

На правах рукописи

**ТУРАБЖАНОВА Ирина Сергеевна**

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОЛЕЙ ЛАМИНАРИИ ЯПОНСКОЙ  
(*Laminaria japonica Aresch.*) В ПРИБРЕЖЬЕ ПРИМОРЬЯ**

03.00.32 — Биологические ресурсы

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

**Владивосток – 2009**

Работа выполнена в ФГУП «Тихоокеанский научно-исследовательский  
рыбохозяйственный центр» (ФГУП «ТИНРО–центр), г. Владивосток

Научный руководитель: кандидат биологических наук,  
старший научный сотрудник  
Крупнова Татьяна Николаевна

Официальные оппоненты доктор биологических наук  
Клочкова Нина Григорьевна

доктор биологических наук,  
старший научный сотрудник  
Чучукало Валерий Иванович

Ведущая организация Московский государственный  
университет им. М.В. Ломоносова

Защита состоится «11» июня 2009 г., в 10-00 часов, на заседании  
диссертационного совета Д 307.012.01 при ФГУП «Тихоокеанский научно-  
исследовательский рыбохозяйственный центр» по адресу:  
690091, г. Владивосток, переулок Шевченко, 4.  
Телефон: 8 (4232) 40-15-04, Факс: 8(4232) 300-751, E-mail: temnykh@tinro.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГУП «ТИНРО-центр».

Автореферат разослан «   »            2009 г.

Ученый секретарь диссертационного совета



О.С. Темных

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследований.** Анализ многолетней динамики запасов ламинарии японской (*Laminaria japonica Aresch.*) в прибрежье Приморья показал их значительное снижение к началу 1990-х гг. и низкий уровень в последние годы. К настоящему времени на некоторых участках прибрежья в результате нарушения структуры зарослей ламинариевые поля практически полностью отсутствуют. К числу таких участков относится район прибрежья среднего Приморья от мыса Красная Скала до мыса Низменного. Если до 70-х гг. прошлого века этот район оценивался как один из самых мощных участков ламинариевого поля (Гайл, 1928-1934; Суховеева, 1969), то к началу 90-х гг. ламинария здесь встречалась только в виде незначительных пятен, а также уже наблюдались участки, совершенно лишенные растительности (Суховеева, 1991). К 2004-2006 гг. промысловые заросли ламинарии остались в основном у мыса Низменного.

Отсутствие зарослей ламинарии дает возможность водорослям, конкурентам за субстрат, занять освободившиеся площади. Наиболее серьезную конкуренцию для ламинарии составляют корковые известковые водоросли порядка Corallinales. Сложность взаимоотношения ламинарии и корковых кораллиновых водорослей определяется тем, что представители этих групп приурочены к одинаковым экотопам и жестко конкурируют за места обитания. В состоянии экологического равновесия кораллиновые стабилизируют численность ламинариевых, естественным образом формируя оптимальную пространственную структуру и высокий уровень их популяций. Нарушение природного равновесия вызывает смену высокопродуктивных промысловых зарослей ламинариевых низкопродуктивными поселениями кораллиновых. Подобное «опустынивание» морского дна в настоящее время наблюдается во многих районах Мирового океана, и исследования, направленные на изучение и предотвращение этих негативных явлений, ведутся

в разных странах (Noro et al., 1983; Nabata, et al., 1992; Walbridge, 1993; Fugita, 1997; Kawaguchi, 2003).

Для участка побережья Приморья от мыса Красная Скала до мыса Низменного по результатам материалов ежегодных рейсов НИС «Потанино» в период с 2003 по 2006 г. показано, что проективное покрытие каменистых субстратов корковыми известковыми водорослями увеличилось с 38,1 % в 2003 г. до 72,9 % в 2006 г. В отдельных районах корковые известковые водоросли занимают субстрат на 80-100 %, покрывая значительные участки дна сплошной коркой (Крупнова, Turabzhanova, 2007).

В условиях продолжающегося процесса замещения сообществ ламинарии сообществами известковых корковых водорослей актуален поиск действенных мер по восстановлению полей ламинарии в традиционных местах ее произрастания на участках дна, уже занятых поселениями корковых водорослей.

**Цели и задачи исследований.** Целью работы является разработка методов восстановления полей ламинарии японской (*Laminaria japonica* Aresch.) на субстрате, занятом корковыми водорослями.

Для достижения цели необходимо было решить следующие задачи:

1) изучить распространение, темпы роста и особенности жизненного цикла корковых известковых водорослей на примере массового вида *Lithophyllum yessoense*;

2) выяснить возможность развития спорофитов ламинарии на субстратах с различной степенью покрытия корковыми водорослями;

3) разработать методы оспоривания естественных субстратов и определить нормы размещения маточных слоевищ ламинарии на единицу площади в зависимости от степени занятости субстрата корковыми водорослями;

4) определить оптимальные сроки оспоривания субстратов;

5) изучить выживаемость растений ламинарии от ювенильных стадий до зрелых спорофитов на ее восстановленных полях

б) определить урожай товарной ламинарии на восстановленных полях и оптимальные методы его изъятия;

7) исследовать биохимический состав и провести сравнительный анализ товарных качеств слоевищ ламинарии из восстановленных и природных полей.

**Научная новизна.** На основе полученных результатов:

- изучены темпы роста и особенности жизненного цикла литофиллума (*Lithophyllum yessoense*), одного из доминирующих видов корковых кораллиновых водорослей в прибрежье Приморья;

- сопоставлены жизненные циклы литофиллума и ламинарии, в результате чего получено представление о совместном их сосуществовании на одних и тех же субстратах;

- экспериментально исследованы механизмы заселения зооспорами ламинарии донных субстратов, покрытых корковыми водорослями с различной степенью развитости.

**Практическое значение.** Результаты исследований могут быть использованы в марикультуре в целях увеличения запасов ламинарии, а также для улучшения местообитаний сопутствующих видов рыб и беспозвоночных. Полученные данные позволили дополнить нормативы биотехнологии восстановления полей ламинарии на субстратах с корковыми водорослями и включить их в «Инструкцию по культивированию и восстановлению полей ламинарии».

