище дифференцировано на пластину и органы прикрепления. Черешок отсутствует или слабо выражен..... Род **Laminaria** (частично).

Род Алярия (Крыльница) - *Alaria* Grev.

Слоевище спорофита дифференцировано на пластину, стволик и ризоиды. Пластина снабжена центральной жилкой, тонкая, ровная или складчатая по краю. В основании

пластины развиваются многочисленные ланцетовидные спорофиллы. Они могут различаться манерой отхождения от стволика, формой, особенностями развития спороносной ткани. Анатомическое строение характеризуется признаками порядка. В поверхностном слое пластин развиваются крупные glandулярные клетки, наполненные фукозаном. В молодых частях слоевища они желтые, в старых - светло- или темно-бурые или черные. Форма glandулярных клеток - видоспецифический признак.

В дальневосточных морях России указываются 5 видов рода. Все они обитают у камчатско-берингоморского побережья. Массовыми являются три - *Alaria angustata*, *A. marginata*, *A. fistulosa*. *A. ochotensis*, по-видимому, является заносным элементом флоры и в обсуждаемом районе имеет ограниченное распространение. *Alaria macroptera* - сомнительный вид, предположительно синоним *A. Marginata*, имеет ограниченное распространение. Ниже приводится описание массовых видов.

#### ТАБЛИЦА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССОВЫХ ВИДОВ

- I. Зрелые растения до 4 м в длину. Спорофиллы расположены по всей окружности стволика. Центральное ребро без полости и перегородок.
1. Основание спорофиллов толстое, плотное, обычно резко переходит в более широкую верхнюю часть ..... **Alaria angusta**
  2. Спорофиллы в основании не утолщенные или слабоутолщенные ..... **Alaria marginata**
- II. Зрелые растения более 4 м в длину, спорофиллы расположены на стволике в одной плоскости. Центральное ребро имеет полость, разделенную перегородками на отдельные камеры, наполненные воздухом ..... **Alaria fistulosa**

#### Алярия (Крыльница) узкая (рис. 2.18) - *Alaria angusta* Kjellm.

Слоевище 1-2,5 (4) м длиной, 0,05-0,25 (0,40) м шириной. Стволик 6-23 см длиной. Ризоиды у основания стволика часто сливаются, образуют по периферии лопастные расширения, отходят по всей окружности черешка. Спорофиллы расположены на стволике пучком или реже расставлены, располагаются более или менее упорядоченно по обе его стороны. Они имеют линейную или удлинненно-ланцетовидную форму, остrokлиновидное утолщенное основание, тупую или заостренную верхушку, часто бывают слегка скручены. Спороносная ткань развивается по всей поверхности спорофиллов. Пластина тонкая у вершины, часто с поперечными надрывами.

Клетки, образующие меристодерму, субквадратные. Кора состоит из 1-3 слоев более крупных клеток. Клетки промежуточного слоя коротко цилиндрические, образуют полисадный слой. Сердцевина слабо развита. Ее толщина равна или чуть больше толщины промежуточного слоя. Трубочатые клетки сердцевинки не имеют расширения на концах. Glandулярные клетки немногочисленные, неразветвленные, имеют овальную форму. Встречаются в пластине и спорофиллах. Сорусы спорангиев имеют типичное для рода строение. Слизистые шапочки, образованные фитокутикулой, имеют слоистую структуру, иногда правильную сферическую форму.

Стерильные растения вида с трудом отличимы от *Alaria marginata*, фертильные образцы отличаются от нее характерным утолщением базальной части спорофитов. Последняя имеет более темную окраску, плотную текстуру, большую, чем узкая краевая и апикальная части спорофиллов, толщину.

У *Alaria marginata* также могут встречаться подобные утолщения, но они образуются крайне редко, при этом сами спорофиллы сохраняют более вытянутую, чем у *A. angusta*, форму.

Данный вид встречается наряду с *A. marginata* достаточно широко, образует чистые, часто совместные с *Laminaria bongardiana* заросли на глубинах 0,5-3 м, глубже

вытесняется другими видами, преимущественно представителями рода *Laminaria*, крупных скоплений не образует. У нижней границы распространения на 1 м обычно встречается 2-5 экз., у верхней - до 10 (17) экз., включая ювенильные растения. Средняя зарегистрированная биомасса вида 0,8 кг/м<sup>2</sup>. Предпочитает участки со слабым опреснением, сильным и умеренным прибоем.

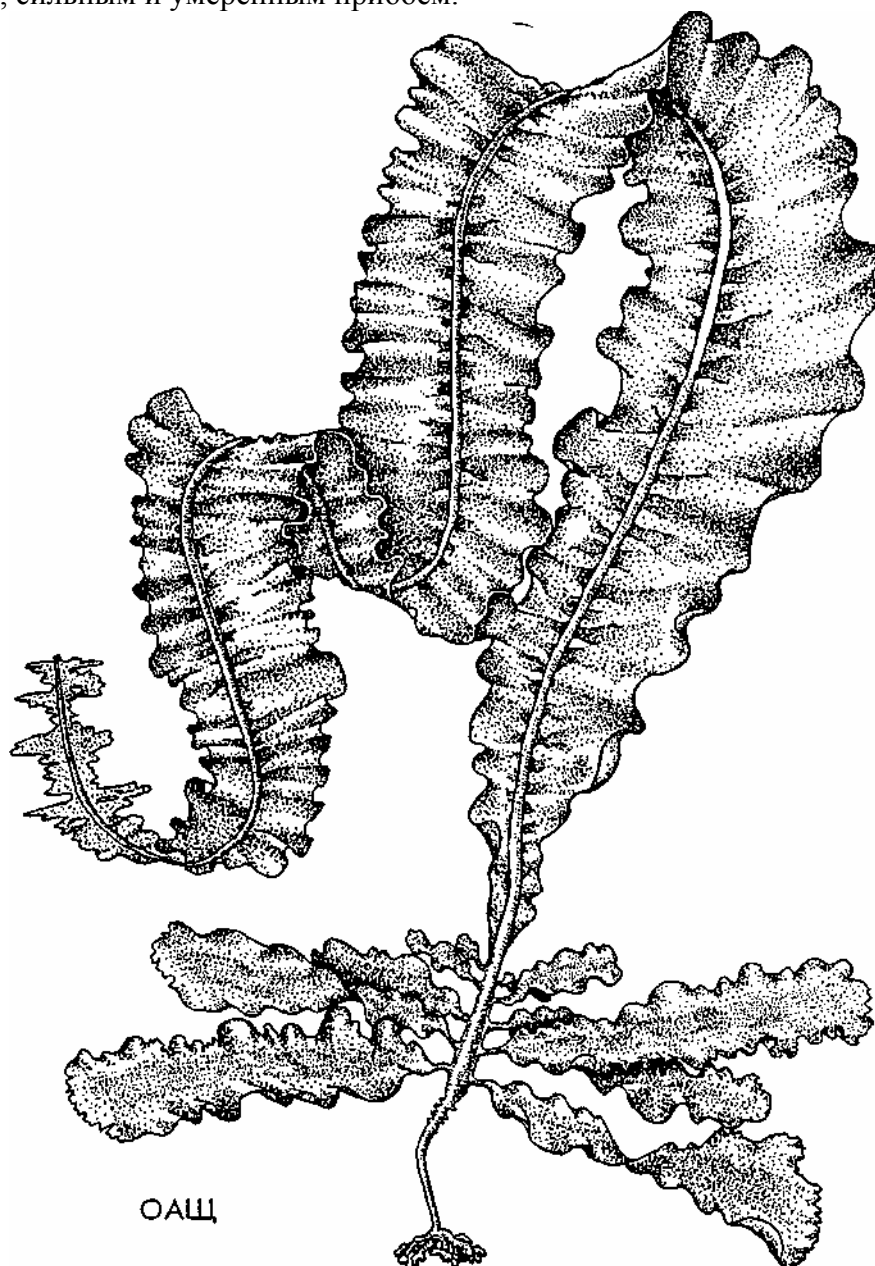


Рис. 2.18. Алярия (Крыльница) узкая

Распространена в холодоумеренных водах Азии и Северной Америки. Особенности взаимоотношений с наиболее близким к нему по морфологии и экологии виду *A. marginata* требуют дополнительных исследований.

Алярия (Крыльница) окаймленная (рис. 2.19) - *Alaria marginata* P. et R.

Слоевище 1,5-3,3 (4,2) м длиной, 10-25 (30) см шириной, стволик до 40 см длиной, вальковатый, в месте развития спорофилл сдавленный. Ризоиды жесткие, пучковатые, отходят по всей окружности стволика. Спорофиллы овальные, ланцетовидные, реже

линейные, с округлым или клиновидным основанием, с одинаковой по всей длине толщиной, в основании не утолщенные. Спороносная ткань в период полного созревания развивается почти по всей поверхности спорофилла, исключая узкую краевую кайму и небольшой участок его вершины. Спорофиллы располагаются с двух сторон стволика на некотором расстоянии друг от друга. В местах с сильным прибоем они сближены, образуют плотный пучок.

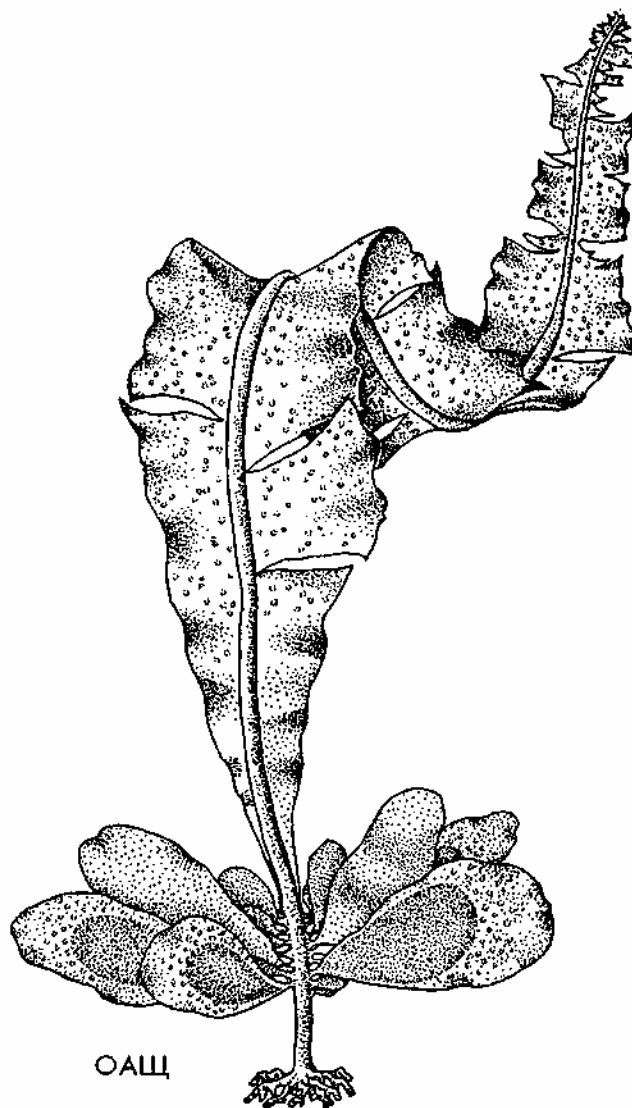


Рис. 2.19. Алярия (Крыльница) окаймленная

Анатомическое строение как у предыдущего вида. Гландулярные клетки не разветвленные, встречаются более или менее часто. Причины, определяющие их количество, не выяснены. Морфологически наиболее близка к предыдущему виду, отличается от него признаками, описанными выше.

Вид встречается достаточно широко, селится предпочтительно в закрытых и полузакрытых бухтах с подветренной стороны мысов на глубине 0 - 2 м. Формирует узкий пояс часто совместно с *Laminaria bongardiana* и *L. gurjanovae*. Редко одиночные растения встречаются на глубине до 5-6 м. Проективное покрытие в чистых зарослях не превышает 15-30%, максимальная плотность 14-16 экз/м<sup>2</sup>, биомасса 4 кг/м<sup>2</sup>. Активный рост слоевищ происходит в ранне-весеннее время, рост спорофиллов в длину и ширину продолжается в течение всего лета.

Имеет азиатский широкобореальный ареал. На Дальнем Востоке распространена от п-ова Чукотский до среднего Приморья. В обсуждаемом районе отмечена повсеместно.

#### Алярия (Крыльница) полая (рис. 2.20) -*Alaria fistulosa* P. et R.

Слоевиде до 25 м длиной, 0,3-0,9 м шириной. Стволик 0,3-1 м длиной, до 2,8 см в поперечнике, в основании вальковатый, у основания пластины слабо сдавленный. Центральная жилка сдавленная, в месте перехода в пластину образует желоба. Внутренняя часть жилки полая, септирована. Перегородки образуют камеры различных размеров - от 3 см у небольших экземпляров до 10-12 см у взрослых крупных особей. Пластина тонкая, слегка гофрированная, с небольшими выпуклостями и вдавлениями. Ризоиды образуют мощный компактный пучок, отходят двумя выраженными пучками в одной плоскости со спорофиллами. Спорофиллы на очень коротких и толстых ножках, располагаются правильными рядами с обеих сторон жилки, увеличиваясь в размерах от вершины ряда к основанию. Зрелые спорофиллы имеют округло-эллиптическую, овальную или ланцетовидную форму, округлые вершину и основание. Толщина спорофиллов одинакова по всей их поверхности за исключением узкой краевой каймы.

Клетки меристодермы округло-овальные. Подлежащие клетки коры более мелкие, располагаются в один -три слоя. Промежуточный слой в пластине образован однородными по размерам клетками, в жилке размеры клеток промежуточного слоя резко различаются по размерам. Периферические клетки расположены ближе к центру полости. Граница между ними выражена достаточно четко. Граница промежуточного слоя и сердцевины выражена также достаточно четко. Нити, образующие сердцевину, довольно плотные, с воронкообразно расширенными концами или без них. Одногнездные булавовидные парафизы и спорангии имеют строение, аналогичное таковому у *Alaria angusta* и *A. marginata*.

Данный вид легко отличается от других представителей рода наличием септированного полого ребра.

*Alaria fistulosa* произрастает на глубинах 1-15 (20) м на скалистых, каменистых, валунных и валунно-песчаных грунтах, у открытых участков побережья. Хорошо переносит высокую гидродинамическую нагрузку. Селится группами или образует плотные заросли. Полые жилки создают дополнительную плавучесть и удерживают верхушки слоевища на плаву. В местах массового произрастания вида вся поверхность воды бывает устлана стелющимися слоевищами. Их плотная подводная стена и стелющиеся слоевища гасят движение воды, что делает заросли *A. fistulosa* излюбленным местом обитания рыб, млекопитающих, особенно калана, беспозвоночных. Вместе с тем при отсутствии фитофагов заросли вида могут быть столь плотными, что созданный ими экран препятствует водообмену, и разложившаяся органика элиминировавших слоевищ накапливается в мелководной зоне и вызывает заморные явления и массовую гибель донных беспозвоночных животных. В подлеске плотных зарослей *A. fistulosa* сопутствующие виды почти отсутствуют, в разреженных - представлены корковыми пейссонелиевыми и кораллиновыми или другими ламинариевыми водорослями.

Данный вид имеет северо-пацифический азиатско-американский ареал, у американского побережья встречается вдоль Алеутских островов и тихоокеанского побережья Аляски, у азиатского - небольшие заросли вида встречаются у Камня Опасности и в прол. Лаперуза (между островами Хоккайдо и Сахалин) и у юго-западного Сахалина в районе холодноводного пятна Макарова, формируемого холодными глубинными водами Японского моря и затоками Охотоморской водной массы. Далее к северу вид распространен от о-ва Итуруп (Курильские острова) до



Камчатки и Командорских островов включительно.

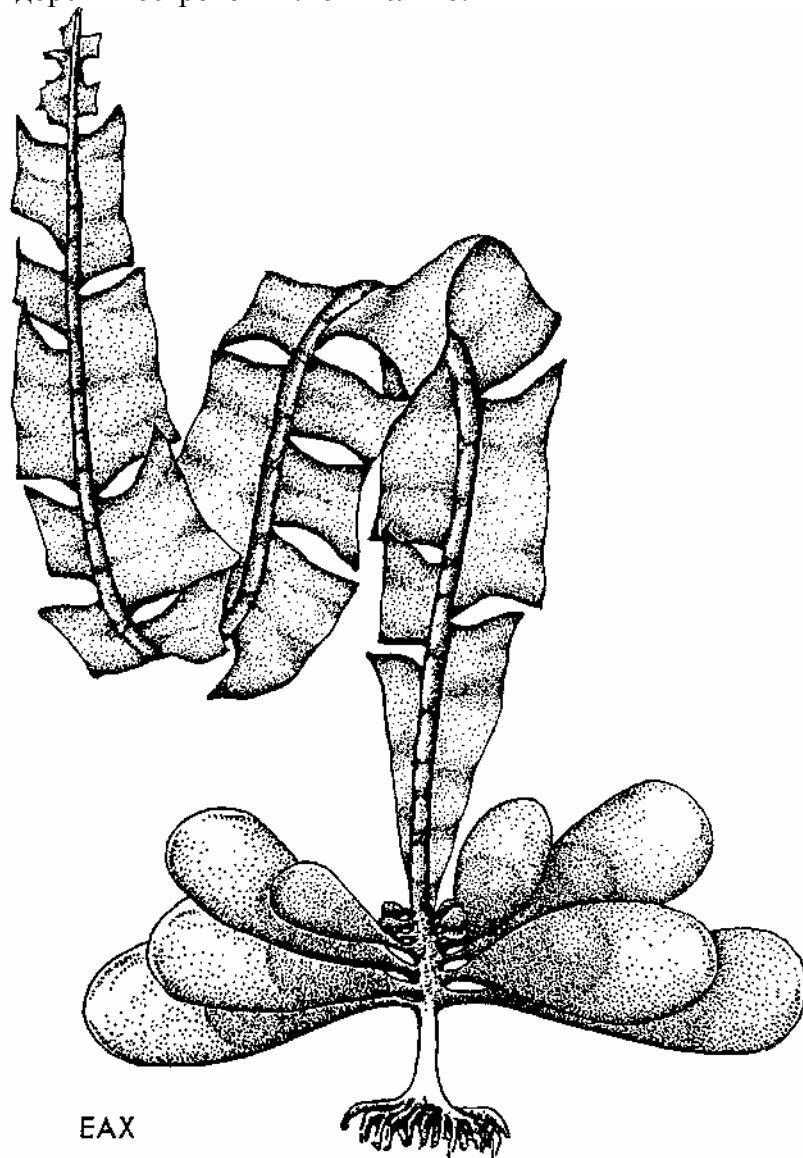


Рис. 2.20. Алярия (Крыльница) поляя

У побережья Камчатки *Alaria fistulosa* имеет прерывистое распространение. На юге полуострова на участке побережья м. Колычева - бух. Ходутка она является обычным видом бентосной флоры. Местами образует обширные поля, тянущиеся на сотни метров вдоль побережья и вглубь. В этом районе ее отдельные экземпляры достигают 15-18 м в длину. От м. Ходутка до Авачинской губы встречается очень редко. Небольшая ее микропопуляция в горле Авачинской губы характеризуется сильной угнетенностью. Здесь растения едва достигают 2,5-3 м. Имеются литературные свидетельства, что в начале века вид встречался во внутренней части губы. П.В.Савич находил ее в выбросах на Семеновской косе. Позднее, скорее всего из-за антропогенного воздействия на экосистему этого района, вид сократил здесь свое присутствие.

К северу от Авачинской губы и вплоть до п-ова Кроноцкий *A. fistulosa* не встречается. Здесь мест, пригодных для ее массового развития, нет и ее заменяют другие представители рода. Вдоль всего п-ова Кроноцкий развивается рифовая гряда. Она гасит сильное волнение, создает условия для обильного развития вида. Однако здесь *A. fistulosa* сплошных зарослей не образует, развивается среди других

ламинариевых отдельными обширными куртинами и пятнами. В Камчатском заливе вид повсеместно отсутствует. Его компактное поселение находится на участке побережья к югу и северу от м. Африка. Здесь *A. fistulosa* формирует разреженные заросли в среднем по 2 экз/м<sup>2</sup>. Растения достигают 8 м в высоту. К северу от м. Африка встречается редко как сопутствующий вид. Севернее о-ва Карагинский его распределение не изучено. У Командорских островов *A. fistulosa* распространена практически повсеместно. Местами формирует самостоятельные заросли, здесь ее отдельные экземпляры могут достигать почти 30 м в длину.

Данный вид характеризуется высокой скоростью роста - до 10 см в сутки. Это делает его весьма перспективным для включения в промысел и введения в марикультуру.

Коренное население Командорских и Алеутских островов имеет большой опыт использования вида в качестве кормового, лечебного и пищевого растения. Первые литературные упоминания об этом имеются у С.П.Крашенинникова. Алярия полая широко используется корейцами, живущими на острове Сахалин, в качестве основы для изготовления лечебно-профилактических продуктов, повышающих лактацию, обладающих общеукрепляющим и легким послабляющим действием.

### Род Агарум (Агарь) - *Agarum* Borg.

Слоевище спорофита дифференцировано на пластину, стволик и ризоиды. Пластина симметричная, развивается в одной плоскости, снабжена центральной слабо или значительно выпуклой жилкой. Органы размножения развиваются на поверхности пластины с обеих сторон слоевища. Малочисленный, весьма распространенный род.

### ТАБЛИЦА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИДОВ

- I. Пластина ровная или со слегка складчатыми краями. Центральная жилка в виде слабо утолщенной темной полосы до 2,5-3 см шириной, перфорации пластины до 2,3 см в поперечнике, с ровными краями ..... ***Agarum turneri***.
- II. Пластина складчатая, особенно в нижней части. Центральная жилка вальковатая или овальная на поперечном срезе, перфорации пластины до 1,5 см в поперечнике, с вывернутыми на одну из сторон пластины краями .....  
..... ***Agarum cribrosum***.

### Агарум Турнера (рис. 2.21) - *Agarum turneri* P. et R.

Слоевище 0,5-0,9 м высотой, черешок до 25 (30) см высотой, пластина до 75 см шириной. Прикрепляется к грунту пучком разветвленных, хорошо развитых ризоидов. Пластина вытянуто-овальная, часто с оборванной верхней частью. Поверхность пластины ровная, только в период интенсивного роста в нижней растущей части она может быть складчатая, и у образующихся перфораций края могут быть неровные, вогнутые на одну сторону. При созревании пластина как бы растягивается, края перфораций становятся ровными. Перфорации многочисленные, очень крупные, особенно в верхней части пластины и вдоль жилки, между крупными перфорациями располагаются более мелкие, до 0,8 см в поперечнике, располагаются без особого порядка, крупные и более мелкие вперемежку. Центральная жилка имеет вид широкой, до 3 см, темной, слабо утолщенной полосы. Сорусы спорангиев имеют иероглифические очертания.

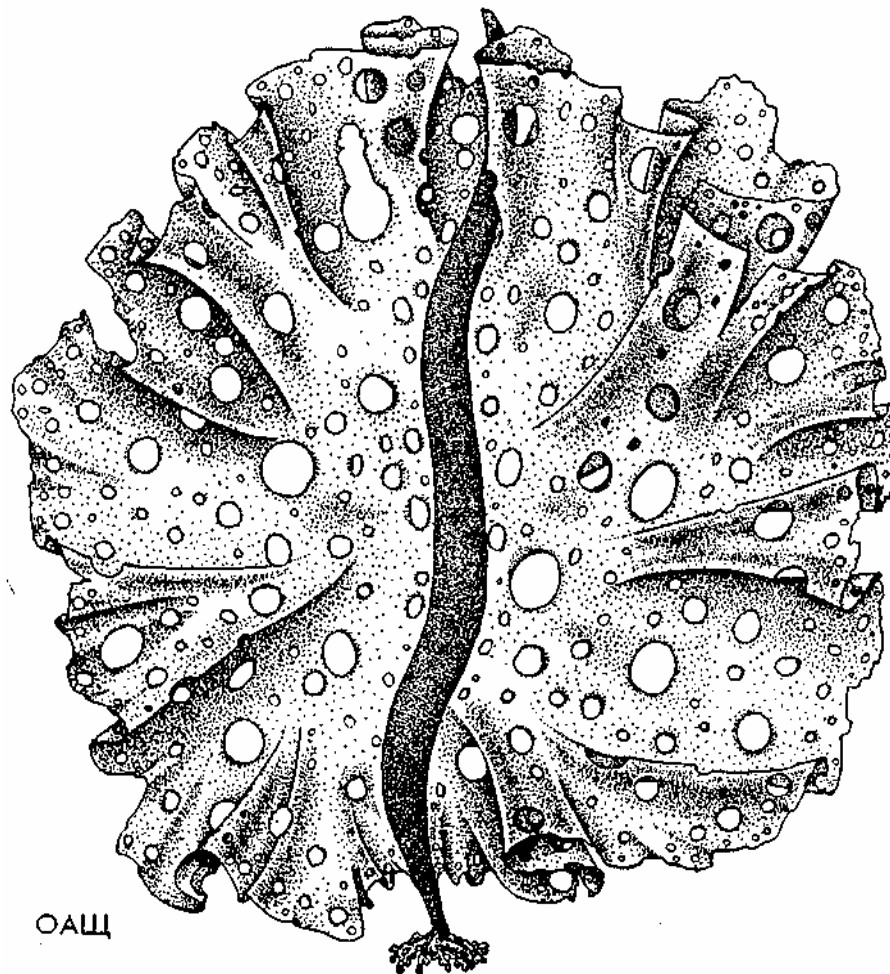


Рис. 2.21. Агарум Турнера

Вид имеет приазиатское высокобореальное распространение. Встречается вдоль западного побережья Берингова моря и у Восточной Камчатки.

Самостоятельность этого вида до сих пор подвергается сомнению. Большинство исследователей считают *Agarum turneri* синонимом *Agarum cribrosum*, у которого центральная жилка может уплощаться. В определенных условиях обитания это действительно имеет место, и на этом основании виды можно было бы посчитать конспецифичными. Однако мы неоднократно находили в одном и том же районе и даже в одной и той же выборке слоевища агарума одного возраста с признаками обоих видов.

Кроме описанных признаков различия следует указать и на то, что на протяжении всего вегетационного периода *Agarum turneri* характеризуется более мягкой текстурой и более светлым зеленовато-оливковым цветом.

Агарум продырявленный (рис. 2.22) - *Agarum cribrosum* Bory

Слоевище 0,4-1,4 м высотой, пластина до 57 см шириной, черешок до 25 (30) см высотой. Прикрепляется к грунту пучком разветвленных, хорошо развитых ризоидов. Пластина округло-овальная, часто с оборванным верхом. Центральная жилка выпуклая или уплощенная, до 1,7 см шириной. Перфорации многочисленные, располагаются без особого порядка, крупные и более мелкие вперемежку. Размеры перфораций от 0,2 до 2 см в поперечнике. В основании пластины они фестончатые, на вершине имеют ровный край. Сорусы спорангиев имеют иероглифические очертания.

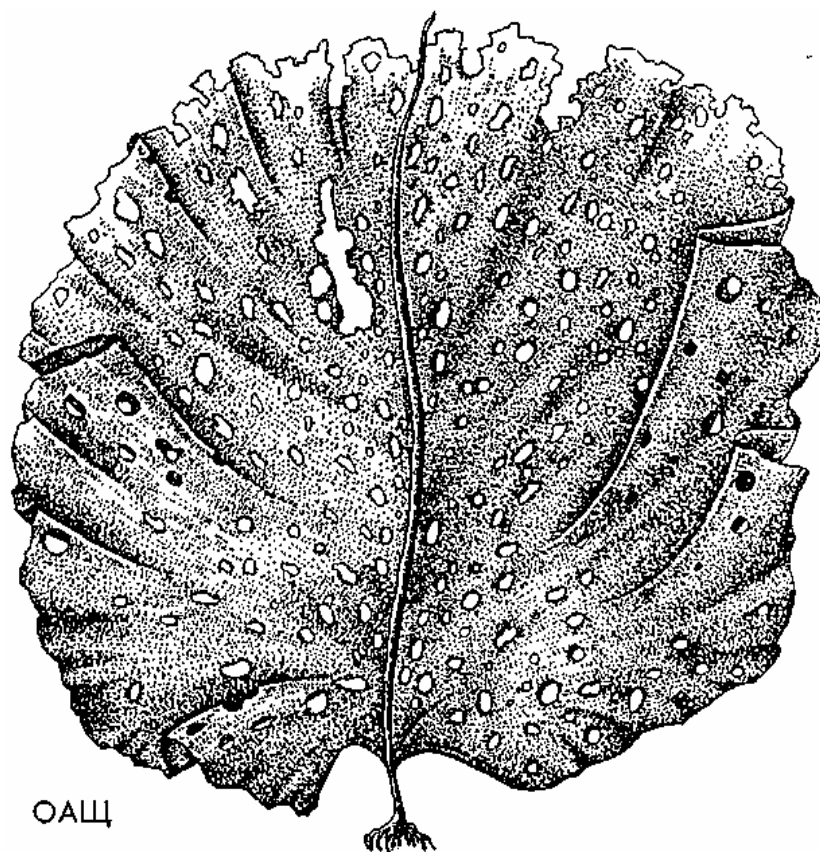


Рис. 2.22. Агарум продырявленный

Из камчатских ламинариевых данный вид перфорированностью пластины также похож на *Thalassiophyllum*, хорошо отличаясь от него наличием центральной жилки. Считается, что в камчатско-беринговоморском районе вид имеет две экологические формы. В спокойных местах обитают растения с мелкими (до 0,8-1 см в поперечнике) фестончатыми перфорациями и узким ребром, в прибойных — растения с очень крупными не фестончатыми перфорациями и плоским широким ребром. Однако наши наблюдения не подтверждают воздействия экологических факторов на формирование вида. Замечено, что представители этих форм могут обитать в одних и тех же условиях, у одного и того же участка побережья. При этом их возрастная и индивидуальная изменчивость выражена у каждой формы по-своему и признаки, разделяющие эти формы, не перекрываются.

В обсуждаемом районе вид распространен повсеместно, встречается практически во всех растительных сообществах, формируемых ламинариевыми водорослями. Верхняя граница его произрастания проходит на глубине 3-4 м. Здесь он встречается редко и единично как сопутствующий. С увеличением глубины доля *Agarum* в растительном покрове увеличивается. На глубинах 8-10 м он практически повсеместно становится монодоминантом. В Карагинском заливе драгой были подняты вполне нормальные, живые образцы вида с глубин 40-80 м. Скорее всего, они изначально росли не на этих глубинах, а были снесены туда с меньших глубин.

Такое распределение вида по вертикали связано с тем, что в верхней сублиторали он не выдерживает конкуренции со стороны других видов. Глубже фитофаги предпочитают выедать менее жесткие, чем *Agarum*, виды. Селится *Agarum cribrosum* на скалистых и илисто-песчаных с примесью гальки грунтах в различных условиях прибойности, за исключением зоны разрушения волн. На отдельных участках Кроноцкого, Авачинского и Карагинского заливов *A. cribrosum* образует 70-90%-ное

проективное покрытие, при этом масса отдельных растений достигает 400 г, а максимальная биомасса в чистых зарослях 5,2 кг/м<sup>2</sup>.

По сравнению с видами алярий и ламинарией Бонгарда данный вид менее приспособлен к обитанию в загрязненных районах. Скорее всего, не повышенное количество органики и не токсическое воздействие поллютантов являются этому причиной. В загрязненных закрытых водоемах наблюдается повышенное количество взвеси, планктонных организмов, вызывающих цветение. Из-за этого мутность воды резко повышается, и на привычных глубинах обитания, где вид хорошо переносит конкурентное давление других ламинариевых, количество света, необходимого для фотосинтеза, уменьшается. Данные наблюдения подтверждает то, что при повышении замутненности растения Агарума сначала сильно уменьшаются в размерах, становятся карликовыми и затем исчезают.

Вид имеет тихоокеанско-атлантический азиатско-американский ареал. У азиатского побережья распространен от Берингова пролива до севера Японии и япономорского побережья Северной Кореи, у тихоокеанского побережья Америки от о-ва Святого Лаврентия до штата Вашингтон и у атлантического побережья Америки от о-ва Элсмир до штата Массачусетс.

### Род Циматера - *Cymathere*

Слоевище спорофита дифференцировано на пластину, черешок и органы прикрепления, которые представляют собой ризоиды или дисковидную подошву. Пластина удлиненная, ровная, с гладким краем, двумя-четырьмя продольными складками, простыми или утолщенными (складки-ребра). Спороносная ткань развивается на пластине с одной или обеих сторон двумя продольными краевыми или одной сплошной полосой.

Немногочисленный род, включает три вида. Все они имеют северо-пацифическое распространение и относятся к типичным представителям островной японо-курило-алеутской флоры. В обсуждаемом районе произрастает только один вид.

#### Циматера трехскладчатая (рис. 2.23) - *Cymathere triplicata* (P. et R.) J. Ag.

Слоевище до 15 м высотой и 15 см шириной с коротким (6-10 см) стволиком и небольшой, до 3,5 см в поперечнике дисковидной округлой или лопастной подошвой, кожистое, более плотное в центральной части, темно-бурого цвета. На вентральной поверхности пластины проходят три выпуклых ребра, на дорсальной их четыре. В нижней, наиболее молодой части пластины ребра имеют вид складок. Изученные растения не имели фертильных структур и их анатомо-морфологическое строение не исследовалось.

В изученном районе встречается достаточно редко, только у Командорских островов и юго-восточной Камчатки, среди других ламинариевых как сопутствующий вид. Можно полагать, что здесь обитает изолированная популяция вида и проходит северная граница ареала в азиатской его части.

У молодых растений продольные ребра выражены не всегда отчетливо, что делает их трудноотличимыми от ювенильных образцов некоторых видов *Laminaria*. Однако почти на всех стадиях зрелости прообразы будущих ребер можно разглядеть при увеличении и даже без него.

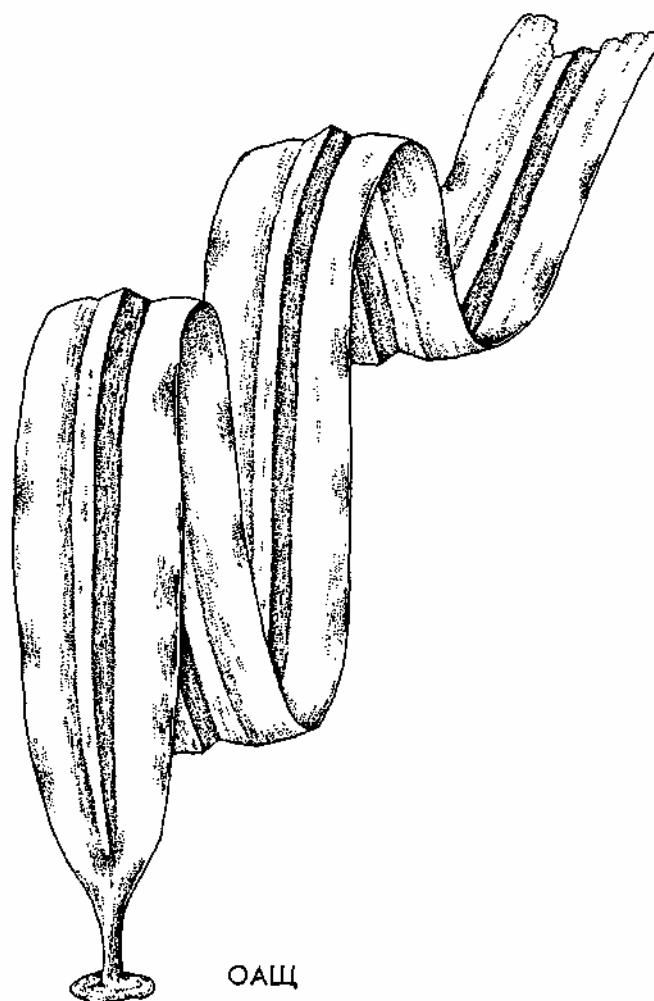


Рис. 2.23. Циматера трехкладчатая

*Cymatere triplicata* имеет азиатско-американский северо-пацифический ареал. У Азиатского побережья распространена у тихоокеанской стороны о-ва Уруп и далее у других более северных островов Курильской гряды и у Командор, у Американского побережья - вдоль островов Алеутской гряды и материкового берега до 48° с.ш.

#### Род Артротамнус - *Arthrothamnus* Rupr.

Слоевище дифференцировано на стволик, ризоиды и пластины. Стволик имеет вид толстых уплощенных обратноперевернутых треугольников. От заостренного основания треугольника отходят ризоиды, от верхних углов у многолетних растений - такие же треугольные стволики с ризоидами в основании, у перегородок - ремневидные пластины. Многолетние растения имеют по несколько пластин. Их число вдвое превышает количество стволиков последнего порядка. Спороносная ткань развивается на пластинах сорусами, имеющими вид прерывистых полос.

Род *Arthrothamnus* представлен двумя видами. Один из них, *Arthrothamnus kurilensis*, встречается у южных Курильских островов и юго-западного Сахалина, другой - *A. bifidus* имеет более широкий ареал, включающий и Камчатку.

#### Артротамнус раздвоенный (рис. 2.24) - *Arthrothamnus bifidus* (Gmel.) P. et R.

Зрелые растения до 2,7 м длиной. Пластины гладкие, ремневидные с чуть заметной более толстой и широкой срединной полосой, до 5-5,5 см шириной. Стволик короткий, до 12 см высотой, 5-6 см шириной в самой широкой части, 1,2-1,8 см толщиной.

Ризоиды короткие, у многолетних растений расположены в несколько ярусов. У нижних краев пластин развиваются характерные для вида скрученные ушки.

Взрослые растения *Arthrothamnus bifidus* легко отличаются от прочих представителей ламинариевых водорослей обсуждаемого района неповторимой морфологией стволиков и множественных узкоремневидных пластин. У Камчатки вид имеет весьма протяженное и прерывистое распространение, встречается на отдельных участках побережий Авачинского, Кроноцкого, Озерновского и Карагинского заливов. Его эколого-ценотическим оптимумом являются широко открытые прибою и слабозащищенные скалистые, глыбово-валунные участки побережья. Основные глубины распространения видов располагаются в диапазоне 1-10 м, причем у юго-восточного побережья полуострова он обычно поднимается на глубину 1-3 м, а у северо-восточного чаще опускается до 7-10 м и на пологих скалистых платформах формирует пояса чистых зарослей с почти 100%-ным проективным покрытием 25-30 м шириной. Растения, формирующие заросли, разновозрастные, более половины из них - 2-3 летние, до 15-20% - сеголетки, остальные - более старые или совсем ювенильные особи. В Авачинском и Кроноцком заливах *A. bifidus* часто растет совместно с *Laminaria longipes*, выступая в этом сообществе доминантом или субдоминантом, а иногда только сопутствующим видом. В смешанных зарослях на одном квадратном метре может

встречаться до 20 экз. *A. bifidus*, в чистых глубинных зарослях - до 68. Биомасса вида колеблется от 2,2 до 6,5 кг/м<sup>2</sup>. Максимальная масса одного слоевища может достигать 0,5 кг.

*Arthrothamnus bifidus* имеет широкий азиатско-американский ареал. У американского побережья он распространен вдоль островов Алеутской дуги и у тихоокеанского побережья Аляски почти до южной границы штата, у азиатского вид встречается у северотихоокеанского побережья о-ва Хоккайдо, у островов Кунашир, Итуруп, Шикотан и далее вдоль средних и северных островов Курильской гряды, вдоль восточного побережья Камчатки до зал. Озерной включительно. Имеются указания на его нахождение в зал. Камбальный (юго-западная Камчатка) и достаточно сомнительное указание Г.И. Гайла на его нахождение у Командорских островов. Позднее присутствие вида у Командор не было подтверждено ни монографом дальневосточных ламинариевых Ю.Е. Петровым, ни участниками гидробиологических и альгологических экспедиций, изучавших флору этих островов. Исходя из этого можно предполагать либо ошибку в определении или при подготовке рукописи статьи Г.И. Гайла, либо, что более вероятно, исчезновение вида из флоры Командорских островов, произошедшее как следствие пульсации его ареала уже после исследований Е.И. Кардаковой-Преженцовой и Е.Ф. Гурьяновой, материалами которых мог пользоваться Г.И. Гайл.

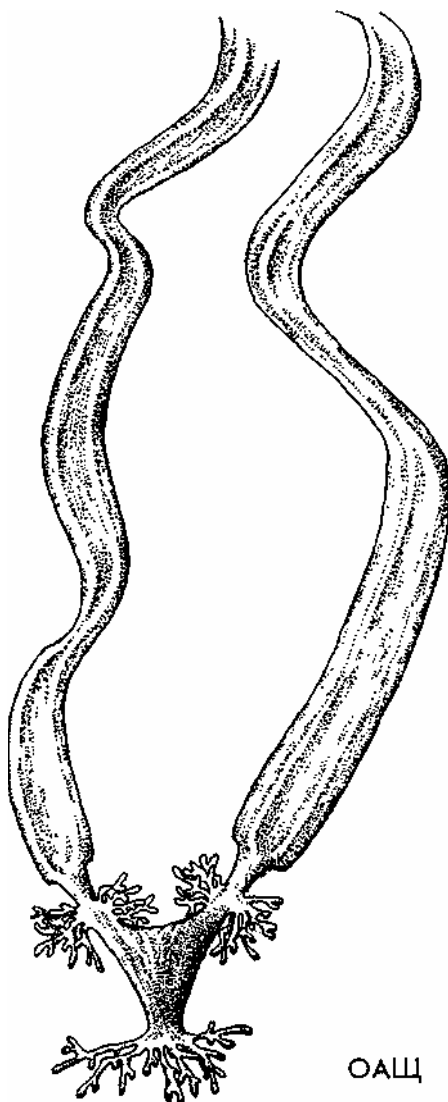


Рис. 2.24. Артротамнус раздвоенный

## Род Ламинария - *Laminaria* Lamour.

Типовой род порядка *Laminariales*. Характеризуется слоевищем, дифференцированным на пластину, стволик, подошву, ризоиды или ризомы. Стволик цилиндрический или сдавленный, иногда почти или полностью отсутствует. Пластина на стволике одна или при расщеплении ствола их две, гладкая или морщинистая, с булями или без них, цельная или рассеченная на ремневидные лопасти. Во внутреннем строении повторяет признаки семейства и порядка. Имеет меристодерму, подстилающую ее кору, промежуточный слой, антиклинальные выросты клеток которого образуют сердцевину. У видов рода в промежуточном слое у пластины, ризоидов и стволика может формироваться сеть разветвленных слизистых каналов. Спороносная ткань формируется на поверхности пластины с одной или обеих ее сторон. Сорусы спорангиев имеют различную форму: ленточную, пятнистую, сплошную, или же их очертания бесформенны.

