

## МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ У БУРЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ СЕМЕЙСТВА LAMINARIACEAE

В.Н. Кулепанов, М.В. Суховеева  
ТИНРО-Центр, г. Владивосток

Интерес к морфологическим изменениям растительных организмов имеет давнюю историю. Изучая процессы видообразования, В.Л. Комаров большое внимание уделял анализу морфологических признаков, их формированию и возникновению. «Если мы узнаем виды, прежде всего по их морфологическим признакам, то нам необходимо знать, как образуются эти признаки, какие причины управляют формами тела животных и растений», — писал он в своей работе «Видообразование». «Прогресс в мире живых существ, в общем и целом, происходит толчками или скачками. В течение тысячелетий все находится в покое. Но от времени до времени природа пытается создать что-нибудь новое и лучшее. Она берется то за один, то за другой вид; созидательная сила пробуждается, и разом возникают новые формы из старого, до тех пор неизменного племени. При этом возникающие вновь формы как бы не считаются с господствующими жизненными условиями; они возникают, увеличивая собою общее богатство морфологических типов, предоставляя им затем справиться со средой: одни погибают, другие выживают» (Комаров, 1945).

Организмы, резко отличающиеся от основной массы популяции, называются аномальными. Известно, что аномалии чаще всего появляются в условиях замедленного развития и усиленных ростовых процессов (Куперман, 1984). Таким образом, аномалии — это результат нарушений ритма развития в онтогенезе. У высших растений подобные аномалии получили название фасциаций.

Целью работы было описание морфологических аномалий, обнаруженных у бурых водорослей семейства Laminariaceae. Ма-

териалом для публикации послужили сборы водорослей, собранные в ходе морских экспедиций по оценке запасов ламинарии японской — *Laminaria japonica* Aresch. у побережья Приморья в 1997–2002 годах, а также гербарный материал, имеющийся в лаборатории водорослей ТИНРО-Центра.

Бурые водоросли семейства Laminariaceae являются промысловыми и широко распространены в дальневосточных морях. Добыча ламинарии японской у побережья Приморья и о-ва Сахалин ведется с конца XIX в. (Гайл, 1930, 1936), и в настоящее время этот вид выращивается в Китае, КНДР, Республике Корея, Японии и России (Крупнова, 2002; Ohno, Largo, 1998; Sohn, 1998). По сравнению с другими водорослями ламинариевые достаточно подробно изучены, но данных о морфологических аномалиях у них и вообще у водорослей крайне мало. Возникновение подобных аномалий может быть связано как с механическими повреждениями, так и воздействием загрязнения, фактором плотности или другими причинами.

Ламинариевые водоросли имеют гетероморфный цикл развития: микроскопическую гаметофитную стадию и макроскопическую спорофитную. Как правило, спорофит — это крупное слоевище, форма которого служит систематическим признаком. Так, например, слоевище костарии ребристой имеет пять утолщений-ребер, благодаря которым эта водоросль отличается от других ламинариевых уже на ранних стадиях развития спорофита. Таллом агарума характеризуется наличием одного срединного ребра и большого количества отверстий-перфораций. Слоевище ламинарии японской имеет вытянутую гладкую пластину.

Бурые водоросли более простого строения, чем высшие растения. Для них характерен паренхиматозный тип организации таллома. Развитие слоевища обусловлено интеркалярными меристемами из активно делящейся меристематической ткани (Саут, Уиттик, 1990).

Впервые отклонения от нормального развития у ламинариевых описаны Г.И. Гайлом (1936). При поражении интеркалярной зоны слоевища ламинарии японской возникают различные образования. В результате одностороннего повреждения интеркалярной зоны пораженный участок закрывался многослойной мелко-клеточной тканью и рост в этой части слоевища замедлялся, а нормальный рост второй половины вызывал оригинальные скручивания слоевища.

При поражении всей интеркалярной зоны верхняя вторичная меристематическая зона давала плотную гладкую пластину, в то

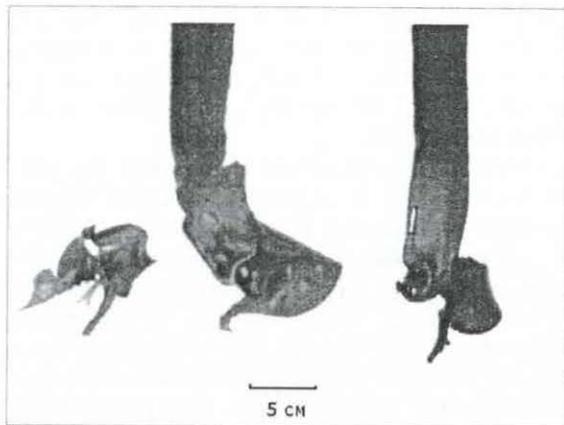


Рис. 1. Морфологические аномалии у ламинарии японской первого года вегетации

(Гайл, 1936). Подобные морфологические аномалии неоднократно встречались нами у побережья Приморья, особенно у ламинарии первого года вегетации (рис. 1). В некоторых выборках количество аномальных слоевищ составляло до 10 %.