Используя предлагаемую биотехнологию, можно получить до 160-200 т товарной ламинарии с 1 га. Применение разработанных нормативов выращивания ламинарии на субстрате, покрытом корковыми водорослями, позволило восстановить заросли этой водоросли на площади более 17 га.

**Апробация работы.** Результаты исследований обсуждались на XVIII Международном симпозиуме по морским водорослям, Норвегия, 2004; Международном симпозиуме PICES, Владивосток, 2005; Международном симпозиуме по морским водорослям стран Азиатско-Тихоокеанского региона, Таиланд, 2005; Международной научно-практической конференции «Морская

экология», 2007; Научной конференции «Современное состояние водных биоресурсов», посвященной 70-летию С.М. Коновалова, 2008; коллоквиуме лаборатории водорослей ФГУП «ТИНРО-центр», 2006; отчетных сессиях ФГУП «ТИНРО-центр», 2004-2006.

**Публикации.** Материалы диссертации представлены в 6 публикациях, в том числе в журнале, рекомендованном ВАК, опубликована 1 статья.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 7 глав, выводов и списка литературы, включающего 181 источник, из них 60 на иностранном языке. Работа изложена на 145 страницах, иллюстрирована 26 рисунками и 36 таблицами.

**Благодарности.** Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю - к.б. н. Т.Н. Крупновой за помощь в проведении исследований и работе над диссертацией, очень признательна сотруднику ТИБОХ к.б.н. В.В. Агарковой, коллективу лаборатории водорослей и лаборатории технического обеспечения воспроизводства гидробионтов ФГУП «ТИНРО-центр» за ценные советы и поддержку моей работы, а также водолазам ОАО РК «Моряк-Рыболов» за помощь в сборе материалов для диссертационной работы.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В главе рассмотрена биологическая характеристика ламинарии японской (*Laminaria japonica* Aresch.), особенности ее размножения и жизненного цикла, влияние гидрологических условий на ее произрастание и размножение (Гайл, 1931-1935; Зинова, 1929, 1940; Кизеветтер, 1938, 1953; Мальцев, 1977-1979; Моисеенко, 1978; Крупнова, 1982-2008; и др.). Описана история развития и современное состояние марикультуры ламинарии в Приморье и странах Азиатско-Тихоокеанского региона, отражено ее значение в мировой практике (Сарочан, 1962, 1967; Буянкина, 1977; Мальцев, 1977; Kawashima, 1984; Крупнова, 1985, 1987; Kawaguchi, 2003; и др.). Рассмотрены данные о динамике запасов ламинарии японской у побережья Приморья, проведен анализ работ,

содержащих информацию о возможных причинах изменений в сообществах бурых водорослей и снижения их запасов (Гайл, 1931-1936; Суховеева, 1966-1974; Kawaguchi et al., 1992; Крупнова, 2002, 2004; и др.).

Анализ литературных данных показывает, что к началу 90-х гг. XX века запасы ламинарии японской в прибрежье Приморья сократились более чем в 15 раз и в настоящее время находятся в угнетенном состоянии. Единой и доказательной точки зрения на причины, вызывающие уменьшение запасов ламинарии, до настоящего момента не существует. Предполагается, что они могут быть связаны с неблагоприятными климато-океанологическими факторами, антропогенными нарушениями природной среды, чрезмерным промыслом и выеданием морскими ежами (Суховеева, 1985-1990; Nabata et al., 1992; Паймеева, Гусарова, 1993; Крупнова, 2000-2008). В последние годы все большее значение при объяснении изменений в сообществах бурых водорослей и снижении их запасов придается активизации развития корковых известковых водорослей (Масаки и др., 1981; Masaki et al., 1984; Fugita, 1997; и др.).

## Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Материал для альгологических исследований собирался в прибрежных водах Приморья в период 2002–2008 гг. на экспериментальных полигонах в районе от мыса Красная Скала до мыса Низменного. Сбор качественных и количественных проб ламинариевых водорослей проводился по стандартным методикам с помощью водолазов. В ходе обработки альгологического материала определяли размеры и массу пластины ламинарии, коэффициент покрытия ее слоевищ спороносной тканью, рассчитываемый из отношения общей площади спороносной ткани выборки к общей площади слоевищ. Полученные данные сравнивали со среднемноголетними показателями объемов продуцирования спороносной ткани для данного района (Крупнова, 1985). За весь период исследований обработано 12 тыс. биологических образцов ламинарии, в том числе для изучения сроков спороношения - 2 тыс. экз., для изучения сравнительной характеристики морфометрических показателей

ламинарии, культивируемой по различным биотехнологиям, - 8 тыс. экз., для установления товарных качеств – 2 тыс. экз.

Анализ многолетней флуктуации полей ламинарии у побережья Приморья и в районе среднего Приморья от мыса Красная Скала до мыса Низменного проводили по материалам архивных данных ТИПРО-центра и литературных источников.

Определение темпов распространения корковых водорослей на субстрате, пригодном для произрастания ламинарии, проводили по результатам материалов, собранных во время рейсов НИС «Потанино» в 2000-2007 гг. Гидробиотанические разрезы выполняли по стандартной сетке с помощью водолазов в диапазоне глубин от 0 до 20 м.

