

# ***Культивирование бурых водорослей***

***Лекция 6***



В морях и океанах произрастает несколько тысяч видов водорослей, из которых немногим более 100 видов используются человеком в пищу, в качестве удобрений, для технических и кормовых целей. Водоросли богаты микроэлементами, йодом, витаминами, углеводами, белками, содержат антибактериальные вещества, способны усиливать антикоагулирующие свойства крови. Жиров в них мало, но они обладают ценными свойствами. Водоросли содержат сахара, которые не накапливаются в крови и не способствуют развитию диабета. Повышенное содержание йода препятствует развитию у людей базедовой болезни.



Существует несколько методов выращивания водорослей: с использованием в качестве субстрата камней и скал на дне моря; на искусственно созданных рифах; на искусственном субстрате в толще воды; на мягком грунте лагун, прудов и других закрытых водоемов; в «специальных искусственных бассейнах, танках, различных емкостях с регулируемыми условиями.

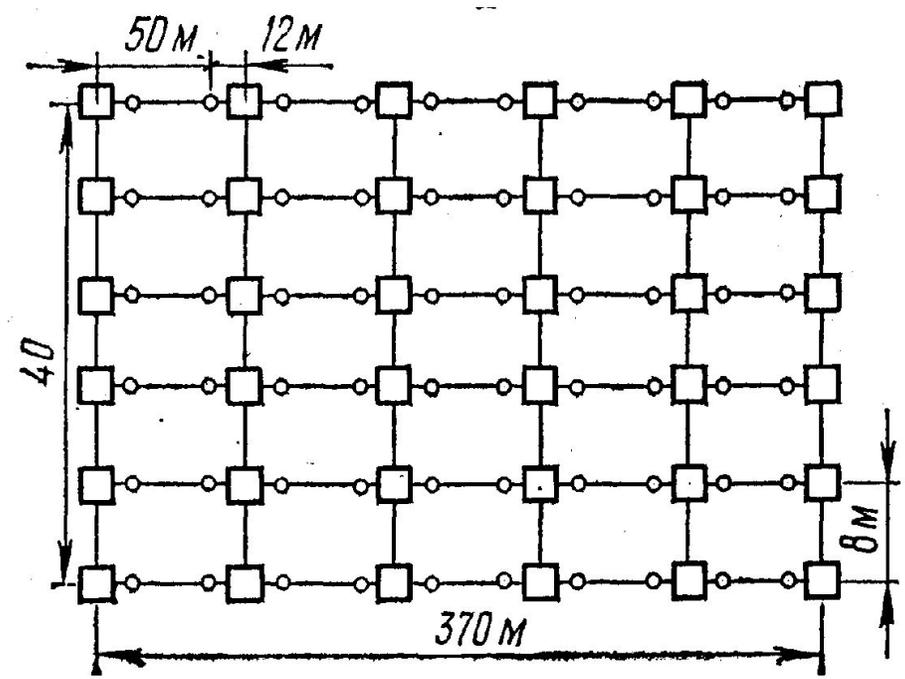
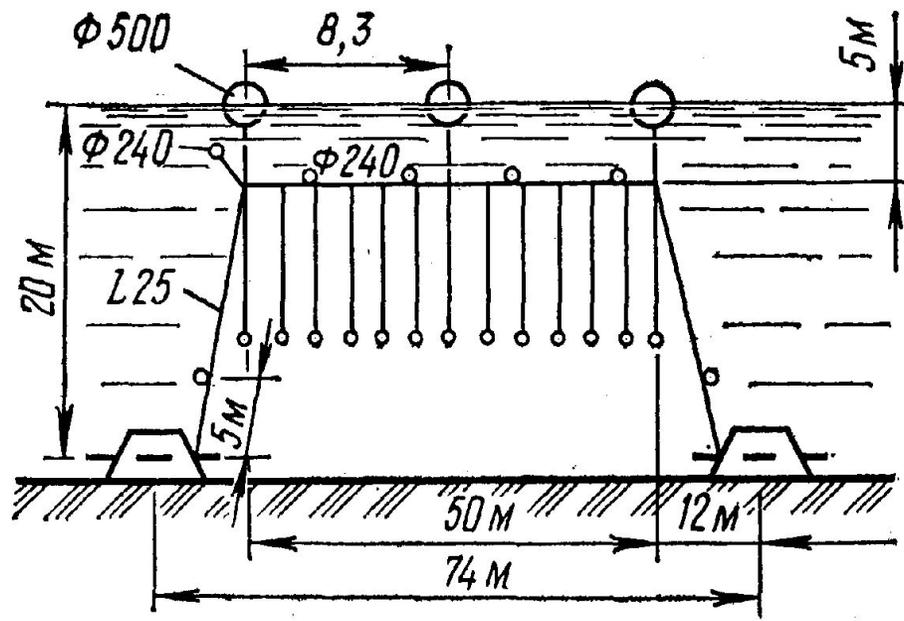
Наибольшее распространение получило выращивание в толще воды на стационарных и буксируемых установках с применением в качестве субстрата веревок, сетей, старых транспортерных лент, пожарных шлангов,

