

696

На правах рукописи

ИВИН Виктор Вадимович

ОБРАСТАНИЕ УСТАНОВОК МАРИКУЛЬТУРЫ И ЭПИФИТОН  
ЛАМИНАРИИ ЯПОНСКОЙ В УСЛОВИЯХ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ

03.00.18 - Гидробиология



АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Владивосток

1998

Работа выполнена в Лаборатории экологии шельфовых сообществ Института биологии моря Дальневосточного отделения Российской Академии Наук

Научный руководитель: академик РАН О.Г. Кусакин

Официальные оппоненты: доктор биологических наук  
В.В. Богатов  
кандидат биологических наук  
Н.И. Селин


Ведущая организация: Дальневосточный государственный университет

Защита состоится "3" июне 1998 г. в "12" часов на заседании диссертационного совета Д 003.66.01 при Институте биологии моря ДВО РАН по адресу: 690041, г. Владивосток, ул. Пальчевского, 17.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института биологии моря ДВО РАН.

Автореферат разослан "30" апреля 1998 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,  
кандидат биологических наук

 — Л.Л. Будникова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Одним из наиболее перспективных объектов марикультуры в Приморье является ламинария японская (*Laminaria japonica* Aresch., Phaeophyta). Работы по выращиванию этого вида в условиях двухгодичного цикла уже вышли из стадии экспериментальных исследований и приняли промышленные масштабы. Одна из основных проблем, возникающих при культивировании ламинарии, связана с заселением ее различными гидробионтами. Поселение на водорослях фитофагов приводит к потере значительной части урожая. Отсутствие на слоевищах ламинарии прикрепленных организмов (спирорбид, гидроидов, мшанок) во многом определяет товарный вид водоросли. В отдельные годы эпифитные организмы наносят ощутимый ущерб хозяйствам марикультуры (Пржеменецкая, Климова, 1983; Буянкина, Паймеева, 1987). Потеря урожая составляет до 50 - 80 %. Сильное обрастание установок марикультуры увеличивает их вес, снижает штормоустойчивость и повышает материалоемкость производства.

Цели и задачи работы. Цель работы - исследовать закономерности формирования сообществ обрастания и эпифитона на плантациях для промышленного культивирования ламинарии японской в двухгодичном цикле и оценить возможность прогнозирования развития исследуемых сообществ на основании бентосных съемок в районе постановки установок марикультуры.

Для достижения этой цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Изучить таксономический состав и распределение показателей количественного обилия видов обрастания и эпифитона на плантациях марикультуры.
2. Выделить и описать сообщества обрастания и эпифитона.
3. Изучить закономерности формирования сообществ обрастания и эпифитона.
4. Исследовать сезонную динамику численности, размножения и оседания на культивируемую ламинарию доминирующих видов эпифитона; закономерности их пространственного распределения по слоевищу макрофита.
5. Рассмотреть взаимосвязь

сообщества обрастания установок марикультуры на формирование эпибиоза культивируемой ламинарии. 6. Провести сравнение качественного состава сообществ обрастания, эпифитона и бентоса.

Научная новизна. Впервые проведены сезонные исследования сообществ обрастания и эпифитона на промышленных плантациях марикультуры ламинарии японской. В результате проведенных работ получены данные о видовом составе, показателях количественного обилия видов и структуре сообществ эпифитона ламинарии японской и обрастания установок для ее культивирования; выделены и описаны сообщества эпифитона и обрастания; исследована динамика формирования сообществ эпифитона и обрастания; проанализировано пространственное распределение доминирующих видов эпифитона по слоевищу макрофита; изучена биология массовых видов эпифитона ламинарии, выявлено влияние сообщества обрастания установок марикультуры на формирование сообщества эпифитона ламинарии; проведено сравнение качественного состава сообществ эпифитона, обрастания и бентоса.

Практическое значение работы. Результаты исследований могут быть использованы для оптимизации технологий искусственного разведения морских организмов. На основании полученных данных возможно разработать рекомендации по снижению отрицательного воздействия организмов эпифитона и обрастания при культивировании ламинарии.

Апробация работы. Результаты исследований и основные положения работы представлены и обсуждены на ежегодных совместных научно - практических семинарах ППО Приморрыбпром и ТИНРО МРХ (Владивосток, 1986 - 1991); научной конференции Института биологии моря, посвященной 20-летию создания Отдела биологии моря (Владивосток, 1987); совместных заседаниях школы передового опыта "Развитие марикультуры в Приморье" Краевого управления НТО пищевой промышленности (секция рыбной промышленности) и ППО Приморрыбпром (п. Анна, 1987; п. Глазковка, 1989); III научно - техниче-

ской конференции Крыма "Вклад молодых ученых и специалистов в решение современных проблем океанологии и гидробиологии" (Севастополь, 1988), III Всесоюзной конференции по морской биологии (Севастополь, 1988), Всесоюзной конференции "Научно - технические проблемы марикультуры в стране" (Владивосток, 1989); Всесоюзном совещании по морскому обрастанию и биокоррозии (Владивосток, 1989); Всесоюзной конференции "Рациональное использование биоресурсов Тихого Океана" (Владивосток, 1991); ежегодных научных конференциях ИБМ ДВО РАН (Владивосток, 1993; 1994; 1995; 1997); Конференции "Биоповреждения в промышленности" (Пенза, 1994); Конференции молодых ученых "Биомониторинг и рациональное использование гидробионтов" (Владивосток, 1997); Совместном заседании Гидробиологического и Экологического семинаров ИБМ ДВО РАН (Владивосток, 1998). Результаты работы были представлены также на конференциях: Fifth International Polychaete Conference (Qingdao, China, 1995); International Conference on Ecological System Enhancement Technology for Aquatic Environments - ECOSET '95 (Tokyo, Japan, 1995) и Asia-Pacific Conference on Science and Management of Coastal Environment (Hong Kong, 1996).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 13 работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 7 глав, выводов, списка литературы, приложения. Работа содержит 10 таблиц и 38 рисунков. Общий объем диссертации 176 страниц машинописного текста. Список литературы включает 243 работы, из них 118 на иностранных языках.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

В данной главе определено содержание терминов "эпифитон", "эпибиоз" и "обрастание". Рассмотрены технология и основные проблемы культивирования ламинарии в условиях двухгодичного цикла. Приведен краткий обзор ис-

следования организмов эпифитона и обрастания ламинарии японской, культивируемой на Дальнем Востоке России и основных регионах мира, занимающихся марикультурой ламинариевых водорослей.