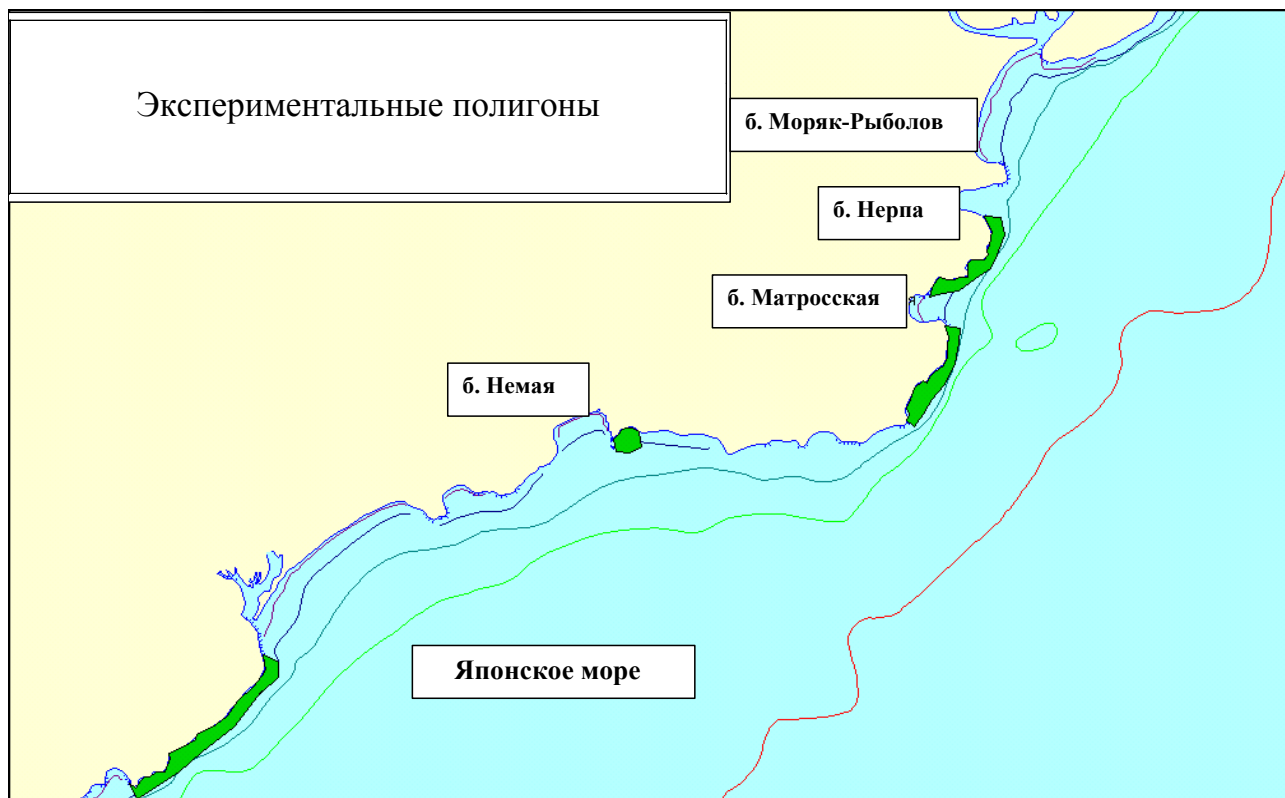
В процессе ежегодных съемок на 12 контрольных участках в районе от мыса Красная Скала до мыса Низменного в 2003-2006 гг. собирался материал по учету количественного покрытия донных субстратов корковыми водорослями порядка Corallinales. На каждом участке определяли показатель (%) покрытия донного субстрата этими водорослями.

Изучение развития, особенностей жизненного цикла и темпов роста корковых водорослей порядка Corallinales проводилось на примере массового вида *Lithophyllum yessoense* в период с августа 2003 по июль 2006 г. в бухте Моряк-Рыболов.

Исследования возможности развития растений ламинарии на субстратах, покрытых корковыми известковыми водорослями, проводили в 2004-2006 гг. путем оспоривания камней, покрытых корковыми водорослями, в контролируемых условиях. Оспоривание осуществляли по методике, разработанной специалистами ТИПРО-центра для оспоривания искусственных субстратов при культивировании ламинарии японской в двухгодичном цикле (Крупнова, 1984, 2008; Буянкина, 1988), после чего их размещали на морское дно.

Изучение механизмов восстановления полей ламинарии на субстрате, занятом корковыми водорослями, проводили на экспериментальных полигонах

в прибрежье Приморья на участке от мыса Часового до мыса Красная Скала (рис. 1) площадью 1,6–3,0 га. Заселение зооспорами ламинарии донных участков осуществляли методом искусственного внесения простимулированных маточных слоевищ ламинарии на природные субстраты.



*Рис. 1. Расположение экспериментальных полигонов по восстановлению полей ламинарии японской в прибрежье среднего Приморья в 2004-2005 годах*

Товарные качества выращенной ламинарии из ее восстановленных зарослей определяли на основе расчета коэффициентов товарной кондиции (Kawashima, 1972). Для этого слоевища высушивали до постоянной навески в термощкафу. Содержание сухого вещества в слоевищах ламинарии определяли для 10 экз. растений из каждой партии выращивания по формуле:

$$C_{\text{сух}} = (m_{\text{сух}} / m_{\text{сыр}}) \cdot 100 \%,$$

где  $C_{\text{сух}}$  - содержание сухого вещества в слоевищах, %;  $m_{\text{сух}}$  и  $m_{\text{сыр}}$  - масса слоевища (абсолютного сухого и сырого соответственно), г.

Статистический анализ материала проводился с помощью программы Statsoft Statistica 6.0. Сравнительный анализ для количественных признаков проводился с использованием t-критерия Стьюдента. Данные представлены в

виде средних значений исследуемых параметров и их среднеквадратических ошибок. Достоверность различий между средними значениями определяли по критерию Стьюдента. Различия между средними значениями исследуемых параметров считали достоверными при  $p \leq 0,05$ .

### Глава 3. ОБОСНОВАНИЕ РАБОТ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ ПОЛЕЙ ЛАМИНАРИИ В ПРИБРЕЖЬЕ ПРИМОРЬЯ

Анализ темпов распространения корковых известковых водорослей на контрольных участках в районе от мыса Красная Скала до мыса Низменного в 2003-2006 гг. показал увеличение степени покрытия субстратов в среднем на 11-12 % в год. На отдельных участках дна корковые водоросли занимали субстрат на 80-100 %, покрывая его сплошной коркой. Поселения ламинарии практически отсутствовали, встречались только небольшие участки ее зарослей от уреза воды и до глубины 5 м.

Как известно, зооспоры ламинарии оседают на субстрат практически рядом с маточными слоевищами, для дальнейшего развития зооспор в гаметофиты необходима их высокая плотность, движение зооспор после выхода из маточных слоевищ направлено к берегу (Крупнова, 2005-2008). В связи с этим естественное восстановление зарослей ламинарии может происходить только на глубинах до 5 м на небольших участках дна.

Учитывая высокие темпы развития корковых водорослей, отсутствие достаточного количества маточных слоевищ, способных обеспечить необходимую плотность зооспор для «засева» всего пустующего субстрата, нами сделан вывод о целесообразности проведения работ по восстановлению зарослей ламинарии путем проведения биомелиоративных мероприятий у побережья Приморья на участках, наиболее подверженных этому явлению, где существует риск потери субстратов для роста и развития ламинарии.

