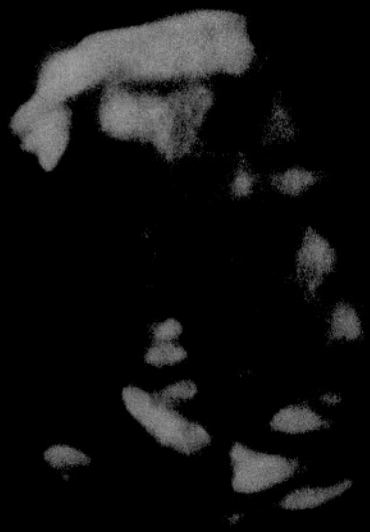
ТРУДЫ ВНИРО

том CXXIV

МОРСКИЕ ВОДОРОСЛИ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ



ALL-UNION RESEARCH INSTITUTE OF MARINE FISHERIES
AND OCEANOGRAPHY
(VNIRO)

PROCEEDINGS VOLUME CXXIV

MARINE ALGAE
AND THEIR UTILIZATION

MOSCOW
PISHCHEVAYA PROMYSHLENNOST
1977

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МОРСКОГО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ
(ВНИРО)

ТРУДЫ ТОМ CXXIV

МОРСКИЕ ВОДОРОСЛИ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

МОСКВА
ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ
1977

УДК 664.86.

Редакционная коллегия:

Е. И. БЛИНОВА, В. Б. ВОЗЖИНСКАЯ, Н. И. РЕХИНА, К. Д. КОСОВА

Editorial Board:

E. I. BLINOVA (Chief Editor), V. B. VOZZHINSKAYA, N. I. REKHINA, K. D. KOSOVA

ВНИРО
№ 47802
Библиотека

© Всесоюзный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), 1977 г.

М $\frac{31705-149}{044(01)-77}$ без объявл.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 5
М. В. Суховеева. Флористический состав и экология макрофитов приморского побережья Японского моря 6
Е. И. Блинова. Фитобентос литорали и сублиторали северной части Охотского моря (Тауйская губа, полуострова Кони и Пьягина) 12
Х. А. Кукк. О донной растительности южного побережья Финского залива . 22
Т. Я. Трей. Зеленые и харовые водоросли в прибрежных водах Западной Эстонии 27
Н. Е. Толстикова. Некоторые особенности развития фукуса пузырчатого (Fucus vesiculosus L.) и аскофиллума (Ascophyllum nodosum (L.) Jolis) на побережье Баренцева моря 31
В. Б. Возжинская. Биология (сезонное развитие и продукция) ламинарий Белого моря 37
К. М. Каминер. Особенности биологии и биохимии черноморской Phyllophora nervosa (DC) Grev 46
С. К. Буянкина. Биотехника искусственного разведения морской капусты в Приморье 52
И. А. Ярцева, В. Б. Возжинская, О. А. Соловьева, К. М. Каминер. Физиологическая характеристика некоторых фукоидов Белого и Японского морей 57
О. Н. Трунова, А. Р. Гринталь. Исследование антибиотической активности морских водорослей Мурмана 61
А. И. Усов. Исследование полисахаридов красных морских водорослей . . . 65
Е. И. Медведева, С. В. Красильникова, К. А. Панченко, Е. Б. Петренко, Л. И. Бойко. Особенности гликопротеинов водорослей и пути их использования 71
М. С. Дудкин, Г. Д. Лукина, И. В. Арешидзе. Химия морских трав . 79
И. П. Бабин. Исследование студнеобразования систем с некоторыми полисахаридами красных морских водорослей 85
Ю. Г. Воронова, А. И. Усов, Н. И. Рехина. К разработке метода количественного определения студнеобразующего вещества в агароиде . . . 90
Ю. Г. Воронова, Н. И. Рехина, М. А. Тюганова. Очистка агароида целлюлозными ионитами 94
Рефераты 99

CONTENTS

Preface 5
M. V. Sukhoveeva. Floral composition and ecology of macrophytes off Primorye in the Sea of Japan 6
E. I. Blinova. Phytobenthos from the littoral and sublittoral zones of the North Okhotsk Sea 12
H. A. Kukk. On bottom vegetation from the middle southern coast of the Gulf of Finland 22
T. Ya. Trey. Chlorophyta and Charophyta from the coastal waters of West Estonia 27
N. E. Tolstikova. On biology and peculiarities of development of Fucus vesiculosus L. and Ascophyllum nodosum (L.) Jolis from the Barents Sea 31
V. B. Voszhinskaya. Biology (seasonal development and yield) of Laminaria from the White Sea 37
K. M. Kaminer. Peculiarities of biology and biochemistry of populations of Phyllophora nervosa (DC)G 46
S. K. Buyankina Biotechniques of cultivation of Laminaria japonica off Primorye 52
I. A. Yartseva, V. B. Voszhinskaya, O. A. Solovyeva, K. M. Kaminer. Physiological characteristics of some Fucales from the White Sea and Sea of Japan 57

O. N. Trunova, A. R. Grintal. Investigations of antibiotic activities in marine algae off Murman 61
A. I. Usov Investigation of polysaccharides from marine red algae 65
E. I., Medvedeva, C. V. Krasilnikova, K. A. Panchenko, E. B. Petrenko, L. I. Boiko. Peculiarities of algal glycoproteins and ways of using them 71
M. S. Dudkin, G. D. Lukina, I. V. Areshidze. Chemical composition of marine flowering plants 79
I. P. Babin. Investigations of gel-formation of some polysaccharides from marine red algae 85
Yu. G. Voronova, A. I. Usov. N. I. Rekhina, To elaboration of the method of quantitative determination of the content of gel-forming substances in agaroid 90
Yu. G. Voronova, N. I. Rekhina, M. A. Tyuganova. Purification of agaroid with ion exchange cellulose 94
Abstracts 99

Труды ВНИРО, том CXXIV

**МОРСКИЕ ВОДОРОСЛИ
И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ**

Редактор В. С. Слепнева

Художественный редактор В. В. Водзинский

Технический редактор Г. Б. Жарова

Корректор Н. П. Багма

ИБ № 675

Т-11316. Сдано в набор 8/IX 1976 г. Подписано в печать 24/V 1977 г. Формат 70×108 1/16. Бумага типографская № 1. Объем 6,5 печ. л. Усл. п. л. 9,10 Уч.-изд. л. 9,13. Тираж 600 экз. Заказ 766а
Цена 1 р. 37 коп.

Издательство «Пищевая промышленность»
113035, Москва, М-35, 1-й Кадашевский пер., 12.

Московская типография № 19 Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли, Москва, Б-78, Каланчевский туп., д. 3/5

ПРЕДИСЛОВИЕ

Морские водоросли имеют большое значение во многих отраслях промышленности (пищевой, текстильной, парфюмерной, фармацевтической и др.). Многие морские водоросли являются ценными пищевыми, диетическими, кормовыми продуктами. Они служат сырьем для получения таких незаменимых веществ, как агар, агароид, альгинаты, маннит и др. Велика роль морских макрофитов и как первичных продуцентов органического вещества, кислорода в прибрежных водах морей и океанов.

Для научно обоснованной эксплуатации и переработки естественных зарослей водорослей необходимо знать их распределение, экологию, запасы, биологию, физиологию, химию и технологию.

До настоящего времени фитобентос некоторых морей СССР еще не изучен. Проведенные же в некоторых районах исследования недостаточны, поэтому требуется дальнейшее более глубокое изучение этого вопроса.

В последние годы в нашей стране и за рубежом большое внимание уделяется изучению биологии, особенно продукционным процессам у промысловых видов водорослей.

Данные по биологии и продукции промысловых видов, а также сведения по экологии являются научной предпосылкой для искусственного выращивания водорослей, а создание искусственных плантаций водорослей становится одной из актуальных проблем настоящего времени.

В настоящем томе рассматриваются распределение и экология растительности, прежде всего, наиболее массовых видов в малоизученных районах Охотского, Японского и Балтийского морей.

Освещены различные стороны биологии (сезонная и годовая продукция, особенности роста, газообмен, скорость восстановления зарослей, продолжительность жизни) наиболее важных промысловых видов северных морей (фукоидов и ламинарий) и Черного моря (филлофора). Отражена биотехника искусственного разведения морской капусты в Приморье, а также антибиотическая активность фитобентоса и биохимическая активность эпифитов макрофитов.

Приводятся результаты исследования по химии полисахаридов красных водорослей, морских трав. Описываются новые способы получения продуктов из макрофитов и приводятся пути использования этих продуктов.

PREFACE

Macrophytes form a wide belt of beds resembling a real forest in the inshore marine waters. They are most abundant in the littoral and sublittoral zones 20—50 m deep. Their role is very important since they are primary producers of organic matter and oxygen in the coastal waters. Many algae are nutritional food products. They are also used as row material for processing such valuable products as agar, agaroid, alginates, mannite and others which are required by many industries.

Up to date little is known about phytobenthos from the marine coastal waters of the Soviet Union. In order to sustain the yield of wild algae and elaborate processing methods knowledge is required on their distribution, ecology, stocks, biology, physiology, chemistry and technology to avoid overexploitation of the stocks.

In recent years workers in this country and abroad have paid attention to the study of the biology of commercial species of algae, particularly to investigations of production processes. Such information could provide a scientific basis for establishment of algal plantations.

The issue embraces papers dealing with the distribution and ecology of abundant species of vegetation from the Sea of Japan, Okhotsk and Baltic Seas. Some biological aspects such as seasonal and annual yield,, growth rate, gas exchange, span of life, restoration rate in most important species from the northern seas and Black Sea are described.

Том CXXIV | Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) | 1977

УДК 582.26—15:582.272.46(265.54)

ФЛОРИСТИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ЭКОЛОГИЯ МАКРОФИТОВ ПРИМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЯПОНСКОГО МОРЯ

М. В. Суховеева

Флора и распределение донных макрофитов материкового побережья Японского моря довольно хорошо изучены и освещены в ряде работ [1—17, 18, 22, 24].

Цель наших исследований — изучить биологию, экологию и распределение промысловых и главным образом ламинариевых и фукусовых макрофитов, являющихся потенциальным сырьем для водорослевой промышленности [20, 21, 23]. Параллельно изучали флористический состав макрофитов в районе от мыса Поворотного до залива Чихачева (Де-Кастри) [19, 23]. Обследованию подвергались литораль (на отдельных участках) и сублитораль до 30—40 м. Мы исследовали весь район (1961—1963, 1965, 1969 гг.), а в отдельных пунктах (бухта Краковка, о-в Петрова, мысы Красная Скала и Низменный) брали пробы ежемесячно (в 1967 г. с апреля по декабрь).

Вдоль берегов Приморья простирается богатый водорослевый пояс. В этом районе (включая и наши данные) насчитывается 314 видов водорослей, из них зеленых — 51, бурых — 91, красных — 172, к числу наиболее массовых относится около 140 видов [5].

Особенности температурного режима и распространение водорослей позволили выделить в Приморье три района: первый — от мыса Поворотного до бухты Терней, второй — от бухты Терней до мыса Золотого и третий — от мыса Золотого до залива Чихачева (Де-Кастри).

Первый район характеризуется обширными зарослями прибрежной ламинарии японской — Laminaria japonica f. japonica, приуроченными в основном к открытому морскому побережью. В бухтах к типичной форме примешивается Laminaria japonica f. coriacea. Из других водорослей в этом наиболее тепловодном районе встречаются Dictyota dichotoma, Dictyopteris divaricata, Chaetomorpha media, Ch. aerea, Ch. moniligera, Campylaephora crassa, Nemalion vermiculare.

Nemalion vermiculare был обнаружен В. Б. Возжинской (1964) в бухте Гроссевичи, это заставило ее предположить, что тепловодный район этой части Приморья тянется далеко на север. В отдельные годы (аномально теплые) возможно появление южных форм в северных районах.

В качестве примера распределения водорослей в первом районе возьмем о-в Петрова.