# Культивирование бурых водорослей



Бурые водоросли — типично морские растения, в основном обитающие в морях умеренных широт. Они образуют плотные заросли от литорали до глубины 30—50 м. Высота бурых водорослей колеблется от нескольких сантиметров до 60 м. Биомасса их в естественных зарослях обычно составляет 2—10 кг/м<sup>2</sup>, достигая и 100 кг/м<sup>2</sup> (сырая масса). Размножаются бурые водоросли бесполом и половым способом, реже — вегетативно. Наблюдается смена полового и бесполого поколений, имеющих изоморфное или гетероморфное строение. Питание происходит всей поверхностью слоевища.

Основными объектами марикультуры являются ламинариевые: ламинария, ундария, костария, макроцистис.



Для выращивания ламинариевых водорослей применяют штормоустойчивые конструкции. Каркас носителя, к которому в дальнейшем крепятся выростные субстраты, состоит из горизонтально натянутого основного несущего каната от 50 до 120 м длиной, диаметром 60 мм из синтетических материалов. Натяжение обеспечивается с помощью оттяжек длиной, в 1,5 раза превышающей глубину расположения плантации, которые крепятся к якорям из бетона массой 1,5—2 т. Горизонтальный канат на определенной глубине поддерживается наплавами от 240 до 360 мм в диаметре.

**Наплава не должны возвышаться над поверхностью воды более чем на 7 г своего диаметра. Количество наплавов меняется в зависимости от размера и массы выращиваемой водоросли, скорости течения и т. д. Несколько канатов, отстоящих друг от друга на 5—7 м, располагают секциями на площади 1—2 га перпендикулярно к линии берега. В конструкции должна быть предусмотрена возможность регулирования положения каната в пределах от 0,5 до 4 м ниже уровня воды.**

**В качестве посадочно-выростных субстратов используют капроновые, или из другого материала, веревки длиной 5 м и диаметром 5—12 мм, полосы шириной 2—3 см, длиной 3—5 м, изготовленные из различных материалов, обычно из вышедших из употребления транспортерных лент, пожарных шлангов, покрышек. Перед использованием субстраты в течение 10—14 сут вымачивают в морской воде для удаления вредных веществ и доведения до нейтрального рН, а затем их высушивают для уничтожения спор и личинок морских организмов, осевших на них во время вымачивания. К нижнему концу выростного субстрата привязывают груз массой 0,3—0,5 кг. Общее количество выростных субстратов на площади 1 га достигает 1—3 тыс. шт., а их общая длина составляет 5—15 тыс. м. Размещают выростные субстраты на горизонтальном канате на**



**Маточные слоевища для получения жизнеспособных спор заготавливают из естественных зарослей водорослей или со специальных участков плантации, где они выращиваются в разреженных посадках из наиболее крупной жизнеспособной рассады. Собирают маточные слоевища в конце лета и осенью. Берут только цельные, крупные, желательно без обрастаний растения с большими темно-коричневыми спороносными пятнами. Отобранные слоевища складывают на дно лодки или надувного спасательного плотика и накрывают брезентом для предохранения спор от губительного действия прямых солнечных лучей и дождя при транспортировке. Сбор и транспортировка маточных слоевищ не должны превышать 1–2 ч и ведутся рано утром. Маточные слоевища тщательно обмывают морской водой для удаления взвеси и различных посторонних предметов и организмов, развешивают под навесом или в специальном, хорошо проветриваемом помещении. Они не должны соприкасаться друг с другом и находиться под воздействием прямых солнечных лучей и дождя.**