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для настоящей работы послужили сборы эпифитона ламинарии японской и обрастания установок марикультуры на промышленных водорослеводческих плантациях Приморья: базы сейнерного флота им. Надибаидзе (п. Анна, б. Рифовая, зал. Петра Великого), экспериментальной базы марикультуры "Глазковка" (п. Глазковка, б. Кит) и рыбозавода "Каменский" (п. Каменка, б. Веселая, зал. Опричник) в период 1985 - 1990 гг.

Отбор проб с субстратов для выращивания ламинарии и установок марикультуры проводили с использованием легководолазного снаряжения (Звягинцев, Михайлов, 1980). Обработку собранного материала проводили по общепринятой гидробиологической методике (Holme, McIntyre, 1971). Показатели количественного обилия гидробионтов были пересчитаны на один погонный метр субстрата и представлены как экз./м и г/м.

В августе 1992 г. на водорослеводческой плантации рыбозавода "Каменский" выполнены работы по определению потока осаждающегося материала седиментационными ловушками (Blomquist, Kofoed, 1981) на глубинах 5 - 10 м, что соответствует диапазону глубин культивирования ламинарии.

Для изучения интенсивности размножения и плодовитости многощетинковых червей *Circeis armoricana* (сем. Spirorbidae) в 1988 - 1989 гг. ежемесячно отбирали не менее 100 половозрелых особей (максимальный диаметр трубки 1-2 mm) со слоевищ ламинарии японской. Известковые трубки спирорбид растворяли 5 % раствором соляной кислоты. При наличии кладки внутри трубки подсчитывали количество эмбрионов и отмечали стадию их развития (Gee, 1967). Для определения времени нахождения личинок спирорбид в планктоне в период их массового оседания осуществляли суточный отбор проб меропланктона,

которые выполняли с интервалом в 2 часа в августе 1988 г. Пробы планктона отбирали с глубины 15 м сетью Джеди.

Всего собрано 711 количественных и 230 качественных проб. Определение систематической принадлежности организмов эпифитона и обрастания проведено специалистами Института биологии моря, Камчатского института экологии и природопользования ДВО РАН, Дальневосточного государственного университета: И.С. Гусаровой, Н.Г. Ключковой и И.Р. Левенец (водоросли), С.Ф. Чаплыгиной (гидроиды), Е.В. Костиной (актинии), Э.В. Багавеевой и А.В. Ржавским (полихеты), В.И. Радашевским (личинки полихет в меропланктоне), Г.С. Васиной (изоподы), Л.Л. Будниковой (амфиподы), В.В. Гульбиным и А.В. Мартыновым (гастроподы), А.А. Кубаниным (мшанки) и А.А. Балановым (рыбы).

Все статистические вычисления были выполнены на ЭВМ типа IBM PC с использованием общепринятых методов, реализованных в пакете прикладных программ SYSTAT (Wilkinson, 1986).

## ГЛАВА 3. КРАТКАЯ ФИЗИКО - ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

### ВЕЛИЧИНА СЕДИМЕНТАЦИОННОГО ПОТОКА В РАЙОНЕ ПЛАНТАЦИИ МАРИКУЛЬТУРЫ

Известно, что заросли ламинариевых водорослей играют значительную роль в процессе детритообразования прибрежной зоны. По различным оценкам в детрит переходит от 25 до 40 % валовой годовой продукции ламинариевых водорослей (Возжинская, 1977). При культивировании ламинарии в районах промышленных установок марикультуры происходит интенсивное образование взвеси и накопление детрита в донных отложениях.

Результаты проведенных исследований показали, что поток материала, осаждающегося на дно в районе плантаций, характеризуется: 1) высокими абсолютными значениями (до 148,2 г/м<sup>2</sup> в сутки); 2) высокой зависимостью от вол-

нения моря; 3) осаждением терригенного вещества в виде агрегатов, в значительной степени обогащенных  $C_{орг}$ ; 4) быстрой седиментацией продуцируемого ламинарией органического вещества и малой степенью деструкции материала в ходе осаждения.

Таким образом, на мелководных участках плантации ламинария подвергается значительному воздействию оседающего материала. Это вызывает ускорение развития начальной фазы обрастания. При определенных условиях (наличие личинок гидробионтов) это способствует быстрому заселению водоросли эпифитными организмами, а впоследствии и патогенными микроорганизмами.

#### ГЛАВА 4. СООБЩЕСТВО НА ВЫРОСТНЫХ СУБСТРАТАХ ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ЛАМИНАРИИ

Всего на плантациях трех водорослеводческих хозяйств Приморья в обследованных сообществах эпифитона ламинарии японской и обрастания выростных субстратов был обнаружен 241 вид (или более крупных таксономических категорий, далее по тексту - условно видов): 70 - водорослей и 171 - животных. Это составляет около 95 % от общего списка видов, зарегистрированных в сообществах ламинариевых водорослей морей северо-западной Пацифики (Tokida, 1960; Tokida, Yama, 1960 a, b; Tokida, Ohmi, 1963; Ohmi, Tokida, 1968; Суховеева, 1975). Видовое богатство сообществ на трех исследованных хозяйствах марикультуры составляет, соответственно 115, 118 и 114 видов. Основанный на гиперболической модели "виды - площадь" метод выявления статистической значимости различий видовых списков (Суханов, 1983) с достоверной вероятностью  $P = 0,95$  свидетельствует о том, что все три видовых списка представляют собой выборку из одной и той же генеральной совокупности.