Вертикальные утесы, орошаемые брызгами волн, в нескольких метрах над линией нуля глубин покрыты темно-зеленым налетом водоросли Rivularia atra, которая в полосе брызг селится в большом количестве. На высоте 0,3—0,5 м над нулем глубин разрастается пояс Gloio-

peltis furcata, мелкие, курчавые нити которого сплошным ковром покрывают скалу. Ниже глойопельтис скала обычно на несколько сантиметров остается чистой. От нуля глубин и ниже скала занята мощным поясом (до 30 см) Mastocarpus — Laurencia — Corallina. Затем следует пояс Ptilota — Odonthalia — Chondrus, ниже начинаются заросли Costaria — Laminaria — Bossiella.

В местах, где волнение достигает большой силы, картина несколько меняется. Rivularia, Gloiopeltis занимают прежние участки, а ниже их поселяются Laminaria angustata subsp, sibirica, за которой следуют Mastocarpus, Bossiella, Lithothamnion.

На теневой стороне вертикальных склонов наблюдается полное отсутствие горизонта глойопельтис, слабое развитие пояса Mastocarpus — Laurencia — Corallina, вместо которого обильно разрастается от нуля глубин пояс Ptilota — Chondrus — Odonthalia. В зоне заплеска по трещинам разрастается Hildenbrandtia, ниже ее камни покрыты розовыми корками Lithothamnion.

На утесах, защищенных от сильного прибоя, произрастают другие водоросли. В полосе брызг исчезает Ulothrix и Rivularia, трещины скал покрыты Hildenbrandtia, исчезает Nemalion и Polysiphonia japonica, на их месте появляется Pelvetia, избегающая сильных прямых ударов волн. Неизменным остается пояс Mastocarpus — Laurencia — Corallina. Исчезает цистозира и вместо нее появляются Laminaria japonica и единичные экземпляры Costaria costata.

В местах, где имеется литоральная ступень, защищенная от непосредственного влияния волн, создаются благоприятные условия для развития некоторых видов. Здесь обильно разрастаются пельвеция и в меньшем количестве — фукус. Пельвеция может встречаться и на прибойных участках берега, но только всегда за каким-нибудь укрытием (крупный камень, скалистый барьер), ограждающим ее от прямого удара волн [2, 10, 13, 24].

В местах с очень сильным прибоем пельвеция изменяет свое слоевище по величине и строению, становясь нитевидной.

В ваннах литорали поселяются: Rhodomela, Tichocarpus, Ceramium, Cladophora, Chaetomorpha, которые с понижением температуры исчезают. Барьер зарастает глойопельтис, причем более мощный пояс располагается мористее, а более бедный — со стороны побережья. От нуля глубин идет пояс Mastocarpus — Laurencia — Corallina.

Литоральная ступень, не защищенная каменистой грядой и открытая накату волн, лишена зарослей пельвеции, здесь развиваются Rhodomela, Tichocarpus, Corallina, Polysiphonia, т. е. виды, устойчивые действию волн.

Валунная россыпь является наиболее распространенным типом приморского побережья. Хаотично наваленные обломки скал создают прекрасные условия для произрастания водорослей. Однако в местах с сильным прибоем пышных зарослей не наблюдается ввиду того, что сглаженные валуны не могут служить хорошим субстратом для прикрепления макрофитов. В таких местах обычно поселяются корковые водоросли, такие, как Ralfsia, Analipus, последняя в прибойных местах видоизменяет свое слоевище: из пышной кустистой формы, характерной для полузащищенных и защищенных мест, она превращается в корковидную, стелющуюся и приобретает темно-бурый цвет.

Особенно обильно в верхней части литоральной зоны по округлым валунам разрастается Calothrix, темно-зеленые пятна которого иногда сплошь покрывают вершины валунов. Если валуны верхней литорали защищены от ударов волн, то в таких местах поселяются Petalonia, Scytosiphon, Ceramium и сопутствующие им виды: Laminaria angustata subsp. sibirica, Rhodymenia stenogona, Odonthalia corymbifera, Ptilota

filicina, Chordaria flagelliformis, Rhodoglossum japonicum, Rh. obtusilobum, Desmarestia ligulata, Neodilsea yendoana, Farlowia irregularis, Cystoseira crassipes.

На глубине 1—2 м пышно разрастаются кусты Laminaria japonica, Costaria, Phyllospadix, Cystoseira, Lithothamnion, Bossiella, несколько ниже растут Odonthalia teres, Ptilota filicina, Rhodymenia stenogona.

В полузащищенных местах растут Analipus japonicus, Tichocarpus, Ceramium, Rhodomela larix. На Rhodomela наблюдается массовое поселение Ceramium japonicum. Большими кустами разрастается цистозира, которая обильно покрыта Coilodesme cystoserae. Встречаются кусты саргассум с эпифитами: Elachista, Ectocarpus, Ceramium, Sphacelaria, пышно разрастается Phyllospadix iwatensis.

Мелкие галечные россыпи в осеннее время зарастают Dictyota dichotoma, которая при наступлении штормов исчезает.

Литораль и верхняя сублитораль у полузащищенных мысов бухт более богаты растительностью, чем у мысов, подверженных влиянию сильного прибоя.

Для второго района характерно произрастание как прибрежной, так и глубинной ламинарии японской — Laminaria japonica f. longipes. Заросли последней приурочены только к этому району.

Литораль и сублитораль на участке от р. Венюкова до мыса Золотого совершенно лишены всякой растительности из-за галечного грунта, выносимого в этом районе реками. С 10 до 25 м простираются заросли глубинной ламинарии, среди которой встречаются такие виды макрофитов, которые не найдены в других районах: Desmarestia intermedia, Neodilsea integra, Kallymenia sp., Odonthalia lyalii, Antithamnion nipponicum, Phycodrys serratiloba, Pseudophycodrys rainosukei.

Распределение водорослей, наиболее характерное для второго района, наблюдается в бухте Гроссевичи [1]. В супралиторали преобладает Gloiopeltis furcata. В нижней части литорали рифы заняты Analipus japonicus (корковой формой). Ниже идет пояс Corallina pilulifera (0,5 м), спускающейся и в сублитораль. Среди кораллины произрастает Rhodoglossum obtusilobum и Polysiphonia japonica. Здесь же встречается Nemalion vermiculare (ширина пояса до 10 см). У нуля глубин начинается пояс Analipus japonicus, сплошные заросли которого уходят в сублитораль. В отдельных местах, у нуля глубин, развивается в массе Chondrus pinnulatus, Polysipohonia japonica, P. urceolata, Hypophyllum middendorfii.

Все эти водоросли растут и в верхней сублиторали. Основные заросли макрофитов на литорали представлены Fucus evanescens и Pelvetia wrightii, последняя преобладает. Фукус здесь располагается ниже, чем пельвеция.

Третий район характеризуется обширными зарослями прибрежной ламинарии японской. Пониженная температура обусловливает появление Alaria ochotensis, Kjellmaniella crassifolia.

Gloiopeltis (пояс до 1 м ширины) располагается в литорали, ниже идут пояса Enteromorpha linza, Fucus evanescens и еще ниже пельвеции (биомасса фукуса и пельвеции достигает 12 кг/м^2) [24]. Еще ниже в небольшом количестве встречаются Chordaria flagelliformis, Analipus japonicus. У нуля глубин развивается слабо выраженная мозаика из багрянок, далее появляются отдельные кусты Phyllospadix iwatensis, Sargassum miyabei, Cystoseira crassipes.

Основная масса растительности произрастает в верхней сублиторали и лишь некоторые виды: Ulvaria splendens, Desmarestia viridis, Dermatolithon tumidulum, Lithothamnion, Kallymenia sp., Turnerella mertensiana, Phycodrys serratiloba — растут до глубины 30—35 м.

Видовой состав макрофитов приморского побережья представлен широкобореальными и нижнебореальными видами, составляющими более 50% всех водорослей. Среднебореальных — 13, арктическобореальных — 10, верхнебореальных — 7, бореальнотропических — 6. Субарктические представлены лишь двумя видами: Spongomorpha hystrix, Dictyosiphon hyppuroides, бореальные — Enteromorpha prolifera.

Данные других авторов и наши наблюдения свидетельствуют о том, что арктическобореальные виды способны продвигаться в южную часть приморского побережья, бореальнотропические же формы заходят далеко на север. Ulvaria splendens, Monostroma grevillei, Blidingia minima, Kornmannia zostericola, Urospora peniciliformis, Euthora cristata — арктическобореальные виды, пышно разрастаются в зимний период, летом эти водоросли или исчезают, или встречаются в незначительных количествах, или уходят на большую глубину и продвигаются в районы, расположенные южнее.

Бореальнотропические виды — Enteromorpha linza, Dictyota dichotoma, Nemalion vermiculare — в особенно теплые годы заходят далеко на север. Примером может служить нахождение немалион в бухте Гроссевичи.

Dictyopteris divaricata (нижнебореальный вид) продвигается до мыса Южного. Dictyota dichotoma (бореальнотропический) широко распространен в заливе Петра Великого до о-ва Петрова. Южная граница Fucus evanescens (арктическобореальный вид) проходит в районе о-ва Путятина.

Степень прибойности оказывает свое влияние на размеры, морфологию и анатомию водорослей. Например, Analipus japonicus распространен в виде кустиков высотой 8—10 см в более или менее защищенных участках побережья, на участках с сильным прибоем представлен в виде корок, покрывающих камни. То же самое наблюдали у фукуса и пельвеции.

Laminaria cichorioides в затишных местах и на глубине довольно широкая с курчавыми краями достигает больших размеров, в прибойной полосе уменьшается в длину, пластина становится гладкой и узкой, хорошо противостоит ударам волн.

Строение водорослей на глубине и в зоне прибоя различается довольно существенно. У Rhodoglossum japonicum, Chondrus yendoi, собранных с глубины 2—3 м, на поперечном срезе хорошо заметно рыхлое расположение клеток, тогда как у тех же видов, собранных в прибойной полосе, структура довольно плотная. То же явление отмечается и у ламинариевых.

Основу фитоценозов сублиторали составляют: Laminaria japonica, Costaria costata, Cystoseira crassipes, Phyllospadix iwatensis.

В северной части района доминируют в фитоценозах: Fucus evanescens в литоральной зоне, Kjellmaniella crassifolia, Odonthalia corymbifera, O. teres в сублиторальной зоне. Pelvetia wrightii (в литоральной зоне), Sargassum miyabei, Laminaria japonica f. longipes, Odonthalia corymbifera, O. ochotensis (в сублиторальной зоне) являются доминантами второго района.

Выводы

1. В супралиторали и верхней литорали четко выражен пояс Gloiopeltis furcata, в литорали — фукус и пельвеция, первый преобладает на севере, вторая — на юге.

2. Основными зарослями сублиторали является Laminaria japonica, растущая на глубине от 0,5 до 25 м. Выделяются две экологические формы ламинарии: L. japonica f. japonica на глубине до 10—12 м и

L. japonica f. longipes на глубине 10—25 м. Чистых полей ламинария японская не образует и ее зарослям часто сопутствуют различные зеленые, бурые и красные макрофиты.

3. Особенности температурного режима и распространение водорослей позволили выделить в Приморье три района: первый — от мыса Поворотного до бухты Терней, второй — от бухты Терней до мыса Золотого и третий — от мыса Золотого до залива Чихачева (Де-Кастри).

4. Видовой состав макрофитов приморского побережья представлен в основном широкобореальными и нижнебореальными видами, составляющими более 50% всех водорослей.

5. От мыса Поворотного до залива Чихачева (Де-Кастри) найдено 17 новых для района видов водорослей, в том числе: зеленых 4 (Monostroma zostericola, Chaetomorpha media, Ch. aerea, Ch. moniligera), бурых — 4 (Hapterophycus canaliculatus, Acrothrix pacifica, Coilodesme cystoseirae, Laminaria angustata subsp. sibirica Ju. Petr. et M. Suchov.), красных — 9 (Rhodophyllis capillaris, Rhodoglossum japonicum, Farlowia irregularis, Antithamnion micharai, A. sparsum, A. nipponicum, A. spp., Ceramium japonicum, Campylaephora crassa).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Возжинская В. Б. Распределение водорослей на литорали бухты Гроссевичи (Японское море).— «Ботанический журнал», 1964, т. XLIX, № 5, с. 712—714.