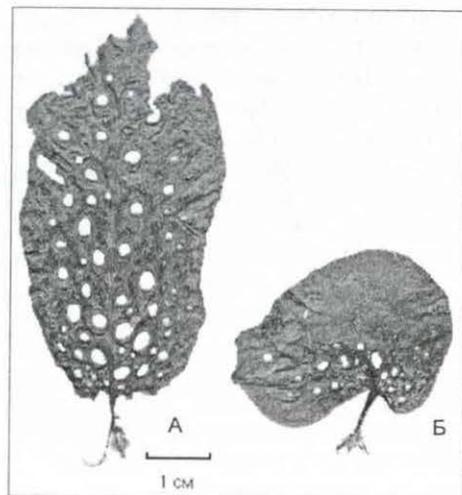


Рис. 2. Нарушения зоны роста у агарума решетчатого. А — слоевище без аномалий; Б — разрастание меристематической зоны

время как продуктом более низко расположенной зоны было «тонкое, трепьевидное образование», которое, приспособиваясь к движению воды, приступало к образованию «ребер, вдавлений, выпуклостей и складок». Описанные морфологические аномалии обуславливают понижение жизнеспособности слоевища и вели к его гибели

Главные причины возникновения аномалий — это различные нарушения в зоне роста и условия, при которых происходит ее восстановление. В одних случаях восстановление зоны роста приводит к незначительному изменению морфологии слоевища. Талломы у ламинарии и костарии принимают «саблевидную» форму, так как разрастание зоны поражения ведет к изменению дорсовентральной симметрии слоевищ. При поражении ювенильных талломов агарума решетчатого (*Agarum cribrosum* Vogu) изменение морфоло-

гии может быть более значительно (рис. 2). В других случаях в результате нарушений происходит не только зарастание разрушенного участка, но и изменяется ритмика деления клеток в меристематической зоне. Нарушения в интеркалярной зоне могут вызывать ее разрыв и в дальнейшем формировании на этом растении двух талломов (рис. 3). Если возникновение двух талломов

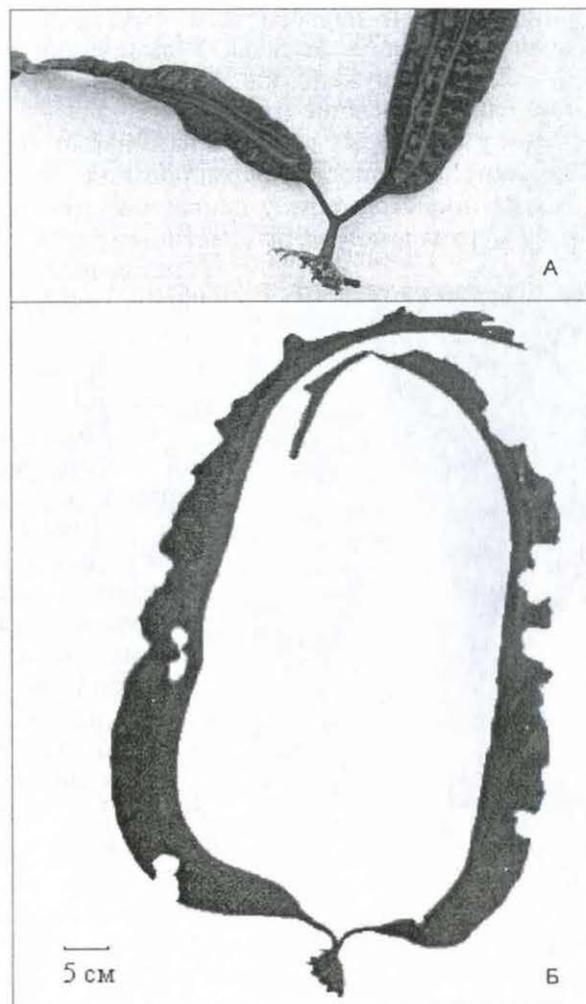


Рис. 3. Формирование двух слоевищ на одном черешке. А — костария ребристая; Б — ламинария японская

на одном черешке объяснимо разрывом интеркалярной зоны на ранних стадиях формирования слоевища, то появление одного слоевища на двух черешках трудно объяснить без предположения, что талломы могут между собой срастаться (рис. 4). Подобное явление очень редко, но его нельзя считать уникальным. В течение пяти полевых сезонов при просмотре более десятков тысяч слоевищ ламинарии японской первого года вегетации слоевища с двумя ризоидами встретились дважды. У ламинарии Гурьяновой (*L. gurjanovae* A. Zin) обнаружены как раздвоение черешка, так и его срастание на одном слоевище (рис. 5).