При описании динамики сообществ эпифитона использовали результаты исследования сообщества обрастания выростных субстратов на промышленной плантации водорослеводческого хозяйства рыбозавода "Каменский".

Массовыми представителями сообщества ламинарии японской, встречающимися в течение всего цикла культивирования, можно считать следующие 7 видов макрофитов и 24 вида беспозвоночных: *Punctaria plantaginea*, *Scytosiphon lomentaria*, *Laminaria japonica* и *Costaria costata* (Phaeophyta), *Antithamnionella miharai*, *Ceramium japonicum* и *Polysiphonia morrowii* (Rhodophyta), *Obelia longissima* и *Bougainvillea ramosa* (Hydrozoa), *Metridium senile* (Anthozoa), *Gattyana* sp., *Harmothoe imbricata*, *Typosyllis pylchra occidentalis*, *Nereis pelagica*, *N. zonata* и *Serpula vermicularis* (Polychaeta), *Ampithoe* sp., *A. eoa*, *Jassa marmorata*, *Pareurystheus gurjanovae*, *Pontogeneia kondakovi*, *Caprella* sp., *C. acanthogaster*, *C. cristibranchium* и *C. mutica* (Amphipoda), *Epheria turrata* и *Coryphella athadona* (Gastropoda), *Mytilus trossulus*, *Pododesmus macroshisma* и *Hiatella arctica* (Bivalvia), *Celleporella hyalina* (Bryozoa).

Безусловным доминантом и эдификатором исследуемого сообщества является ламинария японская. Фонообразующие виды эпифитона - красные водоросли *A. miharai* и *P. morrowii*; гидроид *O. longissima*; амфилоды *J. marmorata* и *Caprella* sp.; голожаберный моллюск *C. athadona*.

Определяющую роль в развитии сообщества играет культивируемая ламинария. Проведенное исследование сообщества на выростных субстратах позволяет рассматривать его как консорцию. Как известно, под консорцией понимается структурная единица биоценоза - совокупность популяций организмов, жизнедеятельность которых тесно связана с центральным видом или доминантом данной консорции (Беклемишев, 1951). По мере роста культивируемой ламинарии меняются ее свойства как эдификатора среды: ризоиды накапливают детрит, создают субстрат и укрытие для многих подвижных животных. Слоевиде водоросли, ее ствол и ризоиды сами становятся субстратом для эпифитных организмов. Существуют различия в дыхательной активности и количестве выделяемых в окружающую среду метаболитов на разных стадиях развития макрофита. В развитии сообщества выделено 4 стадии сукцессии (рис. 1),

связанных с развитием культивируемого вида и характеризующихся резкими изменениями видового состава.

**I. Пионерная стадия сукцессии обрастания выростных субстратов.** При культивировании ламинарии японской в сентябре - октябре проводят оспоривание (осаждение спор) выростных субстратов и вывешивание их в море (Крупнова, 1985). Первой стадии развития сообщества на выростных элементах соответствует период 2 - 5-й месяцы после оспоривания (ноябрь - февраль). После вывешивания поводцов-субстратов на плантации, на них начинается прорастание из спор гаметофитов ламинарии. Культивируемый вид не является эдификатором. Наряду с прорастанием ламинарии в этот период наблюдается оседание на поводцы организмов-обрастателей, имеющих в планктоне достаточное количество личинок и спор. Также происходит заселение субстратов за счет миграции гидробионтов из биотопов обрастания водорослеводческой плантации. Обрастание субстратов в данный период представлено гидроидным сообществом *Obelia longissima*. При благоприятных для гидроидов условиях обелия может образовывать значительные биомассы в обрастании поводцов, в связи с чем может являться одним из основных топических конкурентов культивируемой ламинарии. Таким образом, в данный период решается судьба урожая культивируемой ламинарии, ожидаемого через полтора - два года. После месячной экспозиции на выростных субстратах доминируют гидроиды, составляющие 82 % от общей биомассы, которая в среднем равна 12,8 г/м. Субдоминантами являются голожаберные моллюски *C. athadopa*, находящиеся с гидроидами в отношении хищник - жертва. Биомасса моллюсков составляет 2,2 г/м (17,0 %) при плотности поселения 452,8 экз./м. На протяжении данного периода наблюдается заметное влияние хищных видов (капреллиды и голожаберные моллюски) на структуру сообщества. По мере выедания гидроидных столонов происходит элиминация капреллид и моллюсков. В сообществе зарегистрировано 23 вида растений и животных. Большинство встреченных в этот период

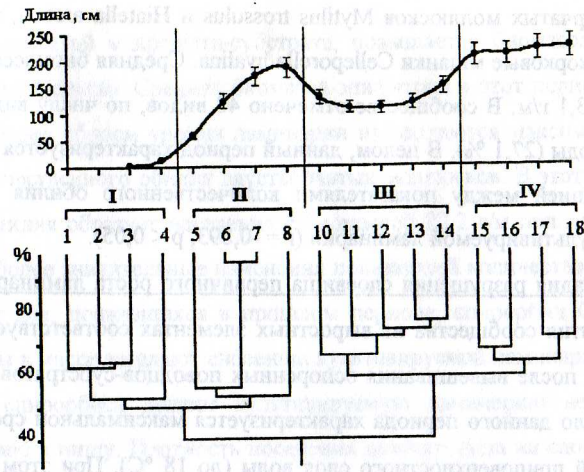


Рисунок 1. Изменение длины (см) слоевища ламинарии японской (вверху) и дендрограмма сходства (%) видового состава сообществ обрастания и эпифитона на выростных субстратах различных сроков экспозиции (внизу). Обозначения: вертикальные линии - стандартная ошибка; арабские цифры - продолжительность экспозиции, мес.; римские цифры - стадии сукцессии.