2. Гайл Г. И. Очерк водорослевого пояса приморского побережья в связи с некоторыми общими вопросами его использования.— «Известия ТОНС», 1930, т. 4, вып. 2, с. 37.

3. Гайл Г. И. Сырьевые ресурсы йодовой промышленности ДВК.— «Рыбное хозяйство Дальнего Востока», 1931, № 3—4, с. 41—43.

4. Гайл Г. И. Ламинариевые водоросли дальневосточных морей.— «Вестник Дальневосточного филиала АН СССР», 1936, № 19, с. 31—64.

5. Зинова А. Д. Современное состояние и дальнейшие перспективы флористических и биологических исследований по морским водорослям в СССР.— «Труды Всесоюзного совещания работников водорослевой промышленности СССР», 1962, т. I, с. 87—93.

6. Зинова Е. С. Морская капуста и другие водоросли, имеющие промысловое значение.— «Известия ТОНС», 1928а, т. I, вып. 1, с. 77—143.

7. Зинова Е. С. Водоросли Японского моря (зеленые).— «Известия ТОНС». 1928б, т. II, вып. 2, 47 с.

8. Зинова Е. С. Водоросли Японского моря (бурые).— «Известия ТОНС», т. III, вып. 4, 1929, 69 с.

9. Зинова Е. С. Водоросли Японского моря района о-ва Петрова.— «Труды гидробиологической экспедиции на Японском море». 1938, вып. 1, с. 37—80.

10. Зинова Е. С. Водоросли Японского моря. Красные водоросли (Rhodophyta).— «Труды Тихоокеанского комитета», 1940, т. 5, 243 с.

11. Зинова Е. С. К флоре водорослей Японского моря.— «Ботан. матер. о. споровых растений Ботанического института АН СССР», 1953. т. 9, с. 95—108.

12. Зинова Е. С. Водоросли Татарского пролива.— «Труды Ботанического института АН СССР». Сер. 2, 1954, вып. 9, с. 311—364.

13. Кардакова-Преженцева Е. А. Холодно- и тепловодные водоросли о-ва Петрова.— «Вестник Дальневосточного филиала АН СССР», 1937, № 26, с. 140—143.

14. Киреева М. С. Распределение и запасы макрофитов в Южном Приморье.— «Труды Океанографической комиссии. Биология моря», 1960, т. X, вып. 4, с. 71—74.

15. Киреева М. С. Состояние запасов морских водорослей и высшей растительности и их размещение в морях Советского Союза.— «Труды Всесоюзного совещания работников водорослевой промышленности СССР», 1962, т. I, с. 5—14.

16. Киреева М. С. Сырьевые ресурсы водорослей морей Советского Союза.— «Океанология», 1965, т. V. вып. 1, с. 14—21.

17. Потехина А. В. Распределение и запасы одонталии в районе от мыса Поворотного до мыса Бяча (1967—1970).— «Известия ТИНРО», 1972, т. 81, с. 215—223.

18. Петров Ю. Е. Распределение морских бентосных водорослей как результат влияния системы факторов.— «Ботанический журнал», 1974, т. 59, № 7. с. 955—966.

19. Петров Ю. Е., Суховеева М. В. Laminaria angustata Kjellm у берегов Приморского края.— «Новости систематики низших растений», 1972, т. 9, с. 44—47.

20. Суховеева М. В. Распределение промысловых водорослей у мыса Поворотного (июнь — август 1965 г.).— «Технический листок ЦБТИ Дальрыбы», Владивосток, 1966. 5 с.
21. Суховеева М. В. Распределение водорослей вдоль берегов Приморья.— «Известия ТИНРО», 1967, т. 61, с. 255—260.
22. Суховеева М. В. Состояние запасов, распределение ламинарии и некоторых других водорослей у берегов Приморья. Владивосток, ТИНРО, 1969. 23 с.
23. Суховеева М. В. Laminaria japonica и сопутствующие ей макрофиты.— «Известия ТИНРО», 1971, т. 75, с. 152—154.
24. Щапова Т. Ф. Литоральная флора материкового побережья Японского моря.— «Труды ИОАН СССР», 1957, т. XXIII, с. 21—66.

Floral composition and ecology of macrophytes off Primorye in the Sea of Japan

M. V. Sukhoveeva

SUMMARY

The distribution of macrophytes off Primorye in the Sea of Japan is described. Analysing the peculiarities of the thermal regime and distribution of the algae the area can be divided into three subareas: the southern and northern subareas are characterized with abundant coastal Laminaria japonica f. japonica. In the central subarea Laminaria japonica f. longipes prevail. The floral characteristics and predominant species are indicated in each subarea.

Том CXXIV | Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) | 1977

УДК 581.526.323(265.53)

ФИТОБЕНТОС ЛИТОРАЛИ И СУБЛИТОРАЛИ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ (ТАУЙСКАЯ ГУБА, ПОЛУОСТРОВА КОНИ И ПЬЯГИНА)

Е. И. Блинова

Сбор водорослей и изучение распределения растительности в Тауйской губе и у полуостровов Пьягина и Кони проводились немногими исследователями и преимущественно на литорали [5—7, 10, 11]. О видовом составе и распределении водорослей в сублиторали судили по драгировкам и выбросам. По материалам, собранным нами в 1964—1966 гг., опубликованы данные о видовом составе, экологии, количественных показателях и дана общая схема распределения водорослей-макрофитов в северной и северо-восточной частях Охотского моря [1—4].

Схема района работ:
▲ — места сбора материала.

В сентябре 1965 г. на СРТ «Байдар» во время комплексной экспедиции ВНИРО — ТИНРО нам удалось собрать обширный материал по альгофлоре литорали и сублиторали Тауйской губы, полуостровов Кони и Пьягина. Фитобентос исследовали на 18 разрезах от верхней до нижней границы распространения макрофитов (см. рисунок). Пробы водорослей под водой собирали аквалангисты. Количественные пробы отбирали из рамки площадью 0,25 м² (см. рисунок).

Летом в Тауйской губе поверхностный слой воды прогревается до температуры 9—11° С. Наблюдается вертикальная стратификация вод. С глубиной, особенно на глубине более 10 м, температура воды резко

понижается. У полуостровов Кони и Пьягина вследствие выхода на поверхность глубинных вод наблюдается их перемешивание и снижение температуры поверхностных прибрежных вод. Температура воды даже в августе здесь не поднимается выше 1—4° С. Несколько больше прогреваются воды в бухтах.

Соленость прибрежных вод достаточно высока, так как опреснение водами берегового стока невелико, и составляет в летние месяцы 30—33‰, а зимой соленость достигает еще большей величины. Для Тауйской губы характерны неправильные полусуточные приливы. У полуостровов Кони и Пьягина наиболее распространены неправильные суточные приливы. Максимальная амплитуда приливов в районе работ достигала 4,1—5,9 м [8].

Всего в районе исследования нами обнаружен 51 вид макрофитов: 6 зеленых, 14 бурых, 30 красных водорослей и 1 вид высших растений (табл. 1).

К доминирующим и поясообразующим видам относятся из зеленых: Urospora, wormskioldii, Ulva lactuca, Cladophora rupestris, из бурых: Laminaria gurjanovae, L. inclinatorhiza, L. appressirhiza, Lessonia laminarioides, Alaria marginata, Fucus evanescens, Cystoseira crassipes subsp. geminata, из красных: Porphyra, Gloiopeltis capillaris, Tichocarpus crinitus, Crossocarpus lamuticus, Kallymenia sp., Chondrus crispus, Halosaccion glandiforme, H. ramentaceum, Ptilota asplenioides, Pantoneura baerii, Phycodrys serratiloba, Odonthalia corymbifera, O. ochotensis, а также высшее растение Zostera marina — всего 24 вида макрофитов.

В табл. 2—5 приведены данные, характеризующие фитобентос в разных районах и на разных разрезах. Если род имеет один вид, видовое название в таблице не приводится. В 1965 г., когда проводились экспедиционные работы, еще не была разработана для Охотского моря систематика р. Laminaria типа «digitatae». Все растения этого типа мы относили к виду L.digitata. Было установлено [9], что L. digitata в Охотском море отсутствует, а обнаруженные растения должны быть отнесены к двум видам: Laminaria appressirhiza и L. inclinatorhiza. Разграничить эти два вида на разрезах сейчас мы не имеем возможности и обозначаем их в таблицах как Laminaria spp.

Из таблиц видно, что на песчаных и галечно-песчаных грунтах в защищенных от прибоя, обычно опресненных участках в нижней литорали и в самой верхней сублиторали до глубины 1 м хорошо развивается Zostera marina. У открытых прибою побережий песчаные и галечные грунты лишены растительности.

На каменистых и скалистых грунтах в условиях сходной прибойности развивается часто различная по видовому составу растительность. Тем не менее можно выявить ряд закономерностей в ее распределении.

На защищенных от прибоя каменистых участках побережья водоросли обычно появляются только в нижнем, реже в среднем горизонте литорали. Основной фон растительности на литорали создается Fucus evanescens f. evanescens. Под покровом фукуса развиваются такие виды, как Halosaccion ramentaceum, H. glandiforme, Chondrus crispus, Tichocarpus crinitus, свободные от фукусов камни часто бывают покрыты Porphyra или Gloiopeltis capillaris.

В сублиторали у защищенных от прибоя берегов развиваются в основном из бурых: Laminaria gurjanovae, Lessonia laminarioides, Cystoseira crassipes, а из багрянок: Chondrus crispus, Odonthalia corymbifera и O. ochotensis. Глубже других водорослей (6—19 м) проникает красная водоросль Crossocarpus lamuticus.

С появлением небольшого прибоя (у полузащищенных от прибоя берегов) растительность поднимается в средний и даже верхний горизонты литорали, хотя состав доминирующих видов остается приблизи-

Таблица 1

Систематический список водорослей, обнаруженных в Тауйской губе, у полуостровов Кони и Пьягина, и данные о встречаемости и вертикальном распределении

Виды	Встречаемость	Супралитораль	Литораль			Сублитораль, глубина, м						
			верхняя	средняя	нижняя	0	1	3	5	7	10	11
Chlorophyta (зеленые)												
Enteromorpha compressa (Linn.) Grev.	+		—									
Ulvaria fusca (P. et R.) Rupr. emend Vinogr.	+					—						
Ulva lactuca f. rigida (Ag.) L. Jolis	++		—									
Cladophora rupestris (L.) Kuetz.	++			—	—	—						
Rhizoclonium tortuosum Kuetz.	++			—								
Urospora wormskioldii (Mert.) Rosenv.	++	—	—									
Phaeophyta (бурые)												
Pylaiella litoralis (L.) Kjellm.	++				—							
Ralfsia fungiformis (Gunn.) Setch. et Gardn.	+			—								
Chordaria flagelliformis Klellm.	+						—					
Heterochordaria abietina (Rupr.) Setch. et Gardn.	+			—								
Desmarestia aculeata (L.) Lamour.	+				—							
Scytosiphon lomentarius (Lyngb.) J. Ag.	+				—							
Petalonia fascia (Muell.) Kuetz.	++		—	—	—	—						
Laminaria appressirhisa Ju. Petr. et V. Voz.	+++											
L. inclinatorhiza Ju. Petr. et V. Voz.	+++					—	—	—	—	—	—	—
L. gurjanovae A. Zin.	+++				—	—	—	—	—	—	—	—
Lessonia laminarioides Post. et Rupr.	+++				—	—	—	—	—	—	—	—
Alaria marginata Post. et Rupr.	+++				—	—	—	—	—	—		
Fucus evanescens C. Ag.	+++			—	—	—						
Cystoseira crassipes subsp. geminata (C. Ag.) Ju. Petr.	+++				—	—	—	—				
Rhodophyta (красные)												
Porpyra sp.	+++			—								
Kylinia parvula (Kyl.) Kyl.	+				—							
Gloiopeltis capillaris Suring.	+++	—	—									
Tichocarpus crinitus (Gmel.) Rupr.	+++				—	—	—	—	—	—	—	—
Euthora cristata (L.) J. G. Ag.	+	Выбросы										
E. fruticulosa (Rupr.) J. G. Ag.	++					—	—	—	—	—	—	—
Callophyllis rhynchocarpa Rupr.	+						—					
Callymenia sp.	++					—	—	—	—	—	—	—
Crossocarpus lamuticus Rupr.	+++					—	—	—	—	—	—	—
Rhodophyllis dichotoma (Lepech.) Gobi	+									—	—	

