

УДК 582.272.74  
DOI: 10.23885/2500-0640-2018-14-2-66-72

## РЕПРОДУКЦИЯ И РАННЕЕ РАЗВИТИЕ БУРОЙ ВОДОРΟΣЛИ *FUCUS DISTICHUS* LINNAEUS, 1767 БАРЕНЦЕВА МОРЯ В УСЛОВИЯХ ЛАБОРАТОРНОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ

© 2018 г. Е.А. Брокарева<sup>1,2</sup>, Г.М. Воскобойников<sup>1</sup>

**Аннотация.** Массовое созревание концептакулов у фукуса *Fucus distichus* Linnaeus, 1767 на восточном побережье Баренцева моря наступает в конце июля – начале августа. На поверхности рецептакулов выявляются бугорки красно-коричневого цвета (наружная часть концептакулов). Размеры концептакулов варьируются от 150 до 550 мкм в диаметре. На этой стадии на выстилающем слое скафидия присутствуют оогонии – половые продукты, а также в больших количествах парафизы. Зрелые оогонии достигают 70–110 мкм. В оогонии присутствует 8 яйцеклеток размером 30–65 мкм. После выхода из оогониев яйцеклетки имеют шарообразную форму с неоднородным внутренним содержанием. Антерозоиды располагаются в антеридиях в виде скоплений в слизистых пакетах. Их выход в морскую воду сопровождается разрывом пакетов, быстрым выходом гамет. Выход гамет из концептакулов длится в течение 1–2 суток с момента стимулирования. В течение последующих 8 недель зафиксированы основные морфологические стадии раннего развития: оплодотворение и формирование эмбриона, дифференцировка на ризоидальную и талломическую части, формирование проростков и прикрепление к субстрату. В течение недели зигота проходит серию делений и состоит из 9 клеток (от 60 до 100 мкм). Более светлая часть проростка содержит клетки ризоидальной части, более темная – талломической. За четыре недели талломическая часть увеличилась в размерах до 200–250 мкм в длину. На этой стадии появлялись гиалиновые волоски. К концу второго месяца наблюдений проростки достигли размеров 2–3 мм. Предполагается, что у растения в сентябре – ноябре происходит накопление запасных веществ, а в декабре – марте закладка концептакулов с гаметангиями. В апреле – июне созревают концептакулы с гаметангиями. От оплодотворения до формирования проростков и прикрепления к субстрату проходит 2 месяца. Возможно, такое быстрое развитие проростков у данного вида фукуса на литорали Баренцева моря связано с приспособленностью вида к короткому арктическому лету.

**Ключевые слова:** водоросли-макрофиты, Баренцево море, *Fucus distichus*, зигота, эмбрион, прорастание, развитие проростков.

## REPRODUCTION AND EARLY DEVELOPMENT OF BROWN ALGAE *FUCUS DISTICHUS* LINNAEUS, 1767 OF THE BARENTS SEA IN THE CONDITIONS OF LABORATORY CULTIVATION

Е.А. Brokareva<sup>1,2</sup>, G.M. Voskoboinikov<sup>1</sup>

**Abstract.** Mass maturation of conceptacles of fucus at the eastern coast of the Barents Sea starts at the end of July or at the beginning of August. Red-brown color tubercles (the outside part of conceptacles) were revealed on the surface of receptacles. The size of the conceptacles in diameter varies from 150 to 550 microns. At this stage, oogonia – sexual products, and large amounts of paraphysis can be found on

<sup>1</sup> Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра Российской академии наук (Murmansk Marine Biological Institute, Kola Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, Murmansk, Russian Federation), Российская Федерация, 183010, г. Мурманск, ул. Владимирская, 17, e-mail: grvosk@mail.ru