Наиболее многочисленный и распространенный род обсуждаемого порядка. В его состав входит не менее 30 видов, из них в Северной Пацифике встречается более половины. В дальневосточных морях России 13 видов, причем представления об объеме некоторых из них - вопрос весьма спорный. Наиболее сложными по внутривидовой структуре и полиморфными являются виды *Laminaria aronica*, распространенная на юге Дальнего Востока, и *L. bongardiana*, распространенная в высокобореальных водах Пацифики. В Японии и Америке многочисленные формы этих видов, выделяемые Ю.Е. Петровым, до сих пор считаются самостоятельными видами или даже, как *Laminaria bongardiana f. sessilis*, относятся к особому роду *Hedophyllum* как *H. sessile* S. et G. Несмотря на то что представители рода являются наиболее ценными и широко используемыми, его таксономическое исследование нельзя считать завершенным. Последние систематические монографические обзоры по дальневосточным видам рода были опубликованы Миябе (Miyabe) и Ю.Е. Петровым. С тех пор систематика водорослей сделала большие успехи, введя в свой арсенал новые инструментальные методы исследований, новые подходы к изучению видов и их жизненных циклов, которые могут быть с успехом использованы при проведении новой ревизии рода.

### ТАБЛИЦА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССОВЫХ ВИДОВ

- I. Слоевище прикрепляется к грунту дисковидной подошвой ..... ***Laminaria yezoensis***.
- II. Слоевище прикрепляется к грунту хорошо развитыми ризомами .....  
..... ***Laminaria longipes***.
- III. Слоевище прикрепляется к грунту ризоидами.
  1. Пластина цельная, гладкая или, в молодом состоянии, с едва выраженными двумя рядами булей. Черешок жесткий, тонкий, более темного, чем пластина, цвета. Остатки прошлогодней пластины, отделяются от молодой хорошо выраженной перетяжкой..... ***Laminaria gurjanovae***.
  2. Пластина цельная, чаще разорванная на лопасти, без булей. Черешок мясистый, утолщенный, такого же, как пластина, цвета. Остатки прошлогодней пластины у растений, имеющих цельные пластины, не имеют отчетливо выраженных перетяжек.
    - А. Черешок очень длинный, вальковатый почти по всей длине, слегка утолщен в средней части. Обычно настолько упругий, что не изгибается под тяжестью обвисшей пластины. Разрывы пластины доходят почти до ее основания, заканчиваются почти на одном уровне ..... ***Laminaria dentigera***.
    - Б. Черешок более короткий или совсем отсутствует, слегка уплощенный у



вершины, не имеет утолщения в средней части, изгибается под тяжестью обвисшей пластины. Разрывы пластины, если они имеются, заканчиваются на разной ее высоте..... **Laminaria bongardiana**

**Ламинария йезоенская (рис. 2.25) -Laminaria yezoensis Miyabe**

Слоевище до 2,5 м длиной, до 50 см шириной, черешок до 50 см высотой, с ширококлиновидным до сердцевидного основанием. Пластина в зрелом состоянии упругая, гладкая, рассечена на 5-6 ремневидных лопастей, в молодом -цельная с щелевидными перфорациями. Прикрепляется к грунту округлым базальным диском до 8 см в поперечнике, цельным или рассеченным на лопасти.

Клетки меристодермы округло-прямоугольные или субквадратные, 7,2-9 × 10-18 мкм. Подлежащий коровой слой слабо дифференцирован, однорядный или даже отсутствует. Клетки промежуточного слоя на поперечном срезе округло-многоугольные или неправильной формы, 18-45 × 10-27 мкм, на продольном - очень слабо вытянуты, почти таких же размеров. В промежуточном слое выделяются две зоны клеток: не имеющие антиклинальных выростов и имеющие их. Клетки, несущие выросты, имеют округлую форму, толстые оболочки, располагаются более рыхло, чем подкоровые. Ближе к сердцевине они густо переплетаются трубчатыми и гифообразными нитями и постепенно замещаются ими. Таким образом, сердцевина не имеет четкой границы с промежуточным слоем. Нити сердцевины тонкие, 3,6-7,2 мкм в поперечнике, без воронкообразных утолщений на концах. Слизистые каналы в пластине не обнаружены.

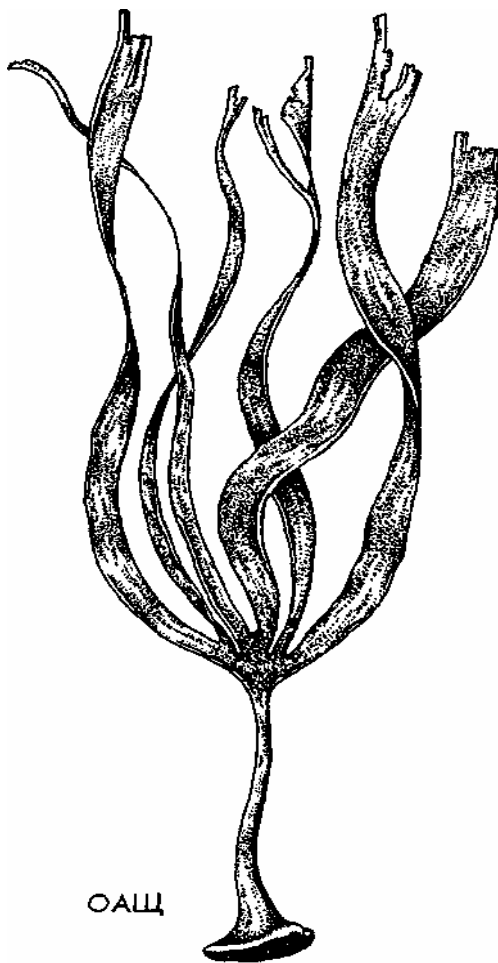


Рис. 2.25. Ламинария йезоенская

Черешок образован плотно сомкнутыми клетками. Меристодерма двуслойная, образована округлыми клетками. Кора состоит из 1-2 слоев клеток. На продольном срезе промежуточного среза просматриваются чередующиеся слои клеток более коротких округло-многоугольных и более вытянутых цилиндрических. Сердцевина в черешке образована мелкими округло-прямоугольными клетками. Слизистые каналы в черешке и ризоидах не обнаружены. Спороносная ткань формируется главным образом в средней и верхней частях пластины. Сорусы спорангиев располагаются без особого порядка, на обеих сторонах пластины, их очертания не совпадают.

Данный вид произрастает по всему району исследования, но ни на одном из участков побережья не является доминантом или субдоминантом растительности. Наиболее часто встречается совместно с *Laminaria bongardiana* и *L. gurjanovae*. С другими видами ассоциируется гораздо реже или не встречается вовсе. Максимальная биомасса в районе исследования 1,1 кг/м<sup>2</sup>. Предпочитает селиться на жестких неподвижных грунтах у открытых побережий на глубинах 3-10 м. Вегетирует предположительно 3-4 года. Наиболее старые растения обычно имеют наибольшее число - до 17 - ремневидных лопастей.

*Laminaria yezoensis* имеет северо-пацифический азиатско-американский ареал. У азиатского побережья встречается у северных и средних Курильских островов, где на отдельных участках выступает доминирующим видом, а также в Беринговом море, у юго-восточной Камчатки и Командорских островов. У американского побережья встречается на островах Алеутской гряды. Имеет, судя по всему, азиатское происхождение.

Вид хорошо отличается от других представителей рода наличием дисковидной подошвы, отсутствием резкой границы между сердцевинным и промежуточным слоем. Иногда его можно спутать с молодыми растениями *Laminaria yezoensis*, имеющими слабо развитую ризоидальную систему, образованную сросшимися короткими ризоидальными выростами, имитирующими базальный диск.

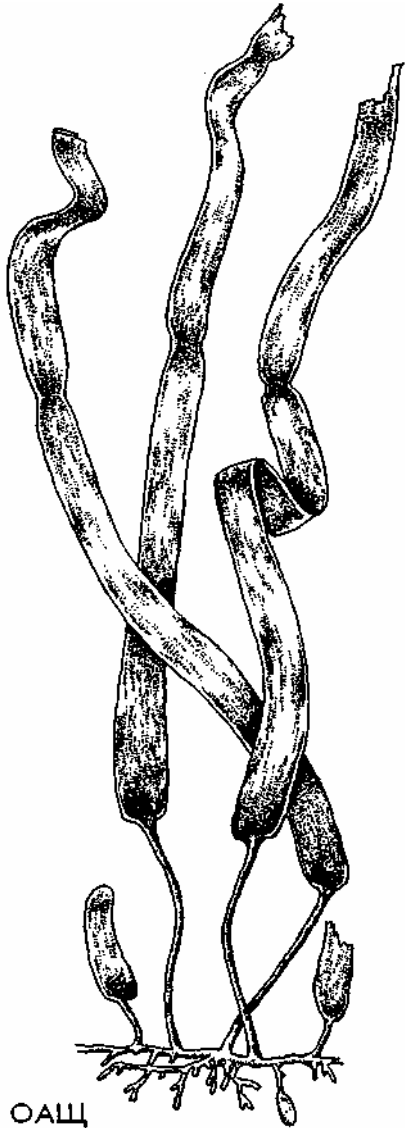
#### Ламинария длинноногая (рис. 2.26) - *Laminaria longipes* Bory

Слоевиде до 2 м длиной, 7 см шириной. Черешок до 32 (50) см высотой. Пластина кожистая, упругая, с гладкой поверхностью, ровным краем. Имеет узко-линейную форму. Стволик по отношению к пластине длинный, упругий, такого же или чуть более темного, чем пластина, цвета, не более 0,8 см в поперечнике, по всей длине округлый, вверху слабо сдавленный, переходящий в остrokлиновидное основание пластины. Органы прикрепления - ризоиды - корневищеподобные стелющиеся структуры, дающие дополнительные пластины и отростки, прикрепляющиеся к субстрату. Наличие этих структур дает возможность вегетативного размножения и репликации продукции гаметофита.

Клетки меристодермы на поперечном срезе коротко-цилиндрические, 7,2 × 14,4 мкм, образуют неоднородный по толщине слой. Подстилающая меристодерму кора образована 2-3 слоями более мелких, 10,8-31,2 × 12,6-27 мкм, клеток округлой или вытянуто-прямоугольной формы. Клетки промежуточного слоя на поперечном срезе округло-многоугольные, 9-18 мкм в поперечнике, на продольном - коротко-цилиндрические или субквадратные, без антиклинальных выростов, и длинно-цилиндрические, 41,4-108 × 18-27 мкм в субмедуллярном слое, с тонкими трубчатыми выростами.

Характерным признаком анатомического строения вида является перпендикулярное расположение клеток субмедуллярного слоя и трубчатых клеток, образующих сердцевину. Зона смешения этих нитей неширокая. Трубчатые клетки не имеют расширения на концах, иногда разделяющие их перегородки неровные, с зубцами,

очертания которых повторяют очертания сочленяющихся с ними клеток. Только в самой центральной части гифообразные и трубчатые клетки сердцевины образуют более или менее густую сеть. В стебле сердцевина занимает самую центральную часть, клетки промежуточного слоя слабо дифференцированы по размерам, от периферии стебелька к центру очень постепенно увеличиваются в поперечнике и длине. Редко в подкоровом слое стебелька развиваются слизистые ходы. Спороносная ткань развивается на обеих сторонах пластины. Сорусы спорангиев располагаются на пластине без особого порядка, широкими сливающимися мазками.



*Laminaria longipes* распространена в изученном районе практически повсеместно у Восточной Камчатки, у п-ова Чукотский и на Командорских островах. Она приурочена к прибойным участкам побережья. Благодаря способности к вегетативному размножению и образованию чрезвычайно плотных дернин, обтекаемости и упругости слоевищ способна выдерживать значительную гидродинамическую нагрузку. В Авачинском и Кроноцком заливах на глубине 0,5-2,5 м образует клоновые дернины с плотностью 30-40 экз/м<sup>2</sup>, биомассой свыше 3,6 кг/м<sup>2</sup>. Здесь ее зарослям часто сопутствует *Arthrothamnus bifidus*. В Беринговом море *L. longipes* опускается на глубину 12-17 (60) м и образует заросли с биомассой до 5,6 кг/м<sup>2</sup>. Глубоководные образцы обычно бывают крупнее, сохраняют почти до начала осени прошлогодние пластины.

Имеет азиатско-американский северо-пацифический ареал. У азиатского побережья встречается вдоль северных и средних Курильских островов, в Беринговом море, у юго-восточной Камчатки и Командорских островов, у американского - у Алеутских островов и материкового побережья до 55° с.ш.

Хорошо отличается от других представителей рода характерной длинной узкой формой пластины и наличием своеобразных органов прикрепления - ризомов.

Рис. 2.26. Ламинария длинноногая

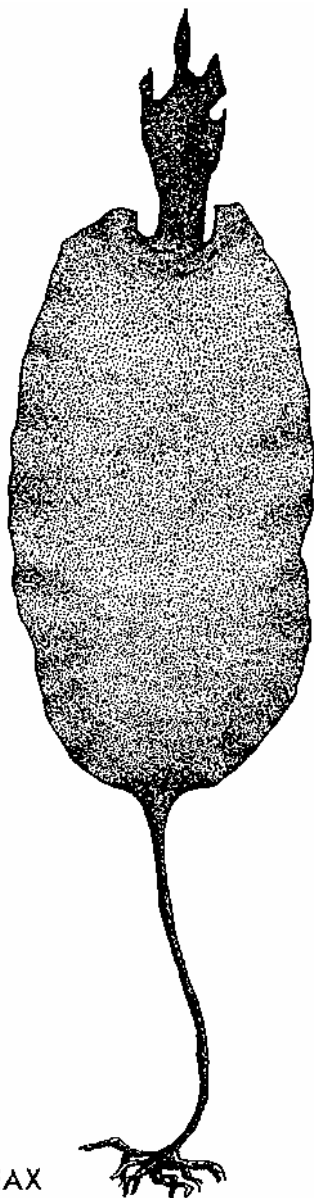
#### Ламинария Гурьяновой (рис. 2.27) -*Laminaria gurjanovae* A. Zin.

Слоевище спорофита до 4 м длиной, 40 см шириной, стволык до 40 см высотой. Пластина не рассеченная, цельная или с редкими механическими разрывами. С возрастом и в зависимости от условий произрастания они варьируют от линейно-ланцетовидных до линейных или овальных. Молодые сеголетки имеют тонкие перепончатые пластины с ширококлиновидным основанием и хорошо заметными булями, расположенными двумя рядами по краям слоевища. Толщина пластины в центральной части в краевых частях одинаковая. У более взрослых

образцов нижняя часть пластины вытягивается в длину и к периоду зрелости

становится узкоклинновидной, грубой, почти роговидной, темной, с ровными или слабо волнистыми краями. При этом верхняя часть пластины остается тонкой, сохраняет линейную форму, волнистый край.

После спороношения тонкая часть пластины постепенно разрушается почти до нижней грубой части. С началом роста пластины в следующем вегетационном сезоне вновь образуются округло-овальные пластины, которые, отрастая, становятся все более



ЕАХ

клиновидными у основания. Остатки прошлогодней пластины в виде "султана", имеющего отчетливую перетяжку в месте соединения с сеголетней пластиной, сохраняются еще длительное время, в Камчатском и Озерновском заливах вплоть до сентября. Стволик тонкий, гладкий, вальковатый по всей длине. Его характерной особенностью является более темный, почти черный цвет и глянцевая блестящая поверхность. Ризоиды тонкие, жесткие, многократно разветвленные, часто располагаются мутовками в два и даже три яруса.

Спороносная ткань развивается на обеих сторонах пластины. Сорусы спорангиев развиваются преимущественно в верхней их половине.

В обсуждаемом районе вид распространен практически повсеместно от самых южных до самых северных пунктов исследования. Благодаря некоторым особенностям строения органов прикрепления, дающим возможность закрепления не только на жестких неподвижных, но и на подвижных мелко-валунных, галечно-песчаных грунтах, вид заселяет самые разнообразные биотопы. Высокая экологическая пластичность - отсутствие избирательности к грунтам, прибойности, растянутые сроки спороношения - обуславливает массовое и широкое распространение вида.

Ценотическая роль вида в изученном районе разнообразна. При определенных условиях, на полузащищенных участках побережья с подвижными жесткими грунтами или на большой глубине- 18-30 м с гравийно-галечными грунтами - он может образовывать монодоминантные ассоциации с проективным покрытием до 90-100%. В других случаях вид выступает как субдоминант в зарослях *Laminaria bongardiana* или чаще как сопутствующий элемент фитоценоза.

Рис. 2.27. Ламинария Гурьяновой

Имеет азиатский аркто-пацифический ареал. Распространен в Японском море, где обитает только на больших глубинах, в Охотском море, практически по всему материковому побережью и далее от Камчатки до Чукотки в восточном секторе Арктики.

Молодые растения *L. gurjanovae* трудно отличимы от ювенильных образцов *Laminaria bongardiana f. faeniata*, которые характеризуются довольно узкой линейно-ланцетовидной нерассеченной пластиной и наличием двух рядов слабо выраженных булей. Отличаются от них более нежной пластиной и тонкими ризоидами.

## Ламинария зубчатая (рис. 2.28) - *Laminaria dentigera* Kjellm.

Слоевище спорофита до 2 м и более длиной, 60 см шириной. Пластина широко овальная, почковидная в основании, с ровными краями, рассеченная от верхушки почти до основания на ремневидные лопасти. Разрывы слоевища заканчиваются примерно на одном уровне от основания пластины и имеют характерную щель, при образовании которой происходит разрыв внутренних тканей, в результате чего противоположные поверхности пластин заходят и накладываются одна на другую. Концы щели на разных поверхностях смещаются друг относительно друга. Стволик округлый, очень плотный, в самой верхней части слегка уплощается и переходит в ширококлиновидное, сердцевидное или почковидное основание пластины, в средней части - слегка раздут. Ризоиды мощные, разветвленные, расходятся почти перпендикулярно от стебелька во все стороны, плотно прилегают к грунту и не образуют лопастных, веерообразных апикальных выростов. Сорусы спорангиев занимают всю нижнюю часть пластины, кроме узкого края, и неравномерно распространяются вверх по ее ремневидным лопастям. На одной из сторон пластины они начинают развиваться раньше, и их очертания на обеих сторонах не совпадают.

Клетки меристодермы округло-прямоугольные,  $7,2-9 \times 10,8-12,6$  мкм. Подкоровый слой 2-3-рядный, состоит из неправильно многоугольных клеток. В промежуточном слое четко выделяются два слоя - подкоровый, состоящий из округло-многоугольных клеток, постепенно увеличивающихся в поперечнике, и внутренний, состоящий из округло-прямоугольных клеток на поперечном срезе. Граница между ними выражена достаточно отчетливо. Сердцевина четко отграничена от промежуточного слоя. Образующие ее нити расходятся во всех направлениях, формируя густую сеть. Концы трубчатых нитей лишь слегка расширены. Ткани черешка и ризоидов очень плотные. Клетки коры  $9,5-10,8 \times 7,2-9$  мкм, в подкоровой части они имеют разные размеры. В черешке имеются слизистые ходы. На поперечном срезе они имеют вытянуто-овальную форму, размер ходов  $18-63 \times 36-108$  мкм.

В обсуждаемом районе *L. dentigera* распространена не очень широко. Ее промысловые заросли имеются только у Командорских островов, там она поднимается к нижней границе литорали или даже выходит в ее нижний горизонт. У остальных участков побережья вид встречается довольно редко, не образует самостоятельных скоплений, на глубинах 3-12 м у открытых и полузащищенных участков побережья сопутствует зарослям *Laminaria longipes*, *Arthrothamnus bifidus* или *Thalassiophyllum clathrus*. Иногда *L. dentigera* образует узкую полосу самостоятельных зарослей у нижней границы фитали, при этом плотность вида не превышает  $1-5$  экз/м<sup>2</sup>, а биомасса -  $0,8$  кг/м<sup>2</sup>. В местах с особенно сильным прибоем пластина *L. dentigera* у отцветавших растений разрушается почти до основания, остается только черешок с мощными ризоидами. Предположительно является одним из самых многолетних представителей рода и вегетирует до 7 лет.

Вид имеет азиатско-американский высокобореальный ареал. У американского побережья распространен у Алеутских островов и в Беринговом море, у Аляски - до б. Якутат. У азиатского - встречается в Беринговом море от Командорских островов и Камчатского залива до м. Лопатка, вдоль островов Курильской гряды, у северо-западного и юго-западного Сахалина в районе холодно-водного пятна Макарова.



ЕАХ

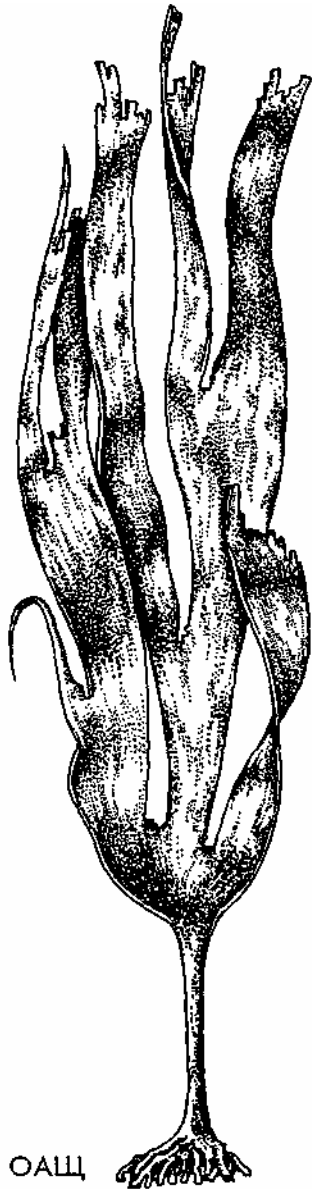
Рис. 2.28. Ламинария зубчатая

Молодые растения *Laminaria dentigera* похожи на таковые *L. bongardiana* f. *bongardiana*, но отличаются от них более длинным, овальным, толстым черешком, более плотной гладкой пластиной, не имеющей булей.

Ламинария Бонгарда (рис. 2.29) - *Laminaria bongardiana* P. et R.

Слоевище спорофита до 4,2 м длиной, 90 см шириной, черешок до 23 см высотой. Пластина цельная или рассеченная на 2-6 ремневидных лопастей.

Разрывы глубокие, заканчиваются на разной высоте от основания пластины, иногда почти целиком рассекают пластину. Основание пластины клиновидное, овальное, реже сердцевидное. Поверхность гладкая, иногда с булями. Последние особенно хорошо выражены у молодых растений и образцов, обитающих в определенных условиях и имеющих капюшончатую форму. Були крупные, иногда в виде вдавлений и выпуклостей, расположены неправильными рядами или беспорядочно. Пластина плоская или слегка свернута по спирали вместе с верхушкой черешка. Она может также иметь форму чепчика или капюшона. Стволик вальковатый, слабо сдавленный или даже слегка уплощенный в верхней трети, гибкий, равномерно толстый или слабо увеличивающийся в толщине от основания к вершине. Ризоиды имеют ту же хрящеватую консистенцию, что и черешок, компактные, отходят по всей окружности,



плотно прилегают к грунту благодаря наличию у них веерообразно-расширяющихся концов. Спороносная ткань образуется с одной или с обеих сторон пластины, в ее средней и верхней частях. Очертания сорусов имеют разную форму: лентовидную, пятнистую, иероглифическую и неопределенную, их контуры на разных поверхностях не совпадают.

Клетки меристодермы в пластине округло-квадратной или округло-прямоугольной формы, размером 7,2-10,4 мкм. Кора образована 1-2 слоями пигментированных клеток, образующих четко выраженный коровой слой. Клетки промежуточного слоя неправильно многоугольные, плотно сомкнуты, постепенно увеличиваются от 18-45 до 72 мкм, на продольном срезе они коротко-цилиндрические. Характерной особенностью строения промежуточного слоя является резкое различие в размерах клеток подкорового слоя и слоя, клетки которого дают антиклинальные выросты, формирующие при дальнейшем развитии трубчатые нити сердцевин. У данного вида они резко, в 3-8 раз, уменьшаются в размерах и сильно вытягиваются. Выходящие от них трубчатые нити тянутся параллельными тяжами антиклинально, затем изгибаются в разных направлениях и формируют нитчатую переплетенную сердцевину. Концы трубчатых нитей резко расширяются в виде воронки и соединяются с такими же вздутыми концами соседних клеток. У гифообразных клеток они только слегка или совсем не расширяются.

*Рис. 2.29. Ламинария Бон-гарда. Наиболее типичное растение второго года жизни*

Сеть слизистых каналов очень густая. Она закладывается очень рано и обнаруживается уже у растений 4-6 см высотой, причем по мере развития слоевища каналы могут зарастать более мелкими клетками или сдавливаться. Одновременно идет процесс закладки новых каналов. У зрелых растений выстилающий слой образован более мелкими, чем окружающие, клетками. Черешок имеет аналогичное строение. В самом его центре развивается трубчатая медуллярная ткань. Промежуточный слой образован слоями крупных и менее крупных клеток, что определяет наличие на поперечном срезе отчетливых концентрических полос более темного и более светлого цвета. Их появление связано с различной активностью деления меристематических клеток и разными темпами их роста, что, в свою очередь, определяется бурным ростом черешка в каждом новом вегетационном сезоне и его остановкой. В промежуточном слое черешка также имеются слизистые каналы. Их сеть очень густая, иногда соседние каналы на поперечном срезе разделяет только один слой клеток. Располагаются каналы непосредственно под корой или глубже, в промежуточном слое. В ризоидах сеть каналов очень густая, и располагаются они непосредственно под меристодермой. Парафизы, окружающие спорангии, булабовидные, со слизистыми апикальными шапочками.

Внутреннее строение - размеры, форма и расположение клеток и клеточных слоев у данного вида сильно варьирует в зависимости от возраста, глубины произрастания, прибойности местообитания и т.д. Вполне возможно, что к этому еще добавляется географическая изменчивость. Направления этой изменчивости пока не вполне ясны. Проведение специальных исследований представляется весьма актуальным при решении задач, связанных с определением накопления в слоевищах водорослей полисахаридов. В случае обнаружения корреляции между анатомией и содержанием слизистых веществ в водорослях можно было бы наряду с дорогостоящими и трудоемкими химическими методами исследований применять более дешевые ботанические.

В исследованном районе *Laminaria bongardiana* распространена практически повсеместно, почти не меняет своей ценотической роли на участке побережья м. Лопатка - м. Говена и является наиболее массовым видом рода. Отличается широкой экологической пластичностью, встречается преимущественно на полузащищенных участках побережья на глубине 2-8 м. Нередко образует чистые заросли или сопутствует зарослям других видов, но чаще является доминантом пестрых по составу сообществ ламинариевых. Экологоценотическим оптимумом вида являются глубины 2 (3)-5 (6) м и полуприбойные, защищенные от прямого удара волн участки побережья. Выше этих отметок в заросли вида вклиниваются представители *Alaria*, ниже *Laminaria bongardiana* замещается *L. dentigera* или *A. cribrosum*. На Командорских островах вид выходит на литораль и при этом резко меняет свою морфологию. Максимальная плотность зарослей, известная для Камчатки, 40-50 экз/м<sup>2</sup>, включая молодые проростки. Максимальная биомасса 7 кг/м<sup>2</sup>. Максимальная зарегистрированная масса одного растения 2,5 кг.

Имеет азиатско-американский ареал. У американского побережья распространен на Аляске и Алеутах и вдоль материка до 42° с.ш., у азиатского - от о-ва Итуруп, вдоль всех лежащих от него к северу Курильских островов и далее вдоль восточного берега Камчатки до Берингова пролива, у Командорских островов.

Изменения морфологии вида, связанные с разными формами изменчивости, свидетельствуют о его эволюционной молодости. Экологическая изменчивость ведет к формообразованию, позволяющему дифференцировать этот вид на экоморфы. У берегов Камчатки и Командорских островов их 5.

#### ТАБЛИЦА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФОРМ ВИДА

- I. Стволик взрослых растений обычно не более 6 см в длину. Пластина свернута в виде капюшона, ее длина меньше или равна ширине.
  1. Ризоиды развиваются от основания очень короткого стволика или даже от нижнего края пластины ..... **Laminaria bongardiana f. sessilis.**
  2. Ризоиды развиваются от короткого стволика ..... **Laminaria bongardiana f. subsessilis.**
- II. Стволик хорошо выражен, обычно более 10 см. У взрослых растений пластина имеет иное строение.
  1. Стволик в самой верхней части раздваивается, каждая его половина скручивается по спирали и несет свою пластину ..... **Laminaria bongardiana f. bifurcata.**
  2. Стволик обычный, не расщепленный.
    - А. Пластина цельная. Ее ширина обычно не превышает 18 см. Сорусы зрелых спорангиев образуют две узкие полосы.... **Laminaria bongardiana f. taeniata.**
    - Б. Пластина рассеченная, ее ширина обычно превышает 20см. Сорусы зрелых спорангиев располагаются беспорядочно, по всей пластине.....



..... **Laminaria bongardiana f. bongardiana.**

**Ламинария Бонгарда форма сидячая (рис. 2.30) -Laminaria bongardiana f. sessilis.**

Растения до 50 см высотой, пластины цельные, надорванные или рассеченные на две части, как правило, более или менее свернуты в виде чепчика. Длина пластин обычно в 1,5-2 раза меньше ширины, поверхность гладкая или с булями, хорошо заметными в нижней части. Були располагаются двумя рядами. Основание пластин сердцевидное. Стволик очень короткий, 1,5-3 (6) см высотой, уплощенный. Ризоиды развиваются от основания стволика, иногда от нижнего края пластины, если последняя соприкасается с грунтом.

У побережья Камчатки встречается очень редко, обычно в литоральных ваннах. Здесь у нее наблюдается ингибция роста. В массовом количестве эта форма распространена на Командорских островах.

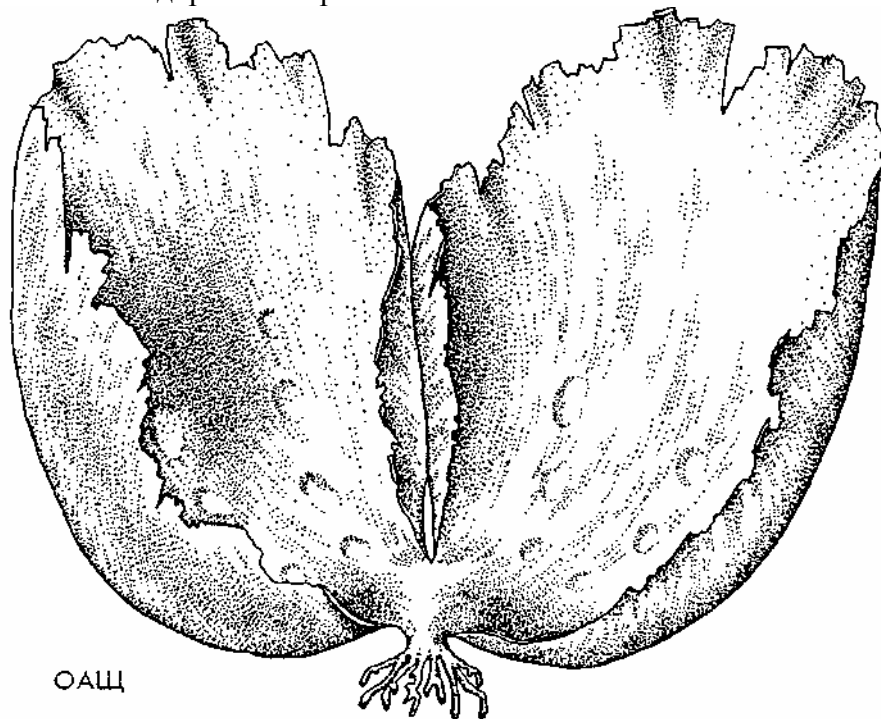
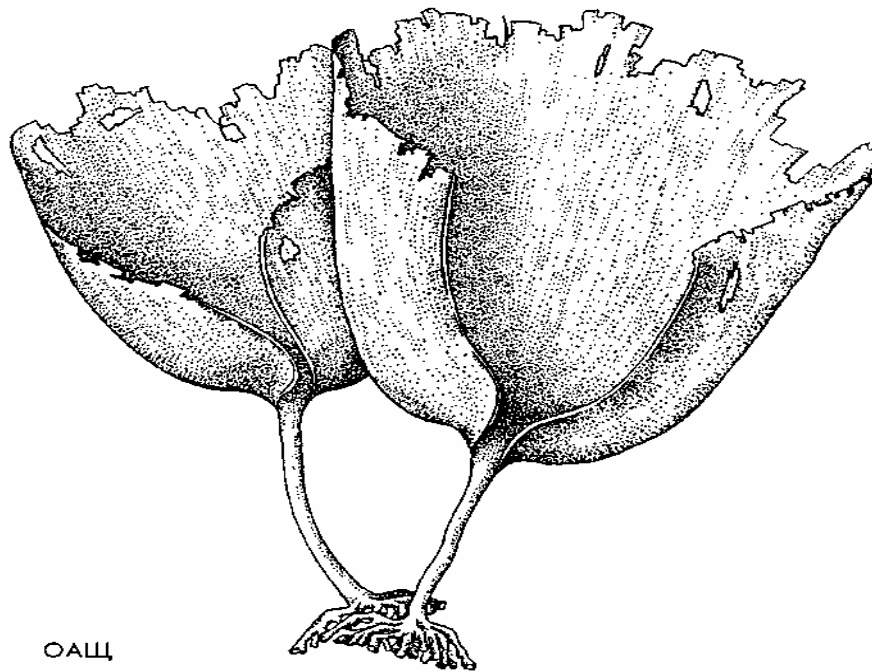


Рис. 2.30 Ламинария Бонгарда форма сидячая

**Ламинария Бонгарда форма почти сидячая (капюшончатая) (рис.2.31) - Laminaria bongardiana f. subsessilis.**

Растение до 1,2 м высотой, 80-90 см шириной. Пластина рассечена на крупные широкие лопасти, свернута в виде капюшона, имеются многорядные крупные були. Стволик короткий, сдавленный, у вершины основания уплощенный, переходящий в толстое основание пластины, которое имеет сердцевидную форму. Текстура слоевища более мягкая и толщина наибольшая среди остальных форм вида.

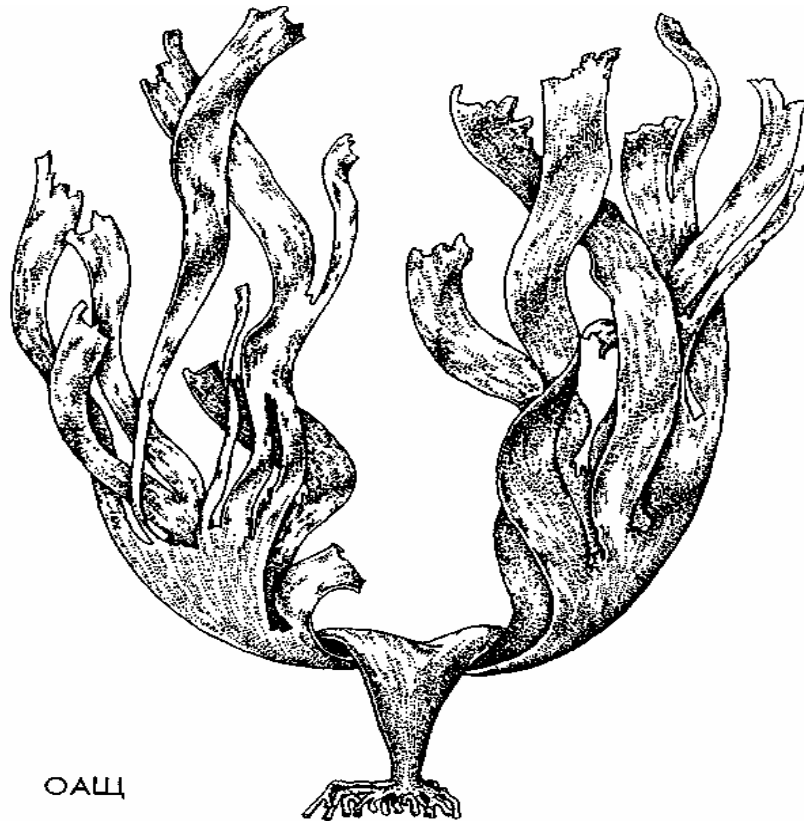


ОАЩ

*Рис. 2.31. Ламинария Бонгарда форма почти сидячая (капюшончатая)*

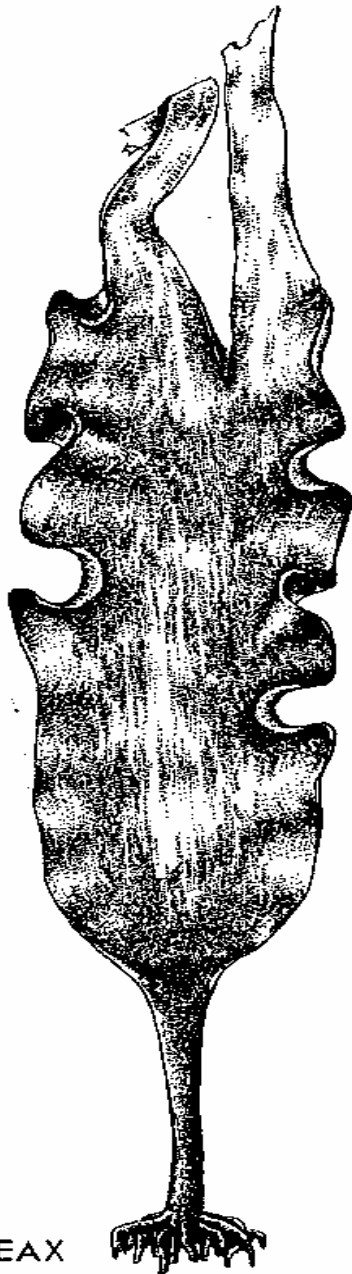
У побережья Камчатки обнаружена в отдельных бухтах юго-восточного побережья. Растет в защищенных участках на малых глубинах. Встречается также и на Командорских островах.

Ламинария Бонгарда форма двураздельная (рис. 2.32) - *Laminaria bongardiana* f. *bifurcata*.



ОАЩ

*Рис. 2.32. Ламинария Бонгарда форма двураздельная.*



Растения до 1 м высотой. Стволик более 20 см, на вершине раздваивается, вероятно, в результате повреждения меристематической ткани и слегка скручивается. Пластины, растущие на каждом из ответвлений, слегка скручены, симметричны относительно друг друга, рассечены на несколько ремневидных лопастей. У побережья Камчатки достоверно известна в Авачинском заливе.

Ламинария Бонгарда форма зауженная (рис. 2.33) - *Laminaria bongardiana* f. *taeniata*

Растения до 3 м длиной, стебель 25-30 см высотой. Пластина не рассеченная или рассечена незначительно у самой вершины. В молодом состоянии имеет едва заметные були, с возрастом они исчезают. Сорусы спорангиев образуют две узкие полосы на одной или обеих сторонах пластины.

У побережья Камчатки имеет широкое распространение от юго-восточного побережья до Озерновского залива включительно, возможно, встречается и севернее.

Рис. 2.33. Ламинария Бонгарда форма зауженная

Ламинария Бонгарда форма Бонгарда (рис. 2.34) *Laminaria bongardiana* f. *bongardiana*

Типовая форма вида. Описана в диагнозе вида. В изученном материале неоднократно встречались растения со всевозможными аномалиями и уродствами (однобокими, асимметричными, спирально закрученными пластинами). Они вызываются механическими повреждениями.

Нашими исследованиями, проведенными на материалах из Авачинской губы и открытой части Авачинского залива, был изучен морфогенез *L. Bongardiana* и показано, что все формы вида связаны между собой переходами и формообразование у нее определяется наложением разных форм изменчивости, среди которых основное место, как показано выше, принадлежит возрастной.

Талассиофиллум (Морелист) решетчатый (рис. 2.35) *Thalassiophyllum clathrus* P. et R.

Слоевище представляет собой конусообразно свернутые перфорированные пластины, закрученные вокруг стволика на 1/2 или 2/3 витка спирали. Стволик длинный, жесткий, вальковатый, оканчивается пучком хорошо развитых разветвленных ризоидов Перфорации фестончатые, особенно в молодых участках слоевища,

вывернуты на внутреннюю сторону. Развиваясь упорядоченно, они имеют вид правильной ячеистой сети. Размеры ризоидов на растущем крае пластины, находящемся внутри конуса, в несколько раз мельче, чем на внешнем крае. Сорусы спорангиев возникают по всей пластине, исключая основание, развиваются с обеих ее сторон.

Внутренние ткани имеют типичное для ламинариевых строение, но отличаются упорядоченным расположением клеток, образующих подобие горизонтальных и вертикальных рядов. Слизистые каналы в пластине, черешках, ризоидах отсутствуют.

У восточного побережья Камчатки вид непрерывного ареала не образует. Севернее прол. Литке не обнаружен. Встречается у открытых, прибойных

побережий на жестких, неподвижных, скалистых и крупно-валунных грунтах. Является одним из наиболее глубоководных видов ламинариевых, по-видимому, вытесняется с меньших глубин более конкурентоспособными видами. В отдельных северных районах встречается на глубинах 30-40 м. Возможно, сносится туда с меньших глубин и продолжает там вегетировать.



ЕАХ

Рис. 2.34 Ламинария Бонгарда форма Бонгарда. Растение в конце третьего года жизни

На глубине 5-7 м *Thalassiphyllum clathrus* обычно сопутствует зарослям *Laminaria*

*dentigera* и *Agarum cribrorum*, глубже 7-8 м у юго-восточного побережья Камчатки образует разреженные поселения с нижним ярусом из багрянок, у северо-восточного растет вместе с *Agarum*, у о-ва Карагинский на участках побережья, представляющих собой пологие скалистые платформы, поднимается на глубину 2-3 м. Такая же картина наблюдается и на Командорах. Плотность поселения этого вида в прикамчатских водах варьирует от 4-8 до 0,2-0,1 экз/м<sup>2</sup>, биомасса достигает 4,5 кг/м<sup>2</sup>.