Виды	Встречаемость	Супралитораль	Литораль			Сублитораль, глубина, м						
			верхняя	средняя	нижняя	0	1	3	5	7	10	11
Phyllophora interrupta (Grev.) J. Ag.	+					—	—	—				
Chondrus crispus (L.) Lyngb.	+++					—	—	—	—	—	—	
C. yendoi Yamada et Mikami	+		—									
Gigartina ochotensis Rupr.	++		—									
G. unalaschcensis (Rupr.) Rupr.	++		—									
Iridaea cornucopiae Post. et Rupr.	+			—								
Rhodymenia moniliformis E. Blin. et A. Zin	+								—			
R. palmata Grev.	++				—							
R. stipitata Kylin	+						—					
Halosaccion glandiforme Rupr.	+++			—								
H. ramentaceum (L.) J. Ag.	+++		—	—	—	—	—					
Ceramium rubrum (Huds.) Ag.	+					—	—					
Ptilota asplenioides (Turn.) Ag.	+++					—	—	—	—	—	—	
Pantoneura baerii (Post. et Rupr.) Kyl.	+++					—	—	—	—	—	—	
Pseudophycodrys rainosukei Tokida	+					—	—					
Phycodrys serratiloba (Rupr.) A. Zin.	+++						—	—	—	—	—	
Pterosiphonia bipinnata (Post. et Rupr.) Falkenb.	++					—						
Rhodomela larix (Turn.) Ag.	++			—								
Odonthalia corymbifera (Gmel.) J. G. Ag.	+++						—	—	—	—	—	—
O. ochotensis (Rupr.) J. G. Ag.	+++						—	—	—	—	—	—
Angiospermae (покрытосеменные)												
Zostera marina L.	+++					—	—					

тельно тем же, что и на защищенной от прибоя литорали. В сублиторали и в нижнем горизонте литорали наряду с Laminaria gurjanovae, Lessonia laminarioides, Cystoseira crassipes доминантами становятся Alaria marginata, Laminaria spp. Среди багрянок преобладают те же виды, что и у защищенных от прибоя берегов, а также Ptilota asplenioides, а у полуостровов Пьягина и Кони — Pantoneura baerii.

У открытых и полуоткрытых прибою берегов верхняя граница водорослей проходит чаще в супралиторали, реже в верхнем горизонте литорали. В супралиторали и верхнем горизонте литорали на скалистых и каменистых грунтах развиваются Urospora wormskioldii, Gloiopeltis capillaris, реже (в верхней литорали) — Porphyra, Halosaccion spp., Fucus evanescens f. cylindricus, Ulva lactuca.

В средней литорали растут Halosaccion spp. и Porphyra. Наиболее характерный для защищенной и полузащищенной литорали вид Fucus evanescens f. evanescens здесь отсутствует. В нижнюю литораль поднимаются виды, более характерные для сублиторали, чем для литорали, такие, как: Alaria marginata, Ptilota asplenioides. Иногда здесь доминируют Cladophora rupestris, Tichocarpus crinitus, Rhodymenia palmata,

Таблица 2

Вертикальное распределение доминирующих видов макрофитов в супралиторали, литорали и сублиторали залива Бабушкина, бухт Астрономической и Шхиперова

Зона, горизонт	Залив Бабушкина	Бухта Астрономическая		Бухта Шхиперова	
	открытый берег, скалистый грунт	защищенный берег, скалистый грунт	полузащищенный берег, каменистый грунт	защищенный берег, галечно-песчаный грунт	полузащищенный берег, каменистый грунт
Супралитораль	Urospora	—	—	—	—
Литораль					
верхняя	Urospora, Halosaccion ramentaceum, Porphyra, Petalonia, Cladophora	—	Не обследована	—	—
средняя	Porphyra, Halosaccion glandiforme	—	—	—	—
нижняя	Cladophora	Fucus (1280), Pylaiella (288), Halosaccion ramentaceum (80), Ulva (62)	—	Zostera	Halosaccion glandiforme (280)
Сублитораль	Водорослей нет из-за неподходящих для их развития подвижных грунтов на глубине 0—7 м	0—1 Laminaria gurjanovae, Lessonia глубины более 1 м отсутствовали	0, 4 Chordaria, Petalonia, Porphyra, Tichocarpus 2,0 Alaria (5920), Laminaria spp. (960), L. gurjanovae (400), Ptilota (284), Odonthalia spp. 3,0 Cystoseira (15120), L. gurjanovae (11400), Alaria (2760), Phycodrys	0—1 Zostera	0,5—1,5 Alaria (4000—6000), Ptilota (1600), Pantoneura (400—280), Phycodrys (68—20) 3,0 Alaria (28320)

Примечание. Здесь и в табл. 3—5 цифры перед названием водоросли — глубина произрастания (в м), цифры в скобках — биомасса (в г/м²).

Таблица 3

Вертикальное распределение доминирующих видов макрофитов в супралиторали, литорали и сублиторали заливов Забияка (бухта Сиглан) и Одян (мыс Плоский)

Зона, горизонт	Бухта Сиглан (залив Забияка)			Мыс Плоский (залив Одян)	
	защищенный берег		полуоткрытый берег, скалистый грунт	полузащищенный берег, каменистый грунт	защищенный берег, каменистый грунт
	песчаный грунт	каменистый грунт			
Супралитораль	—	—	Gloiopeltis, Halosaccion glandiforme, Gigartina unalaschensis	—	—
Литораль					
верхняя	—	—	Fucus	—	—
средняя	—	—	Halosaccion glandiforme, Porphyra, Ralfsia gigartina, Iridaea, Heterochordaria	—	Грунт верхней и средней литорали песчаный
нижняя	Zostera	Fucus, Porphyra, Halosaccion glandiforme	Alaria (1600), Tichocarpus (880), Ptilota (268), Rhodymenia palmata (184), Odonthalia ochotensis (72), Callymenia (20), Crossocarpus (24), Phycodrys (12), Lessonia (320), Laminaria gurjanovae (140)	Lessonia (8400), Cystoseira (5280), Alaria (1000), Tichocarpus (560)	Lessonia, Ulva Alaria, Pterosiphonia
Сублитораль	0—1 Zostera	—	0—1 Alaria (2600), Lessonia (1680), Ptilota (4240), Tichocarpus (1040) 2 Alaria (200), Laminaria spp. (720), Pantoneura (52), Ptilota (40), Eutora fruticulosa (12) 3 Tichocarpus (2600), Ptilota (2000), Pantoneura (224), Phycodrys (24)	0—3 Lessonia (6400), Alaria (4800), Tichocarpus (560), Halosaccion ramentaceum (368), Ulva (68)	0—1 Laminaria gurjanovae (10000), L. spp. (3920), Cystoseira (2000) 3—6 L. gurjanovae (6000—8800), Odonthalia corymbifera (2000—24), Alaria (880) 7 Crossocarpus

ВНИРО № 47802

Таблица 4

Вертикальное распределение доминирующих видов макрофитов в супралиторали, литорали и сублиторали залива Одян (о-в Умара, бухты Мелководная и Нерпичья) и Ольской лагуны

Зона	Залив Одян			Ольская лагуна
	о-в Умара	бухта Мелководная	бухта Нерпичья	
	полузащищенный берег	защищенный берег		
	каменистый грунт			песчаный грунт
Супралитораль	—	—	—	—
Литораль верхняя	Porphyra	—	—	—
средняя	Fucus (1680), Laminaria gurjanovae (1120), Tichocarpus (800), Chondrus (224), Rhizoclonium (112), Lessonia (160), Ulva (40)	Fucus (6250), Chondrus, Tichocarpus, Odonthalia ochotensis, Pterosiphonia, Rhodomela, Gigartina	—	—
нижняя	Cystoseira (13960—840), Lessonia (11000—10400)	Cystoseira (22000) Chondrus (88)	Fucus (3000), Gloiopeltis, Chondrus (100)	Zostera (3500)
Сублитораль	0—1 Cystoseira (1680), Lessonia (360), Chondrus (800) 3 Laminaria gurjanovae (4800), Odonthalia corymbifera (1200) 6 L. gurjanovae, Crossocarpus	0—1 Cystoseira (14520), Chondrus (280), Odonthalia spp. (194) 1,5 Lessonia (1040), Cystoseira (1000), Chondrus (236), Odonthalia spp. (260) 4 Laminaria gurjanovae 19 Crossocarpus	0—1,5 Cystoseira (4000—600), Lessonia (2200—600), Tichocarpus (100), Odonthalia ochotensis (60), Chondrus (24)	0—1 Zostera (3600), Phyllophora

Таблица 5

Вертикальное распространение доминирующих видов макрофитов в супралиторали, литорали и сублиторали Тауйской губы (бухта Гертнера, о-в Спафарьева, бухта Шестакова)

Зона	Бухта Гертнера	о-в Спафарьева		Бухта Шестакова
	полузащищенный берег, каменистый грунт		полуоткрытый берег, скалисто-каменистый грунт	
Супралитораль	—	—	Gloiopeltis	—
Литораль верхняя	—	Fucus, Porphyra, Ulva	Fucus, Porphyra, Ulva	Urospora
средняя	Cystoseira (2540), Lessonia (420), Chondrus (704), Odonthalia ochotensis (72), Tichocarpus (60), Gigartina (52)	Cystoseira (24520), Laminaria spp. (1760), Lessonia (640), Alaria (360)	Rhodomela, Scytosiphon, Halosaccion ramentaceum	Porphyra
нижняя	Cystoseira (5800), Lessonia (2660), Tichocarpus (1040), Chondrus (56), Odonthalia ochotensis (52), Laminaria spp. (360)	Cystoseira (5720), Laminaria spp. (4120), Tichocarpus (66)	Alaria (4560), Ptilota (720), Ulva (72)	Porphyra
Сублитораль	0—1 Cystoseira (10560), Laminaria spp. (680), Tichocarpus (640), Chondrus (108) 3 Laminaria gurjanovae (7840), L. spp. (2088) 6,5 L. gurjanovae (9000)	0—1 Cystoseira (10080), Laminaria gurjanovae (10660), Lessonia (5040), Laminaria spp. (600) 2 Lessonia (14800), Ulva (100)	0—1,5 Laminaria spp. (9040), Alaria (3240), Crossocarpus (124), Laminaria gurjanovae (720), Odonthalia ochotensis (44) 3,5 Tichocarpus (720), Odonthalia spp. (760)	3—5 Alaria (1320—1040), Laminaria gurjanovae (1480—920), L. spp. (2160), Odonthalia ochotensis (100—72), Ulvaria (102—32), Ptilota (42—12), Tichocarpus (26) 6—7 L. spp. (10400), Alaria (1320), Odonthalia spp. (512), Tichocarpus (296), Ptilota (128) 11—19 L. spp. (2600—2240), Crossocarpus (84), Callymenia (44)

Odonthalia ochotensis. В сублиторали из бурых преобладают Alaria marginata, Laminaria appressirchiza, L. inclinatorhiza, L. gurjanovae. У защищенных и полузащищенных берегов доминирующий вид Cystoseira crassipes здесь исчезает, а Lessonia laminarioides становится редкой. Наиболее разнообразны багрянки, среди которых доминируют Ptilota asplenioides, Tichocarpus crinitus, Pantoneura baerii, Phycodrys sinuosa, Odonthalia ochotensis, O. corymbifera.