**Существует два способа стимулирования быстрого единовременного выхода зооспор путем подсушивания:**

- 1) Процесс подсушивания развешенных слоевищ происходит на воздухе при температуре от 6 до 18 °С в течение 6—18 ч. Ход и качество стимулирования следует контролировать, для этого на спороносные пятна трех растений наносят пипеткой несколько капель морской воды и через 5 мин каплю воды на каждом растении просматривают под микроскопом при увеличении 100х40. Наличие в поле зрения микроскопа 5—10 зооспор свидетельствует об успешном стимулировании, и его можно завершать. Если зооспор в поле зрения нет или они встречаются единично, то следует продолжать стимулирование.**
- 2) Более прогрессивный способ стимулирования заключается в подсушивании обычно в течение 1—4 ч до исчезновения воды с поверхности слоевищ. После чего слоевища перекладывают газетной или оберточной бумагой, свертывают в рулоны, которые укладывают в картонные коробки, и держат) около суток в темноте при температуре 7—15 °С. При этом методе за 30—45 мин происходит выход спор в воду, что уменьшает количество вышедших из спорангиев незрелых зооспор и снижает**

**Оспоривание субстратов** производится в чистых, вымоченных в воде емкостях, специальных бассейнах. Нередко для этих целей применяют корпуса лодок. Имеется три способа оспоривания:

**Первый** — простимулированные подсушиванием в течение 6—12 ч (развешенные под навесами) маточные слоевища и посадочно-выростные субстраты слоями укладывают в емкости, заливают фильтрованной морской водой и оставляют в таком виде на сутки.

**Второй** — простимулированные таким же подсушиванием слоевища помещают в емкости, заливают фильтрованной, стерилизованной нагреванием до 70 °С и охлажденной морской водой на 4—5 ч. Затем слоевища вынимают, полученную суспензию спор фильтруют через двойной слой марли или мелкий мельничный газ. Посадочно-выростные субстраты погружают в суспензию спор, причем разбавлением стерильной морской водой доводят их концентрацию до 5—10 шт. в поле зрения микроскопа при увеличении в 100 раз.

**Третий** — простимулированные в течение 1—4 ч подсушенные слоевища, переложённые бумагой, свернутые в рулон и оставленные приблизительно на сутки, погружают в стерильную морскую воду на 30—60 мин. Полученную суспензию зооспор фильтруют через двойной слой марли или мелкий мельничный газ для удаления сора и слизи. Затем ее аккуратно перемешивают, разводят до концентрации 5—10 зооспор в поле зрения микроскопа при увеличении в 100 раз и таким образом в подготовленную суспензию погружают выростные субстраты.

**Процесс оседания зооспор, превращение их в эмбриоспоры и их закрепление на субстрате длится 1—1,5 сут, после чего субстраты с эмбриоспорами со всеми предосторожностями, чтобы не допустить подсыхания и сильной инсоляции, переносят и подвешивают на горизонтальные канаты каркаса установки в море. Развешенные; в море субстраты с осевшими спорами и вся установка в целом требуют постоянного наблюдения и ухода. Необходимо следить за сохранностью конструкции, не допускать перепутывания субстратов под влиянием волнений и течений, удалять обрастания, подвязывать или снимать наплава, поднимать или заглублять установку.**

**Когда спорофиты достигают длины 30—70 см и имеют достаточно хорошо развитые ризоиды, их пересаживают на капроновый сеточник — веревку диаметром 5—12 мм. Чем крупнее рассада и чем лучше у нее развиты ризоиды, тем лучше будет происходить закрепление на выростных субстратах. Наиболее крупная рассада дает наибольшую и лучшую товарную продукцию. Самые крупные экземпляры используются для создания маточников, а мелкая рассада с плохо развитыми ризоидами выбраковывается. Один гектар рассадного участка должен обеспечить рассадой не менее 4—5 га плантаций по выращиванию товарной продукции.**