<sup>2</sup> Мурманский арктический государственный университет (Murmansk Arctic State University, Murmansk, Russian Federation), Российская Федерация, 183038, г. Мурманск, ул. Капитана Егорова, 15

the lining layer of scaphidia. Mature oogonia reach 70–110 microns. Oogonia has 8 ovules sized of 30–65 microns. After leaving oogonium, the ovules have a spherical shape with heterogeneous internal content. Anterozoides are located in antheridia in the form of clusters in the mucous sacks. Their release into the sea water is accompanied by the breaking of sacks, the rapid release of gametes. The release of gametes from conceptacles lasts for 1–2 days from the moment of stimulation. During next 8 weeks, the main morphological stages of early growth were fixed: fertilization and embryo formation, differentiation into the rhizoid and thalamic parts, formation of sprouts and attachment to the substrate. During the following week the zygote passed a series of divisions and have consisted of 9 cells (from 60 to 100 microns). The lighter part of the germ contained the cells of the rhizoidal part, the darker – thalamic one. During four weeks the thalamic part has increased in size to 200–250  $\mu\text{m}$  in length. At this phase hyaline hairs have appeared. By the end of the second month of observations, the seedlings reached a size of 2–3 mm. It is assumed that in September – November the plant accumulates spare substances, and in December – March builds up conceptacles with gametangia. In April – June the maturation of conceptacles with gametangia occurs. Further stages of the early development of *Fucus distichus* Linnaeus, 1767: from fertilization to the formation of seedlings and attachment to the substrate take place within two months. Perhaps, such a rapid growth of seedlings in this species of fucus at the littoral of the Barents Sea is related to its adaptability to the short Arctic summer.

**Keywords:** macrophyte algae, Barents Sea, *Fucus distichus*, zygote, embryo, germination, development of seedlings.

В последние годы на побережье Баренцева моря начинает интенсивно развиваться промысел фукусовых водорослей. Большие запасы, содержание широкого спектра биологически активных веществ, высокая рентабельность при добыче и первичной переработке делают их весьма привлекательным объектом для добычи. Фукусовые водоросли в настоящее время не являются квотируемым объектом при промысле.

Вместе с тем заросли фукусовых водорослей играют важную роль в формировании и функционировании литоральных фитоценозов, являются местом обитания, размножения для многих гидробионтов северных морей. Как было показано [1–3], именно на ранних стадиях онтогенеза фукусовые водоросли наиболее ранимы при альтерирующих воздействиях.

В имеющихся работах по размножению, биологии раннего развития фукусовых водорослей [4–8] морфологические аспекты данных процессов у этой группы водорослей в условиях арктических морей практически не исследовались.

Изучение эмбриогенеза, раннего онтогенеза *Fucus distichus* Linnaeus, 1767, одного из доминантных видов водорослей Баренцева моря, может внести вклад в понимание аналогичных процессов у представителей родственных родов водорослей из других регионов: дальневосточного *Sargassum*, черного морского *Cystoseira*.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Альгологический материал был собран в литоральной зоне бухты Прибойная (69°07.957' с.ш., 36°03.900' в.д.) Баренцева моря в конце июля – начале августа 2016 г.