#### Глава 4. НЕКОТОРЫЕ ЧЕРТЫ БИОЛОГИИ КОРКОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ ПОРЯДКА CORALLINALES НА ПРИМЕРЕ *Lithophyllum yessoense*

В результате изучения развития темпов роста и некоторых особенностей жизненного цикла *Lithophyllum yessoense* (литофиллум) - одного из наиболее массовых видов корковых водорослей порядка Corallinales в прибрежье Приморья - установлено, что молодые экземпляры литофиллума поселяются как на свободном субстрате, так и на известковых остатках разрушившихся корковых водорослей. В июле размер ювенильных экземпляров составляет 1,0-1,2 мм. Активный рост слоевищ приходится на летний период - до  $3,0 \pm 0,047 - 3,1 \pm 0,018$  мм в месяц (табл. 1). Снижение темпа роста происходит с понижением температуры воды, начиная с сентября. В декабре рост слоевищ первого года вегетации прекращается, и в период с декабря по апрель слоевища не растут, их рост возобновляется с апреля. В следующие два месяца темп роста слоевищ возрастает, в период интенсивного роста отдельные близкорасположенные слоевища сливаются, образуя более или менее рельефный шов. В октябре-ноябре второго года вегетации темп роста слоевищ литофиллума значительно снижается и к ноябрю составляет не более 10 % от максимальных показателей в августе.

Изменения в темпах роста литофиллума, вероятно, приурочены к смене основных параметров среды (температуры воды, солнечной радиации и фотопериода). Максимальный темп роста (2,5–3,6 мм в месяц) наблюдается в период наибольшего прогрева воды, высокого уровня солнечной радиации ( $412-490$  кал/см<sup>2</sup>) и продолжительного фотопериода. Снижение темпов роста в осеннее время происходит на фоне интенсивного выхолаживания вод (до 6 °С в месяц), значительного уменьшения фотопериода и солнечной радиации – до 175-186 кал/см<sup>2</sup>. Рост слоевищ останавливается в декабре второго года вегетации. Отмирание слоевищ, характеризующееся изменением цвета с фиолетово-розового на белый и разрушением верхнего слоя, начинается в феврале, через 20 месяцев после начала вегетации. Известковые остатки разрушенных слоевищ присутствуют на камнях довольно длительное время (более 2 лет). В поселениях литофиллума на одном и том же субстрате могут находиться как слоевища двух

поколений, так и известковые остатки ранее отмерших слоевищ. Известковые остатки разрушенных слоевищ присутствуют на камнях довольно длительное время и могут служить субстратом для поселения ламинарии.

Механизм конкуренции за субстрат между ламинарией и корковыми водорослями еще слабо изучен. По имеющимся данным (Masaki et al., 1981), на субстрате, занятом корковыми водорослями, ламинария воспроизводиться не может, так как отмирающие верхние слои этих водорослей вместе с осевшими зооспорами ламинарии отрываются от субстрата и смываются.

Однако существует и противоположная точка зрения, основанная на том, что во всех морях умеренных широт ламинариевые водоросли растут с известковыми на одних и тех же грунтах, а значительная часть ламинариевых крепится непосредственно к известковым водорослям (Блинова и др., 1998).

Проведенный нами анализ особенностей жизненного цикла массового вида корковых водорослей *Lithophyllum yessoense* и ламинарии японской позволил выдвинуть некоторые предположения о механизме конкуренции за субстрат между этими видами, заключающиеся в следующем. Известно, что молодые спорофиты ламинарии в естественных условиях появляются в зимний период - в январе-феврале. Как показали наши исследования, верхний слой двухлетних слоевищ литофиллума разрушается и отслаивается в феврале-марте. Соответственно поселившиеся на двухлетних слоевищах литофиллума проростки ламинарии отслоятся вместе с их поверхностным слоем и погибнут. Спорофиты из зооспор ламинарии, осевших на свободные участки (иногда только микроскопические, соизмеримые с размерами зооспор ламинарии), имеют возможность закрепиться и развиваться в зрелые растения. Ризоиды таких спорофитов распространяются на территорию, занятую разрушающимися слоевищами корковых, поскольку после отмирания верхнего слоя корковых водорослей остаются известковые остатки, очень плотно прикрепленные к субстрату. Ризоиды ламинарии способны распространяться также и на живые слоевища однолетних корковых водорослей, поскольку темпы развития ризоидов гораздо выше, чем темпы роста слоевищ корковых известковых водорослей.



## Глава 5. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РАБОТЫ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМА ЗАСЕЛЕНИЯ ЗООСПОРАМИ ЛАМИНАРИИ СУБСТРАТА, ПОКРЫТОГО КОРКОВЫМИ ВОДОРОСЛЯМИ

Анализ данных по оспориванию зооспорами ламинарии камней, покрытых корковыми водорослями, показал, что ее проростки выживали только на пустых участках субстрата и на отмерших слоевищах корковых водорослей. Отмечено, что плотность произрастания молодых спорофитов ламинарии зависит от степени покрытия субстратов корковыми водорослями. При значительном развитии корковых водорослей выживаемость ламинарии значительно снижается. Так, при 10-15 %-ном покрытии субстрата корковыми водорослями плотность проростков ламинарии в марте составляла  $345 \pm 11,8$  экз./м<sup>2</sup>, притом что на субстрате, полностью свободном от обрастаний, плотность проростков была равна  $413 \pm 14,1$  экз./м<sup>2</sup>. При 85-87 %-ном покрытии субстрата корковыми водорослями плотность проростков ламинарии не превышала  $157 \pm 3,9$  экз./ м<sup>2</sup> (табл. 2).

Таблица 2

Плотность произрастания проростков ламинарии на камнях, покрытых корковыми водорослями с различной степенью, в марте 2006 г., экз./ м<sup>2</sup>

Образец каменистого субстрата	Степень покрытия образца корковыми водорослями порядка Corallinales, %	Плотность произрастания проростков ламинарии
№ 1	85-87	$157 \pm 3,9$
№ 2	60-65	$246 \pm 9,3$
№ 3	10-15	$345 \pm 11,8$
№ 4	Корковые водоросли отсутствуют полностью	$413 \pm 14,1$

На основе анализа полученных данных сделан вывод о целесообразности использования споровой суспензии повышенной концентрации для восстановления полей ламинарии на донных субстратах, в значительной степени покрытых корковыми водорослями.