Небольшие пучки рассады, содержащие по 3—4 растения, размещают через каждые 10 см веревки, и, таким образом, на 1 м выростного субстрата помещается 30—40 растений. Пересадкой одновременно занято 2 человека: один раздвигает пряди веревки, другой подбирает пучок рассады и вставляет его между прядями веревки так, чтобы нижняя часть черешка и ризоиды оказались между прядями, а после сжатия пряди веревки прочно удерживают растения. К месту пересадки, расположенному в специальном помещении или под навесом, рассаду доставляют небольшими партиями, оберегают от солнечного света, пресной воды и высыхания. Период пребывания рассады на берегу без воды не должен превышать 2—4 ч. Веревки с рассадой вывозят на плантацию и привязывают к горизонтальному канату-носителю. Пересадка рассады — это наиболее трудоемкий процесс.

Рассаду выращивают не только в море на плантации, но и в специальных помещениях с регулируемыми условиями. В эти помещения должен иметь доступ солнечный свет и они должны освещаться искусственным светом (люминесцентными лампами, дроссельно-ртутными и др.). В баки объемом около 100 л заливают стерилизованную морскую воду, затем погружают рамки с намотанными на них нитями и осевшими на нити спорами таким образом, чтобы уровень воды был на 10—15 см выше рамок. Баки устанавливают в бассейнах с циркулирующей водой заданной температуры. Для этих целей удобно использовать пресную воду постоянной температуры, получаемую из артезианских скважин. Повышение температуры воды, протекающей через бассейны и омывающей баки, достигается уменьшением скорости тока или с помощью специальных нагревателей. Интенсивность освещения меняется в зависимости от вида водоросли и стадии развития и колеблется в пределах от 500 до 10 тыс. лк. Баки сверху закрывают прозрачной пленкой, которая служит для уменьшения испарения воды и поглощения части ультрафиолетовых лучей, губительно действующих на начальные стадии развития водорослей.

**В процессе выращивания нужно постоянно контролировать развитие микроводорослей и бактерий и в случае их появления менять воду в баках. Вода должна интенсивно аэрироваться, особенно на стадии спорофита. В баки подаются питательный раствор солей азота, фосфора, микроэлементы.**

**После появления на нитях видимой глазом рассады (1—3 мм) нужно ее адаптировать к условиям моря, для чего снижают концентрацию питательных веществ и приближают температуру воды в баках к таковой в море. Далее рамки с рассадой переносят в море, выставляют на 7—10 сут на глубине 4—5 м. После адаптации нити с рассадой небольшими порциями сматывают с рам, нарезают ножницами на кусочки по 3 см длиной и держат в морской воде. Затем их вставляют между прядями веревки через 10—40 см. Пересадку проводят утром, вечером или в пасмурные дни. При применении данного способа выращивания рассада нуждается в прореживании, во время которого избыточные растения пересаживают на другие субстраты.**

**Товарная продукция ламинариевых водорослей получается на первом или втором году выращивания в зависимости от вида и способа выращивания. Максимального размера и массы многие ламинариевые водоросли достигают в середине лета, когда их и собирают, а выборочная уборка урожая начинается весной или в начале лета. После сбора водоросли обычно сушат на воздухе или в**

На ламинариевых водорослях развиваются эпифиты и эпибионты. Особенно сильно они обрастают гидроидами (обелией) и спирорбисом. Большой вред ламинариям приносит брюхоногий моллюск эферия. Были зарегистрированы заболевания, вызванные микроорганизмами и грибом. Основной метод борьбы с ними — это своевременное прореживание посадок, регулирование глубины выращивания. При выращивании ламинариевых водорослей наблюдается ряд физиологических заболеваний. Например, позеленение листовых пластин вызывает высокое содержание органики в местах со слабым течением, в густых посадках в пасмурную погоду. При возникновении этого заболевания нужно поднять растения к поверхности, очистить их от ила. Побледнение листовых пластин у молодых растений вызывается сильным освещением и недостатком питательных веществ. Болезнь исчезает при заглублении растений и обрезке больных частей. Наблюдается гниение с образованием белых пятен у верхних слоевищ в защищенных местах, которое исчезает при переносе растений в открытое море с более подвижными водами.