В отличие от большинства ламинариевых *T. clathrus* не сбрасывает прошлогодние пластины. С определенной ритмичностью у него с одного края пластины идет нарастание, с другой - разрушение. Сеголетняя часть пластины от прошлогодней не отличается. Активный рост слоевища начинается с осенним понижением температуры и уменьшением длины дня. К концу октября растение имеет уже значительный прирост. В это время растущий, находящийся внутри конуса край пластины плотно свернут на 2-2,5 оборота. Ранневесенние поселения эпифитов на старых участках пластины ускоряют ее разрушение.

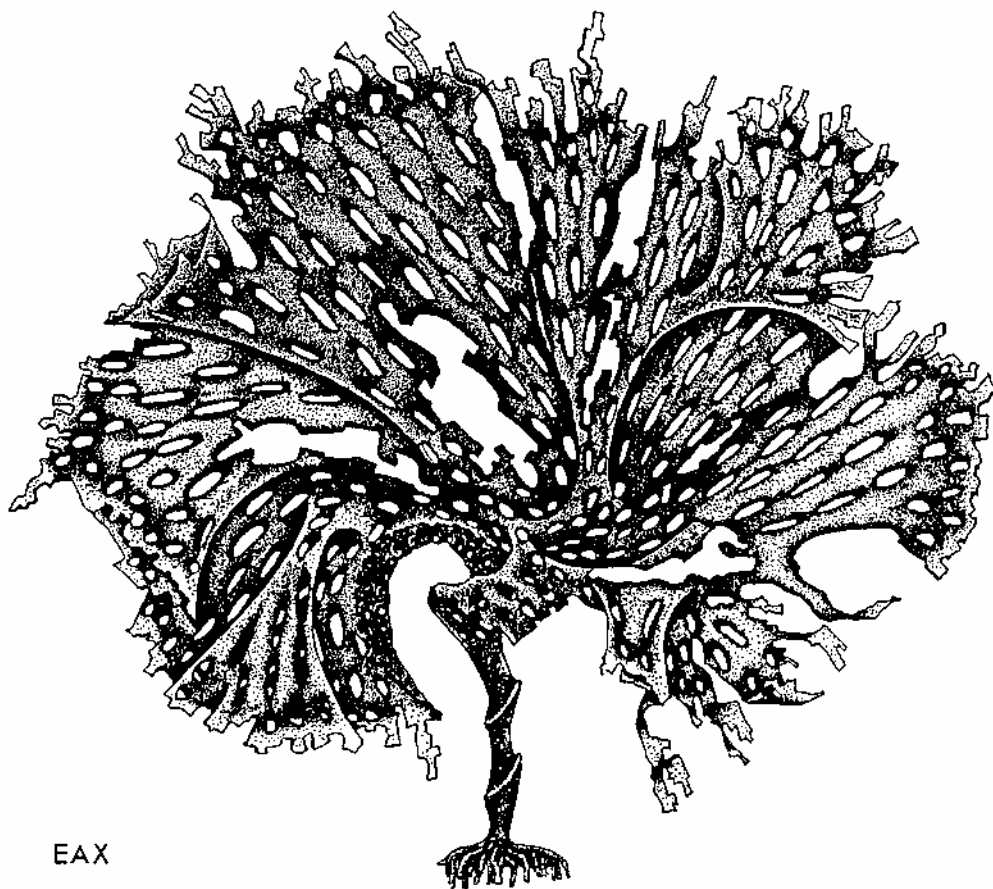


Рис. 2.35. Талассиофиллум (Морелист) решетчатый

После отмирания внешнего края пластины в месте его соединения с черешком остается рубец. Он спиралеобразно тянется вдоль черешка и у наиболее старых растений образует до 12 витков. Можно предполагать, что один полный оборот вокруг черешка раневого рубца соответствует одному вегетационному сезону. В этом случае можно считать, что растения живут до 12 лет. Наиболее часто в пробах бентоса и выбросах встречаются 5-8-летние образцы. У старых растений черешок может ветвиться и давать дополнительные боковые пластины, аналогичные материнским.

Имеет азиатско-американский высокобореальный ареал. У американского побережья встречается у островов Алеутской гряды и у южной Аляски, у азиатского - вдоль

побережий восточной Камчатки, у Командорских островов, у средних и северных Курильских островов.

## 2.5. ЦЕНОТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ВОДОРΟΣЛЕВЫХ СООБЩЕСТВ ВОСТОЧНОЙ КАМЧАТКИ

Первостепенное значение для формирования зарослей ламинариевых имеют субстрат и макрорельеф. Большинство видов водорослей, в том числе ламинариевых, произрастающих на Камчатке, предпочитает скалистые, глыбово-валунные грунты. Мелковалунные и каменистые грунты заселяются ими только в районах с отлогим берегом и сниженной прибойностью. Ламинария Гурьяновой - единственная среди известных для флоры района представителей порядка способна расти на мелкообломочных и галечно-песчаных грунтах. При этом она предпочитает участки берега, не подверженные действию крупных волн и интенсивному движению воды. Высокая изрезанность макрорельефа, как правило, ослабляет волновое воздействие и способствует произрастанию ламинариевых, тогда как у спрямленного берега широкая полоса дна, приходящаяся на зону разрушения волн, остается незаселенной. При значительной приглубости берега распространение ламинариевых вглубь часто ограничивается распространением жестких грунтов. В результате неблагоприятного сочетания этих факторов в приглубых прибойных участках побережья ламинариевые резко сокращают свое присутствие или вообще отсутствуют.

В процессах формирования ламинариевого келпа определенную роль играет освещение, однако в большинстве случаев, особенно там, где жесткие грунты на глубине 5-7 м замещаются мягкими, этот фактор не играет лимитирующей роли. Такие участки весьма распространены на юго-востоке полуострова. У северной его половины берега менее приглубью с широкой полосой жестких грунтов.

Для Восточной Камчатки характерны высокие, до 2 м, полусуточные приливы. Благодаря этому литоральная зона шельфа, осушаемая во время отливов, здесь чрезвычайно широкая, особенно в местах с небольшим уклоном морского дна. В этой зоне шельфа на распространение и тип растительности основное влияние оказывают тип грунта и прибойность. У открытых прибою участков побережья водоросли поселяются практически только на жестких грунтах. На мягких грунтах литоральная растительность, представленная в основном видами рода *Enteromorpha* и морскими травами, развивается только в условиях слабой прибойности, в основном в кутовых частях закрытых и полузакрытых бухт, солонатоводных лагунах.

Основу литоральной растительности открытых прибойных участков побережья с жесткими грунтами образуют представители родов *Gloiopeltis* и *Analipus*, *Porphyra* в верхнем горизонте литорали, *Fucus*, *Halosaccion*, *Corallina* с многочисленными сопутствующими видами в среднем горизонте и *Petalonia*, *Palmaria* и *Chordaria* с субдоминантами - в нижнем. Мозаика литоральных видов чрезвычайно пестра и определяется особенностями рельефа, гидродинамики и экспозиции поверхности субстрата к свету. Массовые скопления литоральных видов, важных с промысловой точки зрения, приурочены к пологим скалистым платформам.

В сублиторальной зоне камчатского шельфа распространение водорослевого пояса ограничивается, как говорилось выше, распространением жестких грунтов. В зависимости от приглубости берега и характера грунта ширина пояса сублиторальных водорослей может изменяться от нескольких десятков метров до 2 км и более.

На шельфе Восточной Камчатки ламинариевые водоросли встречаются не везде, где для них есть подходящие грунты. Они отсутствуют в районах массового развития фитофагов, а также там, где доминантами растительных сообществ выступают красные водоросли порядка *Corallinales*, обычно виды родов *Bossiella*, *Clathromorphum*,

*Phymatolithon* и др. В процессе своего развития представители этой группы выработали способность противостоять обрастанию столь агрессивными и высокопродуктивными видами, каковыми являются ламинариевые. В основе этой способности лежат механизмы биохимической адаптации: выработка веществ, обладающих репеллентными свойствами в отношении зооспор ламинариевых и ингибирующих развитие их слоевищ на ранних стадиях развития. Представители этих групп водорослей (ламинариевые и кораллиновые) у Восточной Камчатки в сублиторальной зоне шельфа формируют два типа сообществ макрофитобентоса, одно из них малопродуктивное с доминированием кораллиновых, другое - высокопродуктивное с доминированием ламинариевых. Можно предполагать, что они находятся в конкурентных взаимоотношениях и смена одного типа сообщества другим составляет суть многолетних сукцессионных процессов.

Сообщества ламинариевых водорослей камчатско-беринговоморского района чрезвычайно пестры по составу доминирующих видов и особенностям их вертикальной стратификации в каждом из районов побережья. Они могут быть как монодоминантными, т.е. слагаться преимущественно одним видом, так и полидоминантными, представляющими собой пеструю мозаику разных видов. В целом для подводной растительности Восточной Камчатки свойственна быстрая смена доминантов по горизонтали (вдоль меридионально вытянутого побережья) и по вертикали (по глубинам). Эти изменения обусловлены сменой рельефа, грунта, гидрологии и других физико-химических факторов среды. Однако их комплексное воздействие, а также влияние прочих факторов, определяющих распределение ламинариевых водорослей, для камчатского промыслового района остается еще мало изученной проблемой.

Имеющиеся к настоящему времени данные показывают, что видовой и возрастной состав сообществ ламинариевых не стабилен, а подвержен значительным изменениям как во времени, так и в пространстве. Поскольку многие аспекты биологии развития, причины, определяющие сроки и темпы спороношения и их меридиональные изменения, связанные с изменениями условий существования, остаются слабо изученными, цикличность этих изменений и причины, их обуславливающие, пока не известны.

Участие разных представителей ламинариевых водорослей в формировании растительных сообществ не одинаково. Среди видов, произрастающих у Камчатки, наиболее массовыми, способными формировать самостоятельные заросли или доминировать в смешанных поселениях, являются *Laminaria bongardiana* и *Laminaria gurjanovae*. Чистые заросли меньшей площади могут образовывать *Laminaria longipes* и *Arthrothamnus bifidus*, но чаще они встречаются как сопутствующие виды. *Laminaria yezoensis* и *Laminaria dentigera* к образованию самостоятельных зарослей не способны и встречаются только как сопутствующие виды в составе смешанных сообществ. Из остальных видов, менее ценных в промысловом отношении, способностью к монодоминированию обладают все виды *Alaria* и *Agarum*. *Thalassiophyllum* является массовым или сопутствующим видом полидоминантных сообществ.

Для представителей порядка ламинариевых существуют условия и места обитания, в которых они достигают максимально возможных размеров и биомассы. Это так называемые условия экологоценотического оптимума. Они определяются прежде всего глубиной произрастания водорослей, гидродинамической обстановкой и в меньшей степени характером грунтов. Так, представители рода *Alaria* - *A. marginata* и *A. angusta*, как правило, растут от нижнего уреза воды до глубины 2-4 м. На глубине 0,5-2 м они практически не имеют конкурентов из числа других ламинариевых. Исключение составляют только *Laminaria bongardiana* f. *subsessilis*, сопутствующая *Alaria* в кутах

закрытых бухт. Гигантская алярия - *Alaria fistulosa* предпочитает отлогие участки побережья, широко открытые прибою, и имеет наибольшие продукционные характеристики на глубине 5-8 м.

*Laminaria bongardiana* (типовая форма вида и форма *taeniata*) и *L. gurjanovae* достигают наибольшего развития на глубине 4-6 м. Они приурочены в основном к защищенным от океанического прибоя участкам побережья. Экологоценотический оптимум у *L. longipes* и *Arthrothamnus bifidus* приходится на глубину 2-4 м. Для этих видов предпочтительны условия повышенной гидродинамики. Они имеют узкие, хорошо обтекаемые слоевища, очень упругие пластины и мощную систему сцепления с субстратом, поэтому с успехом вегетируют в зоне, подвергаемой турбулентному потоку.

Для *Laminaria yezoensis* и *L. dentigera* оптимальной для развития, судя по всему, является глубина свыше 4 м. В отношении этих видов следует заметить, что у Восточной Камчатки они распространены практически повсеместно, но особой роли, как например на Северных Курилах и у Командорских островов, в формировании ламинариевых келпа не играют. Представители родов *Agarum* и *Thalassiophyllum* являются наиболее глубоководными представителями ламинариевых водорослей. У юго-восточного побережья Камчатки *Agarum cribrosum* растет в массовом количестве на глубине 6-10 м. У самой нижней границы фитали его полностью замещает *Thalassiophyllum*. У северо-восточного побережья, однако, *Agarum* встречается на гораздо больших глубинах, вплоть до самой нижней отметки пояса растительности.

На Командорских островах распределение ламинариевых и их ценотическая роль несколько изменяются. Здесь наблюдается выход на литораль таких видов, как *Laminaria longipes*, *L. bongardiana*, *Alaria angusta*, и в сублиторальную кайму - *Agarum cribrosum* и *Thalassiophyllum clathrus*, распространенных у восточного побережья Камчатки на максимальных глубинах. Наблюдается и инверсия растительных поясов.

Данные по возрастной структуре популяций камчатских ламинариевых водорослей до сих пор весьма ограничены. У юго-восточного побережья картина выглядит следующим образом. У нижней границы литорали и в сублиторальной кайме зарослям Алярий сопутствует *Laminaria bongardiana*. При этом доминируют всегда растения первого года жизни или сеголетки. Плотность поселения ламинариевых в сублиторальной кайме часто аномально высокая. Более взрослые растения тех же видов здесь намного мельче, чем в зоне своего ценотического оптимума. С глубиной растения становятся крупнее, на глубине 3-5 м наблюдается наиболее активное развитие более взрослых представителей вида. При этом по краю зарослей среди растений преобладают молодь и сеголетки.

В подлеске ламинариевых среди крупных представителей водорослей встречаются Хорда, Десмарестия, Дихлория, во втором ярусе наблюдается массовое развитие мелких багрянок из родов *Odonthalia*, *Ptilota*, *Neoptilota*, *Palmaria*, *Callophyllis*, пластинчатых гигартиновых и делессериевых водорослей. Очень часто эти же виды выступают в роли эпифитов, развиваясь главным образом на черешках и ризоидах базифитов. В разной степени среди ламинариевых развиваются кораллиновые.

Несмотря на различия видового состава, ярусной структуры фитоценозов, проективного покрытия и т.д., заросли ламинариевых условно можно отнести к трем основным типам: прибрежные ленточные заросли, мозаичные рифовые заросли и заросли, имеющие вид обширных полей водорослей.

Прибрежные ленточные заросли представляют собой узкие, до 50 м шириной прибрежные пояса водорослей, развивающиеся у открытых слабо изрезанных участков побережья с приглубым дном, валунными или валунно-каменистыми и валунно-глыбовыми грунтами, которые относительно быстро на небольших глубинах резко



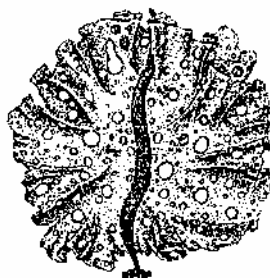
сменяются илисто-песчаными.

Мозаичные рифовые заросли представляют собой достаточно широкие прибрежные пояса водорослей с очень неравномерным распределением и плотностью подводных зарослей. Они развиваются у открытых участков побережья с относительно отлогим дном и сложно-расчлененным микрорельефом. Как правило, это участки побережья с подводными и надводными рифами, камнями-останцами, крупными глыбами, валунами, смешанными с мелкообломочными и песчаными грунтами. Для этих районов побережья характерно чередование участков дна, лишенных подводной растительности, с более или менее обширными скоплениями в виде отдельных пятен, сливающихся групп пятен или даже небольших прерывистых полей водорослей. Ламинариевые водоросли у подобных участков побережья, как правило, образуют плотные заросли на боковых поверхностях рифов, вершинах подводных уплощенных камней. Фитоценозы рифовых зарослей могут быть полидоминантными, многоярусными. Исходя из различий в проективном покрытии они могут носить промысловый и непромысловый характер.

Промысловые поля водорослей представляют собой обширные площади отлогого, относительно ровного морского дна, занятого водорослевой растительностью. Такой тип зарослей встречается в различных районах восточного побережья: на самом юге полуострова, кое-где в Авачинском заливе, но наиболее распространен он на юге Камчатского, в Озерном и Карагинском заливах. Как правило, поля водорослей большей или меньшей площади расположены в кутовой части бухт, с подветренной стороны скалистых мысов. Они встречаются также и у открытых участков побережий на таких глубинах, где придонные слои воды не подвержены действию крупных волн и интенсивному турбулентному движению. В этих случаях ламинариевые развиваются предпочтительно у выступающих в море мысов, со стороны, защищенной от ветрового и волнового воздействия большую часть весенне-летнего периода. На отлогих участках побережья, где изобаты 5-10 м значительно сдвинуты от берега и распространены жесткие грунты, поселения ламинариевых начинаются не с сублиторальной каймы, а значительно глубже. Участки побережья с ламинариевой или иной растительностью, не укладывающиеся в рамки этих характеристик, являются малопродуктивными и промыслового значения не имеют.

## Глава III

# ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДОРΟΣЛЕЙ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ



Химический состав морских водорослей сложен и разнообразен. Водоросли синтезируют из неорганических веществ большое количество различных соединений, принадлежащих практически ко всем известным классам химических веществ: белкам, липидам, простым сахарам и полисахаридам и др. Многие из них не встречаются у остальных морских и наземных растений. Водоросли являются единственной группой живых организмов, у которой выделение высших таксонов основано на особенностях их химического состава, в частности пигментов. Об этом говорят даже названия отделов водорослей - зеленые, бурые, красные.

Химический состав каждого из этих отделов имеет особенности. Он значительно изменяется от рода к роду и от вида к виду, и это тоже широко используется в систематике водорослей-макрофитов. Даже внутри одних и тех же видов химический состав подвержен сильным колебаниям в зависимости от условий произрастания, возраста, состояния зрелости растений и многих других факторов. При этом если в пределах одного и того же вида наблюдаются в основном количественные изменения, то между родами, семействами и порядками водорослей они происходят как на количественном, так и на качественном уровнях. Из-за того, что таксономический состав флоры значительно изменяется от района к району, и из-за лабильности химического состава водорослей проведение альгохимических исследований в каждом регионе является самостоятельной задачей. Без этих данных нельзя решать вопросы комплексного рационального использования морских растительных ресурсов.

Химический состав водорослей, произрастающих на шельфе Камчатки, до сих пор планомерно не изучался. В 30-е годы для некоторых видов были получены данные по содержанию у них йода. В 70-90-е годы появились разрозненные сведения по содержанию отдельных витаминов у некоторых представителей ламинариевых с о-ва Беринга и полисахаридов у бурых и красных водорослей из Авачинского, Камчатского и Озерного заливов.

С начала 90-х годов авторы книги начали проводить планомерное изучение общего химического состава и динамики его изменения у массовых видов камчатских водорослей, а также определение содержания у них витаминов и микроэлементов. Полученные результаты приводятся в книге наряду с обобщенными литературными данными по химическому составу тех же или близких к изученным нами видов и родов из других регионов, сходных с Камчаткой по гидрологическим условиям.

В состав морских водорослей, как и в состав всех живых организмов, входят вода, минеральные и органические вещества. На долю воды приходится основная часть

биомассы растений, их ткани содержат от 75 до 88% воды и только 12-25% сухих веществ.

Как показывают наши исследования, некоторые камчатские водоросли обводнены в большей степени, чем растущие в других районах побережья дальневосточных морей. У изученных нами растений содержание влаги составляло 79-88%. Еще выше - от 86 до 91% - оно было в водорослях из штормовых выбросов. Сухие вещества в тканях растущих водорослей составляли 12-21%, а в штормовых выбросах - 9-14%. При этом минимальное содержание сухих веществ приходилось на май (12-14%), а максимальное - на август-сентябрь (18-21%). Содержание сухих веществ определяет долю выхода сухой товарной продукции при ее заготовках, поэтому в конце лета из одного и того же количества сырья можно получить значительно больше продукции, чем весной.

В силу большой обводненности нативных тканей морских макрофитов сравнительную характеристику их химического состава принято давать в пересчете на сухое вещество, которое состоит из органических и минеральных (неорганических) веществ. Сухие вещества водорослей, особенно бурых, отличаются от сухих веществ наземных растений более высоким содержанием минеральных солей.

### 3.1. ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА ВОДОРΟΣЛЕЙ

Органические вещества водорослей представлены сложным комплексом углеводов, азотсодержащих веществ, включающих белки, а также липидами, каротиноидами, витаминами и т.д. Несмотря на различия в химическом составе, основная масса органических веществ у всех водорослей приходится на углеводы. Содержание белков и липидов у них значительно ниже.

**Водорослевые полисахариды.** Полисахариды составляют основную массу всех углеводов, входящих в состав водорослей, на их долю приходится до 55% от сухого вещества. Столь высокое их содержание объясняется тем, что они, с одной стороны, выполняют роль основного структурного материала, входя в состав всех клеток и тканей (скелетные полисахариды), а с другой - являются запасными питательными веществами.

Помимо обычной целлюлозы (клетчатки), которая участвует в построении клеточных стенок и содержание которой колеблется от 3 до 18% от сухого вещества, морские водоросли содержат в достаточно больших количествах специфические полисахариды, не встречающиеся у других растений. Они входят в состав как клеточных стенок и слизей, так и межклеточных и внутриклеточных коллоидов. Мономерами этих полисахаридов являются различные моносахариды: галактоза, ксилоза и некоторые другие. Важнейшей их особенностью является то, что в качестве мономеров у них могут выступать уроновые кислоты. Разные виды водорослей имеют различные, специфические для них полисахариды, поэтому между отделами наблюдаются существенные различия в химическом составе. Так, в состав бурых водорослей (*Phaeophyta*) входят в основном альгиновые кислоты, ламинарин и фукоидин, а в состав красных (*Rhodophyta*) - каррагинан, агар, агароиды.

**Альгиновые кислоты.** Альгиновые кислоты входят в состав практически всех бурых водорослей, но особенно велико их количество у различных видов *Laminaria*, *Macrocystis* и *Fucus*, где они могут достигать 40% от сухой массы. В целом содержание альгиновых кислот в водорослях колеблется от 15 до 40%, но у отдельных видов может быть и выше. Например, у *Laminaria japonica* оно может составлять более 50%. Красные и зеленые водоросли так же, как и высшие растения, альгиновых кислот не содержат.

По своей химической природе альгиновая кислота относится к гетерополисахаридам

нерегулярного строения с молекулярной массой от 90000 до 200000. Цепь полимера состоит из блоков, в которых чередуются остатки D-маннуроносовой и L-гулууроносовой кислот, связанных гликозидными связями 1-4. Химическая структура альгиновых кислот непостоянна. Соотношение между D-маннуроносовой и L-гулууроносовой кислотами может варьировать в широких пределах - от 1:0,5 до 1:3. Оно зависит от видовой принадлежности, возраста, условий произрастания, сезона сбора, способа переработки и других факторов.

Альгиновые кислоты трудно растворимы в холодной воде и хорошо в горячей. При взаимодействии с катионами они образуют соли - альгинаты, свойства которых сильно зависят от природы катиона. Большинство альгинатов многовалентных катионов нерастворимы в воде. Альгинаты катионов одновалентных металлов, напротив, хорошо растворимы в воде.

Альгиновые кислоты и альгинаты способны поглощать двухсот-трехсоткратные весовые количества воды, образуя гели - вязкие и клейкие коллоидные растворы. При этом вязкость образующегося раствора альгината натрия в 14 раз больше вязкости крахмального клейстера. В настоящее время установлено, что свойства альгиновых кислот и альгинатов, в частности их способность к гелеобразованию, зависят от распределения и количественного соотношения между их мономерами. Повышенное содержание L-гулууроносовой кислоты улучшает техническую ценность альгиновых кислот и получаемых из них альгинатов, поэтому основной задачей химической переработки водорослей является производство альгинатов с высоким содержанием L-гулууроносовой кислоты.

В тканях растущих водорослей альгиновые кислоты присутствуют в форме калиевых, натриевых или кальциевых солей, входящих в состав клеточных стенок. Они имеются также в межклеточном пространстве и слизистых каналах, пронизывающих подкоровые ткани ламинариевых, поэтому содержание альгинатов в различных частях их слоевищ будет различно. Больше всего их содержится в утолщенных частях. В пластине наиболее богата альгинатами сердцевинная часть, а в более тонких краевых участках их значительно меньше.

Установлено также, что в разных частях растения встречаются разные полимеры альгиновых кислот. Рецептакулы и растущие верхушки некоторых фукусовых богаты полиманнуроновыми альгинатами, а в их более зрелых вегетативных тканях преобладают полигулууроновые блоки. В целом содержание альгинатов зависит не только от вида и части слоевища, но и от сезона сбора растений и их возраста. Так, у большинства холодоумеренных видов максимум накопления альгинатов приходится на август-сентябрь, и на втором году жизни содержание альгиновых кислот практически всегда выше, чем на первом.

Как указывалось, содержание альгиновых кислот в ламинариевых водорослях колеблется от 15 до 40% от сухой массы. Некоторые дальневосточные представители, встречающиеся и у побережья Камчатки, имеют следующие его показатели: *Laminaria* (5 видов) 18-26%, *Agarum* (2 вида) 12,0-18%, *Alaria* (3 вида) 16-24%. Среди камчатских ламинариевых наибольшее содержание альгиновых кислот наблюдается у *Alaria fistulosa* (до 24%), *Arthrothamnus bifidus* (22-25%), *Laminaria bongardiana* (20-26%). Установлено, что *A. bifidus* содержит альгиновые кислоты, состоящие из остатков D-маннуроносовой и L-гулууроносовой кислот в соотношении 2,5 : 1,0. Этот вид, следовательно, является весьма перспективным для получения альгиновых кислот и альгинатов высокого качества.

**Ламинарин.** Ламинарин (водорослевый крахмал) является резервным полисахаридом бурых водорослей. В значительных количествах (от 10 до 20% от сухой массы) он содержится в различных видах *Laminaria* и *Alaria*. Максимальное его

содержание обнаружено у северо-атлантического вида *Laminaria cloustoni* - 36% от сухой массы. У фукусовых содержание ламинарина обычно составляет не более 6-10%.

Ламинарин представляет собой линейный или слабо разветвленный полисахарид, состоящий из остатков D-глюкопиранозы. В линейных цепях чаще всего встречаются гликозидные связи 1-3, а в разветвленных - 1-6. Молекулярная масса ламинарина колеблется от 3500 до 5000. Как в линейной, так и в разветвленной форме ламинарина содержится 2,4-3,7% маннита и незначительное количество D-маннозы. Линейный ламинарин плохо растворим в холодной воде (нерастворимый ламинарин), разветвленный - значительно лучше.

ламинарин получают из водорослей экстракцией разбавленными кислотами с последующим его осаждением спиртом. Он используется главным образом в медицине, т. к. обладает ингибирующим действием на рост и развитие вирусов. Этерифицированный ламинарин приобретает свойства антикоагулянта, значительно удлиняя время свертывания крови. Состав и содержание ламинарина у бурых водорослей, растущих у берегов Камчатки, к настоящему времени пока не изучены.

**Фукоидин.** Наибольшее количество этого полисахарида, до 20% от сухой массы, содержится у фукусовых. У ламинариевых его содержание обычно не превышает 5% и только у растений, развивающихся на литорали, может достигать 20%. По своим свойствам фукоидин является гигроскопическим веществом, которое хорошо предохраняет водоросли, особенно осушаемые во время отлива, от высыхания. Максимальное его содержание у растений наблюдается обычно в зимние месяцы.

Фукоидин представляет собой линейный гетерополисахарид, состоящий из L-фукозы с высоким содержанием сульфатов. Наиболее распространенной связью между его мономерами является связь между 1-м и 2-м углеродными атомами. Остатки серной кислоты присоединяются в основном к 4-му углеродному атому.

Фукоидин, полученный из *Fucus* и *Laminaria*, может содержать до 56,7% L-фукозы и 38,3% сульфатов. В него могут входить также галактоза, ксилоза и уроновые кислоты, но в очень небольших количествах.

Фукоидин применяется в фармацевтической промышленности и медицине, поскольку является эффективным антикоагулянтом. Его способность образовывать исключительно прочные и вязкие слизи используют для получения стабильных суспензий и эмульсий.

**Агар.** Агар (агар-агар) содержится в красных водорослях. Он представляет собой смесь агарозы и агаропектина разной степени полимерности.

Агароза является линейным полимером и состоит из чередующихся единиц  $\beta$ -D-галактозы, связанных между собой гликозидной (1-4) связью и 3,6-ангидридо- $\alpha$ -L-галактозы, связанных гликозидной (1-3) связью. В ее состав входит также эфирносвязанная серная кислота. Например, у *Ahnfeltia plicata* содержится 1 остаток серной кислоты приблизительно на 10 единиц галактозы и 1 остаток пировиноградной кислоты (ПВК) на 51 единицу галактозы. У других видов это соотношение иное. Содержание агарозы у растений зависит от сезона. Летом оно обычно выше, чем зимой.

Агаропектин представляет собой смесь полисахаридов сложного строения, в состав которых входит главным образом D-галактоза и 3,6-ангидридо-D-галактоза, а также D-глюкуроновая и эфирносвязанная серная кислоты. Состав агаропектина, как и состав агарозы, видоспецифичен. Соотношение агарозы и агаропектина в готовом товарном продукте определяется не только видом водорослей и районом заготовки сырья, но и способом его получения.

Агар является аморфным продуктом, нерастворимым в холодной воде, но легко растворимым в кипящей. Общее содержание сульфатов в агаре, по сравнению с другими полисахаридами красных водорослей, значительно ниже и обычно не

превышает 1-2% от сухой массы. Наиболее важным его свойством является способность к гелеобразованию. Водные растворы, содержащие 0,5-1,5% агара, при охлаждении до 35-39°C образуют плотный гель, который разрушается при повышении температуры до 80-85°C. Гель (студень), получаемый на основе агара, отличается наибольшей прочностью и эластичностью по сравнению со студнями из других биополимеров.

Во флоре Камчатки встречается вид-агаронос *Ahnfeltia plicata*, однако содержание у него агара и его состав не изучены.

**Агароид.** Агароид - это слизистый гетерополисахарид, близкий по строению к агару. Он представляет собой смесь полимеров, состоящих из остатков D-галактозы, содержащей сульфатные и амидные группы. Агароид накапливается в водорослях в период их максимального фотосинтеза. Так, у *Phyllophora nervosa* содержание агароида в летние месяцы может достигать 61-64% от сухой массы, весной его количество резко уменьшается.

По количеству сульфат-ионов агароид занимает промежуточное положение между агаром и другими полисахаридами красных водорослей (каррагинаном и т.д.). У него одна сульфатная группа приходится на 2,5 остатка гексоз. Основным отличием агароида от агара является более высокое (в 3-4 раза) содержание золы, а также наличие сульфокислых, а не эфирных, как в агаре, серосодержащих групп. Это обуславливает различие в физико-химических свойствах агара и агароида.

Агароид по сравнению с агаром имеет в 2-3 раза более низкую желирующую способность и стабильность и, следовательно, образует менее прочные студни. У него также более низкие температуры застудневания и плавления гелей. Агароид значительно быстрее и легче, даже после непродолжительного замачивания, растворяется в воде, образуя при этом быстро застудневающие растворы. Он применяется наряду с агаром в медицине, биотехнологии, пищевой, фармацевтической промышленности и т.д.

**Каррагинан.** В состав красных водорослей входит большая группа гетерополисахаридов, мономером которых является D-галактоза, остатки которой соединены регулярно чередующимися  $\beta$ -1-4 и  $\alpha$ -1-3 гликозидными связями. 4-за-мещенным остатком может быть также 3,6-ангидро-D-галактоза. Наиболее известным представителем этой группы полисахаридов является каррагинан, встречающийся у представителей родов *Chondrus*, *Gigartina*, *Mastocarpus* и других гигартиновых водорослей, у которых его содержание может достигать 50% от сухого вещества. Молекулярная масса каррагинана колеблется от 100000 до 1000000.

Полагают, что каррагинан представляет собой смесь полиоз, которые различаются в основном расположением и количественным содержанием эфирносвязанных остатков серной кислоты. Последняя является важнейшей составной частью этого полисахарида и может присоединяться как ко второму или к четвертому (чаще всего), так и к шестому углеродному атому. В различных полнозах ее содержание различно. У одних один остаток серной кислоты приходится на 2-2,5 моносахарида, у других присутствует в каждом мономере, а у третьих два ее остатка могут содержаться в одном мономере. Содержание остатков серной кислоты в каррагинане очень высокое, в среднем 20-30%, а в L-каррагинане достигает 34%.

Химический состав каррагинана и соотношение между его формами видоспецифичны, следовательно, в первую очередь они зависят от вида водоросли. Кроме этого, на него, как и на другие полисахариды, влияют место и время сбора растений. Способ переработки водорослей также оказывает существенное влияние на состав получаемого соединения.

Чистый каррагинан хорошо растворим в горячей воде, образует гели с высокой

вязкостью. В то же время они вследствие высокого содержания сульфатных групп менее прочные, чем гели из агара или агароида. Это объясняется тем, что в молекуле выступающие из плоскости мономерных составных частей каррагинана объемные сульфатные группы препятствуют ассоциации цепи из-за конформации молекул, а также электростатического отталкивания. Каррагинановые гели плавятся при значительно более низких (27-41°C) температурах, чем агаровые.

Установлено, что каррагинан по своим свойствам превосходит агар и альгинаты в тех случаях, когда требуются высокая вязкость, а также сопутствующее сгущение, эмульгирование и суспензирование. Агар же предпочтительнее там, где нужны очень прочные гели.

На этом основано применение каррагинана. В настоящее время он широко используется в пищевой промышленности как заменитель агара-агара и агароида. Наибольший интерес представляет использование его в медицине, это соединение обладает противовирусным, антикоагуляционным и противовоспалительным действием, которые у него выражены сильнее, чем у других полисахаридов морских водорослей.

**Маннит.** Помимо полисахаридов в состав бурых водорослей входит такое ценное вещество, как маннит - шестиуглеродный шестиатомный спирт -  $\text{CH}_2\text{OH}(\text{CHOH})_4\text{CH}_2\text{OH}$ . У водорослей встречается только D-маннит. Он является одним из первых продуктов их фотосинтеза и выполняет роль запасного вещества. Содержание маннита в растениях подвержено сильным колебаниям в пределах 1-28% от массы сухого вещества. Оно зависит от вида водоросли, сезона сбора и даже части слоевища, из которого он извлекается.

Наиболее богатыми источниками D-маннита считаются представители рода *Laminaria*, которые в период максимальной фотосинтетической активности могут накапливать его до 28% от массы сухого вещества. Содержание маннита в различных частях ламинарий распределено неравномерно. Наиболее богаты им пластины, в черешках и ризоидах его содержание значительно ниже. Получение его из бурых водорослей обходится в несколько раз дешевле химического синтеза. Маннит находит самое разнообразное применение в медицине, в основном для изготовления плазмозаменяющей жидкости, в косметике и др.

У водорослей, растущих у берегов Камчатки, большие количества маннита (около 20% от сухой массы) обнаружены у представителей родов *Laminaria*, *Alaria* и *Arthrothamnus*. При этом наибольшее его содержание - 26% от сухой массы обнаружено у *Arthrothamnus bifidus*, который, как указывалось, богат и альгиновыми кислотами. Поэтому этот вид является одним из наиболее перспективных источников для получения как альгиновых кислот, так и маннита.

**Азотсодержащие вещества.** К азотсодержащим веществам относятся главным образом белки и свободные аминокислоты (САК).

Белки являются важнейшими компонентами пищи практически всех животных организмов, поэтому пищевая ценность продуктов в основном определяется именно их содержанием. Особый интерес представляет определение содержания белков у водорослей. Обычно содержание белка в живых организмах определяется по количеству белкового азота, умноженного на переводной коэффициент, зависящий от процентного содержания азота в белке. Этот коэффициент у животных организмов практически постоянен и равен 6,25, т. к. содержание азота в их белке - относительно постоянная величина, составляющая 15-17%. Белки морских водорослей отличаются от животных белков меньшим содержанием азота, поскольку в их составе преобладают аминокислоты с низким его содержанием (в частности, глутаминовая и аспаргиновая). В связи с этим переводной коэффициент у водорослей имеет более низкое значение и колеблется в зависимости от вида от 2,5 до 6,0. У красных водорослей он изменяется в

пределах 5,2-6,0, у бурых - 2,5-3,8.

Анализ литературных данных по содержанию белковых веществ у водорослей показывает, что при расчетах практически во всех случаях исследователи применяют коэффициент 6,25, в результате чего получают непропорционально завышенные данные по его содержанию. Учитывая вышеуказанные особенности аминокислотного состава водорослей, объективную картину по содержанию в них белков можно получить только при использовании реальных коэффициентов пересчета, которые необходимо определить хотя бы для различных родов или семейств. До сих пор это не сделано и поэтому для получения данных, сопоставимых с приведенными в литературных источниках, мы также вынуждены использовать общепринятый множитель 6,25.

Содержание белковых веществ в водорослях очень лабильно. На их долю приходится 4,4-45% в пересчете на сухое вещество. По уровню накопления белков на первом месте стоят красные (багрянки) и зеленые водоросли (до 45% и 35 % от сухой массы соответственно). Среди багрянок высоким накоплением белков выделяются *Ahnfeltia*, *Phyllophora* и особенно *Porphyra*, среди зеленых - *Ulva* и *Monostroma*. У бурых водорослей наиболее высокое содержание белков наблюдается у представителей рода *Alaria*.

Количество белковых веществ у некоторых дальневосточных видов водорослей указывается в табл. 3.1.

Как видно из приведенных в таблице данных, содержание белковых веществ у водорослей подвержено сильным колебаниям даже у одного и того же вида. Непостоянство содержания белков обусловлено рядом причин, среди которых важнейшим является сезон сбора. По литературным данным, у бурых водорослей их содержание достигает максимума в зимние месяцы и ранней весной, в марте-апреле, а в летние месяцы оно в несколько раз снижается. При этом распределение белков по различным частям слоевища крайне неравномерно. Например, в верхней части пластин *Laminaria japonica* их содержание в 2-2,5 раза меньше, чем в ее толстой нижней части. Содержание белков у многолетних водорослей зависит также от их возраста.

Таблица 3.1

**Содержание белковых веществ в дальневосточных водорослях, % от сухой массы  
(литературные данные)**

Вид водоросли	Белковые вещества (N*6,25)
<i>Ulva fenestrata</i>	10,50-14,87
<i>Laminaria japonica</i>	7,05-15,80
<i>Laminaria angustata</i>	5,49-10,18
<i>Laminaria dentigera</i>	8,00
<i>Fucus evanescens</i>	4,70-5,40
<i>Alaria</i> sp.	9,70-14,60
<i>Porphyra</i> sp.	30,50-39,00
<i>Ptilota filicina</i>	21,4
<i>Mazzaella cornucopiae</i>	11,80-17,00
<i>Ahnfeltia plicata</i>	12,20-27,30
<i>Turnerella mertensiana</i>	21,9

В один и тот же период сбора у более взрослых растений оно, как правило, выше.

Нами было определено содержание белков у нескольких камчатских представителей бурых, красных и зеленых водорослей: *Laminaria bongardiana*, *Alaria angustata*, *Palmaria stenogona* и *Ulva fenestrata*.

В целом можно отметить, что содержание белка у этих видов сопоставимо с его содержанием у других дальневосточных макрофитов и так же, как у них, подвержено



значительным колебаниям. У бурых водорослей оно составляет 4,0-14,9% от сухой массы. При этом максимальное их содержание (14,9%) наблюдалось в марте, а минимальное (4,0%) - в сентябре. У алярий содержание белков практически всегда на несколько процентов выше, чем у ламинарий из тех же мест обитания. У первогодок и сеголеток обоих видов оно значительно ниже, чем у более взрослых растений. У красных водорослей содержание белков значительно выше, чем у бурых, и подвержено более сильным колебаниям в зависимости от сезона сбора. На их долю приходится 7,1-26,3% от сухой массы. В то же время характер их накопления по сезонам аналогичен таковому у бурых водорослей.

Следует заметить, что в альгохимической литературе, говоря о белках, зачастую подразумевают все входящие в водоросли азотсодержащие вещества. Это видно из того, что достаточно часто, при определении содержания белков, на коэффициент пересчета умножается не белковый, а общий азот. Мы считаем это некорректным, поскольку известно, что содержание небелкового экстрактивного азота у водорослей, например бурых, может достигать 40-70% от общего количества, т.е. половина всего азота не входит в состав белков и представлена свободными аминокислотами, пептидами и азотистыми основаниями. Данные, полученные нами для некоторых камчатских видов, показывают, что на долю небелкового азота может приходиться до 30-60% от его общего количества.

Свободные аминокислоты (САК) в наибольшем количестве встречаются у бурых и красных водорослей, где их содержание достигает соответственно 8500 и 3600 мг % в пересчете на сухое вещество. Содержание САК в сухом веществе морских зеленых водорослей не превышает 400 мг%. Согласно литературным данным, среди бурых водорослей наибольшее содержание САК найдено у *Laminaria japonica*, а среди красных - у некоторых видов *Porphyra*. Содержание САК, как и содержание белков, зависит от сезона. При этом динамика их накопления у разных видов может быть прямо противоположной. Например, у *Laminaria japonica* в июле содержание САК может быть в 2,5-3 раза больше, чем в апреле, а у *Chondrus ocellatus*, напротив, в апреле содержание САК может достигать 1240-1630 мг%, а к июлю падать до 200-350 мг%. Поскольку содержание несвязанных аминокислот во многом определяет пищевую и лечебно-профилактическую ценность водорослевого сырья, при планировании сроков промысла макрофитов следует учитывать это обстоятельство.

Содержание САК различно в разных частях растения и зависит от его возраста. Так, *Laminaria japonica* на втором году жизни содержит САК в 2,5-2,9 раза меньше, чем на первом году, зато у водорослей на втором году содержание незаменимых аминокислот - лейцина, изолейцина, фенилаланина, гистидина и триптофана - заметно возрастает, и вместе с этим возрастает их кормовая и пищевая ценность.