## Глава 6. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РАБОТЫ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА СОЗДАНИЕ БИОТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОЛЕЙ ЛАМИНАРИИ НА СУБСТРАТАХ, ПОКРЫТЫХ КОРКОВЫМИ ИЗВЕСТКОВЫМИ ВОДОРΟΣЛЯМИ, В ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЯХ

Работы по заселению зооспорами ламинарии участков дна, где ранее произрастала ламинария и ее место заняли корковые водоросли, проводили в несколько этапов:

- 1) изготовление пикулей;
- 2) заготовка и доставка на берег маточных слоевищ ламинарии;
- 3) стимулирование маточных слоевищ для одновременного выхода зооспор;
- 4) размещение простимулированных маточных слоевищ на донные участки.

На участках, где покрытие субстрата корковыми известковыми водорослями незначительно (5-10 %), маточные слоевища ламинарии размещали так, чтобы на 1 м<sup>2</sup> площади дна приходилось 0,4-0,5 экз./м<sup>2</sup>. На участках, покрытых корковыми известковыми водорослями на 20-40 %, плотность размещения маточных слоевищ составляла 0,5-0,6 экз./м<sup>2</sup>. Плотность размещения маточных слоевищ на участках дна, покрытых корковыми водорослями на 80-100 %, была повышена до 0,8-1,0 экз./м<sup>2</sup> с целью создания высокой концентрации осевших зооспор ламинарии для оспаривания всей площади, в том числе микроскопических участков свободного субстрата.

Анализ результатов проведенных работ показал, что, хотя плотность размещаемых маточных слоевищ ламинарии на донном субстрате была различна, обилие появившихся проростков ламинарии было практически одинаково и составило в феврале 2005 г. в среднем  $1083 \pm 34$  экз./м<sup>2</sup>. К июлю второго года вегетации плотность произрастания ламинарии из восстановленных зарослей составила в среднем  $21,9 \pm 0,22$  экз./м<sup>2</sup>.

Появление проростков ламинарии в 2006 г. на всех участках было значительно более поздним, чем в 2005 г., вследствие того, что в период

оспоривания субстратов температурные условия были крайне неблагоприятными для прорастания зооспор и развития гаметофитов ламинарии. Снижение придонной температуры воды в 2005 г. произошло так резко, что рассада ламинарии была получена только в результате оспоривания, проведенного в ранние сроки при оптимальной для прорастания зооспор температуре воды (13-11 °С). На участках, оспоренных в более поздние сроки, при температуре воды 6-9 °С, количество молодых спорофитов ламинарии составило в среднем  $8,3 \pm 0,2$  экз./м<sup>2</sup>. На участках, где работы по заселению донных субстратов зооспорами ламинарии проводились в период, когда придонная температура воды понизилась до 3-5 °С, наблюдалось только единичное появление проростков ламинарии.

В 2006–2007 гг. на участках с восстановленными зарослями ламинарии были проведены работы по изучению возможности повторного заселения зооспорами ламинарии участков дна после полного изъятия выращенной ламинарии на площади 4,2 га. Анализ результатов работ по повторному заселению донных субстратов зооспорами ламинарии в 2006 г. показал, что в июле 2007 г. плотность произрастания ламинарии первого года вегетации составила от  $120,0 \pm 3,7$  до  $208,1 \pm 2,9$  экз./м. Биомасса двухлетней ламинарии при повторном оспоривании субстратов в 2008 г. достигала 112 т/га.

В период 2006-2008 гг. проведены экспериментальные работы по определению оптимальных объемов изъятия товарной продукции с участков, занятых восстановленными зарослями ламинарии, с учетом возможности естественного воспроизводства ламинарии на восстановленных полях. Для решения этой задачи на участках с восстановленными зарослями были оставлены двухлетние маточные растения ламинарии с различной плотностью: 1) группами по 15-20 экз. через каждые 4-5 м; 2) 4-5 экз. через каждые 4-5 м; 3) сплошными полосами шириной 1,0-1,5 м с расстояниями между полосами 1,5-2,0 м.

Анализ данных плотности произрастания ламинарии в июне 2007 г. показал, что самая низкая плотность слоевищ первого года вегетации

( $120,1 \pm 4,06$  экз./м<sup>2</sup>) отмечалась на участке, где маточные слоевища были оставлены с наименьшей плотностью - 4-5 экз. через каждые 4-5 м (в среднем 1 экз./м<sup>2</sup>). На участке, где маточные слоевища были оставлены плотными группами по 15-20 экз. через каждые 3-4 м (в среднем 5 экз./м<sup>2</sup>), отмечена наибольшая плотность молодых спорофитов ( $264,0 \pm 1,12$  экз./м<sup>2</sup>).

## Глава 7. БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ БИОТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ПОЛЕЙ ЛАМИНАРИИ В ПРИБРЕЖЬЕ СРЕДНЕГО ПРИМОРЬЯ

Основными критериями для определения оптимального срока оспоривания донных субстратов зооспорами ламинарии являются два показателя – наличие достаточного количества спороносной ткани и благоприятная температура воды для развития ранних стадий – зооспор и гаметофитов (Крупнова, 1984, 1985).

Анализ динамики развития репродуктивной ткани ламинарии в прибрежье среднего Приморья показал, что в 2005-2006 гг. объемы развития спороносной ткани на слоевищах ламинарии были значительно ниже среднемноголетних показателей. Максимальное значение коэффициента покрытия слоевищ спороносной тканью в 2005 г. составляло  $0,40 \pm 0,011$ , в 2006 - несколько выше ( $0,48 \pm 0,015$ ), в то время как среднемноголетнее значение этого показателя для районов среднего Приморья достигает 0,6, а в благоприятные годы доходит до 0,7. В 2002-2004 гг. динамика развития спороносной ткани ламинарии в этом районе незначительно отличалась от среднемноголетних данных для этого района Приморья, что создало предпосылки для успешного размножения ламинарии в этот период (рис. 2).

