

УДК 582.272.46

Т.Н. Крупнова*

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

ВОЗОБНОВЛЯЕМОСТЬ ПОЛЕЙ ЛАМИНАРИИ ЯПОНСКОЙ (*LAMINARIA JAPONICA* ARESCH.) ПОСЛЕ ВОДОЛАЗНОГО ПРОМЫСЛА

Изучено влияние водолазного промысла на возобновляемость полей ламинарии в прибрежье северного Приморья. На основе измерения держащей силы ризоидов, оставшихся на субстрате после водолазного промысла, и целых растений ламинарии в природных поселениях показаны сравнительные механизмы освобождения субстрата от старых растений. Установлено, что в природных условиях субстрат освобождается от старых растений к периоду массового выхода зооспор за счет значительного снижения держащей силы ризоидов, способствующего их выбиванию штормами. После водолазного промысла оставшиеся на субстрате ризоиды к периоду массового выхода зооспор имеют высокие показатели держащей силы и незначительную площадь для сопротивления волнению, что приводит к их длительному сохранению. Добыча ламинарии вместе с ризоидами будет способствовать подготовке субстрата к заселению его зооспорами, что обеспечит дальнейшее восстановление запасов этой водоросли.

Ключевые слова: ламинария японская, костария костата, ризоиды, споронная ткань, субстрат, водолазный промысел.

Kрупнова T.N. Recovery ability of *Laminaria japonica* Aresch. fields after the harvesting by divers // Izv. TINRO. — 2009. — Vol. 159. — P. 168–175.

Influence of the harvesting by divers on recovery of *Laminaria japonica* fields in the coastal zone of Primorye (Japan Sea) is investigated. Mechanisms of old plants removal from the substratum are revealed from the measurements of holding power for their rhizoids. There is determined that in natural conditions the substratum became free from the old rhizoids to the time of new yield of zoospores because of considerable decreasing of the holding power and further removal the rhizoids from the substratum by storms. After the harvesting by divers, the rhizoids keep their high holding power even in the time of new yield; moreover, their sectional area is too small for wave forcing that promotes their long conservation. The harvesting of laminaria together with the rhizoids is recommended for better preparation of the substratum for its colonization with zoospores that ensures restoration of fields and the stock of this species.

Key words: *Laminaria japonica*, *Costaria costata*, rhizoid, sporogenous tissue, substratum, diving.

Введение

В последние десятилетия запасы ламинарии японской у берегов Приморья находятся на стабильно низком уровне. Если до 1970-х гг. их величина составля-

* Крупнова Татьяна Николаевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: krupnova@tinro.ru.

ла 350 тыс. т и более, то начиная с 1980-х гг. запасы водоросли сократились в несколько десятков раз и на протяжении последних двадцати лет изменяются в пределах 4–25 тыс. т (Суховеева, 1967, 1969; Прудникова, Кузьмина, 1976; Кулепанов и др., 2002; Крупнова, 2004).

В настоящее время ламинария добывается с помощью водолазов, при этом не нарушается субстрат и сами растения в отличие от ранее применяемого ныне запрещенного ваерного способа добычи (Правила рыболовства ..., 1987; Паймеева, 1989; Паймеева, Гусарова, 1993). Однако на практике последствия водолазного промысла — состояние субстратов, воспроизводимость ламинарии на участках ее добычи — никто не изучал. Мы попытались проанализировать процессы, происходящие на субстратах после водолазного промысла и при естественной вегетации ламинарии с целью изучения закономерностей возобновления ее зарослей.

Таким образом, целью настоящей работы является изучение механизмов освобождения субстратов от старых растений ламинарии как в не тронутых промыслом зарослях, так и при их добыче водолазным способом.

Материалы и методы

Изучение динамики состояния субстратов в местах произрастания ламинарии проводилось на экспериментальных площадках, заложенных в 1994 г. в прибрежье среднего Приморья в районе мыса Балюзек (рис. 1).

Рис. 1. Расположение экспериментальных площадок
Fig. 1. Experimental polygons location



Площадки закладывались в июле. Их размер — 5 x 5 м, расстояние от берега — 50–80 м, глубина закладки — 5–6 м. Углы площадок на дне обозначались объемными металлическими грузами, между которыми протягивалась веревка, служащая для обозначения сторон под водой. Для ориентации на поверхность воды от каждого угла были выведены сигнальные буи. Каждая площадка разбивалась на секторы по 1 м². Во время взятия проб, проводимого по возможности два раза в месяц, на эти секторы опускалась рамка площадью 1 м² и на ней проводился подсчет растений, ризоидов или обростателей в зависимости от функциональной значимости площадки.