# Ламинария японская *Laminaria japonica*

Aresch



Ламинарию японскую искусственно разводят в Японском море на плантациях. Продолжительность жизни ламинарии японской 2 года. Мелководная форма обитает на глубине 0,5–15 м, а глубоководная — на глубине 10–25 м. Время созревания спорангиев, время и скорость разрушения пластины и отмирания всего слоевища у представителей этих форм различны. Чем ниже температура и чем севернее расположен район обитания, тем позже созревают зооспоры и начинают разрушаться пластина и слоевище. В зависимости от условий продолжительность каждой стадии развития также несколько колеблется. В естественных условиях от начала оседания зооспор через развитие гаметофита до появления видимых глазом спорофитов проходит 3–6 мес. Задержка в развитии микроскопических стадий происходит из-за значительных колебаний температуры и дефицита питательных веществ.

Ламинарию японскую выращивают в двухгодичном и одногодичном цикле. При двухгодичном цикле выращивания в августе—октябре из естественных зарослей или среди специально выращенных маточных слоевищ ламинарии японской отбирают крупные, неповрежденные, без обрастаний, с хорошо развитыми сорусами спорангиев слоевища. 1 см<sup>2</sup> репродуктивной ткани продуцирует около 1 млн. зооспор, а одно двухлетнее растение— около 400 млрд. После процесса стимулирования слоевища погружают в воду температурой 12—15 °С. На 1000 поводцов берется 15—20 маточных слоевищ. Происходит быстрый выход зооспор, их оседание и превращение в круглые, покрытые оболочкой, прикрепленные к субстрату эмбриоспоры, которые прорастают без периода покоя.

В Японском море плантации ламинарии японской находятся в разных экологических зонах. Оптимальные сроки оспоривания субстратов колеблются от последней декады сентября до первой декады октября в направлении с юга на север. Для развития гаметофитов наиболее благоприятна глубина 6 м, а для ювенильного спорофита — 2 м. При температуре воды не ниже 8°С развитие протекает нормально и видимые глазом проростки (спорофиты) появляются в декабре, т. е. через 2,5 — 3 мес. после оседания зооспор. При резком понижении температуры осенью развитие гаметофитов и спорофитов на начальных стадиях запаздывает, часть их отмирает и проростки появляются только весной. В зимне-весенний период спорофиты интенсивно растут, особенно в длину, и достигают к лету 3—4 м. В начале осени на некоторых слоевищах развивается репродуктивная ткань. Пластины начинают разрушаться и разрушаются тем сильнее, чем выше температура воды. С начала осеннего охлаждения воды и в зимне-весенний период на втором году жизни слоевища пластина интенсивно растет и ко времени сбора урожая (июль—август) достигает длины 3—6 м, массы 750—1000 г. В сентябре—октябре на двухлетних слоевищах развивается репродуктивная ткань, после чего слоевища полностью разрушаются.

**В Японском море потеря слоевищ за весь период выращивания составляет в среднем 60%, выход товарной ламинарии составляет 12 экз./м поводца, средняя масса одного слоевища — 0,6 кг, масса слоевищ с 1 поводца — 40 кг, урожай — 80 т/га сырой массы.**

**В отличие от двухгодичного культивирования, повторяющего естественный цикл развития ламинарии японской, одногодичное культивирование основано на ряде принципиальных изменений в ее жизненном цикле. При таком выращивании необходимо получать зооспоры в более ранние сроки, что достигается отбором наиболее крупных с короткими черешками слоевищ. Способные к раннему спорообразованию растения выращивают в специальном режиме с освещением и подкармливанием солями азота и фосфора, с тем чтобы обеспечить накопление необходимого количества аминокислот, способствующих развитию репродуктивной ткани.**

**При форсированном выращивании развитие всех стадий гаметофита протекает за 15 сут. и видимые глазом спорофиты образуются за 1,5 мес. к октябрю, в то время как в природных условиях это происходит за 3—4 мес. В октябре проростки спорофитов выставляют в море. В сентябре следующего года, т. е. в возрасте 11 мес, они достигают длины 3—4 м и массы 0,4—0,9 кг, урожай — 80—100 т/га сырой массы. Выращенные однолетние слоевища пригодны для использования как в пищу, так и для получения альгинатов. При одногодичном культивировании ламинарии японской**