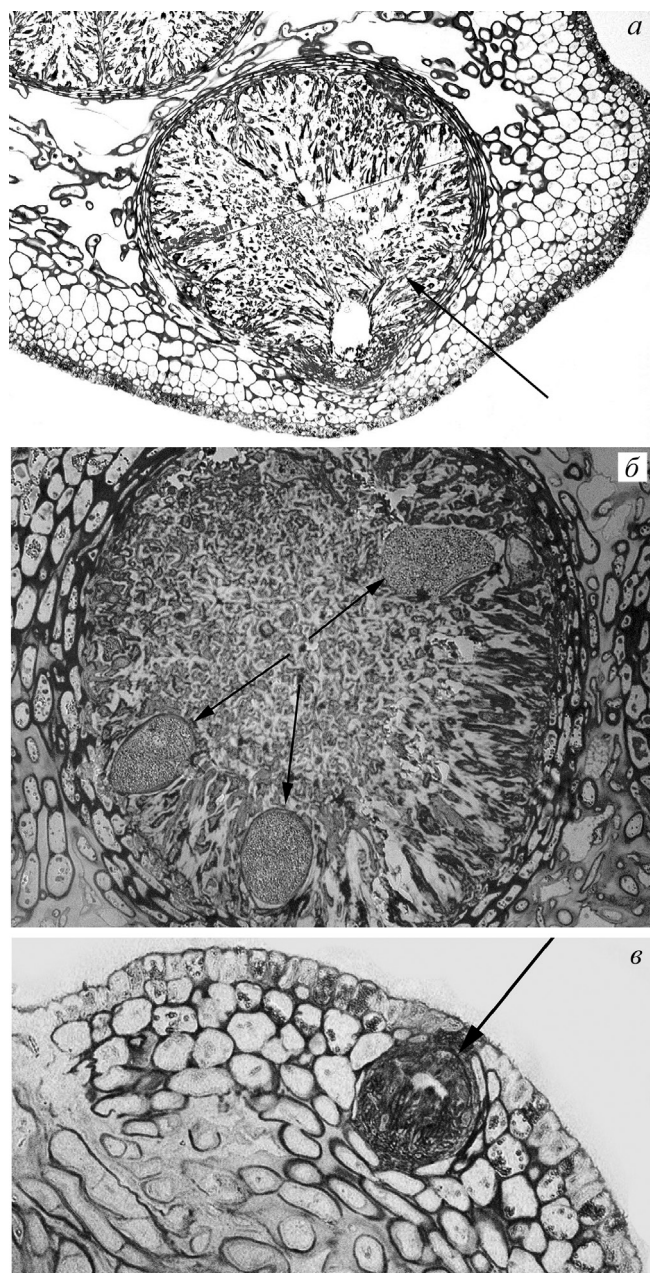
Для анализа отбирали фертильные 4–5-летние водоросли *Fucus distichus*. Возраст определяли по методике, предложенной О.В. Максимовой [9].

Все талломы имели хорошо развитые рецептакулы на стадии конечного созревания. Для выращивания культуры эмбрионов применяли методику, предложенную Т. Мотомурой [10], с некоторыми упрощениями. В экспериментах использовали морскую воду, предварительно выдержанную в течение двух суток в термостате при температуре 60 °С, без добавления витаминов и микроэлементов. Температура воды в опытах составляла 10–12 °С, соленость 33 ‰. В морскую воду, непосредственно использованную для культивирования яйцеклеток и антерозоидов, в целях подавления бактериального роста добавляли GeO<sub>2</sub> (1 мг/л) и ампициллин (2 мг/л).

Отделенные от таллома рецептакулы и (или) их части промывали в морской воде и переносили в чашки Петри со свежей морской водой. Дно чашек служило субстратом для закрепления и выращивания эмбрионов.

Стимулирование выхода половых продуктов из рецептакулов проводили в три этапа: 1) двое суток при постоянном освещении; 2) сутки в темноте; 3) постоянное освещение.

Далее в чашки Петри с обсушенными рецептакулами наливали охлажденную морскую воду для



**Рис. 1.** Строение концептакулов бурой водоросли *Fucus distichus*: *а* – закладка концептакула; *б* – развивающийся концептакул; *в* – развивающийся концептакул с женскими гаметами (оогонии обозначены стрелкой). Увеличение: *а* – 175×; *б*, *в* – 280×.

**Fig. 1.** The structure of brown alga *Fucus distichus* conceptacles: *a* – formation of the conceptacle; *b* – developing conceptacle; *v* – developing conceptacle with the female gametangia (oogonia are indicated by an arrow). Magnification: *a* – 175×; *b*, *v* – 280×.

выхода оогониев и антеридиев из концептакулов. Ежедневно проводили смену морской воды. После выхода яйцеклеток и антерозоидов из гаметагмиев части рецептакулов удаляли из чашки Петри. При дальнейшем культивировании смену морской воды производили каждые три дня.

В течение наблюдения проводили морфометрический анализ эмбрионов, получаемых после оплодотворения антерозоидами яйцеклеток (длина талломической части и диаметры основной части) [11].