Одновременно динамометром измерялась сила сцепления ризоидов с субстратом как у целых растений, так и у их остатков после водолазной добычи. При этом измерение проводилось не менее чем у 10 экз. на каждом секторе. Всего на одну площадку рамка опускалась 4 раза, т.е. выборка составляла 40 экз. с одной площадки за один раз взятия проб.

Площадка № 1. Цель закладки площадки № 1 — установить период освобождения субстратов после добычи ламинарии водолазным способом, широко применяемым промышленностью в прибрежье Приморья.

Для этого растения ламинарии срезались серпом точно так, как это происходит при обычном водолазном способе добычи. При этом на субстрате оставались ризоиды, черешки и иногда нижние части слоевищ размером не более 10 см. В течение периода с июля по ноябрь проводились наблюдения за темпами разрушения ризоидов, остатков слоевищ и скоростью освобождения занимаемого ими субстрата.

Площадка № 2 (контроль). Цель закладки площадки № 2 — получить данные по времени освобождения субстратов при естественном произрастании ламинарии без вмешательства человека, т.е. без проведения добычи. Для этого водоросли второго года жизни оставляли на площадке в том виде, в котором они находились. Проводилось наблюдение за количеством растений по мере их отмирания и выбивания штормами.

Площадка № 3. Цель закладки площадки № 3 — получение данных по заселению субстратов конкурентами ламинарии после водолазного способа добычи, но при условии изъятия растений ламинарии вместе с черешками и ризоидами. Для этого донный субстрат на площадке полностью очищался от растений.

Это исследование было проведено с помощью водолазов и маломерного флота рыбопромышленной корпорации “Новый мир”. В определении видового состава животных и растений, поселившихся на очищенном субстрате, оказали помощь к.б.н. Л.Г. Паймеева и к.б.н. В.А. Павлючков, отбор проб и измерение держащей силы ризоидов под водой с помощью динамометра проводили аквалангисты н.с. Ю.Г. Ермолаев и инженер С.М. Димитриев.

Результаты и их обсуждение

При наблюдении за площадкой с оставленными на субстрате ризоидами, т.е. после водолазного промысла, было отмечено, что держащая сила ризоидов, сросшихся вместе, практически не изменилась на протяжении периода с июля по ноябрь включительно. Под держащей силой ризоидов следует понимать усилие, которое надо приложить, чтобы оторвать ризоиды от субстрата. Если в начале июля, когда проводится промышленная добыча ламинарии, держащая сила ризоидов была равна 20,0 кг, то к середине ноября она уменьшилась только до 18,5 кг (рис. 2).