В то же время у некоторых слоевищ ламинарии японской отмечается увеличение активности формирования ризоидов, при этом их появление происходит не у основания черешка, а непосредственно из интеркалярной зоны пластины (рис. 6). Подобные

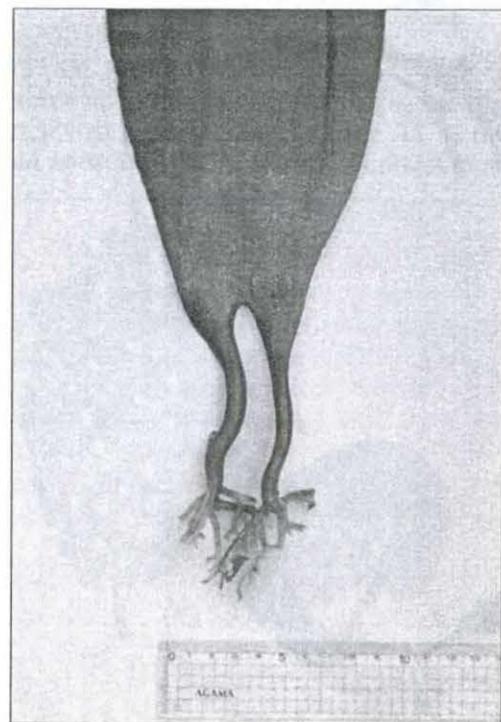


Рис. 4. Слоевище ламинарии японской с двумя черешками. Южное Приморье, июнь 2000 г.

образования мутовок ризоидов обнаружены не только у ламинарии японской, но и у агарума решетчатого.

Еще один тип аномалий можно выделить у костарии ребристой (*Costaria costata* (Turn.) Saund). Вдоль слоевища костарии расположены утолщения-ребра, два из которых выступают на одной стороне пластины, три на другой. Как правило, утолщений пять, но число их может меняться (рис. 7). Встречаются слоевища без центрального ребра, со сросшимися между собой или, наоборот, расщепленными ребрами. В результате число ребер варьирует в пределах от двух до восьми. Их количество не

влияло на размеры и массу талломов. Эти показатели у аномальных слоевищ и слоевищ без аномалий из разных выборок достоверно не отличались между собой. В одних выборках масса слоевищ без аномалий была выше аномальных, в других наоборот. Изменения длины и ширины пластины также не были связаны с наличием или отсутствием аномалий. Но частота растений с измененным количеством ребер в некоторых сборах была достаточно велика и достигала 30 %.

Описанные морфологические аномалии водорослей порядка *Laminariales* скорее всего имеют различную природу формирования. Первопричиной может служить простое механическое повреждение, после которого меристематическая ткань восстанавливается. Восстановление слоевища после механического повреждения нельзя считать аномалией, но когда какие-то дополнительные причины позволяют формировать на основе этого повреждения разрастание ткани, не характерное для развития этого вида, то можно говорить об аномальном образовании. Причинами могут быть факторы химической или физической природы, действие паразитов или вирусов. Учитывая, что строение слоевищ бурых водорослей относительно более простое, вполне возможно, что морфологически близкие образования вызваны различными причинами.

Водоросли с описанными нами морфологическими аномалиями найдены в районах, для которых нехарактерно какое-либо загрязнение. Поэтому нельзя связать возникновение подобных аномалий только с действием каких-то поллютантов.