В составе САК различных видов водорослей обнаружены от 15 до 20 индивидуальных аминокислот. Наиболее массовыми среди них являются моноаминодикарбоновые кислоты (аспарагиновая и глутаминовая), из моноаминомонокарбоновых кислот - аланин. Состав САК достаточно специфичен для разных видов. Для *Ulva* наиболее массовой является цистиновая кислота, для *Laminaria japonica* - глутаминовая и аспарагиновая, для *Porphyra* - аланин, глутаминовая и аспарагиновая кислоты. У отдельных видов водорослей может быть заметным содержание таких аминокислот, как серин, треонин, аргинин, пролин, цистеин и некоторых других.

В составе САК изучаемых нами камчатских видов обнаружено до 18 аминокислот. Наиболее массовыми среди них являются моноаминодикарбоновые кислоты (аспарагиновая и глутаминовая), из моноаминомонокарбоновых кислот - аланин. При этом у ламинарии Бонгарда наиболее высоко содержание глутаминовой и

аспарагиновой аминокислот, у пальмариин узкоугольной - аланина, глутаминовой и аспарагиновой кислот.

В целом содержание незаменимых аминокислот у макрофитов значительно ниже, чем в организме животных, и, следовательно, пищевая ценность белков водорослей, по сравнению с белками мяса и рыбы, значительно ниже. В то же время белки водорослей полезнее для организма человека, чем белки наземных растений, поскольку некоторые из них обладают повышенной гормоноподобной активностью. Это объясняется тем, что в их состав входит моно- и дийодтирозин.

Кроме того, в водорослях обнаружены такие биологически активные вещества, как таурин (до 220 мг%), цитрулин (до 240 мг%), хондрин (до 190 мг%) и др., играющие важную роль в обмене веществ в организме человека.

**Липиды.** Морские макрофиты не богаты липидами, однако огромные запасы водорослей и необходимость их комплексной переработки позволяют рассматривать их в качестве потенциального источника липидов и жирных кислот. Поскольку урожай морских водорослей достигает десятков тонн на гектар, количество выделяемых из них липидов, даже при их низком содержании в водорослях, может превышать производство масла из семян многих наземных растений. Содержание липидов у водорослей значительно ниже, чем белков и особенно углеводов. Оно составляет только 0,4-4,8 % от сухого вещества. При этом у багрянок по сравнению с бурыми водорослями содержание липидов еще более низкое (0,4-3,6% и 1,4-4,8 % от сухой массы соответственно).

У изученных нами нескольких представителей камчатских бурых и красных водорослей содержание липидов оказалось относительно небольшим и незначительно отличалось друг от друга. Оно составляло соответственно 0,4 - 2,0% и 0,7 - 2,2% от сухой массы. У представителей рода *Alaria* содержание липидов было несколько ниже, чем у *Laminaria*. Сезонные изменения содержания липидов было определено у *Laminaria bongardiana*. Минимальное их количество наблюдалось ранней весной, а к сентябрю оно увеличивалось. Это свидетельствует о том, что изменение содержания липидов по сезонам находится в обратной зависимости от накопления белковых веществ.

Термином липиды мы, как и другие авторы, обозначаем все растворимые в эфире вещества, хотя это не совсем точно, поскольку предварительные данные показывают, что значительная их часть (до 50%) может быть представлена неомыляемыми веществами. Нейтральные липиды (глицеридная фракция) представлены в водорослях глицеридами ненасыщенных и насыщенных жирных кислот. Жирные кислоты являются важнейшей составной частью нейтральных липидов, и именно их состав и содержание во многом определяют пищевую и биологическую ценность сырья. Содержание жирных кислот в водорослях обычно не превышает 1% и колеблется в среднем от 0,2 до 0,7% от сухой массы.

Таблица 3.2

Содержание жирных кислот в водорослях, % от сухого вещества (литературные данные)

Вид водоросли	Жирные кислоты
<i>Devaleraea ramentaceum</i>	0,38-0,39
<i>Palmaria palmata</i>	0,37-0,45
<i>Polysiphonia lanosa</i>	0,26-0,45
<i>Ptilota serrata</i>	0,12
<i>Gigartina stellata</i>	0,36
<i>Chondrus crispus</i>	0,25
<i>Laminaria digitata</i>	0,63-0,65
<i>Fucus vesiculosus</i>	0,31

В табл. 3 2 приводятся данные по их накоплению у видов северо-атлантической флоры, имеющих дальневосточные и камчатские аналоги.

Морские водоросли имеют большое значение как источники редких биологически активных жирных кислот, таких, например, как гамма-линоленовая, арахидоновая, эйкозапентаеновая, которые относятся к витаминам (витамин F)

В настоящее время обнаружена взаимосвязь между содержанием жирных кислот, прежде всего полиненасыщенных, и систематическим положением водорослей Багрянки характеризуются самым высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот с 20 атомами углерода - арахидоновой и эйкозапентаеновой. При этом содержание эйкозапентаеновой кислоты у них обычно превалирует и может достигать 50% от суммы всех жирных кислот. Бурые водоросли в отличие от багрянок имеют более низкий уровень арахидоновой и эйкозапентаеновой кислот, однако у них выше содержание жирных кислот с 18 атомами углерода - линолевой и альфа-линоленовой. Наличие у морских водорослей разнообразных полиненасыщенных жирных кислот, являющихся ценными биологически активными веществами, еще больше увеличивает их полезные свойства и делает их прекрасной добавкой к пищевому рациону человека и животных.

**Витамины.** Ценность морских растений определяется также наличием у них витаминов. Подсчитано, что 100 г водорослей обеспечивает ежедневное потребление витаминов А, В<sub>2</sub>, В<sub>12</sub> и более половины суточной нормы витамина С. Водоросли являются прекрасным источником некоторых жирорастворимых витаминов. Витамин А найден у представителей родов *Ulva*, *Laminaria*, *Undaria*, *Codium* и др., кроме того, у многих зеленых, бурых и красных водорослей содержатся каротиноиды. Некоторые виды имеют их в больших количествах, чем наземные растения, даже такие, как морковь и абрикосы. Экстракты каротина из морских водорослей применяются при производстве препаратов каротина с маслами и в качестве эмульгирующих агентов для дальнейшего использования в пищевой промышленности и косметике. В медицине его применяют в качестве провитамина А, а также как антиокислитель для витаминов А, С и Е.

Среди гидробионтов морские водоросли являются основным источником витамина Е. Витамины группы Е относятся к токоферолам. Их содержание колеблется от 7 до 650 мг на 1 кг сухого вещества, и в наибольшем количестве они обнаруживаются у фукусовых, особенно у *Ascophyllum*, *Fucus*, *Pelvetia* (250-650 мг/кг сухого вещества).

Водорастворимые витамины обнаружены практически у всех видов водорослей. Витамин В<sub>1</sub> (тиамин) найден у *Ulva*, *Enteromorpha*, *Monostroma*, *Alaria*, *Laminaria*, *Porphyra*, *Rhodomenia*, *Chondrus*, *Rhodomela*. Его содержание 0,27-4,60 мкг/г сухого вещества. Содержание витамина В<sub>2</sub> (рибофлавин) 0,84-23,08 мкг/г сухой массы. В больших количествах он обнаружен у некоторых красных водорослей - представителей родов *Chondrus*, *Porphyra* и др.

Наибольшее количество витамина С содержат представители родов *Ulva*, *Enteromorpha*, *Alaria*, *Undaria*, *Laminaria*, *Fucus*, *Palmaria*, *Porphyra*. Его количество зависит от вида водорослей. Больше всего витамина С накапливают представители бурых и зеленых (4-100 мг% и 1-70 мг% соответственно), у красных его содержание значительно ниже (1-9 мг%), исключение составляет, пожалуй, только *Porphyra*.

Помимо перечисленных витаминов в водорослях в достаточно больших количествах содержатся никотиновая кислота, биотин, пантотен, фолиевая кислота, витамины В<sub>12</sub>, инозит и др. При этом накопление у них витамина В<sub>12</sub> рибофлавина, никотиновой кислоты, биотина и пантотеновой кислоты соответствует их содержанию в наземных

растениях и животных. Инозит, фолиевая кислота и тиамин встречаются в водорослях в несколько меньших количествах.

У камчатской *Laminaria bongardiana* содержание витамина С в свежесобранных летних образцах довольно высоко - 26 мг%. У высушенных водорослей его содержание несколько снижается, особенно у растений, высушенных при высокой температуре. Содержание витамина В<sub>2</sub> у тех же образцов достигало 0,45 мг%. После высушивания растений оно практически не изменялось. После годового хранения содержание витамина В<sub>2</sub> в тех же образцах сохранялось на достаточно высоком уровне - 0,24 мг%.

### 3.2. МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА ВОДРОСЛЕЙ

Минеральные вещества в водорослях-макрофитах присутствуют в клетках и межклеточной среде в виде ионов, нерастворимых солей и частично в виде металлоорганических соединений. От 75 до 85% неорганических веществ составляют соли, растворимые в воде, и от 15 до 25% - нерастворимые соли. Хотя все функции минеральных веществ в организме водорослей полностью не выяснены, известно, что часть из них необходима для поддержания клеточного и тканевого осмотического давления и образования буферных систем организма. Некоторые из минеральных веществ вступают во взаимодействие с органическими соединениями и во многом определяют их способность к образованию коллоидов. Наконец, важнейшей ролью отдельных элементов, таких, например, как йод, цинк, является их включение в состав ферментов, витаминов, пигментов, гормоноподобных и других веществ, выполняющих жизненно необходимые для растительных организмов функции: дыхания, синтеза органических веществ, воспроизводства и др. Часть из известных у водорослей элементов встречается постоянно, но их значение для организмов до конца не изучено. К ним относятся хром, никель, алюминий, бор и др. Еще одну группу элементов составляют те, которые встречаются нерегулярно. Их принадлежность к определенным клеточным или тканевым структурам еще не выяснена и биологическая роль не изучена.

Известно, что морские водоросли обладают избирательной кумулятивной способностью, в результате чего в их слоевищах накапливается разнообразный комплекс микроэлементов, причем концентрация некоторых из них в тканях в десятки (кальций), сотни (бром, хром) и тысячи (цинк, барий, йод) раз превышает их содержание в морской воде. Так, содержание калия в морской воде составляет 0,25-0,3 г/л, в водорослях же оно достигает 8% от сухой массы.

Наиболее активно водоросли, особенно бурые и некоторые красные, накапливают йод. Хотя содержание йода в морской воде не превышает 2 мг/л, из 1 кг сухих водорослей можно выделить до 25 г этого элемента. Среди бурых водорослей наибольшей йоднакопительной способностью обладают *Laminaria japonica* и *Laminaria religiosa* (до 1,1-1,2 % от сухого вещества), а среди красных - *Ptilota* и *Phyllophora* (0,3-0,4 %). У *Alaria*, *Chorda*, *Fucus*, *Sargassum* его содержание

составляет 0,1-0,15%. При этом йод в водорослях присутствует в форме как йодидов, так и йодорганических соединений, имеющих большую по сравнению с йодидами ценность для организма человека. Из общего содержания йода в водорослях на долю органически связанного у *Laminaria* приходится 20-25 %, у *Fucus* - 10 %.

Состав минеральных веществ, содержащихся в тканях различных групп морских водорослей, весьма специфичен. Для бурых характерно избыточное содержание калия, магния, серы и хлора; красные водоросли богаты калием, магнием, серой, хлором; зеленые водоросли имеют избыточное содержание магния, кальция, серы, фосфора, хлора и кремния.

В морских водорослях обнаруживаются почти все элементы, распространенные в морской воде. Их соотношения в макрофитах значительно изменяются от вида к виду, а в пределах одного вида зависят от сезона, возраста, зрелости, физиологического состояния, а также условий произрастания растений. Минеральные вещества неравномерно распределены и по различным частям одного и того же растения. По мере созревания растений относительное содержание минеральных веществ в их тканях снижается, поэтому в летние месяцы, например у ламинариевых, оно обычно достигает минимума. Так, у *Laminaria japonica* и массового промыслового вида южных Курильских островов *L. angustata* в конце зимы содержание минеральных веществ составляет 30-35%, а примерно с марта оно начинает снижаться и достигает минимума - 15-18% в июле-августе. После этого количество солей вновь повышается до 35%. Наиболее значительно по сезонам года изменяется содержание водорастворимых солей.

Литературные данные по количественному составу отдельных элементов в водорослях достаточно многочисленны, однако зачастую они основаны на разовых определениях. Наиболее полно минеральный состав водорослей изучен у промысловых видов. Среди дальневосточных водорослей в этом отношении полнее других исследована *Laminaria japonica* (табл. 3.3).

Таблица 3.3

**Среднее содержание минеральных элементов у *Laminaria japonica*, % от сухого вещества (литературные данные)**

Элемент	Содержание	Элемент	Содержание
Хлор	10,56	Железо	0,12
Калий	6,85	Бром	0,032
Натрий	3,12	Бор	0,009
Сера	1,34	Алюминий	0,006
Магний	1,26	Стронций	0,009
Кремний	0,51	Марганец	0,0001
Фосфор	0,41	Цинк	0,0002
Кальций	0,22	Мышьяк	0,0003
Йод	0,24		

В составе сухого вещества морской капусты, кроме того, в незначительных количествах ( $10^{-5}$  -  $10^{-5}\%$ ) было обнаружено присутствие рубидия, кобальта, никеля, молибдена, кадмия, титана и ванадия.

Анализ литературных данных показывает, что содержание минеральных элементов у бурых и красных водорослей может подвергаться достаточно сильным колебаниям (табл. 3.4).

Таблица 3.4

**Содержание минеральных элементов в различных группах водорослей, % от сухого вещества**

Элемент	Бурые	Красные
Хлор	9,8-15,0	1,5-3,5
Калий	6,4-7,8	2,2-11,0
Натрий	2,6-3,8	1,0-7,9
Магний	1,0-1,9	0,3-1,0
Сера	0,7-2,1	0,5-1,8
Кремний	0,5-0,6	0,2-0,3
Фосфор	0,3-0,6	0,2-0,2
Кальций	0,2-0,3	0,4-1,5
Железо	0,1-0,2	0,1-0,15

Йод	0,1-0,8	0,1-0,15
Бром	0,1-0,15	До 0,005

Как видно из приведенных данных, содержание практически всех элементов у бурых водорослей несколько выше, чем у красных. Кроме вышеназванных химических элементов у представителей этих отделов в очень небольших количествах, менее 10-3 %, обнаружены также алюминий, бор, ванадий, цинк, стронций, кобальт, марганец, магний, мышьяк, титан, кадмий, молибден, никель, радий и некоторые другие микроэлементы.

Наибольшее влияние на содержание минеральных веществ в водорослях оказывают гидрохимия, гидрология и гидродинамика вод, а также географическая широта района произрастания, определяющая длину дня и температурный режим вод. Так, произрастание водорослей в зонах опреснения воды ведет к снижению уровня накопления солей в тканях из-за их выщелачивания. Растения, развивающиеся в сублиторали, всегда содержат больше солей, чем растущие на литорали.

Из нерастворимых солей, содержащихся в сухом веществе водорослей, основными являются углекислые и сернокислые соли кальция. Уместно сказать, что среди багряннок (*Rhodophyta*) существует целая группа так называемых кораллиновых водорослей, содержащая повышенное количество нерастворимых солей кальция и магния. Соли кальция в разных пропорциях в зависимости от вида водоросли представлены у них кальцитами или арагонитами. Они инкрустируют внутренние слои клеточных оболочек практически всех клеток слоевища за исключением генеративных и меристематических. Отложение солей карбонатов у кораллиновых начинается после первого деления тетраспор. В результате у представителей порядка *Corallinales* общая биомасса растений более чем наполовину состоит из неорганических элементов. Это явление исключительно редкое не только среди водорослей, но и среди всех остальных представителей растительного мира.

Среди растворимых солей, встречающихся в водорослях, основную массу составляют соли натрия и калия. Процессы сезонного изменения минерального состава, как отмечалось выше, в значительной степени определяются их вымыванием.

У исследованных нами камчатских видов бурых водорослей размах колебаний содержания минеральных веществ чрезвычайно широк, он изменяется в зависимости от сезона почти вдвое. Максимальное их накопление наблюдалось в марте и составляло 35% от сухой массы. В летние месяцы (август-сентябрь), к периоду полной зрелости, их содержание значительно уменьшалось и достигало минимума - 18-20%. Наиболее полные данные по минеральному составу были получены нами для *Laminaria dentigera*, собранной в сентябре 1995 г. на о-ве Беринга (табл. 3.5).

Таблица 3.5

**Содержание минеральных элементов у командорских образцов *Laminaria dentigera*, мг/кг от сухой массы**

Элемент	Содержание	Элемент	Содержание
Калий	1000,0	Железо	0,14
Натрий	1000,0	Барий	0,011
Сера	500,0	Кобальт	0,005
Магний	62,0	Серебро	0,005
Стронций	17,0 -	Марганец	0,13
Кальций	13,0	Мышьяк	0,01
Алюминий	3,4	Медь	0,31
Цинк	0,43	Литий	0,03
Свинец	0,07	Титан	0,05

Хром	0,13	Кадмий	0,019
Молибден	0,05	Бериллий	0,001
Никель	0,21	Селен	0,05
Сурьма	0,05	Ванадий	0,05

Данные, приведенные в табл. 3.5, показывают, что содержание минеральных веществ у исследованного вида достаточно велико и сопоставимо с таковым у водорослей из других мест обитания. *L. dentigera* может являться ценным источником минеральных веществ.

### 3.3. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРΟΣЛЕЙ

Полезные свойства водорослей знали еще в древности. Они с незапамятных времен употреблялись как пищевые и лекарственные растения. Известно, что еще в первом тысячелетии до нашей эры восточная медицина использовала их при лечении ряда заболеваний. В настоящее время обнаружено, что морские растения содержат самые разнообразные по своей химической природе вещества, положительно влияющие на работу сердца, желудка, кишечника, эндокринных желез, нервной и иммунной систем. Показано, что они обладают противосклеротическим действием, улучшают процессы кроветворения, являются антиоксидантами и задерживают процессы старения организма.

Следует отметить, что энергетическая ценность пищи из водорослей невысока, но не это определяет их пищевое значение. В первую очередь оно обусловливается наличием в них разнообразных биологически активных веществ, таких как свободные аминокислоты, полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) и др. Водоросли, например, содержат моно- и дийодтирозин, успешно применяемые при лечении заболеваний щитовидной железы, и ряд ПНЖК, антиоксидантная активность которых превосходит соответствующую активность витамина Е. Хотя часть полисахаридов водорослей не расщепляется ферментами пищеварительного тракта, они способствуют выведению из организма токсических продуктов метаболизма, а также поступающих в организм извне солей тяжелых металлов и радионуклидов. При этом низкомолекулярные полисахариды, поступающие в кровь, способны сорбировать и выводить из организма депонированные стронций и кадмий.

Данные табл. 3.5 показывают, что в водорослях в достаточно больших количествах содержатся практически все необходимые для нормального развития организма минеральные элементы. При этом особую ценность минерального состава водорослей для организма человека и животных определяет то, что содержание натрия у них значительно превышает содержание кальция. Как известно, соотношение между этими элементами в организме влияет на растворимость солей кальция. При достаточном содержании натрия не происходит накопления кальция и, как следствие этого, не протекают процессы склеротизации кровеносных сосудов и образования камней в почках и печени. Высокое содержание в водорослях калия обеспечивает его потребность для осуществления многих важнейших физиологических функций организма. Хлор стимулирует деятельность лимфы во всем теле и способствует очищению печени и почек. Совместное воздействие серы и хлора приводит к очищению слизистой оболочки желудка и кишечника, а об огромном значении йода для здоровья уже говорилось. Богатейший минеральный состав и высокое содержание витаминов и других биологически активных веществ обуславливает то, что потребление водорослей наилучшим образом обеспечивает организм строительным материалом для образования в органах кроветворения кровяных клеток, и в особенности красных кровяных телец. Вместе с тем следует учитывать, что бурые

водоросли содержат очень высокое количество хлора, калия, серы, магния и йода, при неумеренном употреблении водоросли могут оказать неблагоприятное воздействие на организм человека - например, гиперйодизм.

В последние годы все больше возрастает понимание необходимости использования в пищу натуральных продуктов, не содержащих химических добавок. Нетрудно предвидеть, что среди таких водорослей, в силу их уникального химического состава, будет принадлежать особое место. При этом в одних случаях они могут использоваться как самостоятельные продукты, в других - как пищевые добавки, повышающие качество основных продуктов путем сохранения или улучшения их структуры, вкуса, внешнего вида и удлинения сроков хранения.

Для использования в пищу из камчатских водорослей наиболее пригодны ламинариевые. Они могут использоваться в свежем, замороженном и сухом виде. Перед приготовлением их необходимо подвергнуть процессу выщелачивания для удаления излишнего количества водорастворимых минеральных веществ. Для этого водоросли замачивают в пресной воде на несколько часов (на одну часть водорослей берут 4-5 частей воды), после чего их проваривают до готовности, которая определяется легкостью прокалывания слоевища. Проваренное слоевище используют для приготовления разнообразных блюд.

Кроме пищевой промышленности водоросли широко используются в медицине, в текстильной, бумажной, лакокрасочной и других отраслях, находят самое разнообразное применение в сельском хозяйстве. Все эти вопросы широко освещены в научной и научно-популярной литературе, поэтому в настоящем обзоре мы лишь кратко коснемся наиболее общих аспектов проблемы и тех направлений использования водорослей, которые, с нашей точки зрения, являются наиболее перспективными для Камчатского региона при современном уровне развития его промышленного производства и инфраструктуры.

Современная водорослевая промышленность в зарубежных приморских странах - высокоэффективная и высокодоходная отрасль производства - ориентирована в значительной степени на выпуск полисахаридов с уникальными свойствами, отсутствующими у других природных соединений.

### **Использование полисахаридов**

Среди всех выпускаемых полисахаридов самая большая доля приходится на альгинаты. Их общее производство в мире значительно превосходит выпуск других водорослевых продуктов за исключением водорослевой муки, и составляет более 4000 т в год в США, 2000 т в Англии, 1000 т во Франции, 500 т в Японии, Канаде, Норвегии, Испании и Аргентине. Столь высокая потребность в альгинатах объясняется тем, что они находят самое широкое применение в целом ряде производств и отраслей промышленности.

Основным свойством альгинатов, как указывалось выше, является способность образовывать особо прочные коллоидные растворы, отличающиеся кислотоустойчивостью. Растворы альгинатов безвкусны, почти без цвета и запаха. Они не коагулируют при нагревании и сохраняют свои свойства при охлаждении, при замораживании и последующей дефростации. Поэтому наиболее широкое применение альгинаты находят в пищевой промышленности в качестве студнеобразующих, желирующих, эмульгирующих, стабилизирующих и влагоудерживающих компонентов. Добавление 0,1-0,2% альгината натрия в соусы, майонезы, кремы улучшает их взбиваемость, однородность, устойчивость при хранении и предохраняет эти продукты от расслаивания. Введение 0,1-0,15% альгината натрия в варенье и джемы предохраняет их от засахаривания. Альгинаты вводятся в состав мармеладов, желе,



разнообразных заливных блюд. Их добавление в состав различных напитков предупреждает выпадение осадка.

Сухой порошкообразный альгинат натрия используют для ускорения растворения сухих порошкообразных и брикетированных пищевых продуктов (растворимые кофе и чай, порошкообразное молоко, кисели и т.д.). Альгинаты применяются для приготовления формованных продуктов - аналогов рыбного филе, фруктов и т.д., широко используются для приготовления гранулированных капсул, содержащих текучие пищевые продукты. Водные растворы солей альгиновой кислоты используют для замораживания филе мяса, рыбы и морских беспозвоночных животных. За последние десятилетия особенно быстро росло потребление альгината для приготовления сливочного мороженого, которому он придает нежную консистенцию и значительно увеличивает стабильность при хранении.

Кроме пищевой промышленности альгинаты находят широкое применение в медицине, текстильной, целлюлозно-бумажной, горнодобывающей и других отраслях промышленности.

В фармацевтической промышленности альгиновую кислоту и ее соли применяют в качестве склеивающих и разрыхляющих веществ при производстве таблеток, драже, пилюль. Благодаря способности альгинатов поглощать 200-300-кратное количество воды с образованием лишенных вкуса, цвета и запаха вязких стабильных гелей их применяют в качестве компонентных основ для различных мазей и паст. Альгиновые гели используют также как носители антибиотиков и других лекарственных препаратов.

Одним из наиболее ценных и перспективных свойств растворимых альгинатов является их способность задерживать всасывание радиоактивного стронция в кишечнике человека, предотвращая таким образом накопление этого нуклида в организме. Они препятствуют также накоплению солей тяжелых металлов. На основе альгината создан перевязочный материал - альгипор, который наряду с влагопоглощающим и ранозаживляющим свойствами оказывает четко выраженное антисептическое воздействие. В связи с этим альгипор может применяться при лечении открытых обширных раневых поверхностей, возникающих при ожогах и лучевых поражениях.

В настоящее время широкое распространение получили некоторые зарубежные и отечественные препараты из водорослей. Они обладают иммуностимулирующими и гепатопротекторными свойствами, снижают уровень холестерина и липидов в крови, способны стимулировать кроветворение, имеют энтеросорбирующий и онкопрофилактический эффект. Из отечественных наиболее широкую известность получил препарат "Кламин", вырабатываемый из липидной фракции ламинариевых водорослей.

Широкое применение находят альгинаты в текстильной и бумажной промышленности. В текстильной промышленности они используются для загущения красок, а также как заменители крахмала при шлихтовании пряжи. К перспективным направлениям использования альгинатов относится их применение при производстве особо прочных и эластичных искусственных волокон и влагонепроницаемых тканей.

В целлюлозно-бумажной промышленности альгинаты используются для поверхностной обработки картона и специальных сортов бумаги для перфолент, а также бумаги с пленочным покрытием. Широкое применение альгинаты находят в производстве ламинированных декоративных пленок для покрытия древесно-стружечных плит.

В горнодобывающей промышленности альгинаты применяются для флотационного обогащения руды, их также добавляют в буровые растворы для увеличения сроков

эксплуатации буров; в сталелитейной промышленности - в качестве связующей добавки в составе формовочной земли. В химической промышленности альгинаты используются при изготовлении различных эмульсий, полировочных жидкостей, инсектицидов. В качестве связующей добавки они входят в состав аммиачных паст, используемых для герметизации сварных швов при закатывании консервных банок, являются составной частью антинакипина, связывая в паровых котлах выпадающие в осадок соли.

В строительной индустрии добавление альгинатов в гипс, цемент, краски, пластыри, замазки, шпаклевки и т.д. значительно облегчает работу с этими материалами, улучшает процессы смешивания, уменьшает выделение влаги. Строительные материалы с включением альгинатов обладают меньшей водопроницаемостью, при этом у них уменьшается вероятность образования мелких трещин в процессе высыхания.

Как следует из изложенного, применение альгинатов охватывает практически все области промышленности. В то же время во многих случаях альгинаты могут быть заменены более дешевыми альгинатсодержащими продуктами, производство которых менее материало- и энергоемко и экологически более чистое. Одним из таких продуктов является "Модифилан", разработанный дальневосточными специалистами.

Самое широкое применение находят и другие полисахариды (каррагинан, агар-агар, агароид и т.д.), получаемые из водорослей.

Каррагинан используется как заменитель агар-агара и агароида в пищевой промышленности при изготовлении желеобразных кулинарных блюд (мясных, рыбных, сладких), мороженого, майонеза и других продуктов. Он широко применяется для приготовления железных покрытий, оболочек колбас и т.д. Кроме пищевой промышленности, он используется в парфюмерии для производства кремов, зубных паст и других аналогичных изделий. В текстильной промышленности каррагинан наряду с альгинатами используется для шлихтования тканей. Он также входит в состав гальванических покрытий, графитовых суспензий, керамической глазури, красителей (для стабилизации пигментов) и т.д. Наибольший интерес представляет использование каррагинана в медицине, поскольку он обладает противовирусным, антикоагуляционным и противовоспалительным действием. Все эти свойства у него выражены сильнее, чем у других полисахаридов морских водорослей.

Производство каррагинана как важного сырья для медицинской, пищевой и некоторых других отраслей промышленности развито в основном в США, Франции, Канаде, Англии, Швеции, Норвегии, Ирландии, Португалии, Филиппинах и некоторых других странах.

В России промышленное производство альгинатов налажено только на Архангельском опытно-водорослевом комбинате. Выпуск пищевого альгината до недавнего времени составлял около 35 т в год (0,6% от существовавшей потребности), а технического - около 150 т в год (около 3% от потребности). Это производство основано на переработке беломорского и баренцевоморского сырья, запасы которого в настоящее время уже не удовлетворяют потребностям и восполняются частично за счет местной марикультуры и ввоза.

На Дальнем Востоке промышленное производство альгинатов отсутствует, хотя несколько лет назад начиналось строительство альгинатного завода в г. Партизанске Приморского края. Общий спад экономического развития в стране не позволил в полном объеме осуществить этот проект. В настоящее время в ряде НИИ Комрыбхоза и Академии наук поставлено лабораторное производство альгинатов и выпускаются небольшие партии продукции. Для получения альгинатов используется Ламинария японская, на которую и разработана вся существующая в настоящее время нормативно-

техническая документация, и некоторые другие виды бурых водорослей.

Производство агароида в СССР было налажено в прибалтийских странах и на Украине. Добывали его из красных водорослей Фурцелярии и Филлофоры. В связи с почти полным отчуждением от России Балтийского и Черноморского бассейнов страна лишилась этих источников сырья. На Дальнем Востоке и Белом море налажена переработка Анфельдии и получение из нее агар-агара. Для этих же целей в Южном Приморье используется Грацилярия, введенная в мари-культуру. В течение ряда лет предпринимаются попытки наладить выпуск каррагинанов из Хондруса шиповатого, но его производство фактически отсутствует.

В Камчатском регионе проведены лишь фрагментарные исследования по определению содержания в ламинариевых водорослях альгинатов и других полисахаридов. В этом направлении получены обнадеживающие результаты, свидетельствующие о достаточно высоком содержании этих веществ у некоторых их представителей и о достаточности сырьевой базы для организации альгинатного производства. В то же время выяснилось, что имеющиеся технологические схемы производства альгинатов к камчатскому сырью в полном объеме не применимы и требуют доработки, особенно на завершающих этапах процесса.

### **Использование водорослей в сельском хозяйстве**

Морские водоросли и продукты их переработки широко применяются как в животноводстве, так и в растениеводстве ряда стран, и их потребление в этом направлении из года в год возрастает.

Наиболее простым способом применения макрофитов в животноводстве является выпас скота в прибрежных зонах, где животные могут питаться как свежими, так и выброшенными прибоем растениями. Это практикуется в сельском хозяйстве приморских районов Исландии, Шотландии, Дании, Новой Зеландии, США и др. Практикуется также заготовка водорослевого корма впрок для стойлового откорма, но наиболее часто водоросли используются в качестве добавки к основному рациону.

Лучшие сорта водорослевой муки превосходят такой корм, как сено, по содержанию белков и углеводов, богаты они и жирами (табл. 3.6).

Водорослевый корм содержит полноценный в физиологическом отношении комплекс макро- и микроэлементов, значительное количество азотсодержащих веществ, в состав которых входят многие необходимые для животных аминокислоты. При этом водоросли, по сравнению с многими луговыми травами, имеют более высокое содержание пептидов, усвояемость которых животными выше, чем усвояемость свободных аминокислот.

*Таблица 3.6*

#### **Содержание основных химических веществ в водорослевой муке и традиционных сельскохозяйственных кормах, % от сухой массы (литературные данные)**

Объект исследований	Вода	Зола	Белки	Жиры	Углеводы
Водорослевая мука					
Норвегия	13,6	16,1	6,9	4,4	36,0
Шотландия	15,5	27,5	10,9	1,5	35,3
Высококачественное сено	14,3	-	9,7	2,5	41,4
Овес	13,3	-	10,3	4,8	58,2

В водорослевых кормах высоко содержание липидов, в которых присутствует много полиненасыщенных высших жирных кислот (около 40%), обладающих ценными биологическими свойствами. Они интенсифицируют процессы восстановления, нормализуют липидный обмен у животных и т.д. У морских макрофитов содержатся и

другие необходимые животным биологически активные вещества, в частности полноценный комплекс витаминов, включающий витамины группы В, С, D и каротина, способствующих повышению иммунитета.

Структурные углеводы, содержащиеся в водорослях, в организме животных замедляют выделение кальция и, следовательно, ускоряют процессы окостенения. Именно поэтому скармливание кормов, содержащих водоросли, наиболее благоприятно сказывается на молодняке, беременных и лактующих животных. В организме животных углеводы водорослей выполняют энергетическую роль, участвуют в образовании аминокислот, а также в липидном и минеральном обменах. Кроме этого, водорослевые добавки обладают способностью улучшать структуру пищевых кормов и выполняют в них роль стабилизаторов.

Результаты экспериментов по применению водорослевых добавок в кормовом рационе различных домашних животных и птиц показывают, что во всех случаях добавка водорослевой муки повышает выход сельскохозяйственной животноводческой продукции и улучшает ее качество. Так, у коров увеличиваются удои молока и его жирность. Добавка водорослевой муки в корм свиней в большинстве случаев приводит к увеличению привеса и размера животных. У птиц повышается яйценоскость, у овец - качество и густота шерсти, и т.д.

В животноводческих хозяйствах Камчаткой области водоросли пока не применяются. Специалисты камчатской сельскохозяйственной опытной станции считают, что в условиях региона для стойлового содержания наиболее перспективны высокопродуктивные породы мелкого рогатого скота. Однако их пищевой рацион в обязательном порядке должен включать специально составленные для них пищевые добавки. Эти добавки - примиксы - содержат особые композиции минеральных веществ и выпускаются за рубежом. На повестке дня стоит задача их создания и выпуска из местного сырья. Наиболее перспективным для этих целей является водорослевое сырье разных видов и их сочетаний. К этому можно добавить, что при существующем на Камчатке недостатке комбикормов макрофиты могут частично заменить их, пополнив и разнообразив кормовой рацион животных.

В качестве корма для сельскохозяйственных животных водоросли могут использоваться в самом разнообразном виде: свежем, воздушно-сухим, в виде крупки и муки. Свежие водоросли вводятся в состав кормов измельченными после их предварительного выщелачивания в пресной воде, при этом на одну весовую часть сырых водорослей берется 2-3 объема пресной воды. Водоросли перемешивают в ней 30 мин, затем воду сливают и проводят повторное выщелачивание в течение 20-30 мин. После этого водоросли измельчают и добавляют в корм, предварительно, по возможности, пропаривая (нагревая резаные куски слоевищ при 95-100° С в течение 50-60 мин). Свежие посеченные водоросли также можно смешивать с ржаной или другой низкосортной мукой или отрубями

Кроме этого, свежесобранные водоросли могут вводиться в состав силосуемых смесей, что не только значительно повышает их пищевую ценность, но и препятствует развитию гнилостной микрофлоры. Воздушно-сухие водоросли обычно заготавливаются без предварительного выщелачивания, поэтому перед их использованием на корм они должны подвергаться обработке, аналогичной вышеизложенной, но в данном случае при процессе выщелачивания на одну весовую часть водорослей берется 12-15 объемов воды. Выщелачивание проводят 3-5 раз.

При использовании для кормления животных водорослевой муки ее вводят в рацион в количествах, зависящих от способа ее приготовления. Мука из невыщелоченных водорослей вводится в качестве добавки к основным кормам в количестве 2-5% от основной массы корма, а мука из выщелоченных водорослей может использоваться в

качестве основного компонента корма в количестве 15-30% от дневного рациона.

Использование водорослей в качестве удобрений весьма эффективно. В них высокое содержание макро- и микроэлементов, необходимых для сельскохозяйственных культур, и в первую очередь калия, азота, фосфора, йода, марганца, молибдена, бора и др. В отличие от навоза и компоста водорослевое удобрение не содержит семян сорняков, спор патогенных грибов и яиц гельминтов. Водорослевые полисахариды, вступая в контакт с почвенной влагой, улучшают структурно-механические свойства поверхностного слоя почвы, а витамины и аминокислоты, содержащиеся в водорослях, улучшают условия питания растений через корневую систему и благоприятствуют их росту и развитию

По содержанию азота водоросли в целом не уступают такому ценному органическому удобрению, как навоз, в состав которого входит, как правило, не более 1% азота. Другим важнейшим элементом, присутствующим в водорослях, является фосфор, но его в морских растениях немного: в бурых и красных -0,3%, в зеленых - 2,7% от сухого вещества. Поэтому удобрения, полученные из бурых и красных водорослей, по содержанию фосфора несколько уступают навозу. Однако этот недостаток может быть легко устранен добавлением к водорослевому компосту небольшого количества простого или двойного суперфосфата.

Водорослевые удобрения, полученные из зеленых водорослей, содержат фосфор в виде как неорганических солей, так и органических низко- и высокополимерных фосфатов и являются наиболее полноценными заменителями навоза (табл. 3.7).

Таблица 3.7

**Количество азота, фосфора и золы в некоторых видах водорослей, % от сухой массы (литературные данные)**

Водоросли	Азот	Фосфор	Зола
Alaria	2,13	0,43	29,2
Fucus	2,70	0,25	17,7
Laminaria	1,69	0,23	27,9
Enteromorpha	2,58	0,31	45,4
Ulva	3,75	0,29	29,1
Palmaria	4,04	0,32	26,7

Помимо азота и фосфора в водорослях много калия в очень доступной для растений форме. По его содержанию многие виды, особенно ламинариевые, превосходят почти все типы применяемых калийных удобрений.

Ценным источником водорослевых солей калия, главным образом карбоната калия, является водорослевая зола, представляющая собой удобрение сложного состава, в котором наряду с калием присутствует кальций, фосфор, сера, а также такие микроэлементы, как марганец, молибден, бор, магний и т.д. Зола - щелочное удобрение, поэтому ее можно использовать для известкования почв.

Существенную роль в повышении урожайности, особенно корнеплодов, играет йод, которым особенно богаты ламинариевые водоросли и полученная из них зола. Соли йода, в частности йодид калия, увеличивают урожайность сахарной свеклы и картофеля, повышают у первой сахаристость, а у второго содержание крахмала в клубнях. Наличие в почве йода предохраняет многие растения от болезней и вредителей. Например, томаты - от корневой гнили и мозаичной болезни.

Многие содержащиеся в водорослях микроэлементы при правильном применении значительно повышают урожайность и улучшают качество большинства сельскохозяйственных культур. При их недостатке может появляться сердцевидная гниль и дуплистость сахарной свеклы, хлорозные и другие заболевания. В качестве

удобрений водоросли могут вноситься в почву в самом разнообразном виде: сырыми - целыми и посеченными, в виде перегноя, водорослевой золы и водорослевого настоя. Не следует вносить в почву только сухие водоросли, т.к. они очень устойчивы к действию находящихся в почве микроорганизмов и разлагаются крайне медленно.

После изучения содержания органических и минеральных составляющих бурых водорослей в сентябре 1994 г. нами впервые для камчатского водорослевого сырья было рассчитано наличие основных, необходимых для роста растений элементов в сырых водорослях, в составе водорослевой золы и перегноя (табл. 3.8). Хотя этот расчет выполнялся только на основе данных сентябрьских сборов, он позволяет оценить в целом качество водорослевого удобрения и сделать необходимые расчеты его потребления на единицу площади в зависимости от потребности сельскохозяйственной культуры. Мы предполагаем, что представленные расчетные данные не должны сильно варьировать от месяца к месяцу, т.к. несмотря на то, что в сентябре процентное содержание азота, фосфора и калия у водорослей минимальное, содержание сухого остатка в них в это время достигает максимума. В остальные месяцы, как говорилось выше, происходят противоположные процессы: накопление азота, фосфора и калия и уменьшение сухого остатка. Поэтому эти процессы могут как бы нивелировать друг друга. Проверка этого предположения представляется необходимой для разработки рекомендаций по оптимальным с точки зрения накопления минеральных компонентов срокам сбора водорослей.

Таблица 3.8

**Минеральный состав сырца, перегноя и водорослевой золы, кг на 1 т**

Элемент	Сырец	Перегной	Зола
Калий	12,1	25-40	242
Азот	1,86	2,2-3,4	-
Сера	1,26	2,5-3,8	25-26
Магний	1,64	3,0-45	32-33
Кремний	0,60	1,5-2,5	12-12
Фосфор	0,42	0,6-1,0	8-9
Кальций	0,36	0,8-1,2	7-8
Йод	0,58	1,2-1,8	11-12

Как видно из приведенных в табл. 3.8 данных, водоросли и перегной по своему составу могут рассматриваться как комплексное удобрение, в то время как зола является калийным удобрением, особенно эффективно действующим на кислые почвы. На основании приведенных данных можно производить расчет необходимого для камчатской пашни количества водорослевых удобрений.

На Камчатке, по-видимому, целесообразнее всего вносить в почву водорослевый перегной. Для его получения сырые водоросли можно загружать в ямы, где за 8-12 сут. они, как правило, превращаются в полужидкую массу. В зависимости от условий получения перегноя количество теряемой воды будет различно, поэтому количественный состав такого перегноя будет подвержен небольшим колебаниям.

Перспективным направлением в растениеводстве является использование полученных из водорослей вытяжек для предпосевной обработки семян для повышения энергии их прорастания и всхожести. Как показали опыты камчатских специалистов-растениеводов, особо эффективной оказалась обработка семян ранних скороспелых сортов огурцов. Из предложенных нами к испытанию смесей сухих водорослей наибольший эффект дала вытяжка из смеси, содержащей бурые и красные водоросли.

## Глава IV

# ВОЗМОЖНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ДОБЫЧИ ЛАМИНАРИЕВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ НА ШЕЛЬФЕ ВОСТОЧНОЙ КАМЧАТКИ



### 4.1. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЙОНА

Прикамчатский шельф имеет сложное строение, обусловленное активной тектоникой района. Берега Восточной Камчатки относят к типу абразионно-бухтовых. Береговая зона открытых бухт представлена низкими террасами или пониженными пространствами устьев рек. Мысы окаймлены широкими подводными бенчами, поверхность которых образована надводными и подводными останцами-кекурами. Встречаются здесь и фиордовые бухты. Берега фиордов Камчатки круты и сочетаются с относительно плоским дном.