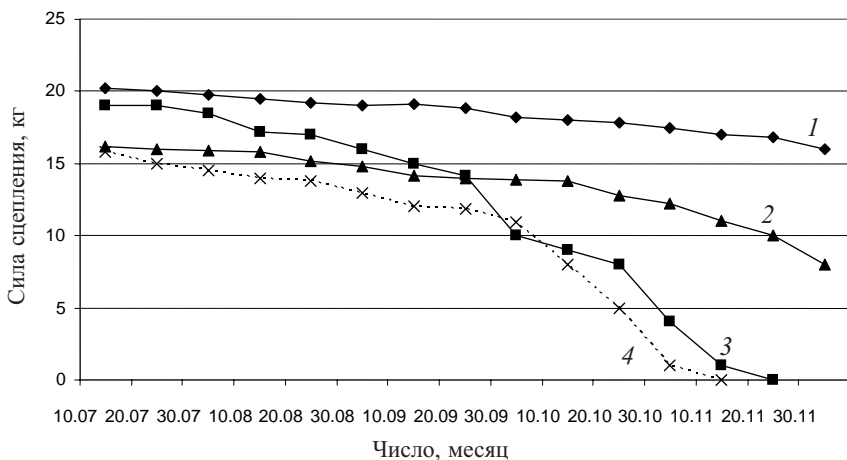


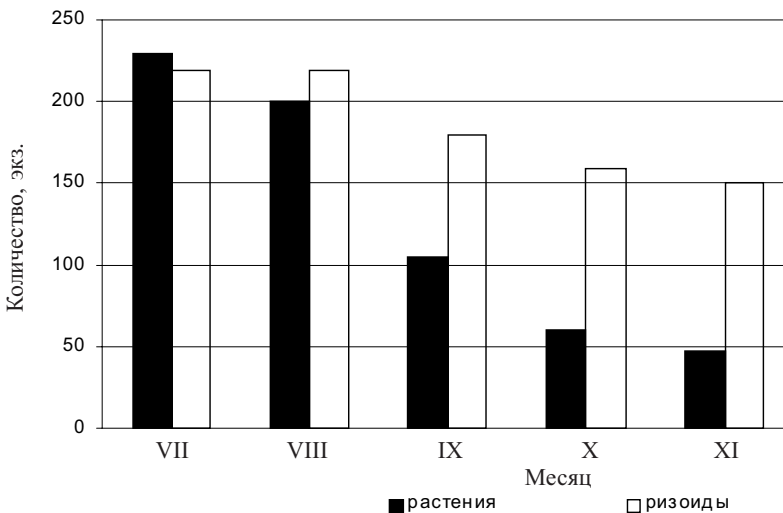
Рис. 2. Сила сцепления растений и ризоидов ламинарии с субстратом: 1 — группы ризоидов, 2 — отдельные ризоиды, 3 — группы растений, 4 — отдельные растения

Fig. 2. Holding power of the laminaria plants and rhizoids: 1 — groups of rhizoids, 2 — single rhizoids, 3 — groups of plants, 4 — single plants

Ризоиды, сросшиеся краями, в июле покрывали полностью субстрат, не оставляя практически свободного места. К ноябрю ризоиды были подъедены морскими ежами, различными моллюсками, бокоплавами, морскими козочками, их поверхность покрылась налетом слизи и взвешенного вещества, но они еще по-прежнему крепко держались за субстрат. Их количество уменьшилось от 220 в июле до 150 экз./м² к середине ноября, в основном за счет выбивания штормами отдельно сидящих ризоидов (рис. 3).

Рис. 3. Динамика разрушения растений ламинарии в нетронутых промыслом зарослях и ризоидов после водолазного способа добычи

Fig. 3. Dynamics of laminaria plants tearing off substratum in the unharvested fields and that one for the rhizoids after the harvesting by divers



На площадках с нетронутыми зарослями, т.е. где можно было наблюдать, как происходит освобождение субстратов от растений в природе, держащая сила групп растений (сросшихся ризоидами) с 19 кг в июле уменьшилась к концу октября до 4 кг (см. рис. 2). Если первоначально субстрат был полностью покрыт переплетенными между собой ризоидами растений, то уже к октябрю — середине ноября между растениями создались значительные просветы и оголились участки субстрата. В начале июля на 1 м² было 230 растений, а к середине ноября их уже было всего 48 экз. Сила сцепления живых растений с субстратом с июля по октябрь понизилась в 4 раза, в то время как для групп ризоидов без пластин эта величина практически не изменилась и составляла 18,5 кг.

У ризоидов после водолазного промысла, оставшихся на субстрате от отдельно произрастающих растений (расположенных не в группах), держащая сила в июле составляла 16 кг, к октябрю она уменьшилась незначительно — до 14 кг, в то время как держащая сила отдельно произрастающих растений изменилась в течение сезона от 15 до 3 кг.

Таким образом, сила сцепления ризоидов с субстратом при их групповом росте превышает таковую отдельных растений в 1,5–2,0 раза и в середине июля составляет более 20 кг. Это свидетельствует о том, что групповое оседание зооспор ламинарии, обеспечивающее впоследствии срастание ризоидов отдельных растений в сплошной “ковер”, способствует повышению штормоустойчивости ее поселений и сохранению их целостности до спороношения, после чего начинается их естественное разрушение вследствие окончания жизненного цикла.

Ризоиды у ламинарии разветвленные и занимают значительную площадь на субстрате. Ризоиды отдельных растений, переплетаясь между собой, сплошным ковром закрывают субстрат, практически не оставляя свободного места. Шторма и тайфуны, обычно начинающиеся в сентябре, значительно выбивают природные растения ламинарии, ударяясь волнами в большую площадь стареющего спорофита, уже имеющего к этому времени ослабленную держащую силу ризоидов, но еще сохраняющего достаточную “парусность”. В то же время у ризоидов, оставшихся

на субстрате после водолазного промысла, площадь сопротивления волнам невелика, и, имея значительную держащую силу, они противостоят волнению.