Анализ температурного режима воды во время оспоривания субстратов и развития гаметофитов в 2003-2005 гг. показал, что период с оптимальными температурами продолжался в среднем 12 суток (от 5 до 26) и наступал в более ранние сроки - 13-15 сентября.

Учитывая, что в последнее время наблюдается сокращение периодов с благоприятными значениями температуры для развития зооспор и гаметофитов,

для успешного воспроизводства ламинарии нами разработаны следующие рекомендации:

1) начиная с конца августа проводить наблюдения за изменением придонной температуры воды и развитием спороносной ткани ламинарии;

2) начинать оспоривание субстратов необходимо сразу после того, как температура воды в месте предполагаемого размещения маточных слоевищ после летнего прогрева понизится до 15 °С и ниже, а репродуктивная ткань ламинарии достигнет V стадии зрелости;

3) оспоривание естественных субстратов производить как можно в более сжатые сроки, для того чтобы дальнейшее развитие гаметофитов происходило при оптимальных (10-14 °С) и допустимых (6-9 °С) температурах воды.

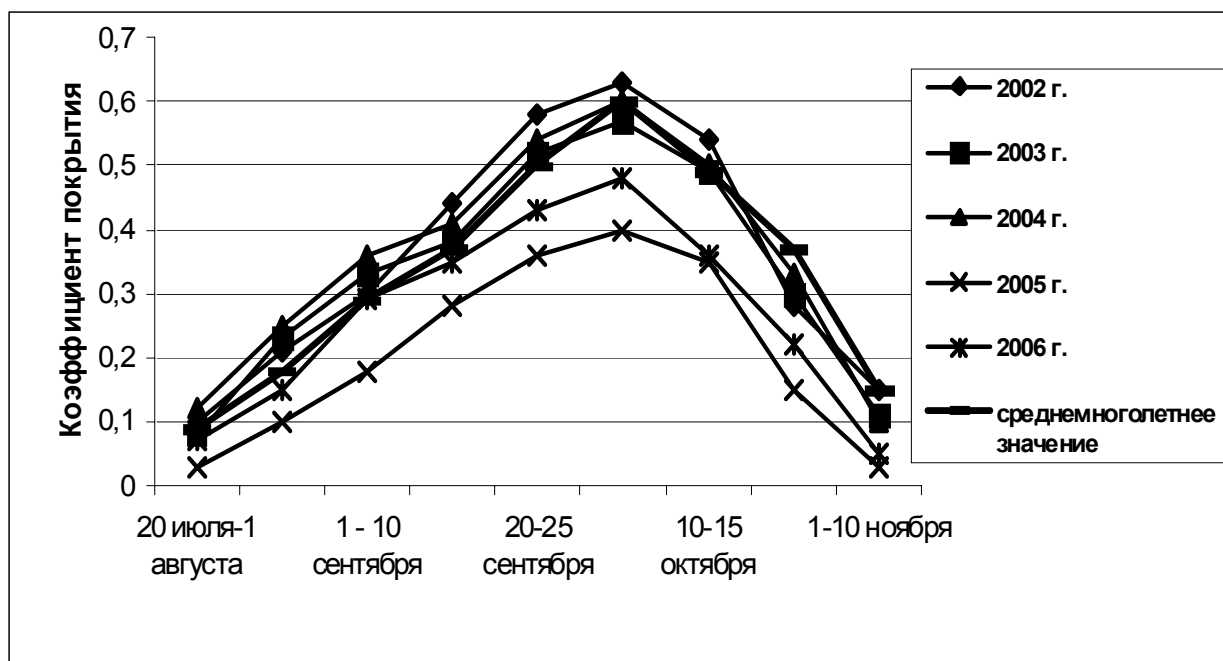


Рис. 2. Динамика развития репродуктивной ткани ламинарии в районе побережья Приморья от мыса Красная Скала до мыса Низменного в 2002-2006 гг.

Как показали результаты экспериментальных работ, значительное покрытие субстрата корковыми водорослями порядка Corallinales снижает выживаемость проростков ламинарии. В зависимости от степени покрытия субстратов известковыми корковыми водорослями целесообразно использовать различную плотность размещения маточных слоевищ.

Для получения зарослей ламинарии с хорошими промысловыми характеристиками на субстратах, в значительной степени (до 80-100 %) покрытых корковыми водорослями, необходимо размещать маточные слоевища на дно со средней плотностью 0,8-1,0 экз./м<sup>2</sup>. Такая плотность маточных слоевищ обеспечивает заселение зооспорами ламинарии микроскопических участков свободного субстрата между дерновин корковых за счет создания избыточной концентрации зооспор на субстрате. Это обеспечивает появление в среднем 1083±34 экз. молодых спорофитов ламинарии на 1 м<sup>2</sup> субстрата весной следующего года, что в дальнейшем обеспечит получение двухлетней товарной ламинарии с плотностью произрастания в среднем 21,9±0,22 экз./м<sup>2</sup>.

Для получения плотности проростков ламинарии в среднем 1203±44 экз./м<sup>2</sup> на участке, покрытом корковыми водорослями на 20-40 %, достаточно размещать маточные слоевища с плотностью 0,5-0,6 экз./м<sup>2</sup>. На субстратах, покрытых корковыми водорослями в незначительном количестве, плотность размещения маточных слоевищ может быть уменьшена до 0,4-0,5 экз./м<sup>2</sup>. Такая плотность размещения маточных слоевищ обеспечивает на практически свободном от корковых водорослей субстрате в среднем 1050±36 спорофитов на 1 м<sup>2</sup> субстрата.

Выживаемость растений ламинарии, закрепившихся на свободных участках субстрата, от апреля к июлю второго года вегетации на всех полигонах составляла в среднем от 1,80±0,06 до 2,20±0,10 % (табл. 3).