организмов являются банальными видами-обрастателями. По видовому богатству доминируют амфиподы, доля которых составляет 34,8 % от числа видов, отмеченных на данной стадии.

**II. Стадия первичного роста ламинарии.** Второй стадии развития сообщества на выростных элементах соответствует период 5 - 8-й месяцы после вывешивания оспоренных поводцов-субстратов (март - июнь). Данный период характеризуется интенсивным ростом молодых спорофитов ламинарии. К концу данного периода максимальная биомасса ламинарии достигает 2,5 кг/м при среднем значении 730,8 г/м. У культивируемой водоросли развивается мощный ризоид (Буянкина, 1981), в результате чего формируется местообитание для ряда подвижных животных. На данной стадии происходит вселение в сообще-

ство двустворчатых моллюсков *Mytilus trossulus* и *Hiatella arctica*, на ризоидах появляются корковые мшанки *Celleroporella hyalina*. Средняя биомасса эпифитона составляет 23,1 г/м. В сообществе отмечено 48 видов, по числу видов доминируют амфиподы (27,1 %). В целом, данный период характеризуется отрицательной корреляцией между показателями количественного обилия эпифитов и биомассой культивируемой ламинарии ( $r = -0,893$ ,  $p < 0,05$ ).

**III. Стадия разрушения слоевища первичного роста ламинарии.** Третьей стадии развития сообщества на выростных элементах соответствует период 9-14-й месяцы после вывешивания оспоренных поводцов-субстратов (июль - декабрь). Начало данного периода характеризуется максимальной среднегодовой температурой приповерхностного слоя воды (до 18 °С). При этом происходит приостановка роста и частичное разрушение первогодних спорофитов ламинарии, которые вызваны летним повышением температуры воды. При максимальной температуре воды средняя биомасса ламинарии на субстратах снижается до 523,7 г/м. Своего наибольшего развития достигают гидроиды (49,0 г/м), составляющие 88,1 % от общей биомассы эпифитона, равной в среднем 55,6 г/м. В самый неблагоприятный для ламинарии период в эпифитоне появляются спирорбиды *Circeis atmocisana*, плотность поселения которых достигает 334 экз./м. Всего в сообществе отмечено 73 вида. С накоплением детрита среди ризоидов продолжается вселение в сообщество новых видов. В этот период доминируют полихеты и амфиподы (23,3 % и 17,8 %, соответственно).

**IV. Стадия вторичного роста ламинарии.** Последней стадии развития сообщества обрастания на выростных элементах соответствует период 15 - 18-й месяцы после вывешивания оспоренных поводцов-субстратов (январь - апрель). Происходит интенсивный вторичный рост слоевища ламинарии. В конце цикла культивирования (апрель, 18-й месяц) отмечается максимальная биомасса ламинарии. На верхнем участке поводца-субстрата биомасса макрофита достигает 20,4 кг/м при средней длине слоевища 234 см. Наряду с увеличением количест-

венных показателей макрофита-субстрата, повышается биомасса эпифитного комплекса сообщества. Средняя биомасса эпифитона в этот период составляет 100,4 г/м. Перед сбором урожая ламинарии наблюдаются максимальные показатели количественного обилия двустворчатых моллюсков. В этот период тихоокеанская мидия образует поселения с биомассой 22,2 г/м при плотности 14,3 экз./м. Наиболее значительные изменения показателей количественного обилия отмечаются для, появившихся в прошлом периоде, спирорбид *C. atmocisana*. Спирорбиды в массе заселяют слоевища культивируемой ламинарии. Массовые поселения спирорбиса делают культивируемую ламинарию непригодной к употреблению в пищу. Плотность поселения данного вида на слоевищах ламинарии непрерывно увеличивается, достигая 600 экз./дм<sup>2</sup>. Последний период характеризуется также максимальным видовым богатством эпифитона. В сообществе зарегистрировано 80 видов. Эпифитные водоросли представлены 29 видами. По числу видов в сообществе преобладают амфиподы (26,3 %) и полихеты (20,0 %).

Общий ход развития сообщества, по всей видимости, объясняется физиологическим состоянием растущей ламинарии. Известно, что большинство макрофитов обладают хорошо выраженной антибиотической активностью (Al-Ogily, Knight-Jones, 1977; Трунова, Гринталь, 1977; Wahl, 1989). Данная активность не остается постоянной в течение жизненного цикла макрофитов, изменяясь по сезонам (Кучерова, 1970; Hornsey, Hide, 1976). Максимальная активность у большинства макрофитов отмечается весной, когда водоросли лишены эпифитов. В ряде случаев наблюдается изменение антибиотической активности с возрастом. Максимальная активность зарегистрирована у молодых, интенсивно растущих растений, а также при переходе зрелых водорослей в стадию активного роста (Burkholder et al., 1960; Conover, Seiburth, 1964; Sobot et al., 1980). Таким образом становятся понятными причины количественных изменений, происходящих на данной стадии в эпифитном комплексе сообщества ламинарии

японской.

## ГЛАВА 5. МАССОВЫЕ ВИДЫ ЭПИФИТОНА, НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИХ БИОЛОГИИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

### БИОЛОГИЯ МАССОВЫХ ВИДОВ ЭПИФИТОНА

***Circeis armoricana* (Saint-Joseph)** - один из наиболее массовых видов эпифитона и обрастания марикультуры ламинарии японской. На исследованных плантациях образует поселения на слоевищах культивируемой водоросли с максимальной плотностью до 6000 экз./дм<sup>2</sup> при биомассе до 12 г/дм<sup>2</sup>. Это приводит к потере 50 - 80 % урожая ламинарии (Буянкина, 1983).

**Размножение.** Как и остальные представители семейства Spirorbidae, *C. armoricana* является одновременным гермафродитом. Размножение исследуемого вида начинается при достижении максимального диаметра спирали  $1,9 \pm 0,1$  мм, что соответствует возрасту 2 - 3 мес.