Для гистологических и цитологических исследований высечки (1–1,5 см<sup>2</sup>) из талломов водорослей с рецептакулами фиксировали в течение 18 часов 2,5%-м глутаровым альдегидом, промывали в буфере и выполняли постфиксацию 1%-м раствором OsO<sub>4</sub>. Все растворы, используемые в процессе фиксации, были приготовлены на фосфатном буфере, имели pH и осмотическое давление, равные таковым в естественной среде обитания. Обезвоживание тканей водорослей осуществляли в растворах этанола восходящей концентрации – от 30 до 96 %, в смеси этанол – ацетон и в абсолютном ацетоне. Материал заливали смесью аралдита и эпона [12].

Полутонкие срезы (1–2 мкм) после окраски толуидиновым или метиленовым синим заключали в канадский бальзам, исследовали на световом микроскопе Carl Zeiss. Для получения фотоснимков использовали цветную цифровую видеокамеру JVC ТК-С1381, программное обеспечение «Видео-Тест-Альбом».

При исследовании гистологического материала определяли размеры концептакулов, количество слоев и ширину клеток, окружающих концептакулы, диаметр концептакула и количество оогониев.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Размеры зрелых концептакулов *F. distichus* варьируются от 150 до 550 мкм в диаметре (рис. 1).

Массовое созревание концептакулов у фукуса на восточном побережье Баренцева моря наступает в конце июля – начале августа (рис. 1), когда на поверхности рецептакулов становятся хорошо заметны бугорки красно-коричневого цвета – наружная часть концептакулов. На этой стадии возможно определить половые продукты в скафидиях (оогонии) (рис. 2а).

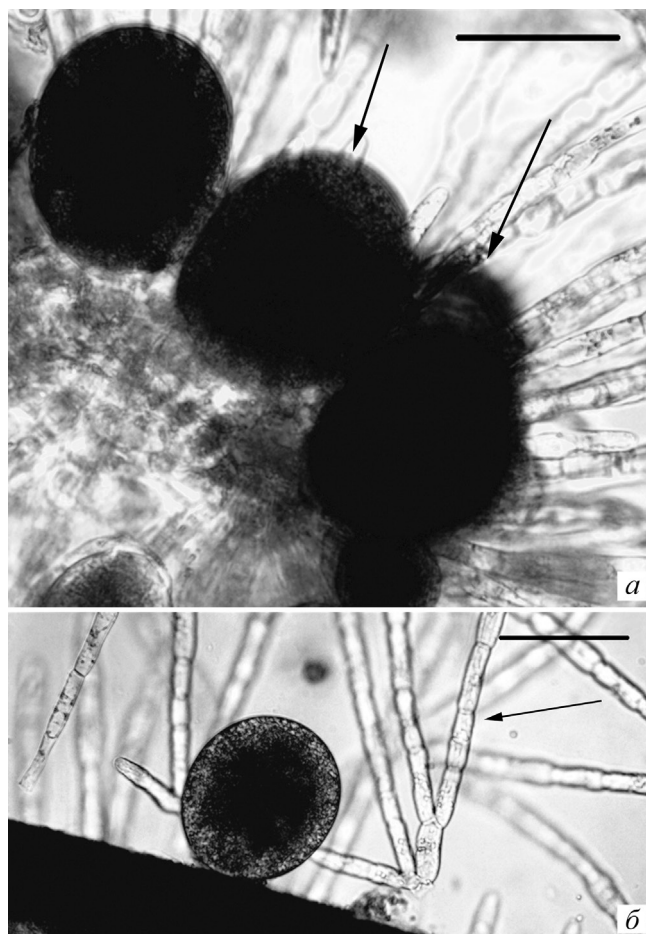
Помимо половых продуктов в скафидиях располагаются в больших количествах парафизы, улучшающие ассимиляцию питательных веществ среды [11] (рис. 2б).

Оогонии расположены на выстилающем слое скафидия, который и дает их начало. Количество яйцеклеток в оогонии стабильно для видов рода *Fucus* – 8. У изученных образцов фукуса хорошо различима слизистая оболочка, защищающая внутреннее содержимое. Зрелые оогонии достигают 70–110 мкм. Вышедшие после этапа стимулирования из оогониев яйцеклетки имели шарообразную форму с неоднородным внутренним содержимым (рис. 3). Размеры яйцеклеток варьировались от 30 до 65 мкм.