Таблица 3

Выживаемость растений ламинарии от ювенильных стадий до зрелых спорофитов на донных участках с различной степенью покрытия корковыми известковыми водорослями, %

Степень покрытия субстрата корковыми водорослями порядка Corallinales, %	Плотность проростков ламинарии, экз./м <sup>2</sup>	Плотность товарных слоевищ, экз./м <sup>2</sup>	Выживаемость растений ламинарии
5-10	1010±31	21,0±0,31	2,1±0,10
20-40	1203±44	19,5±0,29	1,8±0,06
80-100	1050±36	23,7±0,18	2,2±0,10

Биомасса товарной ламинарии на 1 га восстановленных зарослей достигала 146,9-201,5 т. На 1 м<sup>2</sup> дна восстановленных зарослей находились в среднем 19,50±0,29-23,70±0,18 товарных растений, массой 0,620±0,016-0,960±0,031 кг и длиной слоевища от 1,96±0,03 до 2,15±0,06 м (табл. 4).

Сравнительный анализ массы товарных слоевищ природной ламинарии и ламинарии из восстановленных зарослей показал, что средняя масса слоевищ природной ламинарии в 2006 г. составляла 0,800±0,041 кг, что аналогично массе слоевищ из восстановленных зарослей (0,820±0,026 кг).

С увеличением плотности зарослей уменьшаются масса и ширина слоевищ, а длина либо остается неизменной, либо увеличивается. Прослеживается тенденция к снижению средней массы товарного слоевища с увеличением плотности зарослей.

Таблица 4

Характеристика размерно-массовых показателей товарной ламинарии в зависимости от плотности произрастания, 2006 г.

Место отбора образцов		Плотность товарной ламинарии, экз./м <sup>2</sup>	Средняя длина слоевища, м	Средняя ширина слоевища, см	Средняя масса слоевища, кг
Восстановленные заросли	Участок № 1	21,0±0,31	2,15±0,06	22,3±0,11	0,960±0,031
	Участок № 2	19,5±0,29	1,96±0,03	20,7±0,36	0,880±0,023
	Участок № 3	23,7±0,18	2,14±0,04	17,6±0,22	0,620±0,016
Естественные заросли		22,1±0,23	1,98±0,05	20,1±0,24	0,800±0,041

Получение ежегодного урожая ламинарии на восстановленных полях возможно как методом изъятия всей выращенной продукции и заселением освободившихся участков зооспорами ламинарии повторно, так и путем изъятия только части урожая и оставления необходимого количества выращенных растений для опоривания субстратов и естественного воспроизводства ламинарии на восстановленных полях. При повторном опоривании естественных субстратов зооспорами ламинарии после изъятия всего выращенного урожая плотность произрастания товарных растений составляет 25,20±0,08 экз./м<sup>2</sup> при 5–10 %-ном покрытии субстрата корковыми

водорослями;  $14,10 \pm 0,21$  экз./м<sup>2</sup> при 80-100 %-ном покрытии корковыми водорослями (табл. 5).

При проведении добычи ламинарии с ее восстановленных полей на субстратах, покрытых корковыми водорослями в незначительной и средней степени, целесообразно оставлять на дне маточные слоевища с плотностью 5-10 экз./м<sup>2</sup>. Это обеспечит полноценный «засев» донного субстрата зооспорами и естественное воспроизводство этой водоросли с получением через два года товарных растений со средней плотностью  $20,30 \pm 1,01$ - $24,30 \pm 0,78$  экз./м<sup>2</sup>, массой  $428,0 \pm 11,88$ – $470,0 \pm 3,22$  г и урожайностью (биомассой) 85,0-112,8 т/га.

Таблица 5

Плотность произрастания слоевищ ламинарии второго года вегетации в августе 2008 г. при повторном оспоривании субстратов в 2006 г.

Наименование и № участка	Покрытие корковыми водорослями, %	Плотность размещения маточных слоевищ, экз./м <sup>2</sup>	Плотность двухлетней ламинарии, экз./м <sup>2</sup>
Участок № 1 (у мыса Подчасок)	5-10	0,3-0,4	$25,20 \pm 0,08$
Участок № 2 (южнее бухты Матросской)	60-80	0,8-1,0	$14,10 \pm 0,21$
Участок № 3 (севернее бухты Моряк-Рыболов)	20-40	0,5-0,6	$7,00 \pm 0,12$

При проведении добычи ламинарии с ее восстановленных полей на субстратах со значительным развитием корковых водорослей (80-100 %) плотность оставляемых маточных слоевищ должна быть значительно повышена (до 10-12 экз./м<sup>2</sup>).

Биохимический анализ товарных слоевищ ламинарии из ее восстановленных полей показал, что содержание воды и сухих веществ составляло 83,3–86,5 % и 13,5–16,7 %, что аналогично соотношению этих компонентов в слоевищах ламинарии из природных зарослей (содержание воды – 84,2–87,1 %, содержание сухих веществ - 12,9–15,8 %). В слоевищах ламинарии из восстановленных зарослей содержание углеводов колебалось в

пределах 19,7-21,5 %, маннита – 19,6–21,4 %, белка – 2,7–3,1 %, альгинатов – 22,8-26,8 % от сухого вещества, что соответствует показателям природной ламинарии (рис. 3).