Несколько различается растительность в Тауйской губе и у полуостровов Пьягина и Кони. Так, Cystoseira crassipes subsp. geminata, являющаяся основным видом у защищенных и полузащищенных берегов в Тауйской губе, у берегов полуостровов Кони и Пьягина была встречена только один раз (в бухте Астрономической), а холодноводная красная водоросль Pantoneura baerii, доминирующая в сублиторали у берегов заливов Забияка и Бабушкина (полуострова Кони и Пьягина), является редким видом в Тауйской губе. Указанные выше различия в характере растительности можно объяснить, по-видимому, различием в летней температуре вод в этих районах, о чем было сказано выше.

Выводы

1. На литорали и в сублиторали (на 18 разрезах, от верхней до нижней границы распространения макрофитов) обнаружен 51 вид макрофитов: 6 зеленых, 14 бурых, 30 красных водорослей и 1 цветковое растение.

2. У защищенных от прибоя берегов на песчаных и галечно-песчаных грунтах в нижней литорали и верхней сублиторали развиваются заросли Zostera marina.

3. На защищенных от прибоя участках побережья на каменистых грунтах водоросли появляются только в нижней литорали и основной фон растительности создает Fucus evanescens f. evanescens, реже Porphyra и Gloiopeltis capillaris. Под покровом фукуса растут Halosaccion glandiforme, H. ramentaceum, Chondrus crispus, Tichocarpus crinitus. В сублиторали из бурых развиваются Laminaria gurjanovae, Lessonia laminarioides, Cystoseira crassipes, а из багрянок — Chondrus crispus, Odonthalia corymbifera, O. ochotensis, Crossocarpus lamuticus.

4. У открытых прибою берегов на каменистых грунтах верхняя граница водорослей поднимается в супралитораль или верхнюю литораль, где развиваются Urospora wormskioldii, Gloiopeltis capillaris, Porphyra, Halosaccion glandiforme, H. ramentaceum, Fucus evanescens f. cylindricus, Ulva lactuca. В нижней литорали доминируют Alaria marginata, Ptilota asplenioides, Cladophora rupestris, Tichocarpus crinitus, Rhodymenia spp., Odonthalia ochotensis. В сублиторали преобладают бурые: Alaria marginata, Laminaria appressirhiza, L. inclinatorhiza, L. gurjanovae и багрянки: Ptilota asplenioides, Tichocarpus crinitus, Pantoneura baerii, Phycodrys serratiloba, Odonthalia spp.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блинова Е. И. Морские водоросли северо-восточной части Охотского моря.— «Новости систематики низших растений». М., «Наука», 1968, с. 33—38.

2. Блинова Е. И. Подводные исследования водорослевого пояса в северо-восточной части Охотского моря.— «Морские подводные исследования». М., «Наука», 1969, с. 114—120.

3. Блинова Е. И. Основные водоросли северо-восточной части Охотского моря (распределение, экология, фитомасса).— «Растительные ресурсы», 1971, т. 7, № 2, с. 252—259.

4. Блинова Е. И., Возжинская В. Б. Водорослевая флора и растительность залива Шелихова (Охотское море).— «Труды ВНИРО», 1974, т. 99, с. 143—153.

5. Возжинская В. Б. Экология и распределение водорослей материкового берега Охотского моря.— «Труды ИОАН», 1966, т. 81, с. 153—175.

6. Возжинская В. Б. Новые водоросли для северных побережий Охотского моря.— «Новости систематики низших растений». М., «Наука», 1967, с. 138—140.
7. Зинова Е. С. Водоросли Охотского моря.— «Труды Ботанического ин-та АН СССР», сер. 11, 1954, вып. 9, с. 259—310.
8. Леонов А. К. Региональная океанография. Ч. 1. М., Гидрометеоиздат, 1960. 765 с.
9. Петров Ю. А., Возжинская В. Б. Новые виды рода Laminaria из Охотского моря.— «Новости систематики низших растений», М., «Наука», 1970, с. 81—87.
10. Ушаков П. В. Литораль Охотского моря.— «ДАН СССР», 1951, т. 76, вып. 1, с. 127—130.
11. Ушаков П. В. Фауна Охотского моря и условия ее существования. М., Изд-во АН СССР, 1953. 352 с.

Phytobenthos from the littoral and sublittoral zones of the North Okhotsk Sea

E. I. Blinova

SUMMARY

A total of 51 species of macrophytes are found in the littoral and sublittoral zones of the Tauisk Inlet, Coni and Pyagin peninsulas, namely 6 species of Chlorophyta, 14 species of Phaeophyta, 30 species of Phodophyta and a species of Angeospermae. The vertical distribution of macrophytes is shown on 18 transects from the upper to lower borders of the distribution of vegetation. General regularities of the distribution of vegetation in the area studied are shown with regard to the character of grounds and surf forces.

Том CXXIV | Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) | 1977

УДК 581.526.323(261.243)

О ДОННОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЮЖНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ФИНСКОГО ЗАЛИВА

Х. А. Кукк

Водоросли северной части Финского залива изучены довольно хорошо. Данных о водорослях его южного побережья явно недостаточно, поэтому нами более детально изучена альгофлора этой части залива. Материал по донной растительности от п-ова Виймси до Кабернеэме собирали при помощи аквалангистов. Работы проводились на мелководье с берега в мае — июне 1971 г. (15 станций) и с судна в августе 1973 г. (40 станций) (см. рисунок).

Исследованное побережье расчленено бухтами, защищенными в основном от западных и восточных ветров, но открытыми ветрам с севера. Обследованный нами берег пологий. Дно прибрежной полосы в основном песчаное, покрыто отдельными камнями. Значительно меньше встречались глинисто-песчаные, галечные и илистые грунты.

Из-за отсутствия скалистых берегов на южном берегу Финского залива невозможно четко выделить зоны распределения растительности, как это делается скандинавскими исследователями [1—5]. Геолитораль нетипичная, переход от аэрофитных сообществ к морским постепенный. Более выраженную геолиторальную зону можно наблюдать только на камнях и валунах, где встречаются лишайники: Parmelia stygia, Xanthoria parientina (см. список). В нижней гидролиторали встречаются Enteromorpha и Cladophora (не глубже 0,8 м). В сообществах часто присутствуют колонии синезеленых водорослей Nostoc punctiforme, Rivularia bullata, Anabaena laxa. В верхней и нижней сублиторали встречаются бурые и красные водоросли.

На исследованной акватории обнаружено 7 видов цветковых растений, 5 видов лишайников и 25 таксонов водорослей, из них: синезеленых 3, харовых 1, зеленых 7, бурых 10 и красных 4 (см. список).

Распределение водорослей неравномерное. По всей территории обнаружены Cladophora spp., Enteromorpha intestinalis, Ectocarpus confervoides, Pylaiella litoralis, Spacelaria arctica, Fucus vesiculosus, Elachista fucicola, Ceramium tenuicorne, Furcellaria fastigiata. Последние четыре вида не встречаются в местах, загрязненных сточными водами (см. рисунок). У устьев рек в бухтах Ихасалу-Лахт и Мууга-Лахт встречаются на большой акватории цветковые растения Phragmites australis и Schoenoplectus tabernaemontani, лишь у устья р. Маарду растительность отсутствует.

На илисто-песчаных грунтах, в защищенных бухтах, на ограниченных участках растут Potamogeton pectinatus, P. perfoliatus, Zannichellia palustris, Ranunculus baudotii. В бухтах с песчаным дном (Кабернеэме-Лахт и Ихасалу-Лахт) в защищенных местах встречается Zoste-

ra marina. Из водорослей редки Stictyosiphon tortilis, Dictyosiphon foeniculaceus, Chorda filum, Rhodomela confervoides, Rhizoclonium imperxum, особенно Enteromorpha ahlneriana, Cladophora aegagropila.

На основании флористического состава, количественного соотношения видов, структуры растительности и экотопа выделены следующие сообщества.

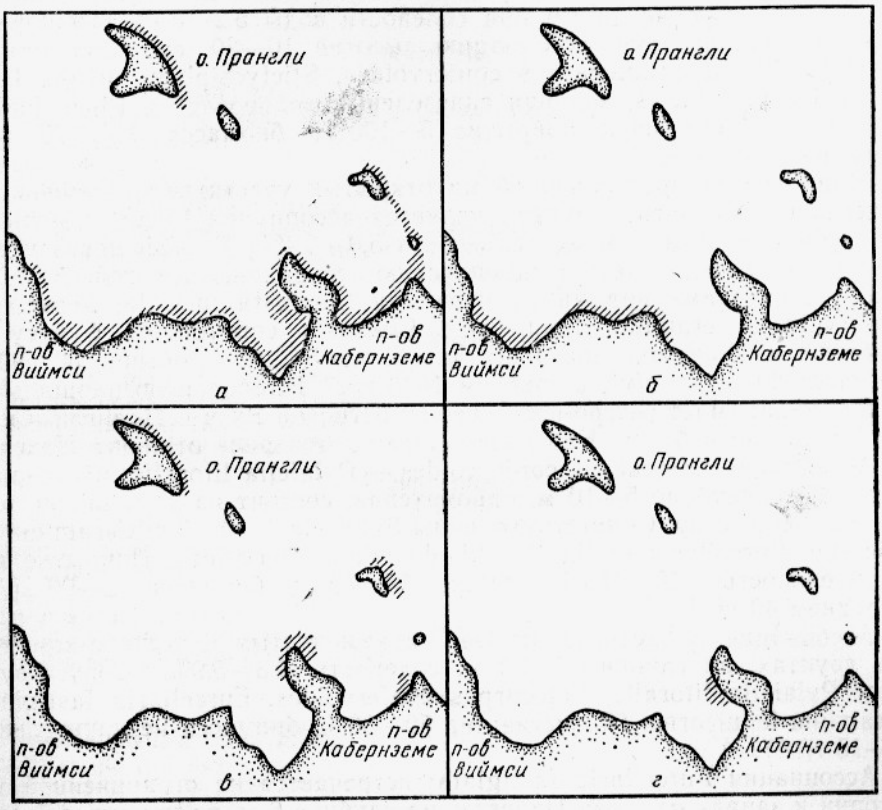


Схема районов работ:

а — места сбора материала (заштрихованы); *б* — акватория, на которой отсутствуют Elachista fucicola, Fucus vesiculosus, Ceramium tenuicorne, Furcellaria fastigiata (заштрихована); *в* — акватория, на которой распространяется ассоциация Fucus vesiculosus (заштриховано); *г* — акватория, на которой распространяется ассоциация Furcellaria fastigiata (заштрихована)

А. Сообщества на твердых грунтах
- 1-я нижняя гидролитораль
- асс. Enteromorpha intestinalis
- асс. Enteromorpha prolifera
- асс. Cladophora spp.
- 2-я верхняя сублитораль
- асс. Fucus vesiculosus
- 3-я нижняя сублитораль
- асс. Ectocarpus confervoides — Pylaiella litoralis
- асс. Sphacelaria arctica
- асс. Furcellaria fastigiata
- асс. Phyllophora brodiaei

Б. Сообщества на мягких грунтах
- асс. Zostera marina
- асс. Potamogeton pectinatus

Ассоциация Enteromorpha intestinalis: на каменистых и песчано-каменистых грунтах на глубине до 0,8 м при солености воды 4,1—5,3‰ ассоциация высотой до 10—15 см. Сопутствующие виды: Enteromorpha

prolifera и Cladophora sp., реже Enteromorpha ahlneriana. Проективное покрытие дна растительностью от 5 до 100%, биомасса в среднем 150 г/м².

Ассоциация Enteromorpha prolifera: на каменистых и песчано-каменистых грунтах, на глубине 0,8 м при солености 5,2—6,6‰. Сопутствующие виды — Cladophora spp., Enteromorpha intestinalis. Покрытие дна растительностью 5—80%, средняя биомасса 100 г/м².