Антерозоиды располагались в антеридиях в виде скоплений в слизистых пакетах. Их выход в морскую воду на субстрат был более активен, чем у яйцеклеток и сопровождался массовым и интенсивным разрывом слизистых пакетов с быстрым выходом гамет.

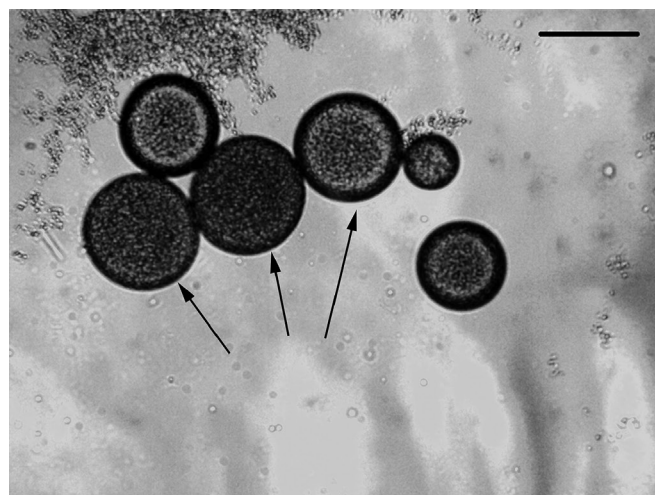
Процесс выхода гамет из концептакулов длился в течение 1–2 суток с момента стимулирования и добавления к рецептакулам морской воды.

В течение последующего наблюдения (8 недель) нами были зафиксированы все выявленные для других видов фукусов основные морфологические стадии раннего развития: оплодотворение и формирование эмбриона, дифференцировка на ризоидальную и талломическую части, формирование проростков и прикрепление к субстрату [13–15].



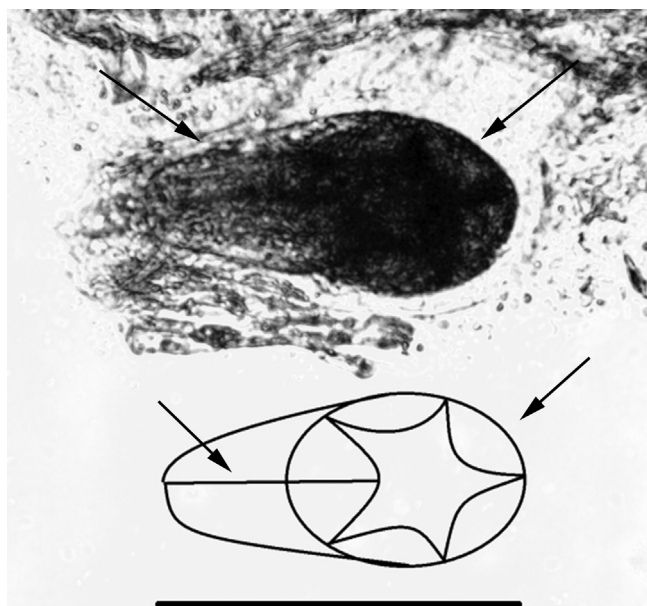
**Рис. 2.** Гаметангии *Fucus distichus*: а – незрелые оогонии (обозначены стрелками); б – зрелый оогоний с яйцеклетками, вокруг парафизы (обозначены стрелкой). Увеличение 700×. Масштабные линейки – 100 мкм.

**Fig. 2.** Gametangia of *Fucus distichus*: а – immature oogonia (arrowed); б – mature oogonium with oocytes, around the paraphysis (arrowed). Magnification 700×. Scale bars 100 μm.



**Рис. 3.** Выход и развитие яйцеклеток *Fucus distichus*: а – вышедшие из концептакула яйцеклетки; б – слизистая оболочка яйцеклетки (обозначена стрелкой). Увеличение 700×. Масштабные линейки – 100 мкм.

**Fig. 3.** Output and development of eggs *Fucus distichus*: а – emerged from the conceptacle egg; б – the mucosa of the egg (arrowed). Magnification 700×. Scale bars 100 μm.