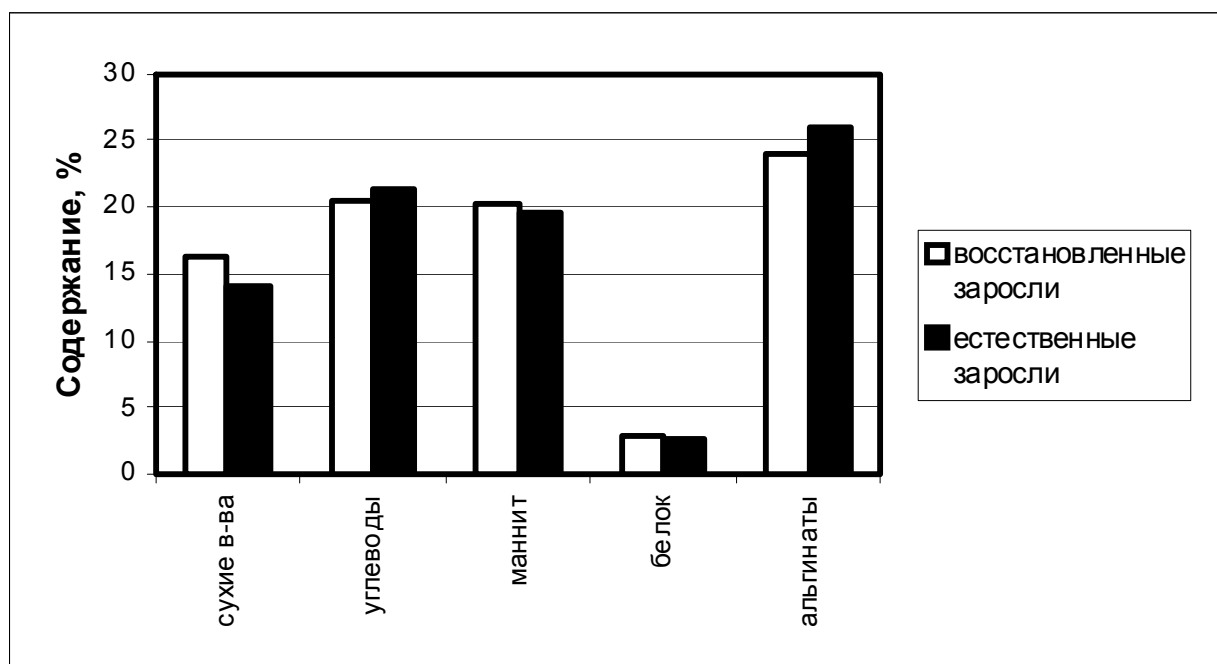


Рис. 3. Содержание основных химических веществ в слоевищах ламинарии из восстановленных и естественных зарослей

## ВЫВОДЫ

1. В прибрежье среднего Приморья к 2005 г. более 60 %, а к 2007 г. уже около 90 % полезных субстратов, пригодных для роста ламинарии, покрыты корковыми известковыми водорослями с различной степенью развитости. Темпы распространения корковых водорослей на участке от мыса Красная Скала до мыса Низменного составляют 11-12 % в год. Наиболее массовым видом порядка Corallinales, образующим покрытие каменистого субстрата в виде коркового слоя, является *Lithophyllum yessoense* (литофиллум). Период вегетации у литофилума продолжается около 20 месяцев, после чего слоевища отмирают и разрушаются.

2. При значительном покрытии субстратов корковыми известковыми водорослями зооспоры ламинарии прорастают в ювенильные спорофиты и

взрослые растения на известковых остатках корковых и на микроскопических участках свободного субстрата между их дерновинами.

3. Биотехнология восстановления полей ламинарии на субстратах, занятых корковыми водорослями, основана на завозе и размещении простимулированных маточных слоевищ ламинарии на дно с определенной плотностью. На участках дна со значительным покрытием корковыми водорослями на 80-100 % плотность размещения маточных слоевищ составляет 0,8-1,0 экз./м<sup>2</sup>, с покрытием на 20-40 % - 0,6 экз./м<sup>2</sup> и с покрытием на 5-10 % - 0,4-0,5 экз./м<sup>2</sup>. Это обеспечивает появление жизнестойкой рассады в количестве 1000-1200 экз./м<sup>2</sup>, что является залогом формирования устойчивого урожая.

4. В 2002-2006 гг. репродуктивная ткань ламинарии достигала максимального развития в конце сентября - начале октября. Период с оптимальными значениями температуры воды для развития зооспор и гаметофитов был ограничен, составлял в среднем 12 суток и наступал в более ранние сроки - 13-15 сентября, в связи с чем оспоривание естественных донных субстратов необходимо производить как можно в более сжатые сроки, для того чтобы дальнейшее развитие гаметофитов происходило при оптимальных (14-10 °С) и допустимых (10-6 °С) значениях температуры воды.

5. Выживаемость растений ламинарии, закрепившихся на свободных участках субстрата, покрытого корковыми водорослями, составляет в среднем 1,8-2,2 % от ювенильных стадий до зрелых слоевищ, что приближается к соответствующим показателям выживаемости в природных зарослях.

6. Биомасса ламинарии на восстановленных полях достигает 146,9-201,5 т с 1 га. Стабильных урожаев ламинарии на восстановленных полях можно достичь как методом изъятия всей выращенной продукции и заселением освобожденных участков зооспорами ламинарии повторно, так и путем изъятия только части урожая и оставления необходимого количества выращенных растений в качестве маточных.

7. Биохимический состав ламинарии из восстановленных зарослей в районе от мыса Низменного до мыса Красная Скала имеют следующие

показатели: содержание сухих веществ 13,5–16,7 %, углеводов 18,7–21,9 %, маннита – 18,7–21,5 %, белка – 2,6–3,3 % и альгината 22,8–26,8 %, что соответствует товарным характеристикам природной ламинарии.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Турабжанова И.С. Темп роста и особенности жизненного цикла корковой водоросли *Lithophyllum yessoense* у побережья Приморья // Изв. ТИНРО. – 2008. – Т. 154. – С. 58–67.

2. Крупнова Т.Н., Турабжанова И.С. Выращивание ламинарии японской (*Laminaria japonica*) донным способом в северном Приморье // Мат-лы междунар. науч.-практ. конф. «Экологические проблемы использования прибрежных морских акваторий». – Владивосток: ДВГУ, 2006. – С. 120–122.

3. Турабжанова И.С. Мероприятия по восстановлению полей ламинарии – как мера сохранения природных экологических систем // Мат-лы междунар. науч.-практ. конф. «Морская экология – 2007». – Владивосток: МГУ им. адм. Г.И. Невельского, 2007. – С. 210–212.

4. Крупнова Т.Н., Турабжанова И.С. Способы стабилизации восстановленных полей ламинарии японской (*Laminaria japonica*) при проведении добычи // Мат-лы науч. конф., посвященной 70-летию С.М. Коновалова «Современное состояние водных биоресурсов». — Владивосток: ТИНРО-центр, 2008. — С. 138–140.

5. Krupnova T., Turabzhanova I. Phenomenon “Isoyake” along the Far Eastern coast and the methods of control // Abstr. the Fourth Asian–Pacific Phycological Forum. — Bangkok, Thailand, 2005. — P. 131.

6. Krupnova T., Turabzhanova I. Kelp beds restoration on barren grounds along Russian coast of the Japan Sea // Abstr. XIX International seaweed Symposium. — Kobe, Japan, 2007. – P. 123.