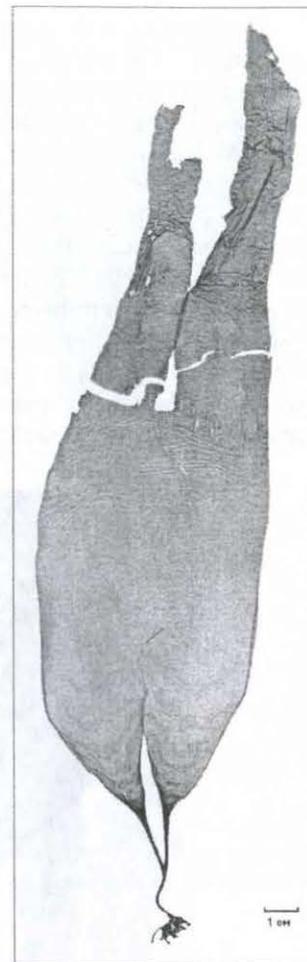


Рис. 5. Слоевище ламинарии Гурьяновой с раздвоенным черешком. Гербарный экземпляр из Охотского моря

Аномальные формы отмечены у десмидиевых водорослей, в частности у *Micrasterias radiata* Hass. Появление подобных форм может быть связано с воздействием интенсивного испарения, колебаниями температуры воды или другими неблагоприятными факторами (Кухаренко, 1989). Причиной появления аномалий может быть совместное действие неблагоприятных экологических факторов и патогенного агента, в частности грибковых или вирусных заболеваний. К деформации водорослей может приводить замедленный рост гаметофитов, обусловленный действием таких веществ, как, например, сероводород (Rath, 1992). Известно, что у водорослей-макрофитов можно обнаружить или получить экспериментально такие формы неорганизованного роста, как каллусы и опухоли, которые у высших растений являются реакцией организма на повреждающее воздействие (Родова, Воскобойни-

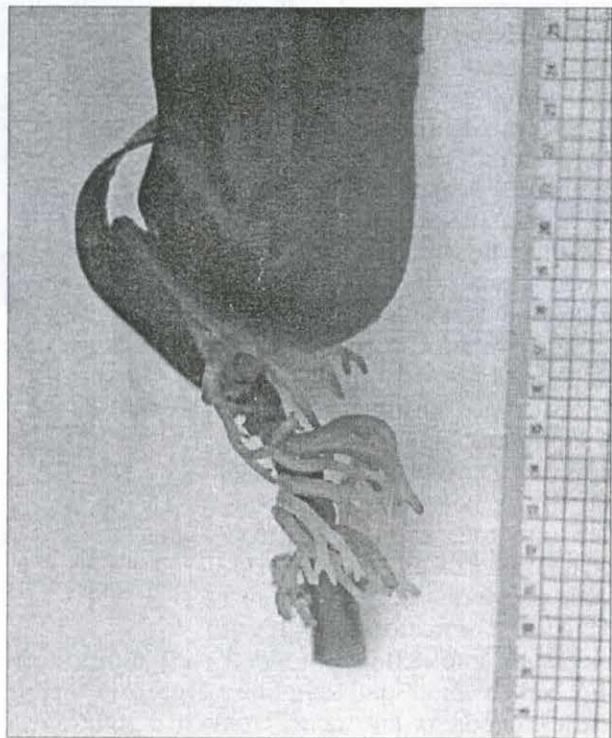


Рис. 6. Появление мутовок ризоидов из интеркалярной зоны роста (ризоид удален)

ков, 1993). Учитывая, что у высших растений подобные морфологические аномалии относятся к явлению фасциации, данный термин можно применить и для водорослей.

Фасциация — это явление, которое давно известно, оно широко распространено в растительном мире и играет большую роль в формировании растений (Комаров, 1931). К фасциациям относятся морфологические изменения, связанные с расширением стебля, возникновение ребристости или желобчатости, разветвления в апикальной части, искривления и перекручивания стебля. Подобные морфологические изменения обычно не ограничиваются вегетативной сферой, а распространяются также и на репродуктивные органы (Данилова, 1961; Сахаров, 1986). Фасциация возникает при нарушении последовательности заложения органов и их дифференциации. Считается, что это сложное физиологическое явление, тесно связанное с серьезными изменениями важнейших ростовых процессов, с резким нарушением нормальной органической деятельности меристем точек роста (Шавров, 1959). У высших растений фасцированные органы могут возникать под действием нарушения баланса питания и водоснабжения, изменения температурного и светового режимов, химических веществ (в частности, действия колхицина и ауксина), повреждения точки роста, действия ионизирующего излучения (Данилова, 1961).

Описанные морфологические аномалии водорослей семейства Laminariaceae скорее всего формируются под действием различных факторов. Тем не менее нужно отметить, что у разных видов образуются похожие аномалии. Дальнейшие исследования требуют классификации аномалий и выявления причин их появления.