**Рис. 4.** Дифференцировка эмбриона *Fucus distichus*. Одна стрелка указывает на талломическую часть эмбриона, две стрелки – на ризоидальную. Увеличение 700×. Масштабная линейка 100 мкм.

**Fig. 4.** Differentiation of *Fucus distichus* embryo. One arrow indicates the thalloid part, two arrows represent the rhizoid part. Magnification 700×. Scale bar 100 μm.

Однако необходимо отметить, что начальный этап поляризации зиготы пока зафиксировать не удалось.

В течение недели зигота прошла серию делений и стала состоять из 9 клеток (от 60 до 100 мкм). Более светлая вытянутая часть проростка содержит клетки ризоидальной части, более темная – талломической (рис. 4).

В течение четырех недель талломическая часть увеличилась в размерах до 200–250 мкм в длину (рис. 5а). Так же, как и у описанного ранее *F. eva-*

*nescens* [8], на этой стадии появлялись гиалиновые волоски (рис. 5б), которые продолжали расти в дальнейшем.

К концу второго месяца наблюдений проростки достигли размеров 2–3 мм и стали визуально различимы без специального оборудования (рис. 5в).

Необходимо отметить, что развитие проростков шло более интенсивно по сравнению с таковым у фукусовых водорослей из других регионов обитания [9; 14]. Ранее нами было показано [16], что в Баренцевом море у *F. distichus* подготовка к генеративному этапу жизненного цикла начинается еще в период полярной ночи. Наши результаты находятся в определенном несоответствии с данными, представленными Л.Л. Кузнецовым и Е.В. Шошиной [15], об образовании рецептакул у баренцевоморского *F. distichus* в августе – октябре сразу после выхода половых продуктов в окружающую среду. По нашему представлению, для перехода растения к новому генеративному этапу ему требуется определенный временной период для накопления запасных веществ. Именно это и происходит в сентябре – ноябре, а уже закладка концептакулов с гаметангиями наблюдается в течение следующих четырех месяцев, в декабре – марте. Далее в течение трех месяцев (апрель – июнь) созревают концептакулы с гаметангиями.

Семь дальнейших основных стадий раннего развития *F. distichus*, описанных выше: от оплодотворения и формирования эмбриона до начала дифференцировки, развития и прикрепления к субстрату проростков, – на литорали Баренцева моря проходят достаточно быстро, в течение двух месяцев, что, вероятно, связано с приспособленностью вида к короткому арктическому лету.



**Рис. 5.** Развитие талломической и ризоидальной частей проростка *Fucus distichus*: а – талломическая часть (обозначена стрелкой); б – гиалиновый волосок (обозначен стрелкой); в – проростки *Fucus distichus* на 60 сутки (обозначены стрелками). Увеличение 700×. Масштабные линейки – 100 мкм.