Ассоциация Cladophora spp.: на каменистых и песчано-каменистых грунтах, на глубине до 1 м при солености воды 5,2—5,7‰. Cladophora образует одноярусную ассоциацию высотой 10—20 см. Сопутствуют Pylaiella litoralis, Ectocarpus confervoides, Stictyosiphon tortilis, Enteromorpha intestinalis, колонии синезеленых водорослей и Rhizoclonium implexum. Проективное покрытие 5—100%; биомасса 15—770 г/м², в среднем 180 г/м².

Наиболее распространенной на открытых участках, на каменистых и песчано-каменистых грунтах является ассоциация Fucus vesiculosus на глубине от 2 до 8 м при солености 5,0—5,4‰; F. vesiculosus устойчива к волнению, образует одноярусную ассоциацию высотой 10—30 см с сопутствующими видами — эпифитами Elachista fucicola, Ectocarpus confervoides, Ceramium tenuicorne. Elachista сопутствует фукусу не глубже 7 м. Покрытие дна растительностью 5—100%, обычно 50—90%; биомасса 20—8500 г/м², в среднем 1500 г/м². Наибольшую площадь ассоциация занимает северо-восточнее от островов Экси и Прангли и юго-восточной части бухты Кабернеэме-Лахт и севернее от п-ова Ихасалу.

Ассоциация Ectocarpus confervoides — Pylaiella litoralis: на твердых грунтах, на глубине 5—10 м, одноярусная, состоит из двух видов, равных по количеству. Сопутствуют виды Sphacelaria arctica, Ceramium tenuicorne, Furcellaria fastigiata, Rhodomela confervoides. Покрытие дна растительностью 10—100%, обычно 30—70%; биомасса 3—90 г/м², в среднем 40 г/м².

Ассоциация Sphacelaria arctica: на каменистых и песчано-каменистых грунтах, на глубине 6—10 м, соленость 4,8—5,9‰. Сопутствуют виды Pylaiella litoralis, Ectocarpus confervoides, Furcellaria fastigiata, Ceramium tenuicorne. Покрытие дна 50—80%, биомасса незначительная (1—15 г/м²).

Ассоциация Furcellaria fastigiata: встречается на ограниченной акватории к западу от п-ова Ихасалу, на глубине 6 м, на каменистой гряде при солености 5,45‰. Покрытие дна 40%, биомасса около 10 г/м². Сопутствуют виды Cladophora sp., Fucus vesiculosus, Ceramium tenuicorne.

Ассоциация Phyllophora brodiaei: на глубине 15 м, на песчано-каменистых грунтах при солености 6,6—7,0‰. Сопутствующие виды: Furcellaria fastigiata, Ceramium tenuicorne, Sphacelaria arctica, Sphacelaria arctica. Покрытие дна 10%, биомасса незначительная.

Ассоциация Zostera marina: на песчаных грунтах, на глубине 3—4 м, в западной части бухты Ихасалу-Лахт, соленость воды около 5,5‰, с эпифитом Ectocarpus confervoides. Сопутствуют Potamogeton pectinatus, P. perfoliatus.

Ассоциация Potamogeton pectinatus: на илисто-песчаных грунтах на глубине 3 м с эпифитом Ectocarpus confervoides. Сопутствует Spirogyra sp. Проективное покрытие дна 20%, биомасса 15 г/м². Список обнаруженных видов приведен ниже.

Cyanophyta

Rivularia bullata (Poir.) Berk.
Anabaena laxa (Rabenh.) A. Br.
Nostoc punctiforme (Ag.) Elenk.

Charophyta

Tolypella nidifica (O. F. Müll.) v. Leonh.

Chlorophyta

Enteromorpha intestinalis (L.) Link.
Enteromorpha ahlneriana Bliding
Enteromorpha prolifera (O. F. Müll.) J. C. Ag.
Rhizoclonium implexum (Dillw.) Kütz.
Cladophora aegogropila
Cladophora sp. sp.
Spirogyra sp. sp.

Phaeophyta

Pylaiella litoralis (Lyngb.) Kjellm.
Ectocarpus confervoides (Roth) de Jolis s. lat. sensu Kjellm.
Sphacellaria arctica Harv.
Pseudolithoderma sp.
Elachista fucicola (Welley) Aresch.
Stictyosiphon tortilis (Rupr.) Reinke
Dictyosiphon foeniculaceus (Huds.) Grev. f. foeniculaceus
Dictyosiphon foeniculaceus f. hippuroides (Lyngb.) Levring
Chorda filum (L.) Stackh.
Fucus vesiculosus L.

Rhodophyta

Furcellaria fastigiata (L.) Lamour.
Phyllophora brodiaei (Turn.) J. G. Ag.
Ceramium tenuicorne (Kütz.) Waern
Rhodomela confervoides (Huds.) Silva

Angiospermae

Potamogeton pectinatus L.
Potamogeton perfoliatus L.
Zannichellia palustris L.
Zostera marina L.
Ranunculus bandottii Godr.
Schoenoplectus tabernaemontani (K. Gwel.) Palla
Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Stend.

Lichenes

Gandelariella vitellina (Ehr.) Müll.
Parmelia stygia (L.) Ach.
Xanthoria parientina (L.) Beltram
Verrucaria maura Wahlenb.
Coloplaca sp.

Выводы

1. На исследованной акватории Финского залива обнаружено 37 таксонов растений, из них 25 водорослей, 5 лишайников и 7 цветковых.

2. На мелководье глубиной до 1 м доминируют зеленые водоросли, на глубине 1,5—6 м — бурые, а глубже преобладают красные водоросли.

3. Водоросли встречаются преимущественно на твердых грунтах, лишь цветковые растения и харовые водоросли растут на мягких грунтах в защищенных от ветра и волнения бухтах.

4. Выделено 10 ассоциаций. Ассоциации на твердых грунтах: Enteromorpha intestinalis, Enteromorpha prolifera, Cladophora spp., Fucus vesiculosus, Ectocarpus confervoides — Pylaiella litoralis, Sphacelaria arctica, Furcellaria fastigiata, Phyllophora brodiaei.

Ассоциации на мягких грунтах: Zostera marina и Potamogeton pectinatus.

5. Биомасса водорослей на исследованной акватории небольшая (10—150 г/м^2), лишь на мелководье на твердых осадочных породах биомасса достигает 1500 г/м^2, наибольшая — у Fucus vesiculosus.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Du Rietz, G. E. Zur Vegetationsökologie der ostschwedischen Küstenfelsen. Beiheft. Bot. Centralbl. 1932, 49:61—112.

2. Du Rietz, G. E. Phytogeographic excurs to the maritime birch forest zone and the maritime forest limit in the Outermost Archip. of Stockholm. J. Intern. Bot. Congr. Excurs, Guides B. 3 and C 1. 1950, p. 1—11.

3. Ravanko, A. Macroscopic green, brown and red algae in the Southwestern Archipelago of Finland. Acta Bot. Fenn. 1968, 79:1—50.

4. Waern, M. Algological excursions to the middle part of the Swedish East Coast. 7 Int. Bot. Congr. Stockholm, Excurs Guides C III a and B 1950, 3:1—38.

5. Waern, M. Rocky-shore algae in the Öregrund Archipelago. Acta Phytogeogr. Suecica. Uppsala, 1952, 30:1—298.

On bottom vegetation from the middle southern coast of the Gulf of Finland

H. A. Kukk

SUMMARY

The bottom vegetation from the middle southern coast of the Gulf of Finland is characterized. A total of 39 taxons of plants indluding 25 algae, 5 lichens and 7 flowering plants are identified in the area investigated. Some data on the distribution of certain taxons and ecologic conditions are given. The biomass is determined. A total of 10 associations of bottom vegetation are identified.

Том CXXIV | Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) | 1977

УДК 582.263+582.271(261.243)

ЗЕЛЕНЫЕ И ХАРОВЫЕ ВОДОРОСЛИ В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ ЗАПАДНОЙ ЭСТОНИИ

Т. Я. Трей

Специальных исследований по изучению зеленых и харовых водорослей западного побережья Эстонской ССР не имеется за исключением исследования К. Л. Виноградовой [1].

Материал собран нами с 1959 по 1970 г. (см. рисунок).

В прибрежных водах западной Эстонии обнаружено 17 таксонов зеленых и 5 харовых водорослей.

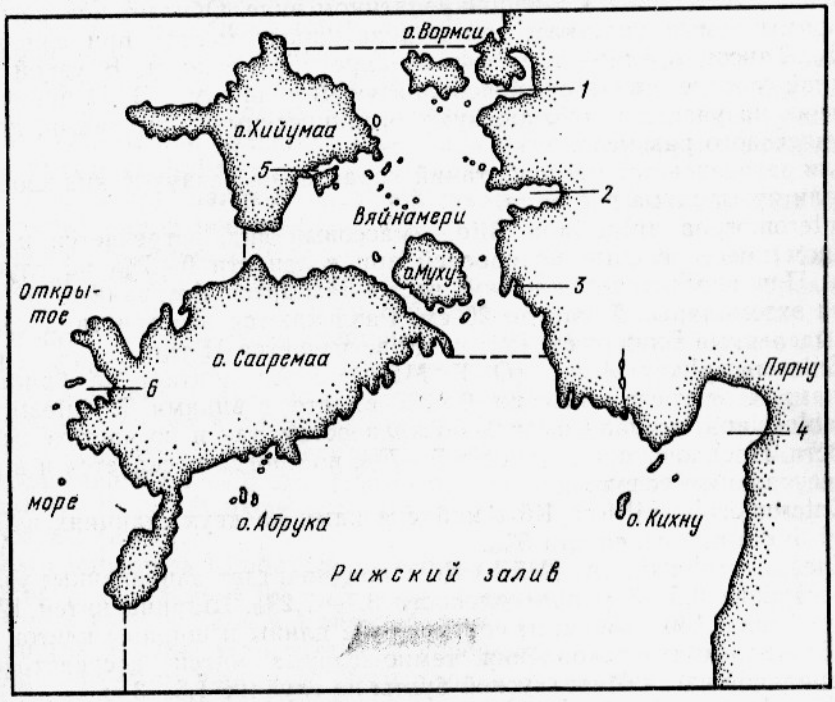


Схема района исследования.

Бухты: *1* — Хаапсалуская; *2* — Матсалуская; *3* — Рамеская; *4* — Пярнуская; *5* — Кяйнаская; *6* — Кихелконнасская.

Зеленые водоросли (Chlorophyta). Ulothrix subflaccida Wille отмечен в конце мая только на одной станции на северо-западном побережье о-ва Сааремаа на камнях у уреза воды. Ширина клеток 8—10 мкм,

соотношение их длины 1 : 1—2. Monostroma balticum (Aresch.) Wittr., по данным Раванко [7], является свободно плавающей формой M. grevillei (Thuret) Wittr. В Балтийском море встречается в виде прикрепленной формы только зимой и ранней весной, в другие сезоны — в неприкрепленном состоянии. Мы не согласны с точкой зрения К. Л. Виноградовой, которая считает, что анатомическое строение талломов этих видов не различается и M. balticum представляет собой только фрагменты таллома E. intestinalis.

Monostroma встречается в защищенных бухтах на илистом грунте на глубинах до 2 м, где Enteromorpha отсутствует. Глубже 0,8 м последний вид встречается очень редко. E. *intestinalis предпочитает опресненные* воды (соленость 0—7‰) и места с органическим загрязнением, образуя там большие талломы. M. balticum встречается на участках с соленостью выше 6‰. Она образует большие талломы и в чистой воде. Размеры стерильных талломов 5 — 10 × 10 — 15 см, максимальные 7 — 10 × 18 — 19 см.

Percursaria percursa (Ag.) Bory обнаружен только на побережье островка Сангелайд в Пярнуской бухте. Обитает этот вид на песчаном грунте, в мелкой воде при солености 5‰ с видами Enteromorpha ahlneriana, Pylaiella litoralis, Ceramium tenuicorne.