Холодная вода в северных районах побережья Приморья является хорошим консервантом для ризоидов, оставшихся после водолазного промысла на субстрате, и они сидят там в основной массе до декабря, а их некоторая часть не разрушается даже к апрелю третьего года. Зооспоры же выходят в воду из маточных слоевищ в сентябре-октябре и, не найдя подходящего субстрата, оседают на остатки ризоидов и прорастают на них. В конечном итоге ризоиды все же отрываются от субстрата и вместе с молодыми проростками на них разрушаются.

Таким образом, в природных условиях освобождение субстрата от старых растений ламинарии происходит к периоду максимальной концентрации зооспор. Это обеспечивается за счет снижения силы сцепления ризоидов с субстратом и воздействия сезонных осенних штормов на слоевища ламинарии, имеющие к этому времени еще достаточную площадь поверхности. Занятость субстрата ризоидами ламинарии после водолазного промысла препятствует оседанию зооспор, поэтому необходима смена методики добычи, орудий промысла и рекультивации субстрата.

Одной из причин снижения запасов ламинарии, наблюдающегося в настоящее время, может быть и влияние последствий водолазного промысла, при котором изымаются только слоевища водоросли, а ризоиды остаются на субстрате.

На площадках с полностью очищенным от растений ламинарии субстратом за время наблюдений с июля по ноябрь появились различные организмы как растительного, так и животного происхождения (см. таблицу).

Растения и животные, поселившиеся к ноябрю
на очищенных от ламинарии площадках
Plants and animals settled by November
on the grounds cleansed from laminaria

Вид	Численность, экз./м ²
Растения	
<i>Costaria costata</i> (Turn.) Saund	30
<i>Laminaria cichorioides</i> Miyabe	2
<i>Cystoseira crassipes</i> (Turn.) C. Ag.	2
<i>Punctaria plantaginea</i> (Roth.) Grev.	20
<i>Ptilota phacelocarpoides</i> A. Zin.	3
<i>Lithophyllum yessoense</i>	2 % площади
<i>Lomentaria hakodatensis</i> Yendo	3
<i>Bossiella cretaceae</i> (P. et R.) Johan.	4
<i>Polysiphonia morrowii</i> Harv.	2
Животные	
<i>Nucella heyseana</i> (Dunken)	1
<i>Halocynthia aurantium</i> (Pallas)	2
<i>Acmaea pallida</i> (Gould)	1
<i>Buccinum mirandum</i> (Smith)	2
<i>Asterina pectinifera</i> (Millere Troschet)	1
<i>Littorina squalida</i> (Broderip et Sowerby)	8
<i>Homalopoma sangarense</i> (Schrenck)	1
<i>Boreotrophon candelabrum</i> (A. Adams et Reeve)	1

Животные, поселившиеся на очищенных площадках, не представляют угрозы ламинарии как фитофаги или конкуренты за места обитания, поскольку не питаются макрофитами, а плотность их поселения была незначительна.

Наиболее серьезными конкурентами ламинарии за места обитания являются многолетние водоросли, которые занимают субстрат надолго.

Из всего приведенного списка водорослей, поселившихся на очищенном от ризоидов ламинарии субстрате, многолетними являются только известковые кор-

ковые водоросли порядка Corallinales (их представитель — *Lithophyllum yessoense*). Темпы развития корковых водорослей довольно высоки и составляют 11–12 % в год (Турабжанова, 2009). При значительном развитии корковых водорослей восстановление новых зарослей ламинарии представляется затруднительным (Masaki et al., 1981; Dotsu et al., 1999). Однако последние исследования (Крупнова, 2008) показали, что при достаточном количестве маточных слоевищ ламинарии ее зооспоры способны развиваться на субстратах — полностью покрытых дерновинами корковых водорослей. При этом за счет большой концентрации споровой суспензии ламинарии происходит осаждение ее зооспор не только на поверхности дерновин корковых водорослей, но и на микроскопические участки пустого субстрата между ними. Дальнейшая их судьба различна. Молодые проростки ламинарии, появившиеся из зооспор, осевших на поверхности корковых водорослей, отшелушиваются вместе со стареющими “корками” и погибают, в то время как молодые проростки ламинарии, которые появились на микроскопических участках свободного субстрата между дерновин корковых водорослей, активно развиваются, и их ризоиды распространяются в процессе роста на поверхность корковых водорослей, полностью их покрывая, поскольку темпы развития ризоидов ламинарии значительно выше, чем темпы развития корковых водорослей (Крупнова, 2008). Если проводить добычу ламинарии полосами, оставляя в достаточном количестве маточные слоевища, то корковые водоросли будут находиться в угнетенном состоянии за счет развития ризоидов нового поколения ламинарии, распространяющихся на их поверхности.