Размножающиеся особи спирорбид (с эмбрионами в трубке) встречались в пробах в течение всего года. Размножение происходило постоянно, изменяясь по интенсивности (таблица). В феврале, при минимальной годовой температуре (-1,4°C) отмечено размножение у 9,4 % взрослых особей. С весенним повышением температуры воды наблюдается увеличение интенсивности размножения, достигающего в июне своего максимума - 96,7 %. В дальнейшем интенсивность размножения падает и в декабре только 2,5 % взрослых особей содержит эмбрионы в трубке. Интенсивность размножения достоверно коррелирует с температурой воды ( $r = 0,456$  при  $p \ll 0,01$ ). Только 20,8 % варьирования интенсивности размножения определяется изменением температуры.

Наряду с изменением интенсивности размножения спирорбид меняется и их плодовитость (таблица). Среднее число эмбрионов в кладке варьирует от 79,1 в январе до 160,8 в июне при максимальной интенсивности размножения.

Индивидуальная плодовитость в течение всего года практически не зависит от размера спирали спирорбиса. Лишь в начале летнего пика интенсивности

Таблица. Сезонная динамика интенсивности размножения и плодовитости

*Circeis armoricana*

Месяц	Температура, °C	Интенсивность размножения, %	Плодовитость	
			Размах	M ± SD
Январь	-1,3 ± 0,1	20,0 ± 3,3	10 - 215	79,1 ± 10,2
Февраль	-1,6 ± 0,1	9,4 ± 2,2	19 - 147	92,1 ± 8,6
Март	-0,5 ± 0,1	47,5 ± 5,2	32 - 214	126,3 ± 6,3
Апрель	1,8 ± 0,2	62,1 ± 7,5	8 - 295	140,6 ± 13,3
Май	5,8 ± 0,3	96,2 ± 1,6	58 - 292	140,6 ± 8,3
Июнь	9,9 ± 0,4	96,7 ± 3,3	113 - 225	160,8 ± 23,4
Июль	14,5 ± 0,4	1,4 ± 1,4	-	135,0
Август	17,9 ± 0,2	83,3 ± 16,7	51 - 110	69,0 ± 10,9
Сентябрь	16,4 ± 0,3		нет данных	
Октябрь	8,9 ± 0,7	51,3 ± 5,0	1 - 171	70,0 ± 11,0
Ноябрь	3,8 ± 0,4	23,2 ± 10,7	6 - 65	33,3 ± 6,4
Декабрь	0,6 ± 0,2	2,5 ± 1,6	76 - 79	77,5 ± 1,5

размножения наблюдается высокая положительная корреляция этих параметров ( $r = 0,328$  в апреле и  $r = 0,309$  в мае, при  $p \ll 0,01$ ). Варьирование интенсивности размножения лишь на 10,8 % и 9,5 %, соответственно, объясняется изменением диаметра спирали. Нерест в популяции не синхронизирован, поскольку одновременно встречаются особи с эмбрионами на разных стадиях развития.

**Оседание и метаморфоз.** Выход личинок из кладок и оседание на субстрат происходит только в ночное время суток; максимальное количество личинок зарегистрировано в 5 часов утра. Многочисленные пробы планктона, взятые днем на разных участках плантации вблизи поводцов с ламинарией, не содержат личинок этого вида. Осевшие особи формируют известковые домики диаметром  $300 \pm 10$  мкм. Через 2 - 3 месяца осевшие полихеты достигают половой



зрелости и начинают размножаться сами.

Сезонная динамика оседания. Размножение *S. aptogisana*, как показано выше, происходит в течение всего года. Динамика оседания спирорбид на культивируемую ламинарию имеет ряд особенностей. На слоевищах первогодней ламинарии (возраст 0 +) известковые домики полихет впервые появляются лишь в конце мая - начале июня, т.е. через 7 - 9 месяцев после вывешивания оспоренных поводцов в море.

Первые домики отмечаются на ламинарии, расположенной в нижней части поводцов на прибрежных участках. В дальнейшем они появляются в верхней части поводцов и расселяются по всей плантации, охватывая и мористые участки. В летний период плотность поселения полихет увеличивается. В сентябре - октябре домики спирорбид встречаются не только на слоевищах, но и на стволиках и ризоидах ламинарии. В этот период по всей плантации отмечена 100%-ная встречаемость *S. aptogisana* на слоевищах, включая и проростки длиной 2 - 3 см.

На слоевищах вторичного роста многочисленные домики *S. aptogisana* впервые появляются в конце мая - начале июня, после повышения температуры воды более 4°C. По сравнению с первогодней, обрастание второгоней ламинарии происходит более интенсивно. Очевидно, это связано с тем, что в первом случае источник личинок весьма удален от ламинарии, в то время как на второгоней ламинарии личинкам необходимо преодолеть расстояние между первичным и вторичным слоевищами одной и той же водоросли. Вероятно, этим можно объяснить также и то, что обрастание первогодней ламинарии начинается несколько позднее, чем второгоней.

Сопоставление жизненного цикла культивируемой ламинарии и сезонной динамики оседания спирорбид позволяет сделать вывод, что обрастание ламинарии связано не с периодичностью размножения полихет, а с изменением физиологического состояния водоросли. Несмотря на постоянное размножение *S.*

*aptogisana*, личинки этого вида не оседают на слоевища ламинарии, интенсивно растущие зимой и весной.

*Epheria turrita* (A. Adams) - эферия башневидная - один из массовых видов эпифитона и обрастания марикультуры ламинарии японской. На водороследческой плантации в б. Рифовая образует поселения на слоевищах культивируемой водоросли с максимальной плотностью до 500 экз./таллом.

Размножение. Единичные кладки эферии начинают появляться на слоевищах ламинарии начиная с середины января при отрицательной температуре воды (до -1,4°C). Массовое размножение начинается в апреле, при повышении температуры воды до 5°C, и продолжается до начала июня.