**Fig. 5.** Development of thalloid and rhizoid parts of sprout *Fucus distichus*: а – the thalloid part (arrowed); б – the hyaline hair (arrowed); в – sprouts (arrowed) *F. distichus* on the 60<sup>th</sup> day. Magnification 700×. Scale bars 100 μm.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воскобойников Г.М., Макаров М.В., Рыжик И.В., Малавенда С.В. 2007. Влияние абиотических факторов на структуру фитоценозов, морфологические и физиологические особенности водорослей-макрофитов Баренцева моря. В кн.: *Динамика морских экосистем и современные проблемы сохранения биологического потенциала морей России. В рамках подпрограммы «Исследование природы Мирового океана» Федеральной целевой программы «Мировой океан», II этап (2003–2007 гг.)*. Владивосток, Дальнаука: 357–386.
2. Степаньян О.В., Воскобойников Г.М. 2006. Влияние нефти и нефтепродуктов на морфофункциональные особенности морских макроводорослей. *Биология моря*. 32(4): 241–248.
3. Lüning K. 1990. *Seaweeds. Their environment, biogeography, and ecophysiology*. John Wiley & Sons: 527 p.
4. Кузнецов В.В. 1962. Биологические особенности основных представителей беломорской флоры и условия их промышленного использования. В кн.: *Труды Всесоюзного совещания работников водорослевой промышленности СССР. Т. 1*. Архангельск, Архангельское книжное изд-во: 131–140.
5. Петров Ю.Е. 1977. Отдел бурые водоросли (Phaeophyta). В кн.: *Жизнь растений. Т. 3. Водоросли*. М., Просвещение: 144–192.
6. Толстикова Н.Е. 1980. Наблюдение за развитием *Fucus vesiculosus* L. и *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis в течение года на литорали Восточного Мурмана. В кн.: *Донная флора и продукция краевых морей СССР*. М., Наука: 81–89.
7. Ковалевская Р.А. 1987. Развитие концептакулов бурой водоросли *Cystoseira crassipes*. *Биология моря*. 1: 69–71.
8. Климова А.В., Кашутин А.Н. 2016. Раннее развитие камчатских представителей *Fucus evanescens* (Phaeophyceae, Fucales) в условиях лабораторного культивирования. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. 37: 50–56.
9. Максимова О.В. 1980. Некоторые сезонные особенности развития и определения возраста беломорских фукоидов. В кн.: *Донная флора и продукция краевых морей СССР*. М., Наука: 73–78.
10. Motomura T. 1994. Electron and immunofluorescence microscopy on the fertilization of *Fucus distichus* (Fucales, Phaeophyceae). *Protoplasma*. 178(3–4): 97–110. doi: 10.1007/BF01545960
11. Тараховская Е.Р., Маслов Ю.И., Раилкин А.И., Бесядовский А.Р. 2008. Влияние гидродинамических условий на рост и морфогенез эмбрионов *Fucus vesiculosus* L. (Phaeophyta). *Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 3. Биология*. 4: 70–76.
12. Воскобойников Г.М., Титлянов Э.А. 1978. Изучение анатомии и ультраструктуры красной водоросли *Grateloupia turituru* из различных по освещенности мест обитания. В кн.: *Экологические аспекты фотосинтеза морских макроводорослей*. Владивосток, изд-во ДВНЦ АН СССР: 83–87.
13. Fritsch F.E. 1935. *Structure and reproduction of the algae. Vol. 1. Introduction, Chlorophyceae, Xanthophyceae, Chrysophyceae, Bacillariophyceae, Cryptophyceae, Dinophyceae, Chloromonadineae, Euglenineae, Colourless Flagellata*. New York, Macmillan & Co: 791 p.
14. Kropf D.L. 1992. Establishment and expression of cellular polarity in fucoid zygotes. *Microbiological Reviews*. 56(2): 316–339.
15. Кузнецов Л.Л., Шошина Е.В. 2003. Фитоценозы Баренцева моря (физиологические и структурные характеристики). Апатиты, изд-во КНЦ РАН: 308 с.
16. Брокарева Е.А. 2014. Морфологические особенности репродуктивных органов фукусовых водорослей. В кн.: *Материалы XIV Международной научной конференции студентов и аспирантов «Проблемы арктического региона»*. Мурманск, изд-во Мурманского арктического государственного университета: 23–27.