Берега полуостровов Озерного, Камчатского, Кроноцкого и Шипунского, разделяющих заливы одноименных названий, в основном абразионные. В целом для заливов характерно распространение абразионных террас, береговых равнин, современных пересыпей, отчленяющих от океана (моря) мелководные лагуны. В пределах открытых заливов аккумулятивные участки чередуются с небольшими по протяжению абразионными.

Климат восточно-камчатского шельфа морской умеренный, в северной части - холодный. Для ветрового режима прикамчатского шельфа характерна летняя повторяемость северных ветров, которая составляет 26-45%. Вероятность же ветра южных направлений, напротив, возрастает от зимы (5-15%) к лету (45-65%). Средние месячные скорости ветра летом 4-7 м/с (на крайнем юге 8-9 м/с). С активизацией атмосферных процессов осенью и зимой их средние скорости возрастают до 7-10, на юге - до 9-12 м/с. Повторяемость штормового ветра более 15 м/с летом не превышает 2-3%. Средняя продолжительность штормов летом 5-7 ч. Нередки на побережье особо опасные штормовые, а на юге и ураганные ветры.

Значительная меридиональная протяженность полуострова обуславливает изменения климата на его побережье от континентального на севере до влажного морского на юге Камчатки. Средняя годовая температура воздуха изменяется от -2.-3°C на северо-востоке Камчатки до 1-3°C на юге. Холодный период на северо-востоке 200-225 и на юго-востоке 160-185 дней. Средняя температура июля равномерно распределяется вдоль побережья в пределах 10-12°C.

Годовое количество осадков равномерно уменьшается с юга на север: от 1200-1500 до 500-800 мм. На побережье число дней с осадками изменяется от 160-210 на юге до 140-160 в более северных районах. Пасмурных дней на берингоморском побережье 175-200, на юге Камчатки - 210-235. Повторяемость туманов на шельфе в летний период 20-30, а в отдельных районах - до 40%. На побережье туманы чаще всего наблюдаются с мая по сентябрь. Средняя продолжительность туманов за год возрастает

от 180-250 ч на севере до 440-820 ч на юге. На самом крайнем юге она превышает 1000 ч.

Летние среднемесячные температуры воды вдоль побережья Восточной Камчатки не имеют четко выраженного широтного градиента (табл. 4.1). Приведенные данные показывают, что температура поверхностного слоя воды у открытых участков побережья несколько ниже, чем в закрытых бухтах и углубленных в берег участках.

Таблица 4.1

**Среднемесячная температура прибрежного поверхностного слоя воды, С° (данные УКГМС)**

Район побережья	Промысловый период				
	май	июнь	июль	август	сентябрь
зал. Корфа	2,3	8,5	13	12,6	8,3
б. Оссора	0,7	6,8	12,2	13,3	10,2
о-в Карагинский	2,2	7,0	11,5	12,3	9,2
зал. Озерной	0,7	3,3	11,5	10,3	9,0
м. Африка	0,5	3,4	7,7	9,1	9,0
Усть-Камчатск	1,8	6,6	6,4	11,4	9,9
п-ов Кроноцкий	3,2	6,0	10,4	12,3	10,0
м Памятник	3,6	7,9	11,2	12,6	10,7
Авачинская губа,					
внутренняя часть	3,2	7,9	11,4	13,2	9,7
входной мыс	4,3	5,5	12,0	11,8	10,4
м. Полосатый	2,8	5,6	8,7	9,2	8,8
м. Лопатка	3,1	5,3	8,1	9,7	9,2

В целом анализ изложенных данных показывает, что по гидрологическим и климатическим условиям восточно-камчатский промысловый район менее благоприятен для организации сбора водорослей, чем другие дальневосточные районы с налаженным интенсивным промыслом (Приморье, Сахалин и Южные Курильские острова). Юг восточного побережья Камчатки, несмотря на богатейшие запасы здесь водорослей, из-за частых сильных ветров, обильных туманов и осадков является одним из наиболее сложных для их освоения. Среди других районов по обеспеченности сырьем и гидрологическим условиям для организации крупномасштабного промысла наиболее перспективными, по-видимому, являются районы, расположенные севернее Кроноцкого залива.

**4.2. ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОТДЕЛЬНЫХ ПРОМЫСЛОВЫХ РАЙОНОВ ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАМЧАТКИ**

Несмотря на всю значимость камчатского промыслового района, для него отсутствует общая характеристика распространения водорослевого пояса. Ниже впервые даются краткие описания отдельных промысловых участков у восточного побережья (рис. 4.1). Они составлены на основе обработанных нами материалов аэротелесъемки этого района. Более полное и подробное их описание и бонитировка по важнейшим характеристикам, таким, как проективное покрытие, состав доминантов, общие и промысловые запасы и т.д., могут быть сделаны только по результатам дополнительных исследований с использованием водолазных методов и подводной съемки.



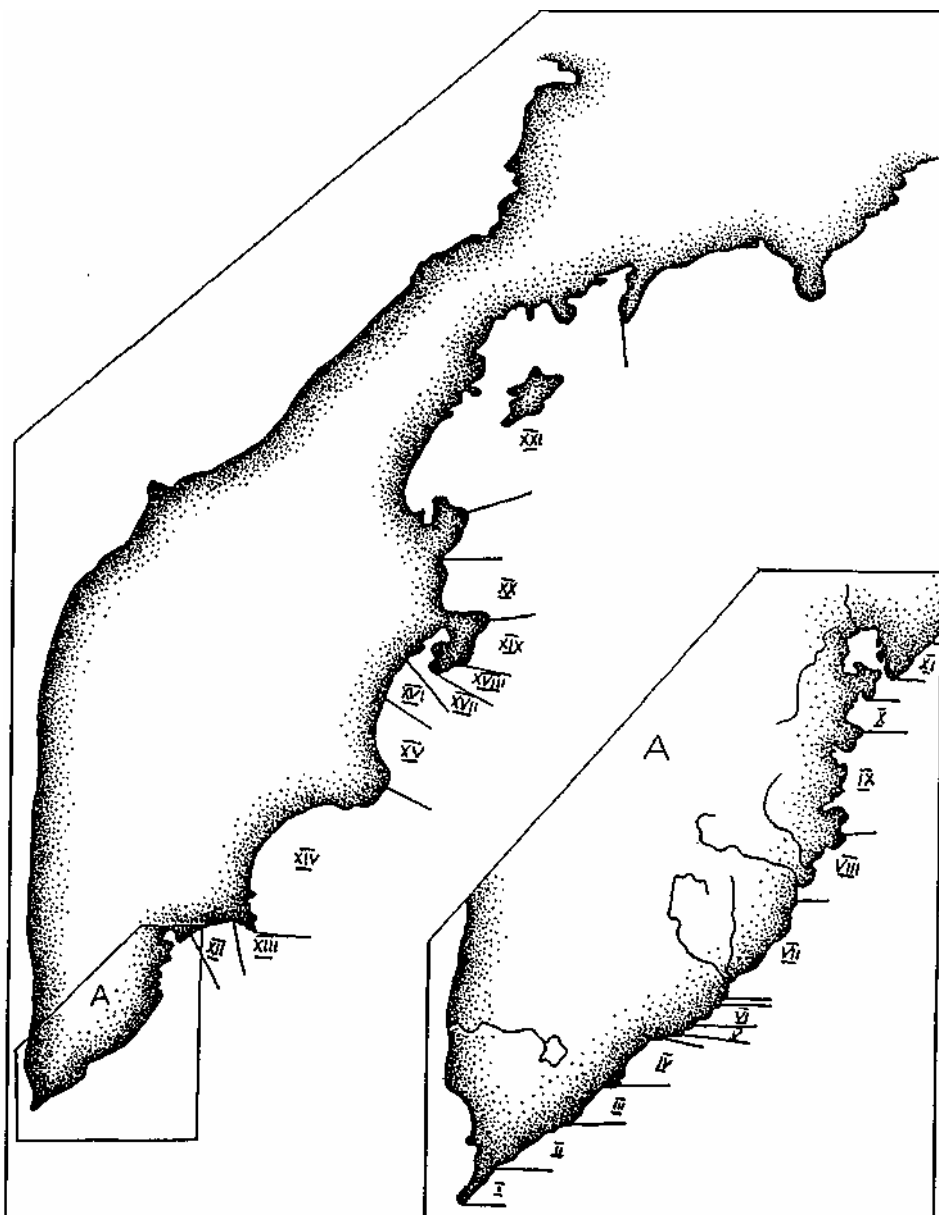


Рис. 4.1. Границы промысловых участков восточного побережья Камчатки

**I участок:** м. Лопатка (южная оконечность п-ова Камчатка) - м. Сопочный

Берега низкие, песчано-галечные. В глубь от берега местность выровненная, сильно продувается ветрами. Берег лишен укрытий и якорных мест. По всей длине побережья чередуются невысокие обрывистые мысы и выровненные участки. Почти на всем протяжении берег окаймлен рифами и камнями. У м. Лопатка пояс рифов от 1,5 до 2 км шириной, местами суживается до 0,5-0,7 км. У мысов Тропа и Смелых полоса рифов почти до 2,5 км шириной. Берег в этом районе по сравнению с районом, расположенным к северу от м. Трехполосный, относительно пологий. Изобаты 5-10 м проходят на расстоянии 1-2 км от берега. Наиболее отмелье участки морского дна находятся в районе м. Смелых.

Описываемый район характеризуется мощным развитием водорослевого пояса. Местами его ширина достигает 2 км. Плотность зарослей почти по всему району не ниже 60%, местами 90%. Доминируют виды рода *Laminaria*, виды *Alaria* встречаются как сопутствующие или занимают самый верхний горизонт фитали.

Пояс водорослей имеет различную форму. Это и огромные поля с 60-70%-ным

проективным покрытием, и прерванные пояса, языки водорослей. Контур нижней границы фитали очень неровный. Ее достаточно четкое положение обуславливает резкая смена жестких грунтов на мягкое и неравномерное по всей длине побережья нарастание глубин. Отлогость берега и микрорельеф способствуют развитию литоральной растительности, накоплению выбросов.

По запасам ламинариевых район расценивается как промысловый. Он также является перспективным для разведки запасов гигартиновых водорослей. Следует, однако, иметь в виду, что в связи с обитанием здесь ценных видов морских млекопитающих промысел водорослей вдоль всего участка регламентирован особыми условиями, а в ряде мест запрещен.

### **II участок:** м. Сопочный - м. Тамарин

Северо-восточный берег м. Сопочный круто спускается к береговой кромке и далее от нее слегка уполаживается и расширяется в небольшой валунный пляж, тянущийся до следующего мыса, являющегося входным в б. Три Сестры. Оба мыса, ограничивающих эту бухту, высокие, скалистые, без галечных пляжей, окаймлены подводными рифами, полоса которых 1-1,8 км шириной. Берега внутри самой бухты низкие, песчаные. В ее кут впадает речка Три Сестры с приустьевой притокой Варваринская.

Следующий участок побережья, расположенный к северу от б. Три Сестры до м. Тамарин, более извилистый, с тремя широко открытыми небольшими бухточками без названия. Здесь, особенно у м. Трехполосный, высокие горы с максимальными отметками высот 530 м подступают вплотную к береговой линии. Береговые утесы почти не имеют абразионной полосы пляжа. Изобата 10 м на участке от м. Сопочный до входного мыса в б. Три Сестры располагается в 0,6-1,5 км от берега, а далее до м. Тамарин поджимается почти к самому берегу. Жесткие грунты здесь замещаются мягкими уже на глубинах 6-8 м.

Орографические особенности и скорость нарастания глубин определяют основные особенности ламинариевого келпа. Доминантом растительности здесь по-прежнему являются виды рода Ламинария, встречается Алярия полая. Она образует небольшие плотные заросли, которые легко обнаруживаются по плавающим на поверхности воды верхушкам слоевищ. Флотации вида способствует септированная, наполненная воздухом центральная жилка. Нижняя граница фитали опускается местами до 11-12 м, вдоль большей части побережья - только до 7-9 м.

### **III участок:** м. Тамарин - м. Филюшова

Почти весь участок побережья гористый. Горы достаточно высокие, вплотную подходят к берегу, образуют непропуски. В местах впадения рек и ручьев они понижаются и образуют узкие долины с крутыми бортами. Самое пологое место расположено между реками Утюжная и Поворотная. Отметки высот там не превышают 18 м. Почти напротив м. Тамарин находится островок Гаврюшин Камень. Между ним и берегом располагается мыс с кекурами, окруженными осыхающими и подводными камнями.

Берег вдоль всего участка очень приглубый. Прибрежный скалистый бенч на отметках 5-7 м крутым уступом обрывается на большую глубину. Только на небольшом протяжении вдоль участка, в районе между устьями выше названных рек, изобата 10 м отступает от берега почти на 0,7 км. В прибрежье развиваются галечно-песчаные и мелко-валунные грунты. У м. Синявина изобаты 5-10 и даже 20 м подходят почти вплотную к берегу. Берега у мысов Синявина и Филюшова представлены скалами, осыпями, достаточно круто повышаются и отбрасывают сильную тень.

Мощность прибрежных зарослей ламинариевых на этом участке резко снижается. Ширина пояса уменьшается по сравнению с соседними более южными районами в 3-4,

местами до 10 раз. Ширина пояса при продвижении с юга на север изменяется от 2,5 до 0,3-0,4 км. Проективное покрытие от участка к участку варьирует от 30 до 100%. Там, где дно глыбово-валунное, оно выше, в местах с линзами песка или на мелковалунных, валунно-песчаных и песчаных грунтах с редкими единичными валунами оно падает даже до 10%.

Доминанты ламинариевого келпа - *Laminaria bongardiana* и *L. longipes*. Из-за приглубости дна гидродинамическая обстановка у этого участка берега менее благоприятна, чем в соседних, более южных районах. В зоне фитали прибойность снижается только во время немногих дней спокойного моря, в часы отлива и стояния низкой воды. В это же время с берега можно собирать свежие выбросы. Однако подавляющее их большинство относится с приливами и волнами обратно в море и в последующем либо мигрирует вдоль побережья, либо уносится на большие глубины, где происходят процессы их разложения и утилизации.

#### **IV участок:** б. Вестник (м. Филюшова - м. Желтый)

Бухта очень широко открыта прибою и неглубоко врезана в берег. Только входные мысы и их окрестности составляют небольшую часть побережья со скалистыми прибрежными грунтами, остальная часть берега представляет собой пологий песчано-галечный пляж, переходящий далее в заболоченную тундру. Вдоль м. Филюшова и ближних к нему мысов тянется гряда камней и рифов, между осыхающими камнями глубины не более 2-3 м. Боковые поверхности останцов крутые, иногда с отрицательным склонением. Волны у их поверхности сильно забурунивают, мощный турбулентный поток препятствует развитию морской растительности. У северо-восточной части бухты расположен небольшой скалистый островок Уташут. На юге его обрамляют кекуры, соединенные с островком песчано-галечными перешейками, и рифы.

Пояс водорослей на этом участке отсутствует на всем протяжении от ручья Уступный до выхода из бухты. Заросли имеются в окрестностях м. Желтый, однако они очень трудны для промысла. У о-ва Уташут они также встречаются, причем в достаточно большом количестве, особенно с юго-западной стороны, однако в связи с отнесением острова к охраняемым акваториям они закрыты для активного промысла. При юго-восточных ветрах в северной части б. Вестник могут скапливаться выбросы водорослей с о-ва Уташут и м. Желтый. Проективное покрытие может достигать 100%, в среднем же 60-70%.

#### **V участок:** м. Ильин - м. Ходжелайка

М. Ильин образован отрогом горного массива, окаймлен надводными и подводными камнями, простирающимися от него почти на 0,5 км. Береговая линия более изрезанная, чем на соседнем южном участке, однако закрытых и полужакрытых участков нет. Берег скалистый, опоясывает его узкий валунно-галечный пляж иногда с наносами песка. Его ширина может изменяться в зависимости от крутизны склонов, обрамляющих побережье. Берег в районе достаточно приглубый. Резкое нарастание глубин наблюдается между изобатами 6-10 м. Это определяет сокращение площади, оптимально пригодной для развития ламинариевых.

Проективное покрытие подводной растительности изменяется от 5 до 90%. Вдоль большей части побережья из-за строения грунтов оно не более 35-50% и только ближе к выше названным мысам увеличивается.

#### **VI участок:** м. Ходжелайка - м. Тонкий

М. Ходжелайка является оконечностью узкого полуострова со скалистыми берегами. К югу от него на 0,7 км выступает риф с надводными камнями, от него к берегу тянется гряда осыхаемых и подводных камней. М. Тонкий - оконечность понижающегося

скалистого полуострова. Ширина рифовой полосы, окаймляющей его, 0,45 км. Участок побережья между этими мысами слегка извилист, со скалистыми берегами, прибрежными рифами. Только в местах впадения в море ручьев берег понижается и представляет собой галечно-валунные пляжи с примесью песка.

Подводная терраса на всем протяжении относительно полого спускается в море. Изобаты 2 и 5 м проходят на удалении 0,4-0,6 км от берега. Этот небольшой по протяженности участок относится к наиболее продуктивным на юго-востоке полуострова. Пояс ламинариевых здесь отчетливо выражен по всей его длине. Плотность их зарослей может достигать 80% почти по всей ширине фитали на всем ее протяжении.

Район является неблагоприятным с точки зрения сохранения и накопления выбросов. Кроме того, побережье широко открыто восточным ветрам, не имеет удобных мест для укрытия маломерного флота.

#### **VII участок:** м. Кузачин - м. Круглый

М. Кузачин относительно неглубоко выступает в море, окружен грядой прибрежных рифов и подводных камней, которые простираются на 0,5 км в море. К северу от него следуют бухточки Кузачин, Отрадная и Пьяная. Они различаются размерами, но все широко открыты прибою. В две первые из названных бухт впадают достаточно полноводные реки. Выносимый ими терригенный материал шлейфом стекает вдоль побережья к югу, обогащая прибрежные воды биогенными элементами. Почти по всей длине участка берег понижен. Местами почти к берегу подходят тундровые участки. Береговая терраса не превышает 2,5 м в высоту. В б. Ходутка выше устья р. Ходутка развита отмель с многочисленными рифами. Аналогичная картина - развитие широкой рифовой гряды -наблюдается у м. Крестовый.

К северу от бухточки Пьяная до б. Пираткова вдоль берега тянется узкая гряда осыхаемых и подводных камней. От б. Юшинская до м. Круглый она расширяется до 0,8 км. Отлогость дна вдоль побережья также сильно изменяется. У открытой, спрямленной части берега глубины нарастают достаточно быстро, вокруг мысов и во внутренней части бухт медленнее. Севернее м. Пираткова побережье становится более извилистым. Одна за другой следуют небольшие бухточки: Малая Пираткова, Пираткова, Юшинская и Корневская.

Пояс ламинариевых водорослей вдоль участка развит крайне неравномерно, его ширина определяется наличием рифовых отмелей. Таковые наиболее развиты у м. Кузачин, у устья р. Ходутка, у мысов Крестовый, Ходжелайка. Здесь развиты обширные поля водорослей, особенно с южной и юго-западной сторон, где в летний период гидродинамическая нагрузка на донные сообщества малых глубин заметно ниже, чем на противоположной стороне выступающих в море мысов и вытянутых перпендикулярно берегу скалистых рифах. У спрямленной приглубой части побережья пояс водорослей сильно суживается, иногда поджимается к сублиторальной кайме или самой границе литоральной и сублиторальной зон. Местами он исчезает. Выше м. Пираткова заросли ламинариевых приобретают промысловые характеристики.

Особенностью района является чрезвычайная пестрота водорослевых сообществ и постоянная смена доминантов. У разных участков берега это могут быть *Alaria fistulosa*, *Laminaria bongardiana*, *L. gurjanovae*, *L. longipes*, *Arthrothamnus bifidus*. Первый вид почти всегда образует небольшие по площади монодоминантные ассоциации, при этом он растет небольшими сближенными куртинами и пятнами, которые формируют поля с проективным покрытием 25-30%. *L. bongardiana* образует более плотные заросли. Проективное покрытие промысловых полей водорослей колеблется от 5 до 80%.

#### **VIII участок:** м. Круглый - м. Поворотный

Участок характеризуется дробностью рельефа, разнообразием грунтов, охватывает бухты Асача, Мутная, Березовая. Последняя бухта удобна для временной стоянки малых судов. Кутовые участки всех бухт низкие, удобные для организации летних полевых баз.

Основные промысловые поля водорослей приурочены к входным мысам бухт и участкам побережий между входными мысами соседних бухт. В районе, расположенном к северу от м. Асача, монодоминантную ассоциацию формирует *Alaria fistulosa*, в других участках - виды рода Ламинария.

Проективное покрытие в промысловых зарослях 20-100%. Район удобен для организации работ по сбору штормовых выбросов и первичной переработки сырца на берегу.

#### **IX участок:** м. Поворотный - м. Опасный

Этот участок побережья является одним из наиболее изрезанных у юго-восточной Камчатки. Он охватывает бухты Лиственичная, Русская, Фальшивая, Жировая, Вилючинская, Саботажная, Опасная и участки открытого побережья между ними. М. Поворотный, ограничивающий участок с юга, является южным входным мысом Авачинского залива.

Перечисленные бухты имеют разные размеры. Вилючинская и Русская глубоко врезаны в материк, окаймлены высокими, отвесными, скалистыми берегами. Бухты Жировая и Лиственичная имеют более широкие основания и вершины. Три остальные бухточки имеют гораздо меньшие размеры и широко открыты прибою. Низменные абразионные участки пляжевой полосы встречаются только в кутах бухт.

Вдоль всего побережья отмечаются значительная приглубость дна и резкое падение глубин до 20 м уже на расстоянии 0,4-0,7 км от береговой кромки. Исключение составляют кутовые участки глубоких крупных бухт, где скапливается терригенный материал, и участок, примыкающий к северному входному мысу в б. Лиственичная. Между бухтами у открытых участков побережья почти повсеместно тянется узкая, до 150-170 м шириной, рифовая полоса.

Наиболее продуктивные сообщества ламинариевых развиты в б. Лиственичная, у м. Пирамидальный, у северного входного мыса в б. Фальшивая и у м. Отвесный. В целом район можно оценить как мало продуктивный. Пояс водорослей здесь узок, иногда его ширина не превышает 30 м.

#### **X участок:** м. Опасный - м. Безымянный

М. Опасный является южным входным мысом в б. Саранная. Мыс обрывист, окаймлен полосой рифов. Вход в бухту представлен высоким обрывистым берегом, прорезанным распадками, валунно-щебенчатыми осыпями. Широкая вершина б. Саранная низменна, с песчаными грунтами и песчаным пляжем. От кута бухты до северного входного м. Саранный побережье валунно-глыбовое, с сильно или слабо выраженным скалистым пляжем. От м. Саранный до м. Безымянный побережье спрямленное, на большом протяжении представлено песчаной косой, отделяющей море от озер Большой Вилюй и Пресное, и далее это - скалистый берег с валунно-глыбовым пляжем и подходящими к самому урезу воды скалистыми выступами-непропусками.

В пределах этого участка встречаются, по крайней мере, три поля водорослей. Два из них расположены у южного и северного побережий б. Саранная, третье - вблизи м. Безымянный. Неширокий пояс водорослей развит, кроме того, вокруг о-ва Старичкова. Запасы ламинариевых промыслового значения не имеют в связи с тем, что б. Саранная является научным полигоном для проведения альгологических исследований, а о-в Старичкова относится к территориям с особым режимом охраны природы.

Севернее м. Безымянный район закрыт для промысла в связи с тем, что подвергается

постоянному антропогенному загрязнению водами, вытекающими ; из Авачинской губы во время отлива.

**XI участок:** м. Маячный - м. Первый

Промысловый участок примыкает к горлу Авачинской губы, имеет небольшую протяженность, характеризуется приглубым дном, скалистыми берегами. Пояс водорослей прерванный, с проективным покрытием 30-60%, местами расширяется до 300 м.

**XII участок:** м. Первый - м. Налычева

Район представляет собой очень пологий низменный берег. В прибрежье повсеместно развиты мягкие грунты. Пояс водорослей повсеместно отсутствует.

**XIII участок:** м. Налычева - м. Шипунский

От м. Налычева, представляющего собой южную оконечность небольшого гористого полуострова, до м. Шипунский побережье относительно выровнено, закрыто от ветров северо-восточного направления, слабо изрезано. В пределах района имеется одна глубоко врезанная в берег бухта фиордового типа - Бечевинская. Она относится к запретным районам и закрыта для промысла. Значительная часть района, расположенного при устьях рек Вахиль и Островная, низменна, лишена подводной растительности.

Пояс ламинариевых водорослей развит вдоль скалистых участков побережья узкой полосой. У верхней границы фитали плотность зарослей достаточно высокая, доминируют *Laminaria longipes* и *Arthrothmnius*, у нижней - *L. bongardiana* или *L. dentigera*.

**XIV участок:** Кроноцкий залив в пределах географических границ

Данные по развитию ламинариевого келпа на этом участке ограничены сведениями по распределению вдоль побережья пояса ламинариевых и составу доминирующих видов.

Вдоль северо-западного побережья п-ова Шипунский, представляющего собой южную оконечность залива, следуют друг за другом крупные (Моржовая, Калыгирь) и небольшие (Алеутская, Железная, Малая Медвежка) бухты. Водорослевый пояс с доминированием *Laminaria bongardiana*, *Alaria marginata* и *Arthrothmnius* развит от м. Шипунский до м. Моржовый. Пояс водорослей неширокий, с проективным покрытием 40-80%. Заросли приурочены к скалистым мысам, рифам, осыхаемым и крупным подводным камням. В кутовой части б. Железная они отсутствуют.

Растительность б. Моржовая представлена малопродуктивными сообществами красных корковых водорослей. Ламинариевые развиваются редкими отдельными пятнами, промысловых скоплений не образуют. Почти аналогичная ситуация наблюдается в б. Калыгирь. Там, кроме того, широко развиты мягкие грунты.

От м. Калыгирь до м. Жупанова вдоль спрямленного гористого побережья развивается узкая прерывистая полоса водорослей с проективным покрытием до 60%. Местами она приурочена к верхнему горизонту фотической зоны, который у побережья Камчатки проходит в диапазоне глубин 0-2(3) м.

Почти вся внутренняя часть Кроноцкого залива от м. Жупановский до мыса без названия, расположенного у основания п-ова Кроноцкий, очень низменная, с широким песчаным пляжем. Грунты в диапазоне глубин 0-10 м песчаные или илисто-песчаные. Вдоль всего этого огромного по протяженности берега водорослевые заросли отсутствуют. Исключение составляет небольшой участок побережья, расположенный в центральной части залива между м. Штормовой и устьем р. Тундровая. Здесь песчаные грунты замещаются достаточно пологими скалистыми платформами, окаймленными

прибрежными рифами. Мягкие грунты на глубинах 0-3(5) м замещаются жесткими. Ламинариевый келп на этом участке формируют *Laminaria bongardiana*, *L. dentigera*, *L. longipes*, *Alaria marginata*, *Agarum cribrosum*, проективное покрытие дна водорослями достигает 100%, в среднем около 60%. В связи с развитием пологих, скалистых платформ это место перспективно для поиска промысловых запасов каррагинансодержащих видов багрянок.

Берег вдоль п-ова Кроноцкий скалистый, достаточно изрезанный. Окаймляющие его рифы развиваются полосой до 1,5 км шириной, а у выступающих в море скалистых мысов полоса кекуров, рифов и обнажаемой во время отлива валунно-глыбовой россыпи увеличивается еще больше. Уклон дна вдоль этого участка неравномерный. От 0 до 2 м глубины дно достаточно пологое, выше этих отметок простирается относительно ровная полоса пляжа с множеством замкнутых плоских камней и пологих скалистых платформ, ниже уклон дна резко возрастает.

Пояс водорослей в этом районе приурочен к рифовым участкам. Доминируют у самого уреза воды *Alaria marginata*, *A. angustata*, глубже - виды рода *Laminaria* или *A. fistulosa*. У границы фитальной зоны встречаются *Agarum* и *Talassiophyllum*. Здесь же на глубинах свыше 5 м иногда в промысловых количествах развивается *L. dentigera*. *Alaria fistulosa* образует обширные пятна с проективным покрытием 50-70%, которые, сливаясь друг с другом, образуют промысловые поля иероглифических очертаний. Постоянным элементом сообществ она выступает в поясе растительности, развивающемся вдоль всей наружной оконечности полуострова. Несмотря на промысловую значимость участка, вовлечение его в интенсивную эксплуатацию невозможно в связи с особым режимом охраны этой акватории и принадлежности ее к Кроноцкому государственному заповеднику.

#### **XV участок:** п-ов Кроноцкий - м. Шуберта

Запасы водорослей в этом районе еще не разведаны. Однако можно предполагать, что они достаточно велики, т. к. геоморфология побережья и характер грунтов в диапазоне глубин 0-10 м благоприятны для их развития.

#### **XVI участок:** м. Шуберта - м. Чаячий

Берег вдоль участка гористый, обрывистый. Береговые обрывы с осыпями. Вдоль всей береговой полосы развит довольно широкий песчаный пляж. Он прерывается редкими мысами, выступающими в море или подходящими к самой кромке побережья. Многие мысы продолжают в море пологими скалистыми платформами. У мысов и реже вдоль выровненных участков побережья развиваются рифы и кекуры.

Берег имеет весьма интересное строение. Глубины вначале резко нарастают, затем сползаются и только на удалении 700-1200 м от уреза воды достигают 10 м. Почти между всеми мысами в нескольких километрах от берега развиваются обширные отмели с глубинами меньше 10 м. Это обстоятельство весьма благоприятно для развития ламинариевых водорослей. Значительная удаленность от береговой кромки участков с оптимальными для развития водорослей глубинами обуславливает уменьшение разрушающего их волнового воздействия.

На этом участке побережья формируется весьма продуктивный полимиксный ламинариевый келп с проективным покрытием 60-100%. Биомасса ламинариевых на всех глубинах благодаря увеличению средних размеров растений возрастает. Район еще слабо изучен в альгологическом и геоморфологическом отношениях. Учитывая значительную ширину водорослевого пояса и наличие относительно выровненного морского дна здесь было бы удобно организовать механизированную добычу ламинариевых.

#### **XVII участок:** м. Чаячий - м. Камчатский

Достаточно протяженный участок, представляющий собой внутреннюю и северо-западную приустьевую часть Камчатского залива. В нее впадает самая полноводная река полуострова - Камчатка. Берег вдоль всего участка низменный, песчаный, испытывает сильнейшее опресняющее воздействие сточных речных вод. Условия среды здесь неблагоприятны для развития водорослей. Многочисленные солоноватоводные лиманы, напротив, благоприятны для обильного развития ульвовых водорослей. Район, кроме того, перспективен для поиска промысловых запасов морских трав - взморниковых, являющихся источниками ценного полисахарида зостерина.

#### **XVIII участок:** м. Камчатский - м. Африка

М. Камчатский - юго-восточная оконечность п-ова Камчатский - представляет собой гряду надводных скал с выступающей от них небольшой песчано-галечной косой. Берег к востоку от м. Камчатский песчаный, окружен рифами и камнями, выступающими в море на расстояние более 3,5 км. Недалеко от м. Камчатский находится обширная отмель. Вдоль всего участка, вплоть до м. Африка, рельеф дна неровный. Иногда изобата 10м отжимается от берега более чем на 1 км, иногда поджимается почти вплотную на расстояние 250 м. В районе м. Африка и к югу от него, как и у м. Камчатский, на расстоянии 1-2,5 км от береговой черты разбросаны многочисленные камни и рифы.

Рельеф дна, грунты и другие факторы среды способствуют развитию здесь мощного ламинариевого келпа. Его ширина особенно велика (до 1,8 км) у мысов, ограничивающих с юга и севера обсуждаемый район. Доминантом сообществ на глубинах 2 м и более повсеместно является *Alaria fistulosa*. Проективное покрытие водорослей весьма неравномерно, от 5 до 60%. На отдельных участках площадью не более 3-5 га оно достигает 80%. Берег удобен для формирования и сохранения валов штормовых выбросов водорослей.

#### **XIX участок:** м. Африка - м. Столбовой

Участок омывается водами Берингова моря. Береговая линия представлена высокими обрывистыми берегами, прорезанными обширными долинами рек и ручьев. Вблизи их устьев встречаются небольшие песчаные пляжи. Между ними вдоль большей части побережья также развивается узкий песчано-галечный пляж. К северу от м. Рифы берег постепенно понижается, следующая за мысом широко открытая прибою б. Солдатская имеет низкие песчаные берега. Затем, по мере продвижения к м. Столбовой, полоса пляжа постепенно суживается и исчезает. У м. Столбовой береговые скалистые обрывы подступают вплотную к берегу.

Весь участок приглубый, окаймлен обнажаемыми во время отлива рифами. Они образуют полосу, местами достигающую 1,2 км и более в ширину. Некоторые рифы отходят от берега широкими грядами перпендикулярно берегу или тянутся в виде прямолинейных полос, направленных косо к берегу.

Пояс водорослей развит вдоль всего района. У выступающих в море мысов он приобретает вид обширных полей. Состав доминирующих видов вдоль участка постепенно изменяется. На юге, у м. Африка, повсеместно доминирует *Alaria fistulosa*. Плотность ее поселений изменяется от 2 экз. на 1 м<sup>2</sup> до 1 экз. на 3-4 м<sup>2</sup>. Под пологом ламинариевых встречаются *Laminaria gurjanovae*, *L. dentigera* и другие ламинариевые, а также многочисленные красные водоросли, в том числе один из наиболее ценных агароносов - *Ahnfeltia plicata*. Однако, судя по имеющимся сведениям, промысловых запасов на этом участке побережья она не образует. Особую роль в структуре донных ценозов играют корковые кораллиновые. В этом районе побережья, особенно у м. Африка, заросли Алярии полой сопоставимы по промысловому значению с таковыми,



развивающимися у п-ова Кроноцкий и юга восточного побережья Камчатки.

К м. Рифы доминирующая роль Алярии полней постепенно угасает и переходит к видам рода Ламинария. Иногда доминантом сообществ на небольших площадях морского дна становится *Arthrothamnus*. В течение всего вегетационного сезона и особенно в конце вегетации во время осенних штормов на берег выбрасываются водоросли, образующие огромные валы. Этот район также перспективен для поиска промысловых запасов видов, содержащих каррагинан и другие агароиды. Вполне возможно, что среди выбросов ламинариевых водорослей, особенно в осенний период, в качестве сопутствующих видов в достаточном количестве присутствуют промысловые и потенциально промысловые багрянки и их сбор из выбросов может оказаться рентабельнее их подводного промысла.

#### **XX участок:** м. Столбовой - м. Низкий

Мысы, ограничивающие участок, являются географическими границами зал. Озерной. Геоморфология его берегов от участка к участку изменяется. Почти по всей его длине тянется более или менее широкий песчаный пляж. Вдоль всего залива дно приглубое, особенно в южной и юго-западной частях. Около западной и северо-западной части берега находится много камней и рифов. В центральной части залива, особенно в местах впадения рек Столбовая, Алтын, Озерная, берега низменны, в виде песчаных кос.

Пояс водорослей вдоль всего участка развит неравномерно. Заросли приурочены к рифам и осыхающим камням. Их проективное покрытие изменяется от 10 до 60 (80)%. Доминируют на глубине до 3 м *Alaria manginata* и *Laminaria longipes*, свыше 3 м - *L. bongardiana*. Ей сопутствуют *L. gurjanovae*, *Arthrothamnus*, *Agarum*, часто встречаются крупные кусты бурых водорослей *Dichloria* и *Desmarestia*. Берег столь же благоприятен для формирования валов штормовых выбросов, как и соседний участок.

#### **XXI участок:** Карагинский залив

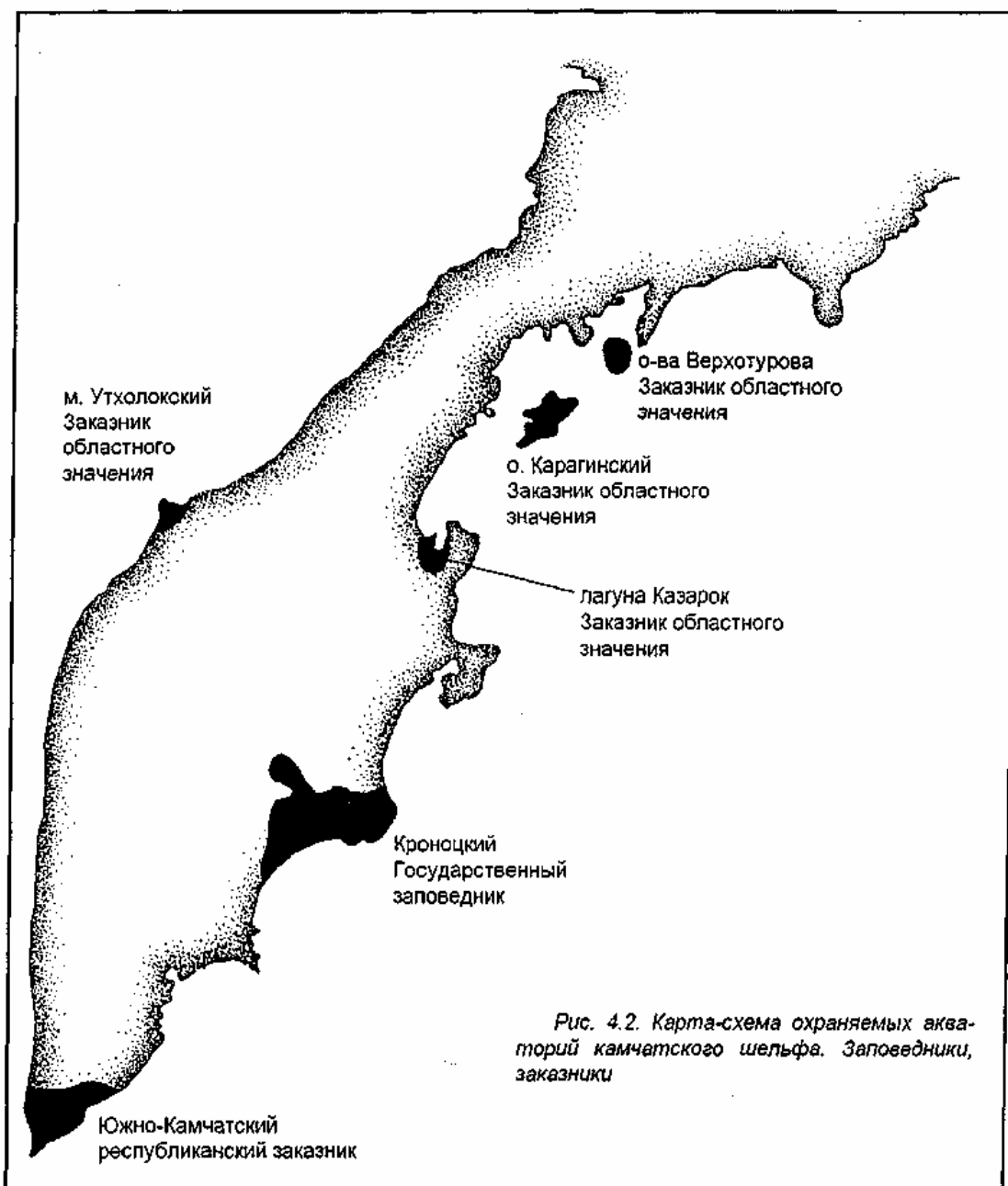
Берег Карагинского залива тянется на 140 км в общем направлении к северу. Между мысами Озерной и Начикинский он изрезан слабо, лишь по мере приближения к м. Начикинский от него выступают несколько небольших скалистых мысов. В южной половине залива берег относительно пологий, местами вдоль него, прямо от береговой кромки, тянутся короткие рифы, а у уреза воды развиваются плоские скалистые платформы. Обширная центральная часть побережья низменна, ее береговая линия выровнена, лагунно-лиманного типа. Преимущественное развитие здесь по всей зоне фитали имеют песчаные грунты. В центральной части залива располагаются две достаточно крупные полузакрытые бухты - Карага и Оссора. Северная часть залива глубоко врезана в материк и представляет собой соподчиненный зал. Корфа. В западной части Карагинского залива находится о-в Карагинский, отделенный от п-ова Камчатка прол. Литке.

Данные по развитию водорослевого пояса в заливе ограничены сведениями по распространению отдельных видов и местонахождению водорослевых зарослей. Оценка запасов ламинариевых известна только для отдельных небольших участков по данным 1928-1932 гг., промысловые заросли макрофитов разведаны для районов: м. Озерной - устье р. Конская, побережье п-ова Говена, зал. Корфа.

В целом же по Карагинскому заливу, включая о-в Карагинский, общие запасы оцениваются в пределах от 125 тыс. до 250 тыс. т. По продуктивности водорослей Корфо-Карагинский район признается одним из наилучших не только на Восточной Камчатке, но и на Дальнем Востоке страны. В навигационном и гидрологическом отношении он также выгодно отличается от многих берингоморских и северо-охотоморских участков побережья с высокой продуктивностью более мягкими

климатическими условиями и более спокойной гидродинамической обстановкой.

Следует отметить, что для прикамчатского шельфа еще не разработана схема размещения охраняемых природных акваторий. В связи с этим участки побережья, у которых хозяйственная деятельность запрещена или каким-либо образом регламентирована соображениями охраны природы, немногочисленны и ограничены акваториями, примыкающими к заповедникам, заказникам, памятникам природы. Их расположение показано на картах-схемах (рис. 4.2, 4.3.). В районе государственных заповедников любая хозяйственная деятельность на мелководьях шельфа, ограниченных узкой примыкающей к ним прибрежной полосой, запрещена. В нее попадает и пояс водорослей. Поэтому некоторая часть общих запасов водорослей восточного побережья является запрещенной к промыслу по причине заповедания. Режим природопользования в заказниках позволяет только ограниченное проведение хозяйственных работ, не наносящих вреда природной среде.