Сезонная динамика оседания. В конце июня на слоевищах ламинарии начинают появляться ювенильные особи эферии. В этот период высота их раковины составляет  $0,7 \pm 0,1$  мм. Пик оседания личинок этого вида наблюдается в августе при максимальных значениях температуры воды (до 23°C). При этом средняя плотность поселения эферии составляет 157,3 экз./таллом.

В дальнейшем происходит постепенное снижение плотности поселения этого моллюска. Наибольшее сокращение численности отмечено после поднятия горизонтальных канатов с поводцами на глубину 2 м. При этом происходит усиление омывания слоевищ, что приводит к смыванию моллюсков. К началу нереста (декабрь - январь) эферия сохраняется, в основном, на талломах в нижней части поводца (глубина 6 - 7 м) в складках слоевищ. Средняя плотность поселения в этот период составляет 1,6 экз./таллом. В дальнейшем, с гибелью отнерестившихся особей, эта величина продолжает уменьшаться.

#### ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭПИБИОНТОВ НА СЛОЕВИЩЕ ЛАМИНАРИИ

На слоевищах ламинарии японской в условиях промышленного культивирования отмечено 8 видов гидроидов (*Bouganvillia ramosa*, *Eudendrium annulatum*, *Orthopyxis integra*, *O. platycarpa*, *O. compressa*, *Clytia languida*, *Obelia*

*longissima* и *Halecium lankesteri*), многощетинковые черви-спирорбиды *Circeis atropicana* и 2 вида мшанок (*Celleporella hyalina* и *Vugula pacifica* pana). Спирорбиды присутствуют в эпифауне в течение всего года.

Наиболее высокие средние биомассы эпибионтов отмечены в базальной части слоевища. По показателям количественного обилия эпифитона на слоевище ламинарии выделяются 4 возрастные зоны в соответствии с возрастным градиентом макрофита-субстрата: зона роста, представляющая наиболее молодую ткань слоевища, а также - базальная, медиальная и дистальная части слоевища в соответствии с увеличением возраста водоросли.

В зоне роста доминирует корковая мшанка *C. hyalina* (82,6 % от общей биомассы эпибиоза) с биомассой 3,7 г/дм<sup>2</sup>. Биомасса остальных групп эпибионтов не превышает 0,5 г/дм<sup>2</sup>. В базальной и медиальной зонах сохраняет доминирующее положение *C. hyalina* (53,4 и 51,6 %, соответственно). В основании слоевища субдоминантами являются гидроиды (23,2 %) и кустовидная мшанка *V. pacifica* pana (21,8 %) с биомассами 1,7 и 1,6 г/дм<sup>2</sup>, соответственно. В средней части - гидроиды (58,3 %) с биомассой 1,6 г/дм<sup>2</sup>.

В дистальной части слоевища доминируют гидроиды (58,3 %) с биомассой 0,7 г/дм<sup>2</sup>. Субдоминант - *C. hyalina* (36,8 % и 0,5 г/дм<sup>2</sup>, соответственно).

По результатам дисперсионного анализа сторона слоевища как фактор достоверно влияет на распределение каждого из исследованных эпибионтов ( $p < 0,001$ ). Возрастной градиент субстрата достоверно определяет распределение спирорбид и мшанок ( $p < 0,001$ ). Влияние возрастного градиента на распределение гидроидов статистически не достоверно, что может объясняться различным влиянием данного фактора на распределение каждого из видов. Совместное воздействие факторов на распределение эпибионтов не выявлено, т.е. факторы влияют независимо друг от друга.

## ГЛАВА 6. СООБЩЕСТВО ОБРАСТАНИЯ УСТАНОВОК ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ЛАМИНАРИИ

Всего на обследованных установках, находящихся в эксплуатации в течение пяти лет, обнаружено 80 видов обрастателей. Это составляет около 30 % от общего видового списка организмов, встреченных на водорослеводческих плантациях. Основу видового богатства в течение всех сроков экспозиции составляют многощетинковые черви и амфиподы.

Во время развития сообщества обрастания установок марикультуры наблюдается постулируемое Брайко (1985) монотонное возрастание видового богатства с увеличением экспозиции. Этот факт еще раз подтверждает мнение о том, что сообщества обрастания могут выступать в качестве аккумулятора организмов-обрастателей и поставщика их личинок (Звягинцев и др., 1982; Бушуев и др., 1986).

В развитии сообщества обрастания установок марикультуры ламинарии японской можно выделить две стадии сукцессии.

**I стадия.** Установки марикультуры в первый год эксплуатации заселяются организмами, имеющими достаточное количество личинок и спор в планктоне и способными оседать на данный субстрат. Доминирует в сообществе однолетняя бурая водоросль - костария ребристая. В этот период происходит заполнение свободных экологических ниш водорослевого сообщества. Ламинария японская, имеющая двухлетний жизненный цикл, не достигает в этот период дефинитивных размеров и не способна в достаточной степени конкурировать с костарией.

**II стадия.** Это самая продолжительная стадия в нашем исследовании. Ее начало совпадает со вторым годом эксплуатации установок марикультуры и продолжается до конца исследования. Второй год является переломным в развитии сообщества обрастания. Ламинария подросла и начинает вытеснять одноклеточную костарию. В результате этого последний вид, доминировавший на

первой стадии, в большинстве случаев переходит в разряд субдоминантов.

Наряду со сменой доминирующего вида в сообществе происходят изменения эпифауны, ассоциированной с макрофитами. Наиболее наглядно эти изменения прослеживаются для спирорбиды *C. artemesia*.

Для многолетнего обрастания установок марикультуры ламинарии японской характерен хорошо выраженный пик биомассы в диапазоне глубин 5 - 10 метров. Эти глубины соответствуют диапазону обычного распространения ламинарии японской в Приморье (Перестенко, 1980).