## REFERENCES

1. Voskoboinikov G.M., Makarov M.V., Ryzhik I.V., Malavenda S.V. 2007. [The effect of abiotic factors on the structure of phytocenosis, morphological and physiological peculiarities of macrophytic algae]. In: *Dinamika morskikh ekosistem i sovremennye problemy sokhraneniya biologicheskogo potentsiala morey Rossii. Vramkakh podprogrammy "Issledovanie prirody Mirovogo okeana" Federal'noy tselevoy programmy "Mirovoy okean", II etap (2003–2007 gg.)*. [Dynamics of Marine Ecosystems and Modern Problems of Conservation of Biological Resources of the Russian Seas. Within of the sub-program "Investigations of Nature of the World Ocean", II stage (2003–2007)]. Vladivostok, Dalnauka: 357–386.
2. Stepanyan O.V., Voskoboinikov G.M. 2006. Effect of oil and oil products on morphofunctional parameters of marine macrophytes. *Russian Journal of Marine Biology*. 32 (Suppl. 1): S32. doi: 10.1134/S1063074006070042
3. Lüning K. 1990. *Seaweeds. Their environment, biogeography, and ecophysiology*. John Wiley & Sons: 527 p.
4. Kuznetsov V.V. 1962. [Biological features of the main representatives of the White Sea flora and the conditions for their commercial use]. In: *Trudy Vsesoyuznogo soveshchaniya rabotnikov vodoroslevoy promyshlennosti SSSR. T. 1*. [Proceedings of the All-Union Meeting of Algal Industry Workers of the USSR. Vol. 1]. Arkhangelsk, Arkhangelsk Publishing House: 131–140. (In Russian).
5. Petrov Yu.E. 1977. [Division brown algae (Phaeophyta)]. In: *Zhizn' rasteniy. T. 3. Vodorosli*. [Life of plants. Vol. 3. Algae]. Moscow, Prosveshchenie: 144–192. (In Russian).
6. Tolstikova N.E. 1980. [Observation of the development of *Fucus vesiculosus* L. and *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis during the year on the eastern Murman littoral]. In: *Donnaya flora i produktsiya kraevykh morey SSSR*. [Bottom flora and production of the marginal seas of the USSR]. Moscow, Nauka: 81–89. (In Russian).
7. Kovalevskaya R.A. 1987. [Development of conceptacles of brown alga *Cystoseira crassipes*]. *Biologiya morya*. 1: 69–71. (In Russian).
8. Klimova A.V., Kashutin A.N. 2016. [Early development of the brown alga *Fucus evanescens* (Phaeophyceae, Fucales) from southeast Kamchatka under laboratory-controlled conditions]. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta*. 37: 50–56. (In Russian).

9. Maksimova O.V. 1980. [Some seasonal features of development and age determination of the White Sea fucoid]. In: *Donnaya flora i produktsiya kraevykh morey SSSR. [Bottom flora and production of the marginal seas of the USSR]*. Moscow, Nauka: 73–78. (In Russian).
10. Motomura T. 1994. Electron and immunofluorescence microscopy on the fertilization of *Fucus distichus* (Fucales, Phaeophyceae). *Protoplasma*. 178(3–4): 97–110. doi: 10.1007/BF01545960
11. Tarahovskaya E.R., Maslov Yu.I., Railkin A.I., Besyadovskij A.R. 2008. [Influence of hydrodynamic conditions on growth and morphogenesis of of *Fucus vesiculosus* L. embryos (Phaeophyta)]. *Vestnik Sankt-Peterbugskogo universiteta. Seriya 3. Biologiya*. 4: 70–76. (In Russian).
12. Voskoboinikov G.M., Titlyanov E.A. 1978. [A study of the anatomy and ultrastructure of the red alga *Grateloupia turuturu* from different in the illumination habitats]. In: *Ekologicheskie aspekty fotosinteza morskikh makrovodorosley*. Vladivostok, Far Eastern Scientific Center of the USSR Academy of Sciences: 83–87. (In Russian).
13. Fritsch F.E. 1935. *Structure and reproduction of the algae. Vol. 1. Introduction, Chlorophyceae, Xanthophyceae, Chrysophyceae, Bacillariophyceae, Cryptophyceae, Dinophyceae, Chloromonadineae, Euglenineae, Colourless Flagellata*. New York, Macmillan & Co: 791 p.
14. Kropf D.L. 1992. Establishment and expression of cellular polarity in fucoid zygotes. *Microbiological Reviews*. 56(2): 316–339.
15. Kuznetsov L.L., Shoshina E.V. 2003. *Fitotsenozы Barentseva morya (fiziologicheskie i strukturnye kharakteristiki). [Phytocenoses of the Barents Sea (physiological and structural characteristics)]*. Apatity, Kola Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences: 308 p. (In Russian).
16. Brokareva E.A. 2014. [Morphological characteristics of the reproductive organs of fucus algae]. In: *Materialy XIV Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii studentov i aspirantov "Problemy arkticheskogo regiona". [Proceedings of the XIV International scientific conference of students and postgraduates "Problems of the Arctic region"]*. Murmansk, Murmansk Arctic State University: 23–27. (In Russian).

Поступила 20.03.2018