#### 4.3. ОПЫТ ДОБЫЧИ, ПЕРЕРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОРСКИХ РАСТИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ КАМЧАТСКОГО ШЕЛЬФА

Использование биологических ресурсов шельфа Камчатской области имеет достаточно длительную историю. В течение десятилетий Камчатка оставалась рыбным цехом страны и ее сырьевым придатком. Вначале местная рыбная промышленность ориентировалась в основном на вылов ценных пород лососевых рыб и прибрежный лов (крабы и др.). С появлением крупнотоннажного флота здесь получило развитие и океаническое рыболовство, в результате возникла инфраструктура отрасли, способная обеспечить добычу и переработку рыбы и беспозвоночных. Экстенсивный путь развития рыбной отрасли Камчатки за счет наращивания традиционно промысляемых ценных пород рыб и беспозвоночных почти полностью себя исчерпал и требует вовлечения в промысел других объектов.

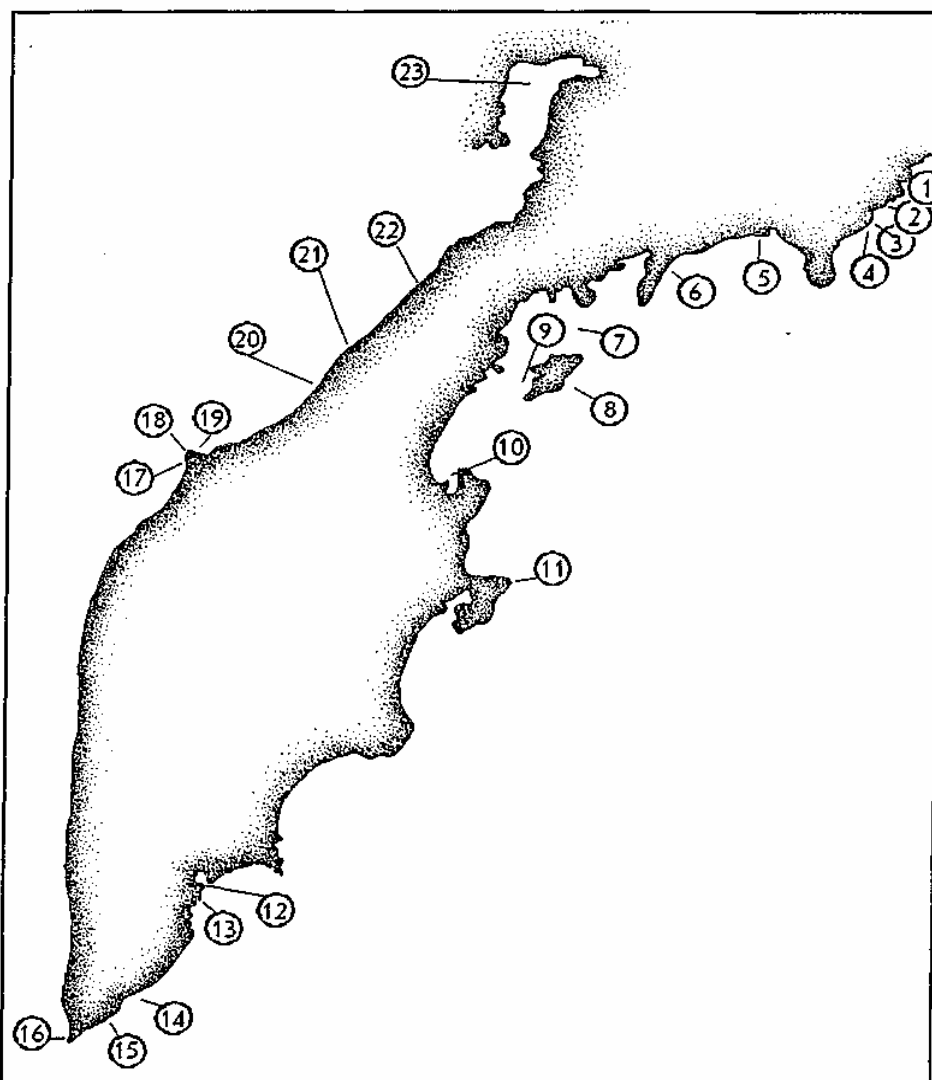


Рис. 4.3. Карта - схема охраняемых акваторий камчатского шельфа. Памятники природы областного значения. Условные обозначения: 7 - б. Анастасии; 2 - о-в Богослова; 3 — о-в кекур Вытлеништейна; 4-м. Вытлеништейна; 5 - м. Грозный; 6 -б. Южная Глубокая; 7 - о-в Верхотурова; 8 - о-в Птичий; 9 -Семеновская коса; 10 - о-в Маньчжур; 11 - о-в Столбовой; 12 -скала Три Брата; 13 - о-в Старичков; 14 - о-в Уташут; 15 -о-в Гаврюшкин Камень; 16-о-в Камбальный; 17-м. Южный; 18-м. Зубчатый; 19 - о-в Скала; 20 - Точилинский разрез; 21 - аметисты м. Кинкиль; 22 - аметисты устья р. Шамалки; 23 -о-в Добржанского

По протяженности береговой линии Камчатка сопоставима или превышает побережья многих государств Азии и Европы и ее шельф обеспечен водорослевым сырьем не менее, а в отдельных случаях даже более, чем в этих странах.

Однако объем его добычи на полуострове даже в периоды самого интенсивного промысла был несопоставим с таковым в других странах, которые добывали от 10-50 тыс. (Великобритания, Франция) до 400-700 тыс. т (Корея, Япония), а в Китае вместе с продукцией марикультуры промысел водорослей составил более 1500 тыс. т.

Сколько-нибудь серьезный промысел водорослей у берегов Камчатки не проводился. До середины 80-х годов он в очень небольших объемах велся некоторыми рыболовецкими колхозами. Общий ежегодный вылов водорослей иногда достигал 30 т, а в отдельные годы снижался до 3 т. Добывалась только ламинария, которая использовалась в основном для изготовления кулинарных изделий и полуфабрикатов и реализовывалась на месте. Выпуск пищевой водорослевой продукции в 70-е и начале 80-х годов производили Анапкинский, Корфский, Усть-Камчатский и Петропавловск-Камчатский рыбоконсервные заводы.

Специального оборудования для пищевой переработки водорослей на перечисленных камчатских рыбокомбинатах практически не было. При планировании развития рыбной отрасли в регионе даже в планах на длительную перспективу не закладывались средства на развитие водорослевой промышленности и подготовку для нее кадров.

Для промысла ламинарии на Камчатке использовались неспециализированные суда, чаще всего малые, иногда средние рыболовные сейнеры. Лов водорослей производился мало приспособленными для этого орудиями, в том числе и вайером. Использование вайерного лова, наносящего большой вред состоянию растительных сообществ, продолжалось в Авачинском заливе и после принятого Дальрыбой в конце 80-х годов запрещения его для добычи ламинариевых.

Такое отношение к водорослевым ресурсам Камчатского шельфа во многом определило то обстоятельство, что альгологическая наука и тем более такая методически сложная ее отрасль как альгохимия в регионе практически не развивались. В связи с этим к настоящему времени для камчатского промыслового района запасы водорослей в полном объеме не защищены и не разработаны научные основы для выработки рекомендаций по ведению промысла в отдельных районах.

При приемке камчатского сырца на пищевую переработку использовалась нормативно-техническая документация, разработанная для видов, произрастающих на юге Дальнего Востока, не встречающихся у Камчатки и имеющих несколько иные морфометрические и химические характеристики. Камчатское сырье, конечно, не могло соответствовать всем предъявляемым требованиям, поэтому продукция из него формально не соответствовала принятым стандартам.

После аварии на Чернобыльской АЭС для ликвидации ее последствий возникла необходимость получения больших количеств относительно недорогих и эффективных радиопротекторов и радиосорбентов. В мировой практике признанными лидерами в этом отношении являются морские водоросли и получаемые из них вещества. В связи с этим Министерство рыбного хозяйства разработало программу организации добычи и переработки больших объемов ламинариевых на Дальнем Востоке, в том числе и на Камчатке. Уже в 1988 г. для местной рыбной промышленности был спущен план по добыче 400 т воздушно-сухой ламинарии. Заготовить их должны были Камчатрыбпром, Камчатское межколхозное производственное объединение и прибрежные колхозы "Ударник", им. Бекерева, "Путь Ленина" и "Тумгутум".

Приняв директивное постановление Министерства рыбного хозяйства, Камчатрыбпром установил приемную цену на выловленную продукцию - 12 руб. за 1 ц

сырца, в то время как реально по расчетам специалистов его себестоимость составляла более 40 руб. Следовательно, с самого начала добыча ламинарии стала нерентабельной. Кроме того, для приема и переработки сырца не были оборудованы приемные базы, сушилки, складские помещения и др. В результате реальная добыча ламинарии в 1988 г. оказалась значительно ниже плановой (табл. 4.2).

Таблица 4.2

**Добыча водорослей предприятиями Камчатки в 1988 г., т (по архивным данным Камчатрыбпрома)**

Вид продукции	Камчатрыбпром		Камчатское межколхозное производственное объединение	
	План	Факт	План	Факт
Воздушно-сухая ламинария	300	40	100	3
Ламинария сырца	2100	280	700	21

Неудачным оказался также опыт изготовления пробной партии консервов из выловленной тогда же ламинарии. Для этой цели в Вилючинской бухте в мае-июне были добыты очень молодые, еще не зрелые растения Ламинарии Бон-гарда и Ламинарии Гурьяновой. Их переработка производилась по ТИ и ТУ, разработанным Дальрыбой для Ламинарии японской поэтому выпущенные консервы имели низкое качество. Кроме консервов из того же сырья была изготовлена партия мороженой продукции по ТУ, разработанным для той же Ламинарии японской. Она также имела низкое качество и не соответствовала стандартам.

Из-за экономической нецелесообразности и убыточности промысел ламинариевых на Камчатке был прекращен. Все последующие годы он велся в ничтожно малых объемах для обеспечения выпуска кулинарии на Анапском, Усть-Камчатском и некоторых других рыбоконсервных заводах. Основными местами сбора водорослей для этого являлись районы северо-восточного побережья Камчатки и Командорские острова. Петропавловск-Камчатский рыбоконсервный завод для своих производственных нужд использовал в основном мороженую ламинарию, собранную у южных Курильских островов. О направлениях и объемах переработки этих водорослей можно судить по данным, приведенным в табл. 4.3.

Таблица 4.3

**Выпуск продукции из морской капусты на Петропавловск-Камчатском рыбоконсервном заводе (ПРКЗ) в 1987-1990 гг. (по архивным данным Камчатрыбпрома)**

Вид продукции	1987г.	1988г.	1989г.	1990г.
Кулинарная продукция, ц				
Джем "Лакомка"	-	18	1	-
Джем "Морская волна"	-	10	-	-
Салат из морской капусты с трубачом	125	423	279	96
Салат из кальмара с морской капустой	-	3	-	-
Салат из морской капусты	615	484	360	393
Консервы, туб				
Салат дальневосточный из морской капусты	306	510	68	107
Морская капуста в сиропе	-	-	-	3
Кукумария с овощами и морской капустой	30	-	-	-

Данные, приведенные в таблице, с одной стороны, показывают скудость ассортимента, выпускаемого из морской капусты, с другой - постепенное сокращение водорослевого производства. С 1991 г. переработка водорослей на ПРКЗ фактически прекратилась. В 1992-1996 гг. завод принимал морскую капусту в объемах не более 15

т у частных предпринимателей и реализовывал произведенную из нее кулинарную продукцию в торговой сети Петропавловска-Камчатского.

Таким образом, камчатская рыбная промышленность до сих пор не имеет должного опыта добычи и использования морских макрофитов. Для промысловых видов Камчатского шельфа не разработана нормативно-техническая документация, регламентирующая видовую спецификацию и качество принимаемого сырья и выпускаемой из нее продукции. В то же время можно говорить о том, что богатейшие запасы камчатских водорослей еще не подвергались промысловой нагрузке и, следовательно, остаются нетронутыми и неистощенными промыслом.

## Глава V

### НЕКОТОРЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

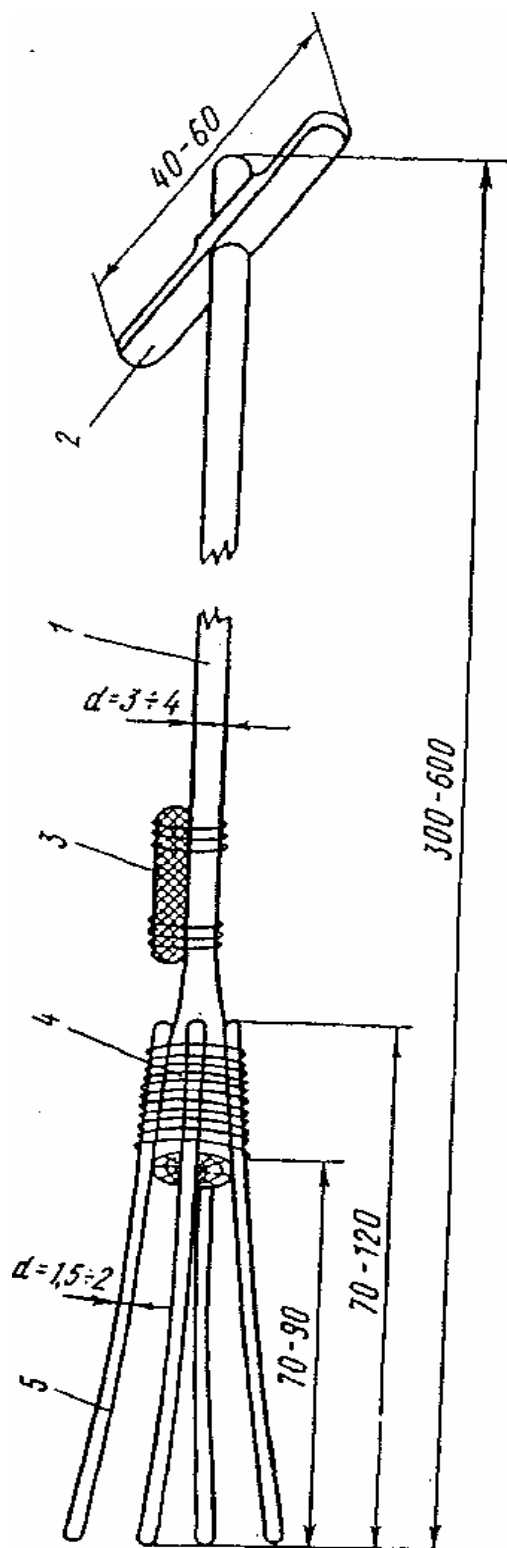


#### 5.1. ОРУДИЯ ЛОВА И ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОМЫСЛУ ВОДРОСЛЕЙ

В связи с климатическими особенностями района и особенностями биологии развития водорослей их добыча носит сезонный характер, поэтому промысел и первичная переработка растительного сырья должны быть осуществлены в достаточно сжатые сроки. Заготовка водорослей в больших масштабах может быть основана только на использовании высокопроизводительных орудий добычи с высокой степенью механизации и автоматизации, исключающих или сводящих к минимуму риск подрыва сырьевой базы. Небольшие объемы заготовки водорослей могут быть выполнены с использованием водолазных методов сбора или надводным способом с применением несложных ручных приспособлений.

Простейшим ручным орудием добычи ламинариевых является канза (рис.5.1). Это простейшие устройства, основанные на обвивающей способности водорослей. Она представляет собой пучок гладких, обычно березовых прутьев, жестко закрепленных на длинном легком шесте. Опуская шест в подводные заросли и вращая его, рабочий наматывает листовые пластины Ламинарии на прутья, а затем рывком отрывает их от субстрата и поднимает на борт. Снимая водоросли с канзы, он, как того требуют правила их промысла, должен обрезать ризоиды и выбросить их за борт. Выполнение этих несложных требований способствует дальнейшему воспроизводству и, следовательно, сохранению подводных зарослей. С увеличением глубины до 5-6 м драгировка ручной канзой становится затруднительной, производительность снижается, поэтому ниже этих отметок эффективнее использование других, более сложных орудий лова.

Ручную добычу водорослей с помощью канзы лучше осуществлять в светлое время суток и при спокойной погоде, когда можно видеть расположение на дне зарослей. При появлении ряби на поверхности воды приходится пользоваться специальным приспособлением - водяным фонарем, позволяющим видеть водоросли через толщу



воды, хотя это создает дополнительные трудности и снижает производительность труда.

Более совершенное орудие добычи Ламинарии - механизированная канза. Она значительно расширяет возможности добычи, т.к. промысел водорослей может осуществляться практически во всем диапазоне глубин. Однако у механизированной канзы есть ряд недостатков. Она имеет не очень высокую производительность в силу прерывности процесса добычи водорослей, поскольку требует выполнения многих операций: спуск рабочей головки, захват водорослей, подъем рабочей головки с водорослями, очистка вручную пальцев от водорослей и т.д. К тому же при работе на участках с невысоким проективным покрытием необходимо сложное маневрирование плавсредства, ведущее к потерям рабочего времени.

Все используемые в настоящее время технические приспособления для сбора водорослей можно разделить на две группы: для добычи неприкрепленных водорослей и для добычи прикрепленных водорослей и морских трав. Технология промысла неприкрепленных водорослей проще и разработана достаточно хорошо. Добыча прикрепленных водорослей, особенно с длинными слоевищами, значительно сложнее. Технология их промысла в мелководной зоне шельфа, особенно на скальных и глыбово-валунных грунтах, требует доработки.

В существующих орудиях сбора прикрепленных водорослей используется два основных способа отделения растений от субстрата: отрыв и срезание. В то же время эти принципы часто совмещаются и имеют множество модификаций, различающихся способом захвата водорослей, транспортировки улова и т.д.

Рис. 5.1. Канза для добычи ламинарии (размеры указаны в сантиметрах): 1 - шест; 2 - рукоятка; 3 - свинцовый груз; 4 - оплетка головки шеста; 5 - прутья

Простейшие по конструкции устройства, используемые для отрыва растений, представляют собой драги-якоря, имеющие захватные приспособления в виде зубьев, пальцев или крючков, между которыми или на которые попадают водоросли при протягивании драг по морскому дну. Водоросли, захваченные устройством, вырываются полностью или частично и поднимаются на плавсредство вместе с драгой.

В зависимости от размеров и массы драг заготовка водорослей с их использованием может вестись как ручная, так и механизированная.

К наиболее широко известным устройствам этого типа относятся драга "Паук",

применяемая в СССР на Белом море; драга, разработанная Шотландским обществом по добыче водорослей; устройство по заявке Франции № 2537827 (1982 г.) и драга Норвежской фирмы "Протан". В табл. 5.1 приведены данные по производительности различных устройств, применяемых для добычи Ламинарии.

Таблица 5.1

Производительность устройств, применяемых для добычи ламинарии			
Страна	Наименование и год использования устройства	Технико-экономические показатели устройства"	Источник информации'
Устройства, применяемые в промышленности			
Россия	Драга "Паук" с привязкой к МРБ-40(пр 921 /М1), 1983	За сезон с 1 07 по 1 09 (за вычетом дней, когда волнение моря превышает ,5 балла) бригада из 7 чел на МРБ-40, оснащенный двумя драгами, собрала 60 т Ламинарии	Техника, 1984
	Драга "Паук" на лодке типа "Дори"	7,2-8 т за 1 выход, бригада -3 чел	Докум. № 8651-00-33
Норвегия	Драга фирмы "Протан", 1982	Ежегодная производительность траулера длиной 12,8 м с экипажем 2 чел - 3,3 тыс. т Ламинарии гиперборей Сбор ведется круглогодично	The quest , 1982
Франция	Драга по пат Франции № 2537827, 1985	Нет данных	
Франция	Устройство типа "Скубиду" (предположительно)	За сезон 1984 г (до 15 10) одно судно добывало ок. 730 т Ламинарии	La Pech , 1984
Экспериментальные устройства			
СССР	Установка НПО промысловства, 1981	3 т/ч	Шпаков, 1981
СССР	Драга "Непрерывка", 1964	1,5 т/ч	Цапко, 1968
Великобритания	установка на судне "Хондрус", 1954	3,3 т/ч	Погодин, 1962
Великобритания	установка с дисковидными ножами и транспортером	4,5 т/ч	Погодин, 1962
СССР	Драга конструкции Немыченкова (Мурмансельдь) с привязкой к МРТ	2 т/ч	Цапко, 1968

Как видно из приведенных в таблице данных, наибольшую производительность имеет драга норвежской фирмы "Протан". По своему строению она напоминает гребенку, в которой более мощные зубья-полозья с загнутыми вверх концами перемежаются с более тонкими и короткими. Буксировка драги производится с помощью одного ваера. Все операции при очистке драги от водорослей на судне производятся без применения ручного труда.

Устройства, отрезающие водоросли от субстрата, содержат раму с режущим приспособлением (механизмом) и прикрепленный к ней накопитель для сбора срезанных водорослей. Существуют режущие механизмы двух типов: с неподвижными и подвижными ножами.

К первому типу относятся драга "Беломорка", сани-косилка конструкции ВРПО



"Севрыба", трал Шотландского общества по исследованию водорослей, трал фирмы "Протан" (патент Норвегии № 107787) и драга по а.с. СССР № 141700.

Неподвижные ножи на этих устройствах имеют самую различную форму зубьев: с прямолинейными, зазубренными или скошенными кромками. Наиболее производительным среди них является трал фирмы "Протан", траловый мешок которого вмещает 1,2 т водорослей и дневной сбор водорослей достигает 110т. Режущие устройства с подвижными ножами значительно менее производительны, а следовательно, и менее распространены. Хотя попытки использовать на промысле водорослей принцип, наиболее широко применяющийся в агротехнике (срезание), предпринимались неоднократно, однако сбор водорослей, несмотря на внешнее сходство со сбором наземных растений, кардинально отличается от последнего. Это связано с тем, что слоевища водорослей очень пластичны. Они либо стелются над грунтом под действием течения, либо лежат на нем, в связи с этим перед срезанием их необходимо сориентировать по отношению к режущему механизму. Кроме этого, водоросли имеют нейтральную или положительную плавучесть и всплывают сразу после срезания слоевищ. Поэтому необходимо предпринимать специальные меры для предотвращения их потерь. Сложной проблемой является также поддержание постоянного расстояния от рабочего органа до грунта ("копирование" рельефа дна).

В последние годы преимущественно в европейских и скандинавских странах, имеющих выход к морю, стала развиваться подводная техника добычи ламинарии, когда водолаз, перемещаясь по дну, специальной машинкой срезает водоросли на заданной высоте от дна. Срезанные водоросли всасываются эрлифтом и подаются на борт плавсредства. Привод подвижных ножевых элементов стригущих машинок осуществляется от пневмомоторов, питающихся сжатым воздухом от компрессора, установленного на борту судна. Имеются устройства, обеспечивающие одновременную работу нескольких водолазов. Один водолаз при этом может срезать до 2 т сырых водорослей в час точки зрения последующего воспроизводства водорослей такой способ добычи более рационален, поскольку имеется возможность срезать водоросли по технологии, наиболее полно удовлетворяющей требованиям биологии растений и сохранения их запасов.

Рациональным направлением развития технических средств добычи водорослей может явиться синтез режущих и транспортно-подъемных систем, обладающих способностью копировать рельеф дна (обходить препятствия).

Основные требования ко всем орудиям лова направлены главным образом на то, чтобы при их использовании не нарушалась поверхность дна и не повреждался грунт, на котором закрепились споры водорослей или микроскопические растения-гаметофиты. Среди возможных орудий лова категорически запрещается ваер, дающий большую потерю срезанного сырья и сильно повреждающий сообщества макрофитов.

Основные требования к промыслу водорослей ограничиваются регламентацией сроков их добычи и норм изъятия, которые, в свою очередь, определяются биологией и особенностями размножения водорослей. Начало промысла обычно определяется временем вступления в спороношение не менее 30% особей в популяции, т.е. количества, способного обеспечить возобновление вида на данной площади.

В отношении промысла красных водорослей следует отметить, что при современном уровне альгологических знаний определить районы их возможной добычи не представляется возможным. Можно предполагать, что наиболее перспективными для этого окажутся участки побережья с каменистой литоральной полосой и прибрежными скалистыми рифами. Именно там можно ожидать промысловые скопления каррагинаносодержащих гигартиновых водорослей, представителей родов *Porphyra* и пальмариевых водорослей. Предварительно к таким участкам можно отнести

Командорские острова, у которых флора гигартиновых наиболее разнообразна по видовому составу, о-в Карагинский, открытые участки юго-восточного побережья и п-ов Кроноцкий.

Добыча литоральных красных водорослей может осуществляться и во время сизигийных отливов ручным способом с использованием скребков и сачков. Именно так их собирают в Шотландии, в Южной Америке и некоторых других районах. Гигартиновые водоросли являются псевдомноголетниками, многолетней у них является базальная коркообразная часть. Эти виды характеризуются высокой скоростью роста и регенерации, поэтому к добыче можно рекомендовать до 70% от их общего промыслового запаса. Оптимальные сроки сбора определяются состоянием зрелости растений и динамикой накопления полисахаридов. В прикамчатских водах созревание тетра- и карпоспор гигартиновых происходит уже к середине июня, поэтому заготовку сырья можно вести с конца июня до середины октября. Динамику накопления полисахаридов у камчатских видов предстоит еще определить.

Виды рода *Palmaria* можно рекомендовать к добыче как на литорали и в сублиторальной кайме, так и на глубинах 2,0-3,5 м, где они могут образовывать промысловые скопления под пологом ламинариевых водорослей. Оптимальные сроки их сбора у юго-восточного побережья — май-июнь. Позднее растения становятся более жесткими, пролиферируют, зарастают эпифитами и эндофитами и теряют свои технологические качества.

Виды рода *Porphyra*, заселяющие верхние горизонты литорали, можно добывать во время отлива скребками. Однако следует заметить, что в настоящее время существуют технологии ее интенсивного и экстенсивного выращивания и природные заросли водорослей служат обычно как маточники. Массовые виды порфир являются эфемерами и вегетируют в теплую половину года. Нормы изъятия *Porphyra* и *Palmaria* в настоящее время указать трудно, поскольку темпы восстановления видов этих родов в прикамчатских водах еще не изучались. Представляется, что вполне допустимым может быть изъятие 50-70% их запасов.

Сублиторальные багряные водоросли родов *Ptilota*, *Neoptilota*, *Odontalia* и др. можно собирать как прилов при проведении промысла ламинариевых водолазным способом, а также из штормовых выбросов.

Литоральную бурую водоросль Фукус следует добывать во время отливов, подрезая растения целиком или только его отдельные ветви. При наступлении , прилива водоросли поднимаются водой и их собирают особыми приспособлениями на плаву или после того, как они будут выброшены на берег. Сроки добычи должны сопоставляться с созреванием гамет в рецептакулах, которое у фукусовых наступает в июле-августе.

Вопросы промысла ламинариевых водорослей в прикамчатских водах, как говорилось выше, в должной мере еще не прорабатывались. Использование существующего в этом направлении опыта их добычи в Белом, Охотском и Японском морях в полном объеме не приложимы к камчатскому району. Его специфика состоит в том, что встречающиеся здесь сообщества водорослей полидоминантны и быстрая смена одних сообществ другими осуществляется вдоль всего побережья. Спектр видов здесь шире, чем в любом из сравниваемых районов.

Промысел отдельных видов Ламинарий на юге полуострова в ограниченных количествах можно начинать уже с конца мая-середины июня, однако с целью сохранения запасов в этот период рациональнее ограничиться использованием штормовых выбросов. С начала июля промысел ламинариевых у Восточной Камчатки можно вести практически повсеместно. Его окончание определяется началом ледостава и изменением технологических показателей сырья. В сентябре-октябре вдоль всего

восточного побережья и особенно на севере формируются валы штормовых выбросов ламинариевых, которые в этот период следует максимально использовать для заготовки сырья. В зиму ламинариевые сообщества уходят после осеннего штормового прореживания, и в этот период их не следует подвергать промысловой нагрузке.

Нормы изъятия ламинариевых в каждом отдельном участке определяются периодом вегетации доминирующего вида растительного сообщества, подвергаемого промысловой нагрузке. Если основу ламинариевого келпа формируют трехлетний вид или виды, то этот участок следует эксплуатировать с периодичностью 1 раз в 3 года и для воспроизводства оставлять от 50 до 30% общих запасов. Если вид-доминант вегетирует 5 лет и более, то промысловый "участок" может эксплуатироваться 1 раз в 5 лет с изъятием до 70% общего запаса. При ежегодной эксплуатации одних и тех же участков общее изъятие ламинариевых водорослей, по-видимому, не может превышать 20%. Следует заметить, что промысел водорослей у берегов Камчатки фактически не велся, промысловая статистика еще не накоплена, наблюдения за послепромысловым восстановлением водорослей тоже не велись. До сих пор остаются мало или не изученными многие вопросы биологии развития ламинариевых, поэтому изложенные выше правила в достаточной мере условны.

## 5.2. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДОРΟΣЛЕВОГО СЫРЬЯ

Качество ламинариевого сырья для пищевого использования должно отвечать требованиям технических условий на морскую капусту-сырец (ТУ 15-01 360-78). Требования ТУ распространяются как на свежедобытые водоросли, так и на водоросли из штормовых выбросов, которые могут быть собраны на берегу и в прибойной полосе, где концентрируются оторванные от субстрата, но еще не выброшенные на берег растения.

Согласно этим требованиям слоевища Ламинарий должны быть целыми, допускаются лишь незначительные повреждения краев. Поверхность пластин должна быть чистой, без известковых отложений (мшанок, домиков полихет рода спирорбис) и по всей длине иметь естественную окраску от темно-оливкового до темно-коричневого цвета. Наличие светло-коричневой окраски допускается лишь по краям верхней части пластины, но не более, чем на 1/4 ее длины. Пластины должны быть упругими и иметь запах свежедобытой морской капусты, поверхность пластин без слизи и других загрязнений. Ризоиды должны быть ровно обрезаны в базальной части черешка. Содержание песка не более 0,2%.

Настоящие требования к ламинариевому сырью были разработаны на виды, произрастающие на юге Дальнего Востока и в Белом море. Для ламинариевых камчатской флоры они в полном объеме не приложимы, поскольку большинство из них сильно отличаются от видов из указанных выше районов своей морфологией, и прежде всего наличием глубоко рассеченных, зачастую сильно обтрепанных слоевищ. Уже одно это выносит камчатское сырье за рамки требований ТУ. Кроме того, ламинариевые, произрастающие на Камчатке, в период зрелости имеют более грубые и жесткие слоевища, у них свой спектр организмов-обратателей и т.д.

При разработке требований к камчатскому сырью необходимо учитывать еще одно важное обстоятельство. Сообщества ламинариевых этого района полимиксные (смешанные) с различной размерно-возрастной структурой популяций. Они состоят из видов, имеющих разные сроки вегетации. Поэтому морфологические характеристики и химический состав водорослей в каждом из районов будут варьировать в достаточно широких пределах, и сырье будет иметь разную технологическую ценность. Все эти

особенности должны быть учтены при разработке ТУ для камчатского сырья.

### 5.3. СУШКА ВОДОРΟΣЛЕЙ КАК ОСНОВНОЙ СПОСОБ ИХ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ

Свежие водоросли являются наилучшим сырьем при любом способе их переработки. Однако в силу физиологических и биохимических особенностей они быстро портятся. Вскоре после извлечения из воды на поверхности слоевища обильно выделяется густая слизь, которая под действием тканевых и микробиальных ферментов быстро мутнеет и разжижается. Одновременно происходит размягчение тканей сначала на поверхности слоевища, а затем и в его толще. В результате слоевище разрушается и превращается в ослизлую, аморфную, грязно-коричневого цвета массу с кислым запахом. Повышение температуры воздуха, толстый слой водорослей, попадание атмосферных осадков ускоряют процесс их порчи.

Если ламинариевые водоросли поместить в морскую воду сразу после добычи, их качество может сохраняться в течение 4-6 сут. При длительном хранении водорослей до переработки их необходимо консервировать. В настоящее время применяют четыре способа консервирования: посол, химическое консервирование, замораживание и высушивание.

Наиболее древним и самым распространенным способом консервирования водорослей является естественная сушка. В результате высушивания содержание воды в них снижается до 18-20%, т.е. до влажности, при которой водоросли длительное время могут храниться без снижения качества и бактериальной порчи. В результате сушки из 8-10 т свежей ламинарии получается около 1 т сухой товарной продукции. Для видов, произрастающих у берегов Камчатки, это соотношение с достаточной точностью еще не установлено для всех периодов зрелости водорослей.

При естественной сушке динамика процесса высыхания слоевищ зависит от погоды, способа раскладки растений, частоты их перекладки, толщины пластин и т.д. Слоевища, развешенные вертикально, всегда высыхают быстрее, чем разложенные горизонтально. В тени слоевища сохнут приблизительно в 1,5 раза медленнее, чем на солнце. В пасмурную погоду продолжительность сушки значительно увеличивается.

Высушенные водоросли, содержащие 18-20% воды, должны иметь темно-коричневую с оливковым или зеленым оттенком окраску, гладкую, без морщин и без белых налетов поверхность. Пластина должна быть упруго-жесткой, а в тонких местах хрупкой. Водоросли, содержащие 24-26% воды, нестойки в хранении. Буро-желтая окраска, морщинистая поверхность, сильная деформация пластины, загрязняющие поверхность налеты являются показателями неправильно проведенного высушивания.

Наиболее высококачественный продукт можно получить при искусственной сушке, которую нужно вести при температуре воздуха 50-60°C и интенсивной его циркуляции. При этих условиях для досушивания слоевищ после однодневной естественной сушки, содержащих 30-40% влаги, требуется 6-8 ч, а для полного высушивания сырых слоевищ - 14-16 ч. При более высокой температуре сушки слоевища темнеют и скручиваются, теряют способность к последующему набуханию, что говорит о снижении содержания в них альгинатов. Сразу после сушки содержание воды в различных частях сухой пластины неодинаково и для равномерного ее распределения водоросли должны вылежать несколько суток в плотно укрытом состоянии.

Приведенные данные были получены для видов, произрастающих в южных районах Дальнего Востока. Камчатский район сильно отличается от перечисленных погодными условиями и химико-технологическими свойствами видов местной флоры, поэтому как при естественной, так и при искусственной сушке динамика процесса высушивания

сырца может быть несколько иной.

Для массовых видов Ламинарий Камчатки нами изучались гистологические изменения, происходящие при процессах сушки. Как указывалось выше, в наружных, эпидермальном, коровом и подкоровом тканевых слоях, расположенных у поверхности их пластин, клетки имеют сравнительно небольшие размеры и достаточно плотно прилегают друг к другу. Они участвуют в синтезе органических соединений, минеральном обмене и выполняют функцию сохранения запасных веществ. В особых слизистых каналах, выстланных с внутренней поверхности слизеобразующими секреторными клетками и пронизывающих подкоровый слой параллельно поверхности пластины, образуется мукополисахаридная слизь.

Во внутреннем медулярном слое клетки, напротив, располагаются очень рыхло и все межклеточное пространство в сердцевине ламинариевых пластин заполнено слизью. Основной функцией клеток внутренней части пластины является проведение клеточных соков от одной части пластины к другой. Понятно, что при таком анатомическом строении и функциях обводнение сердцевинной части пластины несравненно выше, чем периферических, гораздо выше и способность медулы к влагоудержанию.

По мере роста и созревания растений наблюдаются значительные гистологические изменения в строении пластин. У растений с возрастом уплотняется кутикулярный слой, покрывающий эпидермальные клетки и создающий как бы поверхностную пленку, в определенной мере препятствующую обмену веществ между растением и внешней средой. Клетки эпидермиса с возрастом изменяются незначительно, но подкоровый слой, состоящий из мелкоклеточных антиклинальных нитей, значительно утолщается, составляющие его клетки уменьшаются в размерах. Их клеточные оболочки уплотняются. Содержимое клеток также сильно уплотняется и пигментируется. Существовавшие там ранее слизистые каналы сдавливаются или зарастают еще более мелкими клетками.

Слой внутренних подкоровых клеток с возрастом пластин также значительно утолщается, но, в отличие от клеток наружного подкорового слоя, размеры составляющих его клеток увеличиваются. Этот слой по всей его толщине пронизан периклинально расположенными слизистыми каналами. Часто сам внутренний подкоровый слой как бы подразделен на подслои разнородных по форме и размерам клеток.

Сердцевинный слой с возрастом имеет тенденцию к уплотнению за счет увеличения количества гифообразных ризоидоподобных нитей. Расположенные между ними ситовидные нити, осуществляющие активный транспорт ассимилятов, часто проникают во внутренний подкоровый слой и располагаются в сердцевине пери- и антиклинально. У Ламинарии Бонгарда по мере утолщения пластины соотношение толщиной подкорового и медулярного слоев изменяется. У молодых растений оно распределяется приблизительно так: 1/3 общей толщиной - корка и подкорка, 1/4 - сердцевина и 1/3 - корка и подкорка с другой стороны пластины. У растений, завершивших накопление биомассы, это соотношение составляет 1/6:2/3:1/6. С возрастом эти соотношения у растений достаточно сильно изменяются, что влияет на обводненность пластин и протекание процессов их высыхания.

Гистологические особенности Ламинарии, безусловно, влияют на скорость высыхания пластин. Процессы влагоотдачи, в зависимости от плотности и зрелости внутренних тканей Ламинарий, протекают неравномерно. Большое значение имеют как толщина всей пластины, так и толщина внутреннего слизесодержащего слоя. Уже указывалось, что с возрастом у Ламинарии увеличивается количественное содержание альгиновой кислоты и ее солей. Одновременно повышаются их молекулярная масса и,

следовательно, влагоудерживающие свойства. Именно поэтому у Ламинарии при созревании слоевищ их влагоудерживающие способности повышаются. Этому способствует также разрастание по мере развития пластины подкоровой ткани. Ее чрезмерное уплотнение при интенсивном высушивании растений чрезвычайно затрудняет проведение и транспирацию влаги из сердцевины.

При высушивании Ламинарии наблюдается, казалось бы, парадоксальная ситуация, при которой высыхание единицы массы молодых и более обводненных пластин происходит быстрее, чем у более зрелых пластин, имеющих меньшее процентное содержание влаги. Объяснить это можно только выше изложенными особенностями гистохимии водорослей.

Интенсивное просыхание уплотненных мелкоклеточных слоев внутренней и наружной подкормки приводит к сильной деформации, скручиванию, ломкости у подсыхающих пластин. Еще более сильное термическое воздействие на растения, как говорилось, вызывает спекание и карамелизацию углеводов, уменьшение содержания и даже разрушение альгинатов. На гистологическом уровне происходит сильное слипание клеточных стенок, что делает невозможным нормальное протекание процессов перераспределения остаточной влаги, предусматриваемых современными технологиями после полного высушивания сырца до требуемой влажности, а также процесс обратного впитывания влаги.

В то же время медленное протекание процессов влагоотдачи не останавливает деятельность клеточных ферментов и поверхностной микрофлоры. В результате одновременно с просыханием пластин идут процессы лизиса клеток, мацерации и разжижения тканей, которые сопровождаются потерей качества сырья: снижением содержания маннита, альгината и других полезных соединений. Поэтому основной целью разработок технологии сушки Ламинарии является подбор термических условий, обеспечивающих быстрое высыхание растений без потери качества сырья.

#### 5.4. ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШТОРМОВЫХ ВЫБРОСОВ

В результате естественного отмирания водорослей и штормовых повреждений сообществ ламинариевых в прибрежную зону ежегодно выбрасывается огромное количество водорослей. Для побережья Камчатки его оценка еще не делалась. В Белом море биомасса штормовых выбросов составляет 1,5 млн. т. У Восточной Камчатки условия образования валов из штормовых выбросов вдоль побережья различны.

На юго-востоке полуострова, где большая часть берега представлена узкими пляжами и обрывистыми берегами, в особенности в Кроноцком и Авачинском заливах, выброшенные водоросли лежат на берегу достаточно короткое время -обычно до следующего прилива или шторма. В Камчатском и Озерновском заливах, напротив, прибрежные пляжи в местах развития водорослевого пояса отлогие и широкие. Здесь ламинариевые, выброшенные на берег, образуют мощные валы, в которых биомасса достигает 3-8 т на 10м берега. В осеннее время после штормовой погоды такие валы тянутся на десятки километров вдоль берега. Растения, формирующие валы, обычно перекручены в тугие жгуты, пересыпаны песком, часто они сильно потрепаны, поэтому сбор водорослей из выбросов требует сноровки и специальных приспособлений.

Ценность водорослевого сырья, собранного из выбросов, зависит от времени их экспозиции на воздухе, погодных условий, наличия механических примесей в виде песка, ракушек и т. д. Слоевища, собранные и сложенные в рыхлые кучи, могут храниться в зависимости от температуры 2-3 сут. Далее на их поверхности выделяется вязкая слизь, содержащая органические вещества и водорастворимые соли. Слизь обладает клеящей способностью, хорошо удерживает песчинки, детрит, соседние

пластины. Она, кроме того, является прекрасной средой для развития эвригалинных микроорганизмов и грибков, которые, в свою очередь, начинают активно потреблять в качестве питательного субстрата водорослевые сахара, полисахариды, маннит, альгиновую кислоту, поэтому их содержание в долго хранящихся водорослях сильно падает. Процессы потребления микроорганизмами органики экзотермичны, поэтому внутри кучи сильно повышается температура, что еще больше ускоряет процессы порчи сырца.

Качество водорослей в выбросах резко снижают также атмосферные осадки. Они способствуют вымыванию из растений водорастворимой органики и минеральных веществ, среди которых особую ценность представляет йод. Неблагоприятны для сохранения водорослей в выбросах не только дожди, но и мелкий бусс, туманы. При сильном снижении температуры и относительной сухости воздуха активность метаболизма у микроорганизмов сильно понижается, в связи с чем сроки хранения водорослей без резкого ухудшения качества могут увеличиваться.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

История использования морских растительных ресурсов океана изобилует примерами варварского истощительного промысла, ведущего к оскудению запасов ценнейших видов. Сокращение запасов водорослей наблюдается во многих регионах, в том числе и в нашей стране. Так, на Дальнем Востоке в настоящее время наблюдается повсеместное сокращение запасов анфельции в Приморье и у южного Сахалина, на грани уничтожения находится некогда обширное глубоководное промысловое поле Ламинарии в северном Приморье. Сокращаются запасы ламинариевых у юго-западного Сахалина и Малых Курильских островов. В странах же, где веками и десятилетиями складывалась культура водорослевого промысла и производства, хорошо налажена система слежения за состоянием макрофитобентоса и его охрана. Там изучению макрофитов уделяется большое внимание, разработаны и внедрены научно обоснованные рекомендации по их использованию.