#### ВЛИЯНИЕ СООБЩЕСТВА ОБРАСТАНИЯ УСТАНОВОК МАРИКУЛЬТУРЫ НА ФОРМИРОВАНИЕ СООБЩЕСТВА ЭПИФИТОНА ЛАМИНАРИИ

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о роли обрастания установок в качестве аккумулятора основных организмов-обрастания и эпифитона культивируемой ламинарии и поставщика их личинок.

Наиболее массовым видом обрастания и эпифитона являются спирорбиды *C. artemesia*. Поэтому взаимоотношение сообществ обрастания и эпифитона рассмотрено на примере этого вида. На основании полученных данных на водорослеводческой плантации можно выделить три субпопуляции спирорбид: в обрастании установок марикультуры; в эпифитоне первогодней и в товарной ламинарии.

При размножении спирорбид из кладок выходят вполне сформировавшиеся личинки, готовые к оседанию. Отсутствие в жизненном цикле данного вида продолжительной планктонной стадии практически исключает заселение плантации путем заноса личинок извне, а также препятствует существенному выносу личинок за пределы плантации. Это способствует ее "самозаселению". Общую схему "самозаселения" можно представить следующим образом (рис. 2). Первоначальное заселение плантации происходит за счет постоянно существующего природного фонда организмов. Механизм первоначального заселения связан с заносом взрослых полихет на обрывках морских трав (филлоспадикс,



Рисунок 2. Схема "самозаселения" водорослеводческой плантации спирорбидами *Circeis artemesia*

зостера) и макрофитов (цистозира, саргассум). Такие обрывки появляются на плантации после сильных штормов. Они зацепляются за несущие элементы установки (горизонтальные канаты и якорные оттяжки) и за поводцы-субстраты с первогодней и товарной ламинарией. При размножении спирорбид, находящихся на всевозможных плавающих субстратах, происходит оседание личинок как на культивируемую ламинарию, так и на ламинарию, находящуюся в обрастании установок марикультуры.

Через три месяца после первичного заселения осевшие особи спирорбид становятся половозрелыми и начинают размножаться. Размножение этих особей способствует вторичному заселению или "самозаселению" водорослеводческой плантации. Размножение спирорбид происходит в течение всего года, что способствует их быстрому расселению по плантации. Таким образом на основании

имеющихся данных можно предположить, что проведение очистки от обрастания водорослеводческих установок способствует прерыванию цикла "самозаселения" плантации.

## ГЛАВА 7. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СООБЩЕСТВ ЭПИФИТОНА, ОБРАСТАНИЯ И БЕНТОСА

Не вызывает сомнений, что обрастание в том смысле, как его понимают многие исследователи (Редфилд, Диви, 1957; Зевина, 1972, 1994; Резниченко и др., 1976), имеет ярко выраженные структурные особенности и обычно формируется иначе, чем сообщества твердых субстратов в бентали. В связи с этим возникает вопрос о возможности прогнозирования обрастания на основании изученности бентоса определенной акватории. Некоторые исследователи, например Горин (1980), считают, что обрастание имеет много общего по отношению к сообществам бентали. Другие авторы (Резниченко и др., 1976; Звягинцев, 1990; Звягинцев и др., 1990), напротив, выступают за выделение антропоали в зону, имеющую самостоятельный статус.

Рассматриваемый вопрос имеет принципиальное значение для определения возможности экстраполяции имеющихся данных на обрастание гидротехнических установок и эпibiоз культивируемых объектов при организации хозяйств марикультуры. В 1990-1991 гг. нами были проведены сравнительные исследования структуры бентосного сообщества *Laminaria japonica*. Бентосные съемки проводили в районе размещения промышленных плантаций марикультуры.

Полученные результаты позволяют провести сравнение видового состава сообществ многолетнего обрастания установок для культивирования ламинарии японской, сообщества эпифитона ламинарии на выростных субстратах и бентосного сообщества *L. japonica*. Все три сообщества располагались в одной бухте на глубинах: 0,5 - 7 м; 2 - 10 м и 2,5 - 20 м, соответственно.

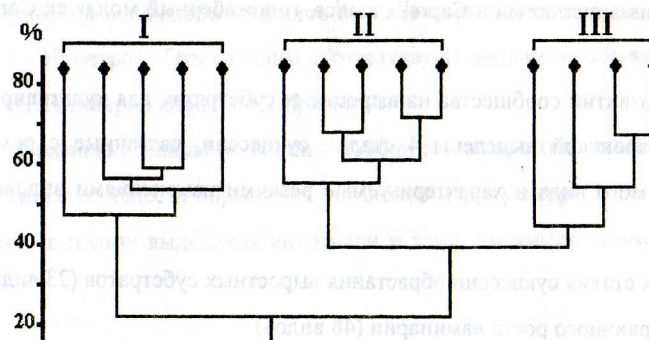


Рисунок 3. Дендрограмма сходства (%) видового состава бентосного сообщества *Laminaria japonica* (I), многолетнего обрастания установок для культивирования ламинарии японской (II) и эпифитона (III).

Сходство видового состава исследованных сообществ отражает дендрограмма (рис. 3). На дендрограмме довольно резко обособлены две группы: сообщества на антропогенных субстратах (обрастание установок марикультуры, эпифитон культивируемой ламинарии на выростных субстратах) и бентоса на уровне сходства 25 %. Обрастание установок марикультуры и эпифитонное сообщество на выростных субстратах образуют объединенную группу на уровне сходства около 40 %. Таким образом, низкий уровень сходства видовых составов сообществ антропогенных субстратов и бентоса свидетельствуют о возможности выделения антропоали в зону, имеющую самостоятельный статус.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. В составе сообществ обрастания установок марикультуры и эпифитона ламинарии японской на водорослеводческих плантациях Приморья зарегистрирован 241 вид (таксон). Фонообразующими видами являются красные водоросли *Antithamnionella miharai* и *Polysiphonia morganii*, гидроид *Obelia longissima*,

амфиподы *Jassa marmorata* и *Caprella mutica*, голожаберный моллюск *Coryphella athadona*.