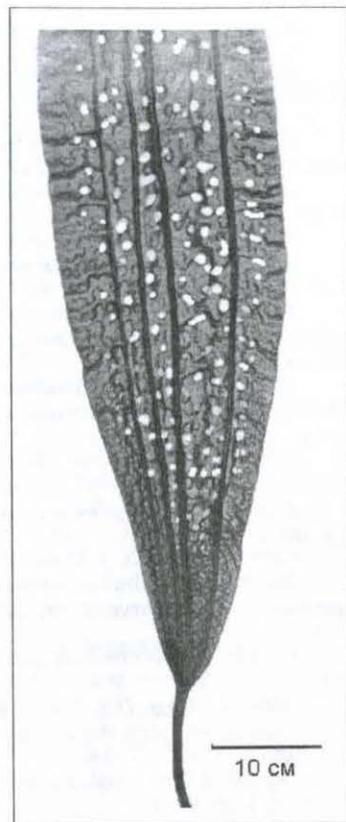


Рис. 7. Слоевище костарии с уменьшенным количеством ребер

- Гайл Г.И.* Очерк водорослевого пояса Приморского побережья в связи с некоторыми общими вопросами его использования // Изв. ТИРХ. 1930. Т. 4, вып. 2. С. 3–38.
- Гайл Г.И.* Ламинариевые водоросли дальневосточных морей // Вестн. ДВ фил. АН СССР. Владивосток, 1936. № 19. С. 31–61.
- Данилова М.Ф.* О природе фасциации у растений // Ботан. журн. 1961. Т. 46, № 10. С. 1545–1559.
- Комаров В.Л.* Происхождение культурных растений. 1931.
- Комаров В.Л.* Видообразование // Избр. соч. Т. 1. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1945. С. 28–61.
- Крупнова Т.Н.* Марикультура бурых водорослей в Приморье: современное состояние и перспективы развития. // Материалы Всерос. конф. Москва: ВНИРО, 2002. С. 196–201.
- Куперман Ф.М.* Морфофизиология растений. Морфофизиологический анализ этапов органогенеза различных жизненных форм покрытосеменных растений. М.: Высш. школа, 1984. 240 с.
- Кухаренко Л.А.* Водоросли пресных водоемов Приморского края. Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. 152 с.
- Родова Н.А., Воскобойников Г.М.* Культура клеток макроводорослей // Биология моря. 1993. № 1. С. 3–18.
- Саут Р., Уиттик А.* Основы альгологии / Пер. с англ. М.: Мир, 1990. 597 с.
- Сахаров В.В.* Многогранные семена и фасциация у тетраплоидной полевой гречи // Генетические механизмы селекции и эволюции. М.: Наука, 1986. С. 17–33.
- Шаверов Л.А.* О природе фасциаций // Ботан. журн. 1959. Т. 44, № 4. С. 500–505.
- Ohno M., Largo D.B.* The seaweed resources of Japan // Seaweed resources of the world. Kanagawa International Fisheries Training Center, Japan International Cooperation Agency. 1998. P. 1–14.
- Rath R. K.* Sea weed diseases in mariculture systems // Seafood Export J. 1992. V. 24, № 1. P. 33–37.
- Sohn C.H.* The seaweed resources of Korea // Seaweed resources of the world. Kanagawa International Fisheries Training Center, Japan International Cooperation Agency. 1998. P. 15–33.

<i>Кудрявцева Е.П.</i> Вклад В.Л. Комарова в развитие географических идей.....	5
<i>Крестов П.В.</i> Предложения к флористическому районированию северной Азии на основе сравнительного анализа флор на родовом уровне.....	15
<i>Шлотгауэр С.Д., Крюкова М.В.</i> Редкие и исчезающие виды сосудистых растений Хабаровского края.....	57
<i>Гришин С.Ю., Баркалов В.Ю., Кузнецова Т.А.</i> Растительный покров острова Онекотан (Курильские острова).....	80
<i>Кожевников А.Е., Коркишко Р.И., Кожевникова З.В.</i> Состояние и проблемы охраны флоры юго-западной части Приморского края.....	101
<i>Крупнова Т.Н.</i> Адаптационные реакции массовых бурых водорослей побережья Японского и Охотского морей в свете разработки биотехнологий их культивирования.....	124
<i>Яковлева А.Н.</i> Крупномасштабная карта лесной растительности Верхнеуссурийского стационара.....	137
<i>Полякова Е.В.</i> Дендрофлора города Владивостока.....	154
<i>Галанина И.А.</i> Анализ распределения видов лишайников по постоянным пробным площадям в Сихотэ-Алинском биосферном заповеднике.....	176
<i>Иванова Н.В., Гусарова И.С.</i> Морфологическая дифференциация <i>Laminaria japonica</i> Aresch. в сублиторали северного Приморья.....	198
<i>Кулепанов В.Н., Суховеева М.В.</i> Морфологические аномалии у бурых водорослей семейства Laminariaceae.....	210