Экономика и практическая жизнь нашей страны требуют всё больше морского растительного сырья и продуктов его переработки. Среди морских биологических ресурсов Камчатки водоросли занимают особое положение по запасам и скорости воспроизводства. Однако на камчатском шельфе, составляющем не менее 1/6 дальневосточного побережья России, они не вовлечены в промысел. Такое положение нельзя считать нормальным.

Оценивая состояние изученности водорослей камчатско-берингоморского шельфа, отметим, что большая часть проводившихся здесь исследований имела четко выраженную флористическую направленность. Промысловые альгологические съемки были проведены не для всех участков камчатского и берингоморского побережий. Поэтому имеющиеся данные не дают исчерпывающих представлений о запасах водорослей, их сезонной и многолетней динамике, скорости и направленности сукцессионных процессов и т.д.

Полученные нами данные по биологии развития массовых видов камчатских ламинариевых, касающиеся сроков вегетации, морфогенеза, формообразования, фенологии и др., а также некоторые данные по химическому составу и его сезонной динамике являются новыми для науки. Они чрезвычайно важны как с научной, так и с практической точки зрения и, вместе с тем, еще недостаточны для решения ряда практических задач. Для рационального использования ресурсов камчатских ламинариевых водорослей необходимо углубить исследования по биологии их развития и продолжить на современном методическом уровне изучение

распространения, распределения и запасов. Необходимы также расширение химико-технологических исследований и разработка ТУ или другой нормативно-технической документации на местное водорослевое сырье и продукты его переработки. Решение всех перечисленных вопросов следует считать первоочередной задачей научно-практических альгологических и альгохимических исследований. В противном случае зарождающееся на Камчатке водорослевое производство будет обречено на экстенсивное развитие, а запасы водорослей на истощительное, нерациональное использование.

Настоящая работа, обобщившая существовавшую и полученную к настоящему моменту альгологическую и химико-технологическую информацию, призвана способствовать усилению внимания к камчатским морским водорослям и углублению знаний по их промыслу, обработке и использованию.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Абрамченко В.В., Горгиджанян Р.С., Новиков В.И.* Ламинария в акушерско-гинекологической практике. Обзор // Акушерство и гинекология. 1989. № 10. С. 12-14.
- Алфимов Н.Н., Петров Ю.Е.* О биологических и биохимических особенностях некоторых ламинариевых водорослей Командорских островов// Ботан. журн. 1972. Т. 57, № 6. С. 697-700.
- Аминина Н.М., Подкорытова А.В.* О методах определения альгиновой кислоты в бурых водорослях и альгинатах // Тез. докл. Всесоюз. семинара. Владивосток, 1987. С. 51-52.
- Анспек П.И.* Микроудобрения. М.: Агропромиздат. 1990. 271 с.
- Аппарат для сбора и срезания водорослей: Пат. 107787. Норвегия: НКИ 45с-4508/ A/S Protan.
- Бабиц И.П.* Исследование студнеобразных систем с некоторыми полисахаридами красных водорослей //Тр. ВНИРО. 1977. Т. 124. С. 85-89.
- Барашков Г.К.* Сравнительная биохимия водорослей. М.: Пищ. пром-сть, 1972. 336 с.
- Баренбойм Г.М., Маленков А.Г.* Биологически активные вещества. Новые принципы поиска. М.: Наука, 1986. 356с.
- Березовская В.А.* Гидрохимический режим Авачинской губы: Автореф. дис.... канд. геогр. наук. Ростов-н/Д, 1992. 24с.
- Березовская В.А., Клочкова Н.Г., Ляндзберг Р.А.* Морские растительные ресурсы Камчатки и их использование// Тез. докл. Рос.-Яп. симпоз. Петропавловск-Камчатский, 1995. С. 22-23.
- Биохимическая трофодинамика в морских прибрежных экосистемах. Киев: Наук. думка, 1964. 174с.
- Блинова Е.И.* Морские водоросли северо-восточной части Охотского моря // Новости сист. низш. раст. 1968. С. 33-38.
- Блинова Е.И.* Основные водоросли северо-восточной части Охотского моря (распределение, экология, фитомасса) // Растит. ресурсы. 1971. Т. 7, № 2. С. 252-259.
- Блинова Е.И.* Состояние и перспективы использования растительных ресурсов морей СССР// Всесоюз. совещ. по морской альгологии-макрофитобентосу: Тез. докл. М.: Наука, 1974. С. 4-6.
- Блинова Е.И.* Ресурсы морских водорослей и трав в океане// Биол. ресурсы Мирового океана. М.: Наука, 1979. С. 179-192.
- Блинова Е.И., Возжинская В.Б.* Водорослевая флора и растительность залива Шелихова (Охотское море) // Тр. ВНИРО. 1974. Т. 49. С. 143-153.
- Блинова Е.И., Гусарова И.С.* Морские водоросли, новые для побережья Восточной Камчатки // Новости сист. низш. раст. 1970. Т. 7. С. 68-71.
- Блинова Е.И., Гусарова И.С.* Водоросли сублиторали юго-восточного побережья Камчатки// Изв. ТИНРО. 1971. Т. 76. С. 139-155.
- Виноградова К.Л.* Видовой состав водорослей на литорали и в сублиторали северозападной части Берингова моря // Новости сист. низш. раст. 1973. Т. 10. С. 22-28.
- Виноградова К.Л.* Ульвовые водоросли (*Chlorophyta*) морей СССР. Л.: Наука, 1974. 112 с.
- Виноградова К.Л.* Водоросли юго-западного побережья Берингова моря // Новости сист. низш. раст. 1978. Т. 15. С. 3-11.
- Виноградова К.Л.* Определитель водорослей дальневосточных морей СССР. Зеленые водоросли. Л.: Наука, 1979. 145с.
- Виноградова К. П.* К истории формирования морской флоры *Chlorophyta* II Комаровские чтения. Л.: Наука, 1984. Вып. 34. 65 с.
- Виноградова К.Л., Клочкова Н.Г., Перестенко Л.П.* Список водорослей литорали

- восточной Камчатки и западной части Берингова моря// Литораль Берингова моря и юго-восточной Камчатки. М.: Наука, 1978. С. 150-155.
- Виноградова К.Л., Перестенко Л.П. Основные закономерности распределения западной части Берингова моря// Закономерности распределения и экология прибрежных биоценозов: Тез. докл. Сов.-Амер. симпоз. по программе биол. продуктивности и биохимии Мирового океана. Л. Наука, 1978. С. 72-75. Водоросли. Киев: Наук. думка, 1989. 142 с.
- Возжинская В.Б. Морские водоросли западного побережья Камчатки// Новости сист. низш. раст. 1965. С. 73-77.
- Возжинская В.Б. К экологии и распространению *Laminaria gurjanovae* A. Zin // Ботан. журн. 1966. Т. 101. С. 1652-1653.
- Возжинская В.Б. Донные макрофиты Белого моря. М.: Наука, 1986. 189 с.
- Возжинская В.Б., Блинова Е.И. Материалы по распределению и составу водорослей Камчатки (Охотское море) //Тр. ин-та океанологии АН СССР. 1970. Т. 88. С. 298-307.
- Возжинская В.Б., Цапко А.С., Блинова Е.И., Калугина А.А., Петров Ю.Е. Промысловые водоросли СССР. Справочник. М.: Пищ. пром-сть, 1971. 270 с.
- Воронихин Н.Н. Морские водоросли Камчатки // Тр. Камчат. экспедиции. Ф.П. Рябушинского. Бот. отд. Вып. 2. 1914. С. 475-524.
- Вриц Э.А., Шмелькова Л.П., Ефремова А.В. Качественная характеристика бурых водорослей побережья Шантарских островов и восточной Камчатки// Проблемы производства продукции из красных и бурых водорослей: Тез. докл. всесоюз. семинара. Владивосток, 3-4 сент. 1987. Владивосток: ТИНРО, 1987. С. 42-43.
- Гайл Г.И. Ламинариевые водоросли дальневосточных морей // Вестн. ДВФ АН СССР. 1936. № 19. С. 31-65.
- Гайл. Г.И. Промысловые водоросли Сахалина и Курильской гряды. Владивосток: ТИНРО, 1949. 66с.
- Гидрология Тихого океана // Тихий океан. Т. 2. М.: Наука, 1968. 524 с.
- Гурьянова Е.Ф. Командорские острова и их морская прибрежная фауна и флора // Природа. 1935. № 11.
- Гусарова И.О. (Субботина) Промысловые водоросли Кроноцкого залива и охотоморского побережья острова Парамушир// Аннотации научных работ, выполненных ТИНРО в 1966 г. Владивосток, 1969. С. 25-26.
- Гусарова И.С. Перспективная промысловая водоросль *Alaria fistulosa* в морях Дальнего Востока СССР // 6 Сов.-Яп. Симпоз. по вопросам аквакультуры и повышения биопродуктивности Мирового океана. Москва-Батуми: Наук. думка, 1977. С. 43-44.
- Гусарова И.С., Петров Ю.Е. Новый род и вид ламинариевых водорослей с Курильских островов // Новости сист. низш. раст. Л.:Наука, 1970. Т. 7. С. 87-90.
- Гусарова И.О., Петров. Ю.Е. Новый род и вид ламинариевых водорослей с острова Симушир (Курильские острова)// Новости сист. низш. раст. Л.:Наука, 1972. Т. 9.С. 39-44.
- Гусарова И.С., Семкин Б.И. Сравнительный анализ флор макрофитов некоторых районов северной части Тихого океана с использованием теоретико-графовых методов // Ботан. журн. 1986. Т. 71, № 6. С. 781-789.
- Добыча водорослей *Laminaria hyperborea* // La peche maritime. 1985, № 1287. 351 p.
- Досон Р., Уильяме Д. Справочник биохимика. М.: Мир, 1991. 544с.
- Елизаров М.Н., Гаркави А.В., Комиссарова А.А. Лечение гнойно-некротических пролежней у спинальных больных с применением альгинатных покрытий "Теральгим" и "Альгемар"//Сов. медицина. 1991. № 3. С. 25-28.
- Зайцев В.П., Ажгихин И.С., Гандель В.Г. Комплексное использование морских организмов. М.: Пищ. пром-сть, 1980. 286с.
- Зинова А. Д. Определитель бурых водорослей северных морей СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1953. 224с.

- Зинова Е.С.* Морские водоросли юго-восточной Камчатки // Тр. Ботан. ин-та АН СССР. Сер. II. 1954. Вып. 9. С. 365-400.
- Зинова А. Д.* Определитель красных водорослей северных морей СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1955. 220с.
- Зинова А.Д.* Новый вид *Laminaria* у берегов Сахалина // Новости сист. низш. раст. 1964. С. 125-126.
- Зинова А. Д.* Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР. М.; Л.: Наука, 1967. 398с.
- Зинова А.Д.* Дополнение к статье о новом виде ламинарии с острова Сахалин // Новости сист. низш. раст. 1969. Т. 6. С. 65-68.
- Зинова А.Д., Возжинская В.Б., Гусарова И.О.* Фитогеографический состав и характеристика донной альгофлоры Охотского моря // Донная флора и продукция краевых морей СССР. М.: Наука, 1980. С. 4-29.
- Зинова Е. С.* Водоросли Мурмана. Часть I. Введение. Зеленые и красные водоросли // Тр. СПб. о-ва естеств. 1912. Т. 43, вып. 3.
- Зинова Е. С.* Водоросли Мурмана. Часть II. Бурые водоросли // Тр. СПб. о-ва естеств. Сер. 3. 1914. Т. 44-45.
- Зинова Е. С.* Водоросли Японского моря. Зеленые // Изв. Тихоокеан. науч.- пром. станции. 1928. Т. 2. С. 1-51.
- Зинова Е. С.* Водоросли Японского моря. Бурые // Изв. Тихоокеан. науч.- пром. станции. 1929. Т. 3. С. 1-63.
- Зинова Е.С.* Водоросли Камчатки// Исслед. морей СССР. 1933. Вып. 17. С. 7-42.
- Зинова Е.С.* Морские водоросли Командорских островов // Тр. Тихоокеан. комитета. 1940. Т. 5. С. 165-243.
- Зинова Е.С.* Высшие водоросли Чукотского моря и Берингова пролива. Крайний северо-восток СССР. Т. 2. Фауна и флора Чукотского моря. 1952. С. 83-97.
- Зорина Л.Г., Саенко Г.Н., Карякин А.В., Каплин Ю.М.* Металлы в некоторых видах бурых водорослей Авачинского залива // Океанология. 1993. Т 33, № 6. С. 878-881
- Иванюшина Е.А., Ошурков В.В., Ржавский А.В., Стрелков В.И.* Сообщества мелководных зон шельфа Восточной Камчатки // Современное состояние, перспективы изучения, охраны и хозяйственного использования популяции калана Камчатской области. Петропавловск-Камчатский: Ко ТИНРО, 1987. С. 31-33.
- Иванюшина Е.А., Ржавский А.В., Селиванова О.Н., Ошурков В.В.* Структура и распределение сообществ бентоса мелководий Командорских островов // Природные ресурсы Командорских островов (запасы, состояние, вопросы охраны и использования). М.: Изд-во МГУ, 1991. С. 155-170.
- Израэль Ю.А., Цыбань А.В.* Антропогенная экология океана. Л. Гидрометеиздат, 1989. 527с.
- Использование отходов от переработки гидробионтов // Э.И. Обработка рыбы и морепродуктов. М.: ЦНИИТЭИРХ, 1985. Вып. 8.
- Кабата-Пендиас А., Пендиас Х.* Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 440 с.
- Кардакова-Прежженцева Е.А.* Водорослевая растительность Командорских островов // Изв. ТИНРО. 1938. Т. 14. С. 77-108.
- Каталымов М.В.* Микроэлементы и микроудобрения. М.; Л.: Химия, 1965. 330 с.
- Кизеветтер И.В.* Промысел и обработка морских растений в Приморье. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1966. 100 с.
- Кизеветтер И.В.* Биохимия сырья водного происхождения. М.: Пищ. пром-сть, 1973. 424с.
- Кизеветтер И.В., Грюнер В.С., Евтушенко В.А.* Переработка морских водорослей и других промысловых водных растений. М.: Пищ. пром-сть, 1967. 416 с.
- Кизеветтер И.В., Суховеева М.С., Шмелькова А.Л.* Промысловые морские водоросли и

- травы дальневосточных морей. М.: Лег. и пищ. пром-сть. 1981. 110 с.
- Клочкова Н.Г. Видовой состав водорослей литорали и сублиторали Камчатского залива // Новости сист. низш. раст. 1976. Т. 13. С. 20-24.
- Клочкова Н.Г. Дополнение к флоре Кроноцкого и Авачинского заливов юго-восточной Камчатки // Биол. моря. 1977. № 5. С. 24-32.
- Клочкова Н.Г. Морские водоросли-макрофиты // Редкие растения Камчатской области и их охрана. Петропавловск-Камчатский: Дальневост. кн. изд-во, 1993. С. 152-199.
- Клочкова Н.Г. Аннотированная библиография по морским водорослям-макрофитам Татарского пролива (Японское море). (Первая ревизия флоры). Владивосток: Дальнаука, 1994. 108 с.
- Клочкова Н.Г., Суховеева М.В. Некоторые итоги изучения флоры водорослей-макрофитов Камчатского залива // Тез. докл. научно-практ. конф. Биологические ресурсы Камчатского шельфа и их рациональное использование и охрана. Петропавловск-Камчатский: КоТИНРО, 1987. С. 74-76.
- Конгисер Р.А. Гидробиологические работы в Беринговом море у северо-восточного побережья Камчатки (предварительное сообщение) // Исследования дальневосточных морей СССР. 1933. Вып. 2. С. 115-124.
- Кондратюк В.И. Климат Камчатки. М.: Гидрометеиздат. 1974. 202с.
- Коренников С.П. Промысловые водоросли сублиторали Двинского, Онежского и Кандашского заливов Белого моря (вопросы биологии, распределение и запасы): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л., 1992. 20 с.
- Корякова М.Д., Саенко Г.Н. Макроэлементы в макрофитах Японского моря // Океанология. Т 21, вып. 2. С. 273-278.
- Кусакин О.Г., Иванова М.Б. Берингоморская литораль Чукотки // Литораль Берингова моря и юго-восточной Камчатки. М.: Наука, 1978. С. 10-40.
- Левин В.С., Коробков В.А. и др. Технология разработки и воспроизводства морских биологических ресурсов // Подводная технология. Л.: Судостроение, 1981. С.159-196.
- Левин В.С. Промысловая биология морских донных беспозвоночных и водорослей. СПб., 1994. 240с.
- Лечебные свойства продуктов из рыбы, беспозвоночных и водорослей // Э.И. Обработка рыбы и морепродуктов. М.: ЦНИИТЭИРХ, 1984. Вып. 12. С. 1-6.
- Лисов С.А., Арзамасцев А.Л. Количественное определение йода в морских водорослях // Растит. ресурсы. 1985. № 21. С. 500-503.
- Макаров В.Н. Поведение зооспор и ранние стадии развития *Laminaria saccharina* (L) Lamour. Белого и Баренцева морей: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л., 1987. 20 с.
- Макаров В.Н., Шошина Е.В. Динамика и стратегия сезонного роста *Laminaria saccharina* в Баренцевом море // Биол. моря. 1996. Т. 22, № 4. С.238-248.
- Макиенко В.Ф. Обзор истории изучения *Ahnfelfia plicata* (Huds.) Fries. Виды анфельции у дальневосточных берегов СССР // Биология анфельции. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1980. С. 5-14.
- Материалы Всесоюзной научной конф. "Человек - Океан". Махачкала, 1990. Ч. 2. С. 61-62.
- Машина для срезания водорослей: Пат. 110869. Норвегия: МКИ AOld 45/08/ Gudmund Nedrebo. Заявл. 22.06.63.
- Ошурков В.В., Бажин А.Г., Буяновский А.И., Иванюшина Е.А., Стрелков В.И., Ржавский А.В. Видовой состав и распределение сообществ бентоса в Авачинской губе // Гидробиологические исследования в Авачинской губе. Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. С. 4-14.
- Перестенко Л.П. Род *Odonthalia* в морях Дальнего Востока // Новости сист. низш. раст. 1977. Т. 14. С. 33-41.
- Перестенко Л. П. Водоросли залива Петра Великого. Л.: Наука. 1980. 232 с.
- Перестенко Л.П. Виды рода *Porphyra* Ag. в дальневосточных морях СССР. I // Новости

- сист. низш. раст. 1982. Т. 19. С. 16-29
- Перестенко Л.П.* Виды рода *Porphyra Ad.* в дальневосточных морях СССР. II // Новости сист. низш. раст. 1983. Т. 20. С. 35-45.
- Перестенко Л.П.* Дополнение к флоре красных водорослей Берингова моря // Новости сист. низш. раст. 1988. Т. 25. С. 54-57.
- Перестенко Л.П.* Красные водоросли дальневосточных морей России. СПб.: Ольга, 1994. 331 с.
- Петров И.А.* Беломорские водоросли и их использование на корм скоту // Тр. с.-х. станции Карел. НИИ. 1934. Т. 1, вып. 1. С. 18-24.
- Петров Ю.Е.* Систематика некоторых дальневосточных видов рода *Laminaria Lamour* II // Новости сист. низш. раст. 1972. Т. 9. С. 47-58.
- Петров Ю.Е.* Ламинариевые и фукусовые водоросли в морях СССР // Растит, ресурсы. 1973а. Т. 9, вып. 1. С. 123-127.
- Петров Ю.Е.* Род *Alaria Grev.* в морях СССР // Новости сист. низш. раст. 1973б. Т. 10. С. 49-59.
- Петров Ю. Е.* Обзорный ключ порядков *Laminariales* и *Fucales* морей СССР // Новости . сист. низш. раст. 1974. Т. 11. С. 153-169.
- Петров Ю.Е.* Ламинариевые и фукусовые водоросли морей СССР: Автореф. дис.... д-ра биол. наук. Л., 1975. 53 с.
- Петров Ю.Е.* Отдел Бурые водоросли (Phaeophyta) // Жизнь растений: В 6 т. Т. 3. Водоросли, лишайники. М.: Просвещение, 1977. С. 143-191.
- Петров Ю.Е., Возжинская В. Б.* Новые виды рода *Laminaria* из Охотского моря // Новости сист. низш. раст. 1970. Т. 7. С. 81-87.
- Петров Ю.Е., Суховеева М. В.* *Laminaria multiplicata sp. nov.* из Охотского моря // Новости сист. низш. раст. 1976. Т. 13. С. 51-53.
- Погодин П.Л.* Пути дальнейшей механизации добычи и заготовки водорослей // Труды Всесоюз. совещ. работников водорослевой пром-сти СССР. Т. 1. 1962.
- Подкорытова А.В.* Зависимость эффективности экстрагирования альгината натрия из ламинарии японской от условий обработки // Рыбное хоз-во. М., 1987а. № 8. С. 64-67.
- Подкорытова А.В.* Мономерный состав альгиновых кислот бурой водоросли // Тез. докл. Всесоюз. семинара. Владивосток: ТИНРО, 1987б. С. 49-51.
- Постельс А., Рупрехт Ф.И.* Изображения и описания морских растений, собранных в северном Тихом океане у берегов российских владений в Азии и Америке. СПб., 1840. 22с.
- Ринькис Г.Я., Ноллендорф В.Ф.* Сбалансированное питание растений макро- и микроэлементами. Рига: Зинатне, 1982. 304с.
- Розкин М.А., Левина М.Н., Ефимов В.С. и др.* Антикоагулянтная и стимулирующая липолиз активность полисахаридов из бурых морских водорослей // Фармакология и токсикология. 1991. Т. 54, № 5. С. 40-42.
- Савич В.П.* Альгологический обзор Авачинской губы в мае 1909 г. // Тр. Камчатской экспедиции Ф.Б. Рябушинского. Бот. отд. 1914. Вып. 2. С. 451-472.
- Саенко Г.Н.* Металлы и галогены в морских организмах. М.: Наука, 1993. 280 с.
- Саут Р., Уиттикс А.* Основы альгологии. М.: Мир, 1990. 595 с.
- Сафронова Т.М.* Сырье и материалы рыбной промышленности. М.:Агропромиздат, 1991. 190с.
- Сивченко О.В.* Влияние альгината кальция на токсические эффекты уксуснокислого свинца // Здоровье и болезни человека на Дальнем Востоке: Тез. докл. науч.-практ. конф. Владивосток, 1993. С. 22.
- Спасский Н.Н.* Литораль юго-восточного побережья Камчатки // Исслед. дальневост. морей СССР. 1961, вып. 7. С. 261-311.
- Субботина И.С.* Промысловые водоросли Кроноцкого залива и охотоморского побережья

- острова Парамушир // Аннотации научных работ, выполненных в ТИНРО в 1966 г. Владивосток: ТИНРО, 1969. С. 25-26.
- Суховеева М.В.* Ламинариевые Камчатского залива и перспективы их использования // Биологические ресурсы Камчатского шельфа и их рациональное использование и охрана: Тез. докл. науч-практ. конф. Петропавловск-Камчатский: КоТИНРО, 1987а. С. 124-126.
- Суховеева М.В.* Ламинариевые Камчатского залива и перспективы их использования // Проблемы производства продукции из красных и бурых водорослей: Тез. докл. Всесоюз. семинара. Владивосток: ТИНРО, 1987б. С. 38-39.
- Суховеева М.В., Ключкова Н.Г.* Дополнение к флоре водорослей-макрофитов Восточной Камчатки // Новости сист. низш. раст. 1990. Т. 27. С. 40-48.
- Суховеева М.В., Сарочан В.Ф.* Водоросли-макрофиты // Биол. ресурсы Тихого океана. М.: Наука, 1986. С.76-86.
- Суховеева М.В., Шмелькова Л.П.* Новые виды сырья и перспективы их использования водорослевой промышленностью // Промысловые водоросли и их выращивание. М.: ВНИРО, 1981. С. 39-44.
- Тараканова Т.Ф.* Количественное распределение макробентоса на литорали острова Беринга // Литораль Берингова моря и юго-восточной Камчатки. М.: Наука, 1978. С. 63-77.
- Толстикова Н.Е.* Макрофитобентос сублиторали Берингова моря в районе бухты Провидения //Тр. ВНИРО. 1971. Т. 87. С. 60-77.
- Толстикова Н.Е.* Распределение водорослей и характеристика состояния запасов промысловых водорослей в Анадырском заливе: Науч. отчет. М.: ВНИРО, 1973. 92 с.
- Толстикова Н.Е.* Новые данные по экологии сублиторальных макрофитов в Анадырском заливе Берингова моря // Новости сист. низш. раст. 1974. Т. 11. С. 147-152.
- Уитон Ф.У., Лосон Т.Е.* Производство продуктов питания из океанических ресурсов. М.:Агропромиздат, 1989. С.345-356.
- Умудова Л.Л.* Сырьевая база и использование анфельдии дальневосточных морей // Проблема производства продукции из красных и бурых водорослей: Тез. докл. Всесоюз. семинара. Владивосток, 1987. С. 15-16.
- Усов А.И., Добкина И.Н.* Полисахариды водорослей // Биоорг. химия. 1991. Т. 17, № 8. С. 1051-1058.
- Усов А.И., Ключкова Н.Г.* Бурые водоросли Камчатки как источник маннита // Биоорганич. химия. 1994. Т. 20, № 11. С. 1236-1241.
- Усов А.И., Козлов Е.Г.* Полисахариды водорослей // Биоорганич. химия. 1989. Т. 15, № 2. С. 207-215.
- Усов А.И., Чижов А.О.* Полисахариды водорослей // Биоорганич. химия. 1975. Т. 1, № 7. С. 912-918.
- Химический энциклопедический словарь. М: Сов. энциклопедия, 1983. 792 с.
- Хотимченко С.В., Свешиашев В.И., Васьковский В.Е.* и др. Возможные причины расхождения сведений о содержании арахидоновой и эйкозопетоеновой кислоты у красных водорослей // Биол. моря. 1989. № 5. С. 68-70.
- Христофорова Н.К.* Биоиндикация и мониторинг загрязнения морских вод тяжелыми металлами. Л.: Наука, 1989. 192с.
- Цапко А.С.* Механизация добычи и первичная обработка морских водорослей. М.: Пищ. пром-сть, 1968.
- Чэпмен В.* Морские водоросли и их использование. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1953. 248 с.
- Шпаков Г.Т.* Новое устройство для добычи ламинарии // Рыб. хоз-во. 1981. № 2. С. 66-69.
- Шмелева В.Л.* Изменчивость морфо-биологических характеристик ламинарии в зависимости от факторов окружающей среды. Препр. Апатиты: Изд. КНЦ, 29 с.
- Щапова Т.Ф.* Географическое распространение представителей порядка *Laminariales* в северной части Тихого океана //Тр. Ин-та океанол. АН СССР. 1948. Т.2. С.89-138.

- Abbott I.A., Hollenberg G.J.* Marine algae of California. Stanford. 1976. 827 p.
- Arwidsson T.* The higher marine algae hitherto known from Kamchatka // *Rev. Alg.* 1932. Vol. 6. P. 147-158.
- Chapman V.J., Chapman D.J.* Seaweeds and Their Uses. London. 1980. 238 p.
- Kain L.M.* A view of the genus *Laminaria* II *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* Vol. 7, № 17. P. 101-161.
- Kjellman F.R.* Om Beringhafvets algflora // *Kongl. Sv. Vet. Acad. Handl.* Stockholm. 1889. Vol.23, № 8. P. 1-58.
- Levring T., Hoppe H.A., Schmid O.* Marine Algae. Cram, de Gruyter and Co., Hamburg, 1969.
- Lindstrom S.C.* An annotated bibliography of the benthic marine algae of Alaska // Alaska department of Fish and Game. 1977. 172 p.
- Luning K.* Growth strategies of three *Laminaria species (Phaeophyceae)* inhabiting different depth zones in subtidal region of Helgoland (North Sea) // *Mar. Ecol. Progr. Ser.* Vol. 1, №3. P. 195-207.
- Luning K.* Seaweeds. Their environment, biogeography and ecophysiology. N. Y.: Wiley and Sons, 1990. 527 p.
- Mathur Daigle S.P., Levensque J. Y. et al.* The feasibility of preparing high quality composts from fish scrap and peat with seaweeds or crab scrap // *ASFA.* 1987. P. 1. Vol. 17, № 2. P. 221.
- Miller K.A., Ester J.* Western range extension for *Nereocystis luetkeana* in the north Pacific Ocean // *Bot. mar.* 1989. Vol. 32. P. 535- 538.
- Nagai M.* Marine algae of the Kurile islands. I // *J. Fac. Agr. Hokkaido Imp. Univ.* 1940. Vol. 46, . P11.P. 1-137.
- Nagai M.* Marine algae of the Kurile islands. II // *J. Fac. Agr. Hokkaido Imp. Univ.* 1941. Vol-46, Pt 2. P. 139-282.
- Okamura K.* Algae from Kamtschatka // *Rec. of Ocean. Wks. Jap.* 1928. Vol. 1, № 1. P. 52-55.
- Setchell W.A., Gardner N.L.* Algae of Northwestern America // *Univ. Calif. Publ. Bot.* 1903. Vol. 1. P. 165-418.
- Setchell W.A., Gardner N.L.* The marine algae of the Pacific coast of North America // *Univ. Calif. Publ. Bot.* 1925. Vol. 8. P. 383-898.
- Tokida J.* The marine algae of Southern Saghalien // *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 1954. Vol. 2, № 1. 264 p.
- Tseng C.K.* Common seaweeds of China. Beijing, China: Science press. 1983. 316 p.
- Usov A.I., Klochkova N.G.* Polysaccharides of Algae. 45 Polysaccharide Composition of Red Seaweeds from Kamchatka Coastal Waters (North-western Pacific). Studies by Reductive Hydrolysis of Biomass // *Bot. mar.* 1992. Vol. 35. № 5. P. 371-378.
- Ye D.E., Yamamoto K., Tyson J.E.* Functional and biochemical aspects of *Laminaria* use in first-trimester pregnancy termination // *Amer. J. Obstet. Gynec.* 1982. Vol.142, T. 1. P. 36-39.
- Yendo K.* 1919. A monograph of the genus *Alaria* // *J. Coll. Sci. Imp. Univ.* 1919. Vol. 43, № 1. P. 1-145.

## СЛОВАРЬ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ТЕРМИНОВ

- Автотрофы** - организмы, синтезирующие из неорганических веществ все необходимые для жизни органические вещества, используя энергию фотосинтеза.
- Антеридий** - мужской орган полового размножения.
- Антиклинальные нити, выросты** - ориентированные перпендикулярно направлению роста слоевища.
- Антропогенное воздействие** - воздействие на окружающую среду, возникающее в результате деятельности человека.
- Апвеллинг** - подъем глубинных вод водоема к поверхности.
- Апикальный рост** - верхушечный рост слоевища, осуществляемый клеткой или клетками апикальной меристемы.

**Ареал** - район, в пределах которого распространен данный таксон.

**Аэрирование** - насыщение водной среды воздухом.

**Базальный рост** - рост слоевища, осуществляемый меристематическими клетками, расположенными в основании слоевища (пластины у ламинариевых).

**Базифит** - организм, выполняющий роль субстрата для эпифита. **Бентос** - совокупность организмов, населяющих дно водоема.

**Биогенные элементы** - химические элементы, постоянно входящие в состав организмов и необходимые им для жизнедеятельности; важнейшими из них являются кислород, водород, углерод, азот, фосфор и др.

**Биологически активные соединения (БАВ)** - химические соединения, оказывающее активное воздействие на скорость и направление биохимических процессов.

**Биомасса** - суммарная масса особей вида или сообщества организмов на единице площади или объема любого местообитания, выражается в единицах массы, отнесенных к единицам площади.

**Биотехнология** - использование живых организмов или биологических процессов в производстве.

**Бонитет** - показатель продуктивности растительного сообщества, выраженный в баллах. Зависит от видового состава сообщества, условий обитания.

**Бонитировка** - сравнительная оценка водорослевого пояса по баллам (обычно используется пятибалльная система).

**Бореальный** - фитогеографическая характеристика, означающая распространение в умеренной зоне Мирового океана. **Высокобореальный** и **низкобореальный** - распространенный соответственно в холодоумеренных и теплоумеренных водах.

**Були** - выпуклости или вогнутости, вздутия или морщины на поверхности слоевища, расположенные в определенном порядке.

**Вегетационный период** - период года, в который имеет место рост и развитие растений.

**Гамета** - клетка, выполняющая функцию полового размножения.

**Гаметофит** - половая форма развития в жизненном цикле, начинающаяся с зооспоры и завершающаяся образованием гамет.

**Гаплоидный** - организм, в вегетативных клетках которого содержится одинарный набор хромосом, образующийся после мейоза.

**Генеративные клетки** - клетки, выполняющие функцию размножения организма.

**Генерация** - у водорослей имеется в виду какое-либо поколение, спорофитное или гаметофитное.

**Гидрологический режим** - сезонные, межгодовые и другие закономерные изменения состояния вод в водоеме, обусловленные климатическими, геоморфологическими особенностями водоема.

**Гидротермальные выходы** - подводные выходы горячих минерализованных вод.

**Гидрофильный** - способный к смачиванию или впитыванию влаги.

**Гифы** - длинные, тонкие, изогнутые, часто разветвленные нити, состоящие, как правило, из удлиненных клеток; развиваются в сердцевинной ткани ламинариевых водорослей.

**Гландулярные клетки** - особые, обычно более крупные клетки с гомогенным содержимым, у бурых водорослей более темного цвета, у красных - бесцветные, блестящие, светопреломляющие; отличаются от соседних клеток слоевища химическим составом и внешним видом.

**Детергенты** - синтетические моющие средства и эмульгаторы; химические загрязнители водоемов, устойчивые к разрушению, оказывающие вредное воздействие на организм, нарушающие кислородный режим водоема.

**Диплоидный организм** - организм, в вегетативных клетках которого содержится двойной по сравнению с гаплоидным набор хромосом. **Зигота** - клетка, образующаяся в результате слияния гамет.



**Зооспора** - клетка бесполого размножения, снабженная жгутиками и способная к активному движению.

**Инсоляция** - воздействие на поверхность солнечного тепла.

**Интеркалярный рост** (вставочный) - рост слоевища в срединных участках; осуществляется вставочной, интеркалярной меристемой.

**Карпоспоры** - продукты полового размножения красных водорослей.

**Келп** - прибрежный растительный пояс, образованный ламинариевыми водорослями.

**Конспецифичные виды** - виды, описанные как разные, но по сути относящиеся к одному и тому же биологическому виду.

**Кут, кутовые участки** - вершина или внутренняя часть морских заливов и бухт.

**Ламинарный поток** - упорядоченное, скользящее движение воды с однонаправленным гидродинамическим воздействием.

**Лигниновые соединения** - органические полимерные соединения, содержащиеся в клеточных оболочках растений.

**Литораль** - прибрежная зона морского дна, периодически во время приливо-отливных или иных колебаний уровня моря затопляемая водой.

**Литофит- растение**, прикрепляющееся к камням и скалистому грунту.

**Макрофитобентос** - совокупность прикрепленных ко дну водных растений с макроскопическими размерами.

**Марикультура** - разведение и выращивание морских организмов.

**Медуллярная ткань** - ткань, формирующая сердцевину слоевища.

**Мейоз** - клеточное деление, в результате которого число хромосом, свойственное диплоидным клеткам слоевища, уменьшается вдвое.

**Меристема** - группа или зона активно делящихся клеток, обеспечивающих рост слоевища.

**Меристодерма** - активно делящиеся клетки поверхностного слоя.

**Монодоминантное сообщество** - сообщество с преобладанием одного структурообразующего вида.

**Морфогенез** - процессы постепенных возрастных изменений морфологии и образования свойственных каждому возрасту морфологических структур.

**Морфометрические характеристики** - форма, размерно-весовые характеристики растения и отдельных его частей.

**Незаменимые аминокислоты** - аминокислоты, которые не могут образовываться в организме и должны поступать в него с пищей. Оогоний - женский орган полового размножения.

**Органотрофия** - способность использовать для питания организма растворенные органические соединения.

**Парафизы** - короткие клеточные нити или крупные клетки, развивающиеся вместе с органами размножения; играют защитную роль.

**Пелагический** - обитающий в водной толще.

**Поверхностно-активные вещества** - то же, что детергенты. **Подлесок** - часть водорослевого сообщества, формирующего нижний ярус растительности.

**Полидоминантное сообщество** - характеризуется преобладанием нескольких сопоставимых по значимости структурообразующих видов.

**Полиморфизм** - способность к изменчивости и формообразованию.

**Полиморфный** - характеризующийся высокой изменчивостью и разнообразием внешнего вида.

**Растительность** - совокупность растительных сообществ, характеризующаяся сочетанием видов, их численностью, пространственной структурой, динамикой, жизненными формами.

**Репликация клеток** - процесс самовоспроизводства клеток, осуществляющийся посредством их деления.

- Репродуктивная** активность - способность особи к образованию жизнеспособных продуктов полового и бесполого воспроизводства, а также периодичность их образования.
- Ризоиды** - органы прикрепления слоевища к субстрату.
- Ризом** - стелющаяся корневищеподобная часть слоевища, от которой отходят вертикальные побеги и ризоиды.
- Сапробность** - способность организма обитать в среде с повышенным содержанием органических веществ, обычно привнесенных извне.
- Сеголетки** - у многолетних видов особи первого года жизни или первого вегетационного периода.
- Систематика** - наука о разнообразии живых организмов, о взаимоотношениях и родственных связях между их различными группами (таксонами).
- Систематическая принадлежность** - принадлежность таксона к каждому последующему рангу таксономической системы, роду, семейству, порядку и т.д.
- Слоевище** - то же, что таллом.
- Сорусы** - участки слоевища с компактным расположением органов размножения, внешне хорошо отличающиеся от соседних стерильных участков.
- Спорофит** - бесполой форма развития в жизненном цикле, начинающаяся с образования зиготы и заканчивающаяся образованием спор.
- Стерильный** (в биологии) - не имеющий органов размножения.
- Субдоминанты** - компоненты сообществ, играющие второстепенную структурообразующую роль.
- Сублитораль** - зона морского дна, относящаяся к шельфу и расположенная от нижней границы литорали до батии.
- Сукцессионные процессы** - последовательная смена одних сообществ организмов (биоценозов) другими на определенном участке. При естественном течении сукцессия заканчивается формированием устойчивого сообщества.
- Таксон** - группа организмов, связанных разной степенью родства. Под этим понятием подразумеваются конкретные биологические объекты, в отличие от таксономических категорий.
- Таксономическая структура флоры** - количественный состав и соотношение численности разных таксономических категорий в определенном флористическом комплексе.
- Таксономические категории** - ранг или степень иерархической классификации организмов по степени родства (вид, род, семейство, порядок, класс, отдел).
- Таллом** - тело низших растений (водорослей, лишайников и др.), не имеющих специализированных тканей и расчленения на корень, стебель, цветки, листья и т.д.
- Терригенный сток** - поступающий с суши в морскую среду сток вод, обогащенных минеральной взвесью и растворенными минеральными и органическими соединениями.
- Тетраспоры** - продукты бесполого размножения красных водорослей.
- Токсичность** - ядовитость, способность оказывать на организм вредное воздействие.
- Турбулентный поток** - движение частиц жидкости с интенсивным перемешиванием, при котором они совершают неупорядоченные хаотичные перемещения по сложной траектории.
- Фертильный** - находящийся в стадии размножения или образования органов размножения.
- Физоды** - клеточные структуры у ламинариевых, имеющие вид бесцветных пузырьков в молодых клетках и желтых или бурых пузырей в старых, с неизвестной физиологической и функциональной ролью.
- Фиордовый тип бухты** - узкие глубокие морские бухты с крутыми скалистыми берегами.
- Фиталь** - зона морского дна в верхнем отделе шельфа, распространенная до нижней

границы проникновения ко дну света, достаточного для фотосинтеза.

**Фитобентос** - более широкое, чем макрофитобентос, понятие, включает в себя все формы прикрепленных ко дну макро- и микроскопических растений.

**Фитокутикула** - плотное неклеточное образование на поверхности эпителиальных клеток слоевища.

**Фитофаги** - животные, питающиеся растительной пищей.

**Фитоценоз** - совокупность видов растений на определенном участке, находящихся в сложных взаимоотношениях между собой и условиями окружающей среды. Характеризуется определенным видовым составом и структурой.

**Флора** - совокупность растений, произрастающих в каком-либо районе.

**Хемотаксис** - направленное движение организма, происходящее под влиянием химических веществ, как действующего стимула.

**Хлоропласты** - внутриклеточные органоиды растений, в которых осуществляется фотосинтез.

**Хромосомы** - структуры клеточного ядра, несущие наследственную генную информацию и способные к самовоспроизведению в ходе процессов мейотического деления клеток.

**Эвтрофный водоем** - водоем с высоким содержанием биогенных элементов, особенно азота и фосфора, и высоким уровнем первичной продукции.

**Экоморфа** - то же, что экотип.

**Экосистема** - совокупность совместно обитающих организмов и условий их существования, находящихся в определенной взаимосвязи и образующих определенную систему взаимовлияния.

**Экотип** - группа организмов, принадлежащих одному виду, у которых в процессе приспособления к определенным условиям обитания выработались наследственно закрепленные морфологические, биохимические, физиологические и другие особенности.

**Экотоп** - местообитание с определенным сочетанием условий внешней среды.

**Эллиминация** - отмирание и разрушение или отторжение слоевищ.

**Эмбриоспора** - генеративная клетка многоклеточных водорослей, дающая начало многоклеточному росту. Эндемизм - содержание во флоре свойственных только ей таксонов.

**Эндемик** - таксоны животных и растений, ограниченные в своем распространении относительно небольшим районом побережья.