Костария, спороношение у которой происходит в более ранние сроки — в июне-июле, поселившись на полностью очищенном от ламинарии субстрате после ее добычи, также могла бы представлять опасность для будущего возобновления зарослей ламинарии из-за своих крупных размеров. Однако, как показали ранее проведенные исследования процесса смены полей в последовательности “ламинария—костария” (Крупнова, 2005), эти два доминантных вида выработали адаптационные механизмы приспособления к обитанию на одних и тех же каменистых субстратах, дефицит которых постоянно ощущается в прибрежных условиях. Ювенильные спорофиты костарии появляются в октябре-декабре, в то время, когда зооспоры ламинарии только выходят из спорангиев маточных слоевищ для оседания на субстрат (рис. 4). Зооспоры ламинарии имеют микроскопический размер и могут оседать на субстрат между проростками костарии. Ювенильные спорофиты ламинарии появляются в феврале-мае, и уже достигшие к этому времени значительных размеров спорофиты костарии (до 30–120 см) первоначально подавляют рост молодых проростков ламинарии, размер которых в это время составляет 0,5–10,0 см. После спороношения и разрушения пластин костарии в июле молодые спорофиты ламинарии активно начинают расти и, если год достаточно холодный, достигают длины 200 см, ширины 25 см и массы 800 г к маю-июню второго года жизни, что практически не уступает параметрам ламинарии, которая развивалась на субстрате, свободном от костарии. Если же лето теплое, то слоевища ламинарии не успевают набрать достаточно хороших морфологических показателей и массы и отличаются меньшими размерами по сравнению с ламинарией, произрастающей на других субстратах, т.е. там, где не было костарии.

Остальные водоросли, которые поселились на очищенном от ламинарии субстрате, являются одногодичными, имеют небольшие размеры и за период с момента добычи ламинарии до осаждения новой порции зооспор (с июля по октябрь) заняли субстрат в незначительной степени (до 10 %).

О необходимости изъятия ламинарии вместе с ризоидами при добыче косвенно свидетельствуют данные японских ученых (Sasaki, 1969) об увеличении ее площадей в прибрежье Японии после чистки субстратов льдинами в холодные годы, когда зооспоры оседают на каменистый бенч, практически не имеющий

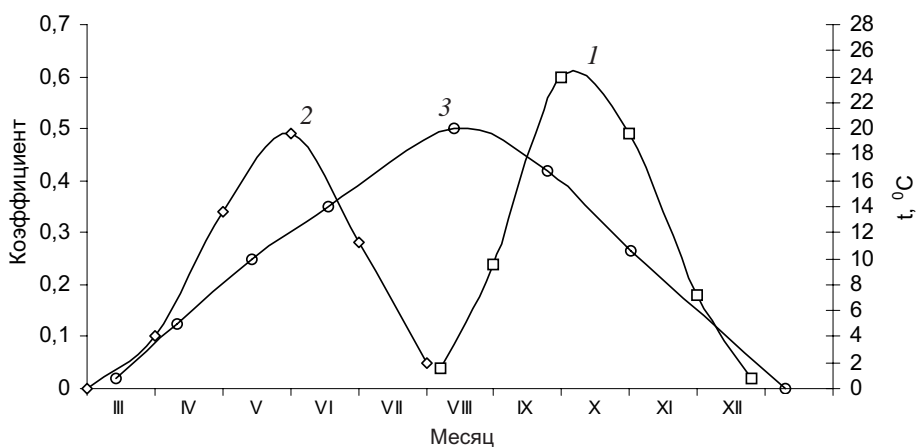


Рис. 4. Многолетние соотношения значений коэффициентов развития споронной ткани *Laminaria japonica* (1), *Costaria costata* (2) и температуры воды (3) за период с 1975 по 2001 г. в северо-западной части побережья Японского моря

Fig. 4. Long-term relationship between the sporogenous tissue covering for *Laminaria japonica* (1) and *Costaria costata* (2) and water temperature (3) in the northern part of Primorye shelf

поселений других водорослей. В этом смысле интересны результаты изучения роста ламинарии, поселившейся на камнях, внесенных на морское дно, который наблюдался в течение 3–4 лет, а затем урожаи резко сокращались из-за занятости субстрата остатками слоевищ и ризоидов ламинарии (Hasegawa, 1976).