2. В развитии сообщества на выростных субстратах для культивирования ламинарии японской выделены 4 стадии сукцессии, связанные с развитием культивируемого вида и характеризующиеся резкими изменениями видового состава:

- пионерная стадия сукцессии обрастания выростных субстратов (23 вида)
- стадия первичного роста ламинарии (48 видов)
- стадия разрушения слоевища первичного роста (73 вида)
- стадия вторичного роста ламинарии (80 видов)

3. Впервые для Пацифики показано круглогодичное размножение многощетинкового червя - спирорбиды *Circeis anagisana*, ассоциированного с ламинарией. Отсутствие в жизненном цикле спирорбид продолжительной личиночной стадии способствует возникновению "самозаселения" плантации при размножении особей из обрастания установок марикультуры.

4. Наибольшие биомассы эпибионтов отмечены на нижней поверхности слоевища. По характеру количественного обилия эпибионтов выделено четыре зоны слоевища ламинарии. Показатели количественного и качественного обилия эпибионтов зависят от размеров слоевища ламинарии и обилия гидроидных полипов, являющихся субстратом для оседания молодежи ряда видов гидробионтов.

5. В развитии сообщества обрастания установок марикультуры отмечено две стадии. Первая, продолжительностью 1,5 - 2 года, представлена однолетней бурой водорослью - костарией ребристой. Вторая - климаксное сообщество обрастания с доминированием ламинарии японской. Обрастание установок марикультуры выполняет роль аккумулятора организмов обрастания и эпибионтов культивируемой ламинарии.

6. В сообществе многолетнего обрастания установок марикультуры ламинарии японской наблюдается хорошо выраженный пик биомассы в диапазоне глубин 5 - 10 метров. Эти глубины соответствуют диапазону обычного распространения ламинарии японской в Приморье.

7. Сравнение видового состава сообществ эпифитона ламинарии японской, а также сообществ обрастания установок марикультуры и бентоса свидетельствует в пользу выделения антропопаги в зону, имеющую самостоятельный статус.

#### СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

1. Ивин В.В. Эпибионты ламинарии японской в условиях промышленного выращивания // Тез. докл. III науч.- техн. конф. Крыма "Вклад молодых ученых и специалистов в решение современных проблем океанологии и гидробиологии". Севастополь, 1988. С. 73.
2. Ивин В.В. Размножение и сезонная динамика численности вредителя ламинариевых плантаций - моллюска *Epheria turrita* // Тез. докл. III Всес. конф. по морской биологии. Киев, 1988. С. 61-62.
3. Ивин В.В. Эффект самозаражения ламинарии спирорбидами в культуре // Научно - технические проблемы марикультуры в стране: Тез. докл. Всесоюз. конф. Владивосток, 1989. С. 150-151.
4. Ивин В.В. К изучению эпибионтов ламинарии японской в условиях промышленного выращивания // Систематика и хоровология морских организмов. Владивосток: ДВО АН СССР, 1990. С. 81-86.
5. Ивин В.В., Радашевский В.И., Темных А.А. Рекомендации по профилактике обрастания спирорбисом ламинарии, культивируемой на севере Приморья: Метод. рекомендации. Владивосток: ТИНРО, 1990. 20 с.
6. Ивин В.В. Профилактика обрастания ламинарии японской в культуре // Рациональное использование биоресурсов Тихого океана: Тез. докл. Всесоюз. конф. Владивосток, 1991. С. 190-191.

7. Ивин В.В. Обрастание установок марикультуры ламинарии японской // Биоповреждение в промышленности: Тез. докл. Пенза, 1994. С. 56-57.
8. Ivin V.V. Fouling in *Laminaria japonica* mariculture // Proceedings of the International Conference on Ecological System Enhancement Technology for Aquatic Environments "ECOSSET-95". Tokyo, 1995. P. 495-500.
9. Звягинцев А.Ю., Ивин В.В., Масленников С.И., Фадеев В.И. Влияние обрастания гидробиотехнических установок на марикультуру водорослей и моллюсков // Тез. докл. Междунар. симп. по марикультуре. М.: ВНИРО, 1995. С. 87-88.
10. Ivin V.V. Spatial distributions of epibionts on the thalli of cultured *Laminaria japonica* // Asia-Pacific Conference on Science and Management of Coastal Environment. Hong Kong, 1996. P. 311.
11. Ivin V.V. Seasonal dynamics of intensity of reproduction and fertility in *Circeis armoricana* (St-Joseph, 1894) (Polychaeta) // Bull. Mar. Sci. 1997. 60(2). P. 543-546.
12. Ивин В.В. Сезонная динамика интенсивности размножения и плодовитости *Circeis armoricana* (Saint-Joseph, 1894) (Polychaeta) // Биомониторинг и рациональное использование гидробионтов: Тез. докл. Владивосток, 1997. С. 30-31.
13. Ивин В.В. Сообщество монокультуры ламинарии японской // Биомониторинг и рациональное использование гидробионтов: Тез. докл. Владивосток, 1997. С. 31-33.

Виктор Вадимович ИВИН

ОБРАСТАНИЕ УСТАНОВОК МАРИКУЛЬТУРЫ И ЭПИФИТОН  
ЛАМИНАРИИ ЯПОНСКОЙ В УСЛОВИЯХ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ

Автореферат

Изд. лиц. ЛР № 040118 от 15.10.96 г.  
Подписано к печати 29.04.98 г. Формат 60x84/16.  
Печать офсетная. Усл.п.л. 1,5. Уч.-изд.л. 1,34.  
Тираж 100 экз. Заказ 97

---

Отпечатано в типографии издательства «Дальнаука» ДВО РАН  
690041, г. Владивосток, ул. Радио, 7