Capsosiphon fulvescens (Ag.). Setch. et Gardn обитает на камнях мола о-ва Кихну в Пярнуской бухте у уреза воды вместе с видами Enteromorpha при солености 5‰ и загрязнении.

Enteromorpha intestinalis (L.) Link f. intestinalis встречается от уреза воды до глубины 0,8—2 м, прикрепляется к камням, портовым сооружениям или плавает в неприкрепленном виде. Обитает как на хорошо промываемых участках, так и в затишных местах при солености 0—7‰. Таксон предпочитает сильно опресненные воды. В узкой прибрежной полосе является поясообразующим видом. В защищенных условиях на участках, обогащенных органическими веществами, достигает массового развития.

Для загрязненных местообитаний характерны раздутые кишкообразные или пузырчатые растения.

Enteromorpha anlneriana Blid.— массовый вид, встречается в прибрежном поясе зеленых водорослей при солености 0—7‰ на глубине 0,5 м. Прикрепляется к камням, часто находятся оторванные от субстрата экземпляры. Длина до 20 см. Различаются все три типа таллома, выделенные Блидингом [2]; чаще встречается II тип.

Enteromorpha prolifera (O. F. Müll.) J. Ag. обитает на прибрежных камнях от уреза воды до 0,8 м вместе с видами E. intestinalis и E. ahlneriana, уступая им как по количеству, так и по частоте встречаемости. Предпочитает соленость 5—7‰, но иногда поселяется и в почти пресноводных условиях.

Enteromorpha pilifera Kütz найдена нами на двух станциях в Пярнуской бухте при солености 5‰.

Chaetomorpha linum (Müll.) Kütz предпочитает защищенные участки на глубине 0,5—5 м при солености 3,7—7,2‰. Ширина нитей 120—200 мкм, чаще 140—180 мкм; соотношение длины и ширины клеток 2—3 : 1. Почти чистые скопления темно-зеленых нитей сосредоточены в центральной части Матсалуской бухты на глубине 1,5—3 м.

Rhizoclonium riparium (Roth) Harv встречается часто. В Хаапсалуской и Матсалуской бухтах образует самостоятельно или вместе с Cladophora glomerata грязно-зеленые пучки, похожие на вату и прикрепляющиеся на другие растения или плавающие свободно. Обнаружен при солености 0,6—7,3‰ на глубине 0,2—13,5 м. Ширина клеток 20—30 мкм, боковые ветви встречаются редко. Rhizoclonium implexum (Dillw.) Kütz найден при солености 6‰, причем три местонахождения на мелко-

водье, дважды на глубине 8—8,5 м, прикрепляется к камням или другим растениям. Ширина клеток 15—18 мкм, длина клеток сильно варьирует.

Cladophora rupestris (L.) Kütz. встречается часто в открытом море и в Вяйнамери, обитает на камнях на глубине 0,3—17 м как на промываемых участках, так и в затишных бухтах при солености 4,5—7,2‰. В мелкой воде растет вместе с Fucus vesiculosus, глубже — вместе с красными водорослями. Длина растений 5—12 см. В глубокой воде экземпляры Cl. rupestris мелкие, на глубине 17 м длина 0,4—0,6 см.

Cladophora glomerata (L.) Kütz — одна из самых распространенных зеленых водорослей. Особенно часто встречается в Матсалуской и Хаапсалуской бухтах, где образует самостоятельно или вместе с Rhizoclonium riparium грязно-зеленые пучки, похожие на вату, прикрепляющиеся к камням и другим растениям или плавающие свободно в воде. Предпочитает защищенные места, встречается на глубине 3 м, реже на глубине 7 и 9 м. Растет как в сильно опресненной воде (в Матсалуской бухте), так и при солености 7‰. Ширина клеток обычно 40—100 мкм. Соотношение длины и ширины 5—12 (18) : 1.

Сообщества Cladophora spp. распространены на прибрежных валунах в мелководье, ниже пояса Enteromorpha, или заменяя последний в открытых местообитаниях, до глубины 1,8—2 м.

Urospora penicilliformis (Roth.) Aresch найдена с мая по ноябрь у уреза воды на камнях мола или на других растениях, выдерживает широкий диапазон солености: от сильно опресненных условий (в устье р. Пярну) до солености 6—6,5‰. Ширина клеток 21—27 мкм.

Spirogyra spp. встречается по всей акватории на разных глубинах (0,5—19 м) как на защищенных, так и на открытых участках, обычно при солености выше 6‰ (редко в пресноводной части Матсалуской бухты). Spirogyra растет на других водорослях, часто вместе с Zygnema.

Представители Zygnema spp. предпочитают защищенные участки до 10 м глубины при солености 0,2—7,2‰, растут на других растениях, обычно вместе со Spirogyra.

Mougeotia spp. найдена на одной станции в Вяйнамери среди других растений при солености около 6‰.

Харовые водоросли (Charophyta). Tolypella nidifica (Müll.) Leonh часто встречается на защищенных от прибоя участках, где соленость воды выше 5‰. Длина — 4—6 см. Обитает на песчано-каменистом, песчаном и илистом грунтах до глубины 6 м. Tolypella растет вместе с Zannichellia, Chara, Zostera. Часто встречались экземпляры с ооспорами.

Chara canescens Loisel встречается повсеместно в виде единичных экземпляров. Растет в защищенных участках, на илистом и песчаном грунтах в основном в сообществе Ch. aspera при солености выше 5‰. Длина слоевища 1,4—4,0 см. Только в Кихелконнасской бухте длина слоевика 8—15 см. В июле — августе образуют оогонии; антеридии не обнаружены [3—6].

Chara tomentosa L. обитает на черном илистом грунте, содержащем сероводород, на глубине 0,5—3,7 м при солености воды 0,6—7‰. В изолированных бухтах Раме и Кяйна образует самостоятельные сообщества, в других местах встречается в сообществе Chara aspera, длина слоевища 30—40 см, иногда до 50 см, в июле обнаружена с антеридиями.

Chara baltica Bruzelius найдена у о-ва Сааремаа в трещинах плитняка, на илистом и песчаном грунте на глубине 0,5—3 м при солености 6,5—7,2‰. Встречается единично в сообществе Chara aspera. Длина 6,5—12,3 см. В июле и октябре встречались с антеридиями и оогониями.

Chara aspera Willd — самая распространенная харовая водоросль в исследованном районе. Предпочитает илистый грунт, поселяется также на глинистом и песчаном грунтах на глубине 0,2—5,8 м, растет как

в пресной воде, так и при солености 7‰. Длина растений 10 см, но в Матсалуской бухте растения — до 20—25 см. В августе в слоевищах часто встречались оогонии и антеридии. На мягких грунтах на глубине до 3 м ассоциация Chara aspera занимает обширную акваторию. В Матсалуской и Хаапсалуской бухтах эта ассоциация встречается с примесью Cladophora glomerata — Rhizoclonium riparium.

Выводы

1. В прибрежных водах западной Эстонии обнаружено 17 таксонов зеленых и 5 таксонов харовых водорослей.
2. Новыми для флоры Эстонии являются Chaetomorpha linum и Rhizoclonium implexum.
3. Часто встречаются в пределах изученной акватории Enteromorpha intestinalis, E. ahlneriana, Cladophora glomerata, Cl. rupestris; из харовых: Chara aspera и Tolypella nidifica.
4. E. intestinalis, E. ahlneriana и Cladophora spp. являются поясообразующими видами на прибрежных валунах.
5. На мягких грунтах обширную площадь занимает асс. Chara aspera.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградова К. Л. Ульвовые водоросли (Chlorophyta) морей СССР. М., «Наука», 1974. 165 с.
2. Bliding, C. A critical survey of European taxa in Ulvales I. Opera Bot. 1963, 8(3), 160 p.
3. Künzenbach, R. Über die Algenflora der Ostsee und der Bodengewässern um Hiddensee. Wissensch. Ztschr. der Ernst Moritz Arndt — Universität Greifswald. Math. nat. Reiche 5(5/6), 1955—1956, p. 373—388.
4. Kylin, H. Die Chlorophycee der schwedischen Westküste Lunds Univ. Arsskr. 1949, N. F. 2, 45(4), 79 p.
5. Luther, H. Verbreitung und Ökologie der höheren Wasserpflanzen im Brachwasser Ekenäs — Gegend in Sündfinnland. Acta Bot. Fenn. 1951, 50, 370 p.
6. Pankow, H. Algenflora der Ostsee. Jena, 1971, 1—419.
7. Ravanko, O. Observations on the genus Monostroma in the Northern Baltic Sea area (Seili Islands S. W. Archipelago of Finland). Bot. Not. 1969, p. 122, 228—232.

Chlorophyta and Charophyta from the coastal waters of West Estonia

T. Ya. Trey

SUMMARY

A total of 18 taxons of Chlorophyta and 5 taxons of Charophyta are found off West Estonia. Chaetomorpha linum and Rhizoclonium implexum are new forms in the flora of the area. The frequence of occurrence of Chlorophyta (Enteromorpha intestinalis, E. ahlneriana, Cladophora glomerata and Cl. rupestris) and Charophyta (Chara aspera and Tolypella nidifica) was the highest in the area investigated. E. intestinalis, E. ahlneriana and Cladophora spp. are belt-forming species occurring in a narrow zone on inshore boulders. Vast soft grounds are inhabited with Chara aspera.

Том CXXIV | Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) | 1977

УДК 582.272(268.45)

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ФУКУСА ПУЗЫРЧАТОГО (FUCUS VESICULOSUS L.) И АСКОФИЛЛУМА (ASCOPHULLUM NODOSUM (L.) JOLIS) НА ПОБЕРЕЖЬЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Н. Е. Толстикова

Биологию двух промысловых видов водорослей северных морей СССР — Fucus vesiculosus L. и Ascophyllum nodosum (L.) jolis подробно изучают в связи с тем, что потребность промышленности в этих водорослях с каждым годом возрастает.

В работах [2, 3, 4, 5, 7, 8] отражены различные стадии развития фукоидов. З. П. Тиховская [5] наиболее детально изучала циклы развития Fucus vesiculosus L. на Восточном Мурмане. В. В. Кузнецов [4] рассматривает биологические особенности фукоидов Белого моря по сравнению с таковыми на Восточном Мурмане.

Наши исследования, проведенные в 1972, 1973 гг. и в первой половине 1974 г., являются продолжением работ по биологии основных фукоидов Баренцева моря. Цель исследований — получить данные, необходимые для рационального ведения промысла. В зарослях мы выделяли возрастные группы и по ним давали все основные характеристики по ранее разработанной методике [6]. Это позволило выявить потенциальные возможности зарослей, их жизнестойкость и изменения во время промысла.

Ежемесячно проводились наблюдения за развитием зарослей фукуса и аскофиллума непосредственно на месте произрастания. Собранный материал обрабатывался в лабораторных условиях. Опытный участок был выделен на литорали недалеко от Мурманского морского биологического института в Дальнезеленецкой губе. В работе оказывали помощь сотрудники ММБИ А. Р. Маланская и А. Б. Соколова.

Наш опытный участок относится ко второму типу литоральных зарослей [1], характеризующихся наиболее полным набором фукоидов. Литораль представляет собой каменисто-валунную россыпь с небольшим углом наклона, участок с IV—III степенью прибойности.

Район наших работ располагается в юго-восточной части Баренцева моря за полярным кругом и имеет морской полярный климат, характеризующийся продолжительной зимой, коротким летом, значительной относительной влажностью воздуха и относительно небольшими изменениями его средних температур в течение года. Приливы правильные полусуточные. Длительность нахождения фукуса и аскофиллума вне воды составляет 5—7 ч. Сбор материала на протяжении 2,5 лет проходил в однотипных экологических условиях.

Фукус и аскофиллум — многолетние растения. Рецептакулы, содержащие антеридии и оогонии, развиваются на вершинах таллома у фу-

куса и по сторонам длинных ветвей на специальных коротких веточках у аскофиллума. Органы размножения являются однолетними образованиями. Заложение рецептакул в условиях Мурманского побережья Баренцева моря у фукуса начинается с декабря, у аскофиллума — с октября — ноября. Созревание рецептакул у обоих видов продолжается с мая до начала июня. С этого момента начинается сброс органов размножения и заканчивается к августу-сентябрю.