Заклучение

Таким образом, в результате проведенных исследований становится очевидным, что два наиболее массовых вида бурых водорослей побережья Приморья — ламинария и костария — выработали адаптационные механизмы приспособления к обитанию на одних и тех же каменистых субстратах, дефицит которых постоянно ощущается в прибрежных условиях. Что же касается известковых корковых водорослей, то 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. Для сохранения экологического равновесия при проведении промысла ламинарии водолазным способом необходимо изымать растения ламинарии полностью, включая и ризоиды. Такая мера будет способствовать подготовке субстрата к заселению его зооспорами ламинарии к периоду их массового выхода, что обеспечит дальнейшее восстановление запасов этой водоросли, а также ее гармоничное сосуществование в фитоценозах с другими видами.

Список литературы

Крупнова Т.Н. Адаптационные реакции массовых бурых водорослей побережья Японского и Охотского морей в свете разработки биотехнологий их культивирования // Комаровские чтения. — Владивосток : Дальнаука, 2005. — Вып. 51. — С. 124–136.

Крупнова Т.Н. Влияние океанолого-климатических факторов на динамику полей ламинарии японской (*Laminaria japonica* Aresch.) в северо-западной части Японского моря // Гидрология и гидрохимия морей : монографический справочник. — М. : Гидрометеоиздат, 2004. — Т. 8, вып. 2: Японское море. — С. 162–166.

Крупнова Т.Н. Инструкция по культивированию и восстановлению полей ламинарии. — Владивосток : ТИПРО-центр, 2008. — 34 с.

Кулепанов В.Н., Дзизюров В.Д., Жильцова Л.В. Факторы, определяющие динамику запаса ламинарии у побережья Приморья // Мат-лы науч.-практ. конф. "Приморье — край рыбацкий". — Владивосток, 2002. — С. 39–41.

Паймеева Л.Г. Предложения по организации рационального промысла ламинарии в Приморье // Тез. докл. Всесоюз. конф. по рацион. исполз. биол. ресурсов окр. и внутр. морей СССР. — М., 1989. — С. 82–84.

Паймеева Л.Г., Гусарова И.С. Состояние зарослей *Laminaria japonica* Aresch. f. *longipes* (Miabe et Tokida) Ju. Petr. в северном Приморье // Комаровские чтения. — Владивосток : Дальнаука, 1993. — Вып. 38. — С. 20–36.

Правила рыболовства в морских районах, прилегающих к побережью СССР. — Владивосток, 1987. — 23 с.

Прудникова Л.Т., Кузьмина Е.А. Распределение и состояние запасов ламинарии японской в северном Приморье // Изв. ТИНРО. — 1976. — Т. 100. — С. 150–154.

Суховеева М.В. Распределение водорослей вдоль берегов Приморья // Изв. ТИНРО. — 1967. — Т. 61. — С. 255–260.

Суховеева М.В. Состояние запасов, распределение ламинарии и некоторых других водорослей у берегов Приморья : монография. — Владивосток : Дальневост. кн. изд-во, 1969. — 23 с.

Турабжанова И.С. Восстановление полей ламинарии японской (*Laminaria japonica* Aresch.) в прибрежье Приморья : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2009. — 24 с.

Dotsu K., Nomura H., Ohta M., Iwakura Y. Factors Causing Formation of *Laminaria religiosa* Bed on Coralline Flats along the Southwest Coast of Hokkaido // Nippon Suisan Gakkaishi. — 1999. — Vol. 65, № 2. — P. 216–222.

Hasegawa Y. Progress of *Laminaria* cultivation in Japan // J. Fish. Res. Bd Canada. — 1976. — Vol. 33. — P. 1002–1006.

Masaki T., Fujita D., Akioka H. Observation on Spore Germination of *Laminaria japonica* on *Lithophyllum yessoense* (Rhodophyta, Corallinaceae) in culture // Bull. Fac. Fish. Hokk. Univ. — 1981. — Vol. 32, № 4. — P. 349–356.

Sasaki S. An ecological study of *Laminaria angustata* var. *Longissima* Miyabe on the coast of Kushiro Prov., Hokkaido // Sci. Rep. Hokk. Fish. Exp. St. — 1969. — № 10. — P. 1–42.

Поступила в редакцию 26.06.09 г.