**Эндозоид** - организм, обитающий в тканях животного.

**Эндофит** - организм, живущий во внутренних тканях растений. Эпифит - организмы, растущие на растениях.

## Приложение

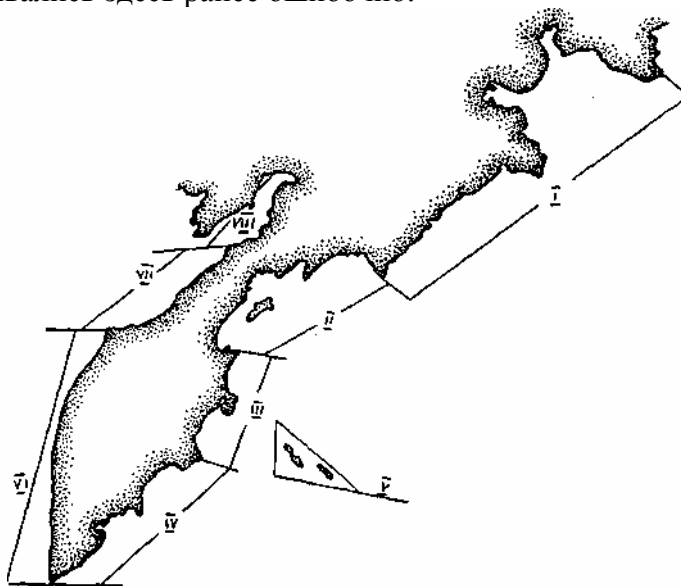
### ВИДОВОЙ СОСТАВ ФЛОРЫ ВОДОРΟΣЛЕЙ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ БЕРИНГОВА МОРЯ, ЮГО-ВОСТОЧНОЙ И ЗАПАДНОЙ КАМЧАТКИ

Приведенный ниже список видов флоры водорослей-макрофитов северо-западной части Берингова моря, юго-восточной и западной Камчатки составлен по результатам критического анализа литературных данных и собственных исследований.

Изученный материал собирался в разное время авторами и сотрудниками Группы альгологии Камчатского института экологии и природопользования ДВО РАН или был любезно предоставлен нам М.В. Суховеевой (Камчатский и Озерной заливы), Ж.В. Федотовой (Кроноцкий залив) О.В. Желтоножкой (Кроноцкий залив), А.Н. Сметаниным (о-в Верхотурова), И.В. Куприяновым (западная Камчатка) и др. Дополнительно авторы

имели возможность исследовать альгологические сборы гидробиологических экспедиций Института биологии моря ДВО РАН, проводившихся с 1970 по 1985 г., и материалы альгологических коллекций Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (г. Санкт-Петербург), Тихоокеанского института рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО, г. Владивосток) и его Сахалинского отделения (СахТИНРО, г. Южно-Сахалинск), в том числе и гербарные образцы, цитировавшиеся в работах Е.С. Зиновой, Е.А. Кардаковой-Преженцовой, И.С. Гусаровой и др.

Упоминания о водорослях Берингова моря и Камчатки встречаются более чем в 180 работах, общий список цитируемых в них для района видов достигает 650 наименований. Судя по результатам проведенной авторами ревизии флоры валидные, т.е. действительно существующие, виды среди них составляют менее половины, остальные являются их синонимам или указывались здесь ранее ошибочно.



В помещенной ниже таблице приводятся систематический список флоры и данные по распространению видов. При этом все побережье Берингова моря и Камчатки разделено на 8 районов (см. рисунок), вполне сопоставимых между собой по протяженности и многообразию биотопических условий. Исключение в этом отношении составляют районы III (Камчатский залив) и V (Командорские острова). Первый из них расположен у северной границы распространения тихоокеанской водной массы и, как следствие этого, распространения отдельных видов водорослей, а второй характеризуется естественной изоляцией. Границами выделенных районов являются следующие пункты побережья:

- I - губа Мечигменская - м. Олюторский;
- II - м. Олюторский - м. Озерной;
- III - м. Озерной - м. Кроноцкий;
- IV - м. Кроноцкий - м. Лопатка;
- V - Командорские острова;
- VI - м. Лопатка - м. Утхолокский;
- VII - б. Кавача - м. Божедомова;
- VIII - м. Божедомова - м. Тайганос.

В публикациях, содержащих альгофлористические сведения, упоминается множество мысов, небольших островов, бухт, заливов и других пунктов побережья, у которых производились сборы водорослей. Местонахождение многих из них можно определить только по лоциям или морским навигационным картам большого масштаба. Поскольку такая информация для большинства читателей труднодоступна и в то же время необходима, мы сочли уместным для каждого из выделенных 8 районов привести перечень пунктов, упоминавшихся в литературных источниках, и указать их принадлежность к более крупным географическим выделам. В представленной ниже схеме для Берингова моря и Восточной Камчатки названия пунктов побережья

перечислены в порядке их следования с севера на юг, для Западной Камчатки - в обратном направлении.

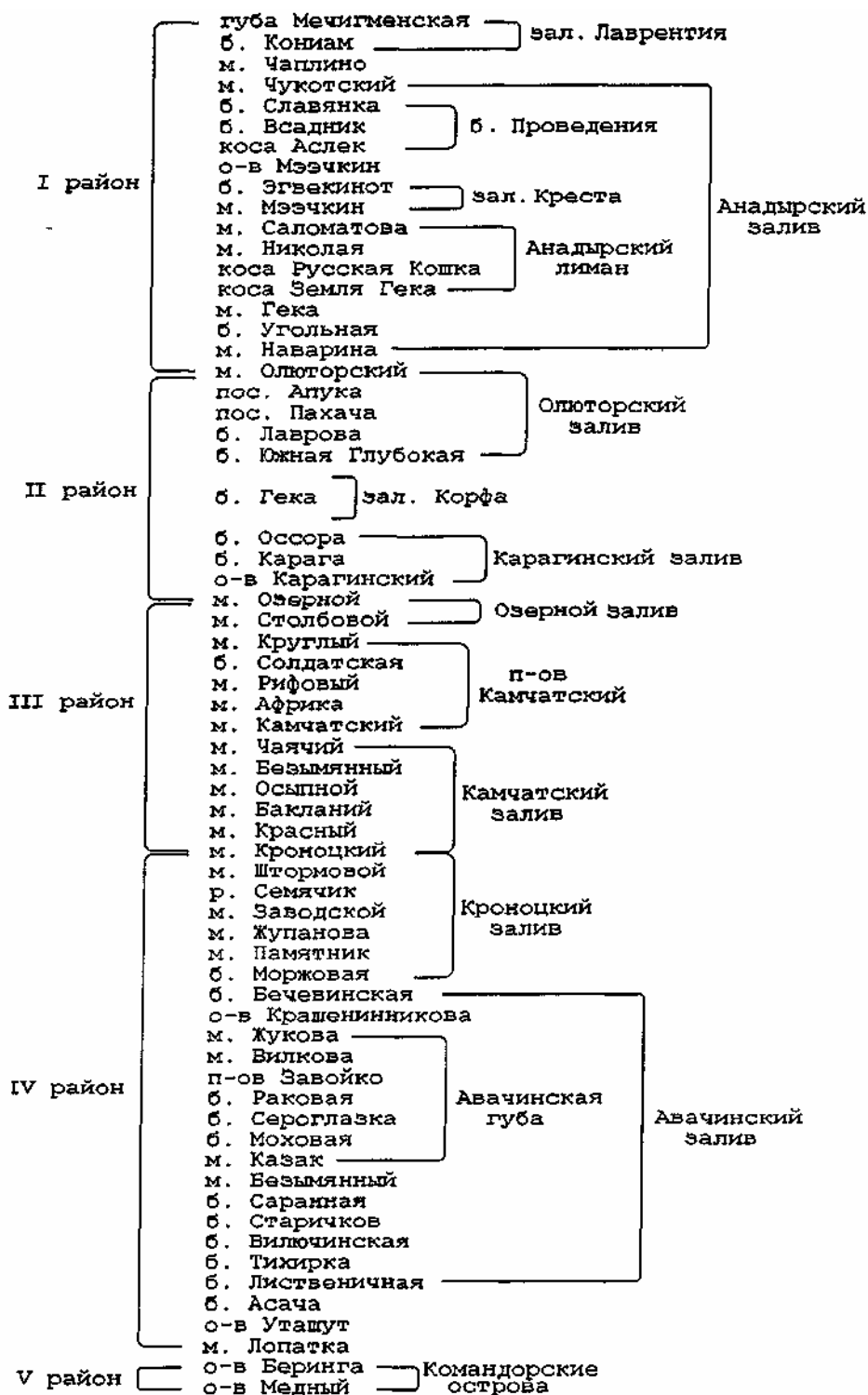
В табл. 1 приводятся ссылки на основные альгофлористические публикации для каждого из выделенных районов.

Таблица 1

**Основные публикации по флоре выделенных районов**

Публикации	Участки побережья							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Блинова Е.И., 1968а		-	-		-		-	+
Блинова Е.И., 1968б	-	-	-	-	-	-	-	+
Блинова Е.И., Возжинская В. Б., 1974	-	-	-	-	-	-	+	-
Блинова Е.И., Гусарова И. С., 1970	-	-	-	+	-	-	-	-
Виноградова К.Л., 1973	+	-	-	-	-	-	-	-
Виноградова К.Л., 1974	+	+	+	+	+	+	+	+
Виноградова К. Л., 1978	-	+	-	-	-	-	-	-
Виноградова К.Л., 1979	-	+	+	+	+	+	+	+
Виноградова К.Л. и др., 1978	+	+	+	+	+	+	+	+
Возжинская В. Б., Блинова Е.И., 1970	-	-	-	-	-	+	+	+
Воронихин Н.Н., 1914	-	-	-	+	-	-	-	-
Гурьянова Е. Ф., 1935	-	-	-	-	+	-	-	-
Гусарова И. С., Семкин Б. И., 1986	+	+	+	+	+	-	-	-
Зинова Е.С., 1933	-	-	-	+	+	-	-	-
Зинова Е.С., 1940	-	-	-	-	+	-	-	-
Зинова Е.С., 1952	+	-	-	-	-	-	-	-
Зинова Е.С., 1954	-	-	-	+	-	-	-	-
Кардакова-Преженцева Е.А., 1938	-	-	-	-	+	-	-	-
Клочкова Н.Г., 1976	-	-	+	-	-	-	-	-
Клочкова Н.Г., 1977	-	-	-	+	-	-	-	-
Конгисер Р.А., 1933	-	+	-	-	-	-	-	-
Ошурков В. В. и др., 1989	-	-	-	+	-	-	-	-
Перестенко Л.П., 1988	-	+	-	-	-	-	-	-
Перестенко Л.П., 1994	+	+	+	+	+	+	+	+
Петров Ю.Е., 1975	+	+	+	+	+	+	+	-
Спаский Н.Н., 1961	-	-	-	+	-	-	-	-
Суховеева М.В., Клочкова Н.Г., 1990	-	-	+	-	-	-	-	-
Толстикова Н.Е., 1974	+	-	-	-	-	-	-	-
Kjellman F.R., 1889	+	-	-	-	+	-	-	-

Берингово море и Восточная Камчатка



Побережье Западной Камчатки



В табл. 2 приводится список видов и их распространение в каждом из восьми выделенных районов побережья. При этом знаком плюс обозначены местонахождения видов, известные по литературным источникам, символом А - новые местонахождения видов по еще не опубликованным данными Н.Г. Клочковой.

Таблица 2

Видовой состав флоры водорослей-макрофитов северо-западного побережья Берингова моря, Юго-Восточной и Западной Камчатки

Таксон	II	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
<b>Отдел CHLOROPHYTA</b>								
<b>Класс Siphonophyceae</b>								
<b>Порядок Siphonales Wille</b>								
<b>Семейство Bryopsidaceae Bory</b>								
<i>Halicystis ovalis (Lyngb.) Aresch.</i>	-	-	-	-	+	-	-	-
<b>Семейство Codiaceae (Trevis.) Zanard.</b>								
<i>Codium ritteri S. Et G.</i>	-	-	-	-	+	-	-	-
<b>Порядок Siphonocladales (Blackm. Et Tansl.) Oltm.</b>								
<b>Семейство Cladophoraceae (Hass.) Cohn.</b>								
<i>Chaetomorpha linum (Mull.) Kutz.</i>	-	+	A	+	+	-	A	-
<i>Ch. Melagonium (Web. Et Mohr.) Kutz.</i>	+	+	A	+	+	-	-	-
<i>Ch. Ligustica (Kutz.) Kutz.</i>	+	+	+	+	+	-	-	+
<i>Cladophora speciosa Sakai</i>	+	+	+	+	+	-	-	-
<i>C. rupestris (L) Kutz.</i>	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Rhizoclonium implexum (Dillw.) Kutz.</i>	+	+	+	+	-	-	A	-
<i>Rh. Riparium (Roth) Harv.</i>	+	+	-	+	+	-	-	-
<b>Класс Chlorophyceae</b>								
<b>Порядок Ulotrichales Borzi</b>								
<b>Семейство Ulotrichaceae Kutz.</b>								
<i>Ulothrix flacca (Dillw.) Thur.</i>	+	-	+	A	+	-	-	-
<i>U. implexa (Kutz.) Kutz.</i>	+	+	-	A	-	-	-	-
<i>U. pseudoflacca Wille</i>	+	+	+	+	-	-	+	-
<b>Порядок Stenocladales Wille</b>								
<b>Семейство Ulvolaceae</b>								
<i>Endophyton ramosum Gardn.</i>	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Entocladia flustrae (Reinke) Batt.</i>	-	+	+	A	+	-	-	-
<i>E. pterosiphonia Nagai</i>	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>E. viridis Reinke</i>	+	-	A	A	A	O	+	-
<i>Zygomitus reticulatus Born, et Flan.</i>	+	-	-	A	-	-	-	-
<b>Порядок Acrosiphoniales Jonsson</b>								

**Семейство Acrosiphoniaceae Jonsson**

<i>Acrosiphonia arcta</i> (Dillw.) J. Ag.	+	+	A	+	+	-	-	-
<i>A. duriuscula</i> (Rupr.) Yendo	-	-	+	+	+	-	+	-
<i>A. ochotensis</i> (Tokida) Vinogr.	-	-	-	-	+	-	o	-
<i>A. saxatilis</i> (Rupr.) Vinogr.	-	-	+	+	A	-	A	-
<i>Urospora elongata</i> (Rosenv.) Hadem	-	+	-	+	-	-	-	-
<i>U. penicilliformis</i> (Roth) Aresch.	+	+	+	+	+	+	+	-
<i>U. vancouveriana</i> (Tild.) Scagel	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>U. wormskjoldii</i> (Mert.) Rosenv.	+	+	+	+	+	-	+	-

**Порядок Chlorococcales Marchand emend. Pascher****Семейство Endosphaeraceae (Klebs) Artari**

<i>Chlorochytrium inclusum</i> Kjellm.	+	-	A	+	+	-	+	-
<i>Ch. schmitzii</i> Rosenv.	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Codiolum cylindraceum</i> Foslie	-	-	-	A	+	-	-	-
<i>C. gregarium</i> Braun	-	-	-	+	+	-	-	-

**Порядок Ulvales Blackm. et Tansl.****Семейство Monostromataceae Kunieda ex Suneson**

<i>Blidingia chadefaudii</i> (Feldm.) Blid.	-	+	+	+	-	-	-	-
<i>B. minima</i> (Nag.) Kylin	+	+	-	+	+	+	-	-
<i>B. subsalsa</i> (Kjellm.) Kornm. et Sahl.	+	+	-	A	+	-	-	-
<i>Monostroma crassidermum</i> Tokida	+	+	+	+	-	+	+	-
<i>M. grevillei</i> (Thur.) Wittr.	+	+	+	+	+	-	-	-

**Семейство Kornmanniaceae**

<i>Kornmannia zostericola</i> (Tild.) Blid.	-	-	+	+	+	-	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---

**Семейство Gayraliaceae Vinogr.**

<i>Protomonostroma undulatum</i> (Wittr.) Vinogr.	-	-	+	A	+	-	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---

**Семейство Capsosiphonaceae Chapm.**

<i>Capsosiphon groenlandicus</i> (J. Ag.) Vinogr.	+	+	+	+	+	-	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---

**Семейство Ulvaceae Lamour.**

<i>Enteromorpha procera</i> Ahlner.	+	+	-	+	+	-	-	-
<i>E. clathrata</i> (Roth) Grev.	+	+	+	+	+	-	-	-
<i>E. flexuosa</i> (Wulf. ex Roth) J. Ag.	+	+	-	+	-	-	-	-
<i>E. linza</i> (L) J. Ag.	+	+	+	+	+	-	+	-
<i>E. prolifera</i> (O.F. Mull.) J. Ag.	+	+	+	+	+	+	+	-
<i>Percursaria percursa</i> (Ag.) Bory	+	+	-	+	+	-	-	-
<i>Ulva fenestrata</i> P. et R.	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ulvaria splendens</i> Rupr.	+	+	+	+	+	+	+	-

**Порядок Schizogoniales West.****Семейство Prasiolaceae (Rabenh.) Bond**

<i>Prasiola borealis</i> Reed	+	-	-	A	+	-	-	-
<i>P. crispa</i> (Lightf.) Menegh.	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Rosenvingiella constricta</i> (S. et G.) Silva	-	+	-	A	-	-	-	-
<i>Schizogonium murale</i> Kutz.	-	-	-	-	+	-	-	-

**Отдел РУАЕОРНУТА****Класс Phaeosporophyceae****Порядок Ectocarpales Oltm.****Семейство Ectocarpaceae (Ag.) Kutz.**

<i>Ectocarpus confervoides</i> (Roth) Le Jol.	+	+	+	+	+	-	-	-
<i>Ectocarpus siliculosus</i> (Dillw.) Lyngb.	-	+	-	A	-	-	-	-
<i>Ectocarpus sensiangustata</i> Kloczc.	-	-	-	A	-	-	-	-
<i>Hincksia ovata</i> (Kjellm.) Kylin	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Laminariocolax tomentosum</i> (Fart.) Kylin	-	-	-	A	-	-	-	-

**Семейство Pilayellaceae**

<i>Streblonema corymbifera</i> S. et G.	-	-	-	A	+	-	-	-
<i>Streblonema oligosporum</i> Stromf.	-	-	-	A	-	-	+	-
<i>Pilayella littoralis</i> (L) Kjellm.	+	+	+	+	+	-	+	+
<i>Pilayella divaricata</i> Kloczc.	-	-	-	A	-	-	-	-



<i>Pilayella gardneri Coll.</i>	-	-	-	A	-	-	-	-
<i>Pilayella varia Kjellm.</i>	-	-	-	A	-	-	-	-
<b>Порядок Chordariales 5. et G.</b>								
<b>Семейство Elachistaceae Kjellm.</b>								
<i>Elachista lubrica Rupr.</i>	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Elachista fucicola Rupr.</i>	-	-	-	A	-	-	+	-
<i>Elachista tenuis Yamada.</i>	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Halothrix lumbricalis (Kutz.) Reinke</i>	+	+	+	+	-	-	-	-
<i>Leptonematella fasciculata (Reinke) Silva</i>	-	+	-	-	+	-	-	-
<b>Семейство Corynophlaeaceae Oltm.</b>								
<i>Petraspongium rugosus (Okam.) S. et G.</i>	-	-	A	A	+	-	-	-
<i>Leathesia difformis (L.) Aresch.</i>	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Leathesia nana S. et G.</i>	-	-	A	A	-	-	-	-
<b>Семейство Chordariaceae (Ag.) Grev.</b>								
<i>Chordaria flagelliformis (Mull.) Ag.</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Chordaria gracilis S. et G.</i>	-	-	+	+	-	-	-	-
<i>Eudesme virescens (Carm.) J. Ag.</i>	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Polycerea borealis Vinogr.</i>	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Saundersella simplex (Saund.) Kylin</i>	-	+	+	+	+	-	+	-
<i>Sphaerotrichia divaricata (Ag.) Kylin</i>	-	-	-	+	-	-	+	-
<b>Семейство Lithodermataceae (Kjellm.) Hauck</b>								
<i>Lithoderma fatiscens Aresch.</i>	+	+	-	+	+	-	-	-
<i>Pseudolithoderma rosenvingii (Waern.) Lund</i>	-	-	-	+	-	-	-	-
<b>Порядок Ralfsiales Oltm.</b>								
<b>Семейство Ralfsiaceae (Farl.) Hauck</b>								
<i>Analipus filiformis (Rupr.) Wynne</i>	+	+	+	+	+	-	-	-
<i>Analipus japonicus (Harv.) Wynne</i>	-	-	+	+	+	+	+	+
<i>Ralfsia fungiformis (Gunn.) S. et G.</i>	+	+	+	+	+	-	A	-
<i>Ralfsia verrucosa (Aresch.) J. Ag.</i>	-	+	+	+	+	-	-	-
<b>Порядок Dictyosiphonales Kylin</b>								
<b>Семейство Punctariaceae (Thur.) Kjellm.</b>								
<i>Melanosiphon intestinalis (Saund.) Wynne</i>	+	+	+	+	A	-	+	-
<i>Punctaria plantaginea (Roth) Grev.</i>	-	+	-	+	-	-	-	-
<b>Семейство Delamareaceae A. Zin.</b>								
<i>Delamarea attenuata (Kjellm.) Rosenv.</i>	+	-	-	+	+	-	-	-
<b>Семейство Striariaceae Kjellm.</b>								
<i>Stictyosiphon tortilis (Rupr.) Reinke</i>	+	+	-	+	+	-	-	-
<b>Семейство Dictyosiphonaceae Kutz.</b>								
<i>Coilodesme bulligera Stromf.</i>	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>C. fucicola (Yendo) Nagai</i>	-	-	A	+	+	-	-	-
<i>Dictyosiphon foeniculaceus (Huds.) Grev.</i>	+	+	+	+	+	-	+	-
<i>O. hispidus Kjellm.</i>	+	-	-	-	-	-	-	+
<i>D. hyppuroides (Lyngb.) Kutz.</i>	+	+	-	-	+	-	+	+
<i>Soranthera ulvoidea P. et R.</i>	-	-	-	+	+	-	-	-
<b>Порядок Scytosiphonales Feldm.</b>								
<b>Семейство Scytosiphonaceae (Thur.) Foslie</b>								
<i>Colpomenia sinuosa (Roth) Derb. et Sol.</i>	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Petalonia fascia (Mull.) Kuntze</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>P. zosterifolia (Reinke) Kuntze</i>	+	-	-	+	+	+	+	+
<i>Scytosiphon dotyi Wynne</i>	+	+	-	+	-	-	-	-
<i>S. lomentaria (Lyngb.) Link</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Порядок Desmarestiales S. et G.</b>								
<b>Семейство Desmarestiaceae (Thur.) Kjellm.</b>								
<i>Desmarestia intermedia P. et R.</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>D. latifrons (Rupr.) Kutz.</i>	-	-	-	-	A	-	-	-
<i>Dichloria viridis (MOIL) Grev.</i>	+	-	-	+	+	-	-	-
<b>Порядок Laminariales Kylin</b>								

<b>Семейство Chordaceae (Kutz.) Reinke</b>								
Chorda filum ( <i>L.</i> ) <i>Lamour.</i>	+	+	-	+	+	-	-	+
<b>Семейство Laminariaceae (Bory) Rostaf.</b>								
Agarum cribrosum <i>Bory</i>	+	+	+	+	+	+	-	+
<i>A. turneri</i> <i>P. et R.</i>	+	+	-	+	+	-	-	-
<i>Cymathere triplicata</i> ( <i>P. et R.</i> ) <i>J. Ag.</i>	-	-	-	+	+	+	-	-
<i>Laminaria appressirhiza</i> <i>Petr. et Voz.</i>	-	-	-	-	-	+	+	-
<i>L. bongardiana</i> <i>P. et R.</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>L. complanata</i> ( <i>S. et G.</i> ) <i>Setch.</i>	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>L. dentigera</i> <i>Kjellm.</i>	+	-	+	+	+	+	-	-
<i>L. groenlandica</i> <i>Rosenv.</i>	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>L. gurjanovae</i> <i>A. Zin.</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>L. inclinatorhiza</i> <i>Petr. et Voz.</i>	-	-	-	-	-	+	+	-
<i>L. longipes</i> <i>Bory</i>	+	+	+	+	+	+	-	-
<i>L. solidungula</i> <i>J. Ag.</i>	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>L. yezoensis</i> <i>Miyabe</i>	-	+	+	+	+	+	+	-
<i>Phyllariella ochotensis</i> <i>Petr. et Voz.</i>	-	-	-	-	-	+	+	+
<i>Talassiphyllum clathrus</i> ( <i>Gmel.</i> ) <i>P. et R.</i>	-	+	+	+	+	-	-	-
<b>Семейство Lessoniaceae S. et G.</b>								
<i>Macrocystis pirifera</i> ( <i>Turn.</i> ) <i>Ag.</i>	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Nereocystis luetkeana</i> ( <i>Mert.</i> ) <i>P. et R.</i>	-	-	+	A	+	-	-	-
<b>Семейство Alariaceae S. et G.</b>								
<i>Alaria angusta</i> <i>Kjellm.</i>	-	+	+	+	+	-	-	-
<i>A. fistulosa</i> <i>P. et R.</i>	-	+	+	+	+	+	+	-
<i>A macroptera</i> ( <i>Rupr</i> ) <i>Yendo</i>	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>A marginata</i> <i>P et R</i>	+	+	+	+	+	+	+	-
<i>A ochotensis</i> <i>Yendo</i>	-	-	-	+	-	-	+	-
<b>Семейство Arthrothamnaceae Ju. Petr.</b>								
<i>Arthrothamnus bifidus</i> ( <i>Gmel</i> ) <i>J Ag</i>	-	+	+	+	+	+	-	-
<b>Порядок Sphacelariales Oltm.</b>								
<b>Семейство Sphacelariaceae Decne.</b>								
<i>Halopteris dura</i> ( <i>Rupr</i> ) <i>Sinova</i>	-	+	-	-	-	-	-	+
<i>Sphacelaria arctica</i> <i>Harv</i>	+	+	-	+	-	-	-	-
<i>Sphacelaria plumosa</i> <i>Lyngb</i>	+	+	-	-	-	-	-	+
<b>Класс Cyclosporophyceae</b>								
<b>Порядок Fucales Kylin</b>								
<b>Семейство Cystoseiraceae Kutz.</b>								
<i>Cystoseira crassipes</i> ( <i>Turn</i> ) <i>J Ag</i>	-	-	-	-	-	+	-	-
<b>Семейство Fucaceae Ag..</b>								
<i>Fucus evanescens</i> <i>Ag</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Отдел RHODOPHYTA</b>								
<b>Класс Bangiophyceae</b>								
<b>Порядок Erythropeltidaceae Kylin</b>								
<b>Семейство Erythropeltidaceae Skuja</b>								
<i>Erythrocladia irregularis</i> <i>Rosenv</i>	-	-	-	-	+	-	-	-
<b>Порядок Bangiales Schmitz</b>								
<b>Семейство Bangiaceae (S. F. Gray) Nag.</b>								
<i>Bangia fusco-purpurea</i> ( <i>Dillw</i> ) <i>Lyngb</i>	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Porphyra abbottae</i> <i>Krishn</i>	-	-	+	+	+	-	-	-
<i>P. brumalis</i> <i>Mumf</i>	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>P. bulbopes</i> ( <i>Yendo</i> ) <i>Okam</i>	-	-	-	-	+	+	+	+
<i>P. gardneri</i> ( <i>Smith et Hollenb</i> ) <i>Hawkes</i>	-	-	+	-	+	-	-	-
<i>P. miniata</i> ( <i>Ag</i> ) <i>Ag</i>	+	+	+	+	+	-	+	-
<i>P. ochotensis</i> <i>Nagai</i>	-	-	A	+	+	-	+	+
<i>P. pseudolinearis</i> <i>Ueda</i>	+	+	+	+	-	-	-	-
<i>P. kurogii</i> <i>Lindstr</i>	-	+	-	+	+	-	-	-
<i>P. schizophylla</i> <i>Hollenb</i>	-	-	-	-	+	-	-	-

P tasa ( <i>Yendo</i> ) <i>Ueda</i>	-	-	-	+	+	+	-	-
P torta <i>Krishn</i>	-	-	-	-	+	-	-	-
P variegata ( <i>Kjellm</i> ) <i>Hus</i>	+	+	A	+	+	+	+	+
P umbilicalis subsp pacifica ( <i>L</i> ) <i>Kutz</i>	-	-	-	-	+	-	-	-
<b>Класс Florideophyceae</b>								
<b>Порядок Acrochaetiales Garb.</b>								
<b>Семейство Acrochaetiaceae (Hamel.) Fritsch</b>								
Acrochaetium alariae ( <i>Jonsson</i> ) <i>Born</i>	-	+	-	-	-	-	-	-
A arcuatum ( <i>Drew</i> ) <i>Papenf</i>	-	-	-	-	+	-	-	-
A moniliforme ( <i>Rosenv</i> ) <i>Borg</i>	-	+	+	+	-	-	-	-
A parvulum ( <i>Kylin</i> ) <i>Kylin</i>	+	+	+	-	-	-	-	-
Audouinella concrescens ( <i>Drew</i> ) <i>Dixon</i>	-	A	-	A	-	-	-	-
A efflorescens ( <i>J Ag</i> ) <i>Papenf</i>	+	-	-	-	-	-	-	-
A purpureum ( <i>Lyghtf</i> ) <i>Rosenv</i>	+	+	A	+	+	-	-	-
Chantransia microscopica ( <i>Naeg</i> ) <i>Foslie</i>	-	-	-	+	-	-	-	..
Colaconema savianum ( <i>Menegh</i> ) <i>Perest</i>	-	+	-	-	-	-	-	-
<b>Семейство Rhodophysemataceae Saund. et McLachlan</b>								
Meilodiscus spetsbergensis ( <i>Kjellm</i> ) <i>Saund et McLachlan</i>	+	+	+	+	A	-	-	-
Rhodophysema elegans ( <i>Crouan et Crouan ex J Ag</i> ) <i>Dixon</i>	-	-	-	A	+	-	-	-
R nagaii <i>Masuda</i>	-	-	-	A	-	-	-	-
<b>Порядок Nemalionales Schmitz</b>								
<b>Семейство Nemaliaceae (Farlow.) De-Toni et Levi-Morenos</b>								
Nemalion vermiculare <i>Suring</i>	-	-	-	+	-	-	-	-
<b>Порядок Vonnemaisoniales Feldm.</b>								
<b>Семейство Vonnemaisoniaceae Schmitz</b>								
Pleuroblephanella japonica ( <i>Okam</i> ) <i>Wynne</i>	-	-	-	+	+	-	+	-
<b>Порядок Hildenbrandiales Pueschel et Cole</b>								
<b>Семейство Hildenbrandtiaceae (Trev.) Rabenh.</b>								
Hildenbrandtia rubra ( <i>Sommerf</i> ) <i>Menogh</i>	+	+	+	+	+	+	-	-
H occidentalis <i>S et G</i>	-	-	A	A	-	-	-	-
<b>Порядок Corallinales Silva et Johansen</b>								
<b>Семейство Corallinaceae Lamour.</b>								
Bossiella cretacea (P et R) <i>Johansen</i>	+	+	+	+	+	-	+	+
B compressa <i>Kloczc</i>	-	-	-	A	A	-	-	-
B plumosa (Manza) <i>Silva</i>	-	-	-	-	A	-	-	-
Clathromorphum circumscriptum (Stromf) <i>Foslie</i>	+	A	+	+	+	+	+	+
C compactum (Kjellm) <i>Foslie</i>	+	+	+	+	+	-	-	-
C loculosum (Kjellm) <i>Foslie</i>	+	+	+	+	A	-	-	+
C nereostratum <i>Lebedn</i>	-	-	-	+	+	-	-	-
C reclinatum (Foslie) <i>Adey</i>	-	-	-	+	+	-	-	-
Corallina frondescens P et R	-	-	-	+	+	-	-	-
C officinalis <i>L.</i>	-	-	-	+	+	-	-	-
C pilulifera P et R	-	+	+	+	+	-	+	+
Leptophytum laeve (Stromf) <i>Adey</i>	-	A	+	A	A	+	+	+
Lithothamnion sonderi <i>Hauck</i>	-	A	A	+	A	+	+	+
Phymatolithon purpureum (P et Crouan) <i>Woelk et Irvine</i>	+	-	-	-	+	-	-	-
P calcareum (Pallas) <i>Adey et McKibbin</i>	-	A	-	-	-	-	-	-
P lenormandii (Aresch) <i>Adey</i>	-	A	A	A	-	-	-	-
<b>Порядок Gigartinales Schmitz</b>								
<b>Семейство Dumontiaceae Schmitz</b>								
Constantinea rosa-marina (Gmel) P et R	-	-	-	+	+	-	+	-
C subulifera <i>Setch</i>	-	-	-	-	+	-	-	-
Dumontia contorta (Gmel) <i>Rupr</i>	+	+	+	+	+	-	-	-



Halosaccion firmum (P. et R.) Rupr.	-	+	+	+	+	+	+	-
H. hydrophorum (P. et R.) Kutz.	+	+	+	+	+	+	+	+
H. minjaili Lee	-	-	+	-	+	-	-	-
Palmaria marginicrassa Lee	-	-	+	A	+	-	-	-
P. stenogona (Perest.) Perest.	+	+	+	+	+	+	+	+
P. callophyloides Hawkes et Scagel	-	-	-	-	A	-	-	-
P. moniliforme (Blin. et A. Zin.) Perest	-	-	-	-	-	-	+	+
<b>Порядок Rhodymeniales Schmitz</b>								
<b>Семейство Rhodymeniaceae Nag.</b>								
Rhodymenia pertusa (P. et R.) J. Ag.	-	+	-	+	+	+	+	+
R. stipitata Kylin	-	-	-	A	-	-	-	-
<b>Порядок Ceramiales Oltm.</b>								
<b>Семейство Ceramiaceae S. F. Gray</b>								
Antithamnionella nagaii Perest.	-	-	A	-	+	-	-	-
Callithamnion arcuatum Kylin	-	-	-	-	A	-	-	-
C. pikeanum Harv	-	-	-	-	+	-	-	-
Ceramium cimbicum Peters.	-	+	-	-	-	-	-	-
C. kondoi Yendo	+	+	+	+	-	-	-	-
Irtugovia shimamurana (Nagai) Perest.	-	-	-	-	A	-	-	-
I. pacifica (Harv.) Perest.	-	-	-	-	+	-	-	-
Micracladia borealis Rupr.	-	-	-	-	+	-	-	-
Neoptilota asplenioides (Turn.) Kylin	+	+	+	+	+	+	+	+
Pleonosporum kobayashi Okam.	-	-	-	+	+	-	-	-
P. vancouverianum (J. Ag.) J. Ag.	-	-	-	-	+	-	-	-
Ptilota filicina J. Ag.	+	+	A	+	+	+	+	+
P. serrata Kutz.	+	-	A	+	+	-	-	-
P. plumosa (L.) J. Ag.	-	+	-	A	+	-	-	-
Scagelia breviararticulata Perest.	-	-	-	-	+	-	-	-
S. pylaisaei (Mont.) Wynne	+	+	-	+	+	-	A	+
S. subnuda (Perest.) Perest.	-	-	-	-	A	-	-	-
Tokidea serrata (Wynne) Lindstrom et Wynne	-	-	-	-	+	-	-	-
<b>Семейство Delesseriaceae (Naegeli) Schmitz</b>								
Congregatocarpus pacifica (Yamada) Mikami	-	-	-	+	+	-	-	-
Hideophyllum yezoense (Yamada et Tokida) A. Zin.	-	+	+	+	+	-	-	-
Hymenena ruthenica (P. et R.) A. Zin.	-	+	+	+	+	-	-	-
Laingia aleutica (Wynne) Wynne	-	-	-	-	+	-	-	-
Membranoptera beringiana (Rupr.) A. Zin.	-	+	+	+	+	-	-	-
M. dimorpha Gardn.	-	-	-	+	+	-	-	-
M. multiramosa Gardn.	-	-	-	-	+	-	-	-
M. robbeniensis Tokida	-	-	-	-	-	-	+	-
M. serrata (P. et R.) A. Zin.	-	-	-	+	+	-	-	-
Mikamiella ruprechtiana (A. Zin.) Wynne	-	+	+	A	+	-	-	-
Myriogramme kjellmanianum A. Zin	-	-	-	-	+	-	-	-
M. sp.	-	-	A	-	-	-	-	-
Neohypophyllum middendorphii (Rupr.) Wynne	-	-	+	-	-	-	+	+
Nienburgia prolifera Kylin	-	-	-	-	+	-	-	-
Pantoneura baerii (Rupr.) Kylin	-	+	-	-	-	-	+	+
Pantoneura juregensii (J. Ag.) Kylin	-	+	-	-	+	-	-	-
Phycodrys amchitkensis Wynne	-	-	-	-	+	-	-	-
P. riggii Gardn.	+	+	+	+	+	+	+	+
P. vinogradovae Perest. et Guss.	-	-	-	+	+	-	-	-
Polyneura latissima (Harv.) Kylin	-	-	-	-	+	-	-	-
Tokidadendron kurilensis (Rupr.) Perest.	-	+	+	+	+	-	+	-
Yendonia commandorensis (Sinova) A. Zin.	-	-	-	-	+	-	-	-
Y. crassifolia (Rupr.) Kylin	-	+	-	+	+	-	-	-
<b>Семейство Rhodomelaceae (Reichb.) Harv.</b>								

<i>Beringiella labiosa Wynne</i>	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>N. aculeata (Perest.) Masuda</i>	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>N. larix (Turn.) Masuda</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>N. munita (Perest.) Perest.</i>	-	-	-	A	-	-	-	-
<i>N. oregona (Doty) Masuda</i>	-	-	A	+	+	-	-	-
<i>Odonthalia annae Perest.</i>	-	-	+	+	+	-	-	-
<i>O. corymbifera (Gmel.) J. Ag.</i>	-	-	-	+	+	+	+	+
<i>O. dentata (L) Lyngb.</i>	+	+	+	+	+	+	A	+
<i>O. floccosa (Rupr.) J. Ag.</i>	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>O. kamtschatica (Rupr.) J. Ag.</i>	-	+	-	+	+	-	-	-
<i>O. kawabatae Masuda</i>	-	-	+	-	+	-	-	-
<i>O. ochotensis (Rupr.) J. Ag.</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>O. setacea (Rupr.) Perest.</i>	-	+	-	+	+	-	-	-
<i>Polysiphonia japonica Harv.</i>	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>P. morrovii Harv.</i>	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>P. urceolata (Lightf.) Grev.</i>	+	+	+	+	+	-	+	+
<i>Pterosiphonia bipinnata (P. et R.) Falkenb.</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>P. hamata Sinova</i>	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>P. pinnata (Roth) Falkenb.</i>	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>P. sp.</i>	-	-	A	A	-	-	-	-
<i>Rhodomela pinnata Perest.</i>	+	+	+	-	-	-	-	-
<i>R. sibirica A. Zin. et Vinogr.</i>	+	+	+	-	-	-	-	-
<i>R. tenuissima (Rupr.) Kjellm.</i>	+	+	+	+	+	-	+	-
<i>Tayloriella abyssalis Wynne</i>	-	-	-	-	+	-	-	-
<b>Виды неопределенного систематического положения</b>								
<i>Lukinia dissecta Perest.</i>	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Reinqardia laminariicola Perest.</i>	-	-	-	A	-	-	-	-

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА I. ОБЗОР СОСТОЯНИЯ ИЗУЧЕННОСТИ АЛЬГОФЛОРЫ И ЗАПАСОВ ПРОМЫСЛОВЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ПРОМЫСЛОВЫХ ВИДОВ КАМЧАТКИ.....	6
1.1. История альгофлористических исследований.....	6
1.2. Состояние изученности промысловых характеристик и запасов водорослей в обсуждаемом районе.....	10
ГЛАВА II. ВОДОРΟΣЛИ-МАКРОФИТЫ КАМЧАТСКОГО ПРОМЫСЛОВОГО РАЙОНА. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	14
2.1. Общая характеристика флоры.....	14
2.2. Видовой состав массовых и промысловых видов макрофитов.....	15
2.3. Состав и характеристика ламинариевых водорослей камчатско-берингоморского района.....	30
2.3.1. Особенности распространения порядка Laminariales на Дальнем Востоке и в камчатско-берингоморском районе.....	30
2.3.2. Особенности жизненного цикла представителей порядка Laminariales.....	37
2.3.3. Особенности морфологии и анатомического строения ламинариевых водорослей.....	38
2.4. Описание массовых промысловых видов ламинариевых Восточной Камчатки.....	50
2.5. Ценотическая структура водорослевых сообществ Восточной Камчатки.....	78
ГЛАВА III. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДОРΟΣЛЕЙ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ.....	82
3.1. Органические вещества водорослей.....	83
3.2. Минеральные вещества водорослей.....	92
3.3. Основные направления использования водорослей.....	95
ГЛАВА IV. ВОЗМОЖНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ДОБЫЧИ ЛАМИНАРИЕВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ НА ШЕЛЬФЕ ВОСТОЧНОЙ КАМЧАТКИ.....	104
4.1. Климатические особенности района.....	104

4.2. Геоморфологическая характеристика отдельных промысловых районов восточного побережья Камчатки .....	105
4.3. Опыт добычи, переработки и использования морских растительных ресурсов камчатского шельфа .....	116
ГЛАВА V. НЕКОТОРЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ.....	121
5.1. Орудия лова и основные требования к промыслу водорослей .....	121
5.2. Основные требования и оценка качества водорослевого сырья.....	126
5.3. Сушка водорослей как основной способ их первичной переработки .....	127
5.4. Возможности использования штормовых выбросов .....	130
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	131
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	132
СЛОВАРЬ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ТЕРМИНОВ.....	139
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	142

**Нина Григорьевна КЛЮЧКОВА,  
Валентина Андреевна БЕРЕЗОВСКАЯ**

**ВОДОРΟΣЛИ КАМЧАТСКОГО ШЕЛЬФА  
РАСПРОСТРАНЕНИЕ, БИОЛОГИЯ, ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ**

**Научное издание**

Отпечатано с оригинал-макета, представленного авторами

Лицензия ЛР № 040118 от 15.10.96г. Подписано к печати 06.07.97 г.  
Формат 70x108/16. Печать офсетная. Усл.п.л. 13,65. Уч.-изд.л. 12,91.  
Тираж 300 экз. Заказ 128.

Отпечатано в типографии издательства "Дальнаука" ДВО РАН 690041, г. Владивосток, ул.  
Радио, 7