# Ламинария сахаристая *Laminaria saccharina*



Ламинария сахаристая обитает у берегов Северо-Западной Европы, в Белом, Баренцевом морях. Она быстро растет, достигает 2—3 м длины, имеет короткий жизненный цикл. Обитает при солености 24—35 ‰, от нижней литорали до 10—15 м глубины, в бухтах и заливах, защищенных от прибойной волны, что облегчает работу на плантации и снижает затраты на создание штормоустойчивых установок. Биомасса составляет 2—15 кг/м<sup>2</sup>. Наилучший рост и наибольшая биомасса отмечены при хорошем водообмене.

**В естественных зарослях молодые спорофиты отмечены с ранней весны до поздней осени. Скорость роста спорофитов варьирует в зависимости от сезона, условий обитания, возраста растений и имеет значительные индивидуальные различия, а продолжительность жизни спорофитов 3—5 лет. На втором и третьем году жизни черешок достигает длины 50—60 см и массы 30—60 г. Рост новой листовой пластины начинается на втором году жизни, а у растений более старших возрастов в январе. В период с февраля до июля—августа процесс роста преобладает над процессами разрушения и происходит увеличение массы пластины и всего растения в целом. В осенне-зимний период преобладает процесс разрушения, длина и масса уменьшаются. С возрастом интенсифицируется рост пластины в толщину и ширину. Зрелые спорангии появляются в осенне-зимний период у растений в возрасте 8—12 мес., а у более старших особей они развиваются преимущественно в июле-сентябре, хотя отдельные слоевища со зрелыми спорангиями можно встретить в течение всего года. Чем крупнее растение, тем больше вероятность появления на нем сорусов спорангиев. Спорангии развиваются с обеих сторон пластины в ее верхней части. Зрелые спорангии имеют длину 60—65 мкм, а размер энергично передвигающихся зооспор 7**

Ламинарию сахаристую, обитающую в Белом и Баренцевом морях, выращивают в течение 2 лет тем же способом, что и ламинарию японскую. В этих морях сбор маточных слоевищ ламинарии сахаристой, стимулирование выхода зооспор, оспоривание субстратов проводят в конце августа—сентябре при температуре 7—15 °С. Молодые спорофиты появляются в конце марта—мае следующего года. Выростные субстраты, выставленные в море, сильно обрастают гидроидами и диатомовыми водорослями, что затрудняет и угнетает развитие гаметофитов и спорофитов на начальных стадиях. Размер спорофитов к концу лета в значительной мере зависит от густоты посадки, которая обычно составляет 150—200 экз./м выростного субстрата. Пересадку рассады проводят в июле—августе по достижении растениями длины 30—70 см. Период выращивания товарной ламинарии составляет 16—17 мес с момента появления молодых спорофитов или 2 года после постановки оспоренных субстратов. Средняя длина листовой пластины достигает 150—200 см, масса — 400—500 г, общая масса — 5—10 кг/м поводца и более, урожай — 50—100 т/га сырой массы. Собирают урожай в июле, так как до этого времени происходит интенсивный рост пластины и биомассы, а уже в августе—сентябре в результате массового развития гидроидов ламинария теряет товарный вид.

Очень трудно при развитии в море начальных стадий (гаметофита и микроскопического спорофита) ламинарии сахаристой получить качественный посадочный материал. Для полного обеспечения плантаций рассадой и для сокращения сроков прохождения начальных стадий до 1,5—2 мес. необходимо ламинарию сахаристую на этих стадиях выращивать в регулируемых условиях при оптимальных освещенности, температуре, плотности посадки, концентрации питательных веществ, прежде всего азота и фосфора. Развитие гаметофита и спорофита на начальной стадии должно идти при температуре 8—10 °С. Оптимальной для развития гаметофитов является освещенность в 750 лк (люксов), а для микроскопического спорофита — 1500—3000 лк. Концентрация азота и

# Костария ребристая *Costaria costata*

Костария ребристая является перспективным видом марикультуры на Дальнем Востоке.

Она растет на твердых грунтах, раковинах, а также на других водорослях на глубине 0,5—20 м. На плантациях, где ведется выращивание ламинарии японской, костария рассматривается как сорняк. Это однолетнее растение с коротким вегетационным периодом, ее слоевица — спорофиты появляются в Японском море в конце ноября — начале декабря, достигая максимальных размеров в первой половине лета. Наиболее активно рост идет с января по апрель. В Японском море и у Курильских островов средняя масса слоевищ в период максимального развития составляет 240 г, а длина— 150—160 см. Спорангии появляются в мае—июне, спороносные пятна занимают не более 1/3 площади пластины. В заливе Петра Великого слоевица разрушается в конце июля — начале августа, в северных районах несколько позже — в сентябре—октябре.

Выращивание костарии одногодичное, осуществляется по той же схеме, что и ламинарий, изменяются только сроки этапов в соответствии с особенностями биологии этого вида. Урожайность



<b>Содержание веществ</b>	<b>% от сухой массы</b>
<b>Альгиновая кислота</b>	<b>27—31</b>
<b>Альгината натрия</b>	<b>18—25</b>
<b>Маннита</b>	<b>14—16</b>

# Ундария перистонадрезанная *Undaria pinnatifida*

Ундарию перистонадрезанную, или по-японски вакаме, выращивают в основном в Японии, где она является одним из важнейших пищевых продуктов. Ундария — относительно холодноводная водоросль, и у южного побережья Хонсю ее выращивают зимой при температуре ниже 22 °С. Культивирование спорофитов ведется на камнях или специальных блоках, а также на веревках. В первом случае там, где есть естественные заросли ундарии, к камням или специальным бетонным блокам, опущенным на дно, прикрепляются зооспоры и в дальнейшем развиваются спорофиты. Обросшие ундарией блоки переносят в новые местообитания для



**Метод выращивания ундарии на веревках похож на таковой при выращивании ламинарий. Вережки или шпагат, а также фертильные слоевища погружают в танки и заливают фильтрованной стерильной морской водой. Оспоривание проводят в апреле—мае. Оптимальная плотность посадки 100 спор на 1 мм<sup>2</sup> субстрата, так как при более плотном оседании спор обычно развиваются грибковые и бактериальные заболевания. Субстраты со спорами наматывают на рамы и помещают в танки с морской водой до сентября—ноября. Отрезки субстрата со спорофитами вплетают в ростовые субстраты длиной по 3 м. Последние привязывают к каркасу плантации или бамбуковым плотам размером 3,6x1,8 м, Плоты в период выращивания удерживают на глубине 6 м. Рассадку получают в середине или конце зимы. С одного бамбукового плота снимают около 1 т сырой ундарии. Сбор урожая ундарии производится ранней весной.**

**Ундарию и устрицу выращивают в сходных местообитаниях, поэтому существует конкуренция за места выращивания этих двух объектов марикультуры.**

# Макроцистис пирифера *Maerocystis pyrifera*



Макроцистис пирифера (*Maerocystis pyrifera*), или гигантский келп, обитает в Северном полушарии от Южного побережья Аляски до Калифорнии. Водоросли растут на скалистых и каменистых грунтах на глубине 20—30 м. Это наиболее крупные растения среди морской растительности, достигающие длины 60 м и обладающие высоким темпом роста — 0,6 м за сутки.

Слоевища крепятся к грунту ризоидами. Ствол имеет несколько длинных ветвей, на которых находится большое количество однолетних листовых пластин длиной 1 м и шириной 20 см с грушевидными пузырями в основании. Само растение многолетнее, но его ветви с листовидными пластинами однолетние. Спорангии образуются на нижних пластинах — спорофиллах. Цикл жизни, чередование гетероморфных гаметофита и спорофита, способы размножения такие же, как и у других



**При выращивании макроцистиса выращенную рассаду укрепляют на сетке из искусственных волокон и погружают на глубину 12—24 м. Для обогащения поверхностных вод биогенами и улучшения роста макроцистиса желательно поднимать глубинные, обогащенные биогенами воды в верхние горизонты. На площади 1 га размещают около 1 тыс. растений, которые дают 300—500 т сырой массы в год. Собирают водоросли со специальных судов, срезающих и собирающих верхние части растений**

***Спасибо за внимание!***