Оплодотворение происходит во внешней среде во время осушки зарослей, после выхода яйцеклеток и антерозоидов из скафидии (концептакул). Ооспоры, оседая на грунт, могут прорасти уже через 17—18 ч, но прорастание может происходить и в течение всего года, что доказывается наличием проростков в зарослях во все месяцы. Фукус и аскофиллум обладают также способностью регенерировать на оборванных ветвях пучки молодых побегов.

Так как фукус и аскофиллум относятся к многолетним растениям, их заросли присутствуют на литорали круглогодично. В течение года в популяциях происходят закономерные изменения, многие из которых отражаются на внешнем виде зарослей. При нормальных условиях развития, при отсутствии добычи заросли сохраняются в постоянном равновесии.

Поэтому всесторонне изучая заросли водорослей, еще не испытывающие отрицательного влияния антропогенных факторов, необходимо установить условия, способствующие нормальному развитию популяций, их основные закономерности, размерно-весовые характеристики водорослей. Такие данные позволят определить, что может подорвать запасы зарослей.

В зарослях фукуса и аскофиллума были выделены возрастные группы. Возраст растения определялся по принципу $X + 2$, где X — количество рядов воздушных пузырей на талломе, образующихся ежегодно, начиная с третьего года жизни. Растения, имеющие дихотомическое разветвление, еще не образовавшие воздушных пузырей, относятся к двухлеткам. Проростки без дихотомии — к однолеткам. Для определения возрастного состава популяций с трех площадок (50×50 см) было обработано свыше 10 тыс. экз. фукуса и 5 тыс. экз. аскофиллума.

Возраст у фукуса в районе исследований колебался от 1 года до 9 лет, у аскофиллума — от 1 года до 13 лет. Максимальная продолжительность жизни фукуса в Баренцевом море, по данным В. В. Кузнецова [4], 12 лет, по данным З. П. Тиховской [5], 9—10 лет, аскофиллума — 18 лет [4]. Основу зарослей аскофиллума составляют растения от 1 года до 8 лет, из которых половозрелыми являются экземпляры двух лет и старше. Во все месяцы года в зарослях по количеству экземпляров преобладали проростки и двухлетки.

Несмотря на большое количество проростков, основной фон и биомассу в зарослях все же создают взрослые растения, имеющие длину таллома свыше 10 см. Небольшой процент в зарослях составляют растения полностью заканчивающие свой жизненный цикл и растения, имеющие только срединный нерв с небольшой частью неразрушенного таллома у вершины, на котором еще формируются рецептакулы. Соотношение возрастных групп в зарослях меняется в течение года (табл. 1 и 2).

Наибольшее колебание численности в пределах возрастной группы наблюдается у растений первого, второго и в меньшей степени третьего года жизни. Значительный урон зарослям и особенно растениям в первые 3 года жизни наносится в зимние месяцы. Восстановление численности молодых растений происходит с приходом светового дня, т. е. с апреля — мая. Появляются новые проростки. Весеннее прорастание ооспор компенсирует зимнее уменьшение численности. В году наблю-

Таблица 1

Соотношение возрастных групп в популяции Fucus vesiculosus L. (в % на 1 м²)

Возраст, годы	Октябрь	Ноябрь	Январь	Март	Май	Июнь—Июль	Август	Среднегодовая
1	71,0	57,0	14,0	70,0	63,0	74,0	44,0	66,20
2	11,9	31,0	50,0	16,0	19,0	14,0	35,1	19,40
3	5,0	6,0	8,0	3,0	9,0	3,0	12,0	6,0
4	7,0	3,0	12,0	4,0	2,0	3,91	5,0	4,0
5	4,0	2,4	9,5	4,2	1,2	4,0	3,0	3,0
6	1,0	0,6	6,0	2,2	0,6	1,0	0,86	1,18
7	0,1	—	0,5	0,54	0,19	0,09	0,13	0,2
8	—	—	—	0,05	0,01	—	0,01	0,01
9	—	—	—	0,01	—	—	—	0,01
n	4318	7391	1734	5143	10273	7503	6111	6451

Таблица 2

Соотношение возрастных групп в популяции Ascophyllum nodosum (в % на 1 м²)

Возраст, годы	Октябрь	Ноябрь	Март	Май	Июнь—Июль	Август	Среднегодовая
1	62,0	68,0	72,0	54,0	77,0	73,0	68,0
2	22,0	8,0	5,0	9,0	2,0	6,0	10,0
3	5,6	3,0	3,0	3,0	3,0	4,0	4,0
4	5,0	3,0	5,0	7,3	3,0	2,0	4,0
5	3,0	5,0	5,0	17,0	4,2	3,0	5,0
6	2,0	5,0	6,0	8,0	4,2	3,0	4,0
7	0,3	5,0	2,96	1,5	3,0	4,0	3,0
8	0,1	2,2	1,0	0,2	3,0	3,0	1,3
9	—	0,4	0,04	—	0,8	0,8	0,3
10	—	0,4	—	—	0,4	0,8	0,22
11	—	—	—	—	0,3	0,16	0,06
12	—	—	—	—	0,2	0,2	0,06
13	—	—	—	—	0,1	0,04	0,06
$n_{общ}$	5204	3695	2302	1588	2871	2434	2988

дается два пика развития проростков: осенью, когда после сбрасывания органов размножения начинает прорастать часть ооспор, попавшая на субстрат, и весной, когда начинает прорастать часть ооспор, остававшаяся до тех пор в покое.

Численность растений в возрастных группах старше 3 лет также подвержена значительным колебаниям. Половозрелый состав популяции немногочислен. Возрастные группы, начиная с 4 лет и старше, составляют всего около 20% от общего числа слоевищ в зарослях, но этого, очевидно, достаточно для нормального развития зарослей. Чтобы в суровых полярных условиях Баренцева моря выросло это небольшое количество растений-производителей, необходимо большое количество проростков, а они во время своего развития терпят значительные потери. В зарослях фукуса ежегодная потеря составляет от 60 до 90%, в зарослях аскофиллума — от 40 до 75% возрастной группы.

Основную нагрузку во время процесса размножения в зарослях фукуса несут растения в возрасте 4—5 лет, а в зарослях аскофиллума — в возрасте 5—7 лет (табл. 3 и 4). Чем старше возрастная группа, тем выше в ней процент плодоносящих растений.

Для фукуса и особенно для аскофиллума характерно объединение растений в кусты, которые состоят из нескольких взрослых растений и их общая подошва часто окружена «щеточкой» проростков.

Таблица 3

Количество растений с рецептакулами в зарослях фукуса пузырчатого (в % на 1 м²)

Возраст, годы	Январь	Май	Июнь	Август
2	3/5	5/15	9/16	5/17
3	40/12	34/45	41/12	40/41
4	65/29	70/19	61/28	56/25
5	89/31	62/11	65/31	54/11
6	100/21	96/8	87/12	58/5
7	100/2	100/2	100/1	75/0,8
8	—	100/0,1	—	100/0,2
$n_{общ}$	28	21	33	12

Примечание. Здесь и в табл. 4 в числителе — количество растений с рецептакулами в возрастной группе, в знаменателе—количество растений с рецептакулами в возрастной группе от общего количества растений с рецептакулами в зарослях: $n_{общ}$ — количество растений с рецептакулами от общего количества растений в зарослях.

Таблица 4

Количество растений с рецептакулами в зарослях аскофиллума (в % на 1 м²)

Возраст, годы	Март	Май	Июнь	Август	Октябрь
2	13/4	3/1	6/1	5/5	2/5
3	39/6	40/4	21/4	4/3	27/17
4	42/12	45/13	42/8	8/8	47/27
5	73/21	69/46	68/17	5/3	77/27
6	87/32	97/29	84/22	30/12	88/20
7	93/17	100/6	90/15	43/27	94/3
8	100/8	100/1	100/19	58/24	100/1
9	100/0,2	—	100/6	73/9	—
10	—	—	92/3	60/7	—
11	—	—	88/2	100/3	—
12	—	—	100/2	80/3	—
13	—	—	100/1	100/1	—
$n_{общ}$	61	56	65	25	24

В районе исследования длина таллома фукуса не превышала 50 см, аскофиллума — 100 см. Активный вегетативный рост приурочен к первым весенним месяцам у аскофиллума и к осенним — у фукуса, а в мае на фоне бурых зарослей хорошо заметны вновь растущие светло-зеленые вершины водорослей. Возможно, светло-зеленая часть вершин не является всей вновь выросшей частью таллома, а свидетельствует лишь о процессе нарастания в этих частях, так как светло-зеленая окраска скоро буреет и образующиеся также весной воздушные пузыри могут встречаться и на бурых вершинах. Светлые вершины заметны до июня, когда в зарослях начинает доминировать желтый цвет созреваемых рецептакул. На вершинах талломов — или воздушные пузыри, или рецептакулы. Летом вегетативный рост замедляется. Средний годовой прирост F. vesiculosus составляет в среднем 12 см (по данным В. В. Кузнецова эта величина достигает 18,4 см).

Для определения скорости и характера восстановления зарослей фукуса на побережье Восточного Мурмана в мае 1972 г. в литоральных зарослях фукуса был выбран валун на 80% заросший водорослями. С поверхности валуна были срезаны вместе с подошвой все водоросли. Очищенная площадка находилась в окружении нетронутых зарослей.

Поэтому приливо-отливными течениями на площадку захлестывались верхние части талломов рядом растущих водорослей.

Через 3 мес к августу на очищенном от водорослей валуне уже были заметны проростки от 2 до 5 мм в виде щеточек. Проростки располагались кольцами, отражая контуры срезанных в мае подошв взрослых растений.

В ноябре 1972 г. опытный участок был почти полностью равномерно покрыт проростками, которые имели уже плоские талломы светло-зеленого цвета без ветвей и высоту 20—30 мм. Наблюдаемый покров состоял из растений, выросших за 6 мес, и из только что появившихся из проросших ооспор.

Зимой рост останавливается. Основная масса проростков на опытном участке имела высоту 20 мм. Покров проростков был несколько реже, чем в ноябре.

В июне 1973 г. валун был покрыт светло-зелеными проростками, основная масса которых имела высоту до 50 мм, у части проростков (10%) на вершинах отмечались дихотомии 1, 2 и 3-го порядков. Но большинство составляли неразветвленные проростки высотой от 1 до 10 мм весеннего прорастания и от 30 до 50 мм осеннего прорастания с пластинчатыми талломами. Максимальную высоту (80 мм) имели единичные растения.

В мае 1974 г., т. е. спустя 2 года после начала опыта, водоросли на валуне имели буро-коричневый цвет, средняя высота растений на валуне достигала 45,7 мм, а максимальная высота таллома — 124 мм. Вегетативное развитие растений особенно активно на втором году жизни фукуса. Покров на валуне составляли проростки без ветвления и растения с дихотомиями от 1-го до 5-го порядка. При равной высоте растений отмечено различное количество дихотомий. За год может образоваться несколько дихотомий, поэтому их количество не может считаться возрастным признаком фукуса.

На очищенной площадке покров, по-видимому, восстанавливается и принимает вид окружающих ее зарослей только на четвертый год. Необходимый для нормального развития популяции возрастной состав формируется через 4—5 лет.

Выводы

1. Продолжительность жизни на Восточном Мурмане фукуса пузырчатого 9—10 лет, аскофиллума — 13 лет. Длина таллома фукуса в районе исследования не превышала 50 см, аскофиллума — 100 см.

2. В зарослях фукуса постоянно присутствуют растения в возрасте от 1 года до 6 лет, в зарослях аскофиллума — от 1 года до 8 лет. Фукус становится половозрелым с 3 лет, аскофиллум — с 2—3.

3. Ежегодная потеря в зарослях фукуса пузырчатого составляет от 60 до 90%, в зарослях аскофиллума — от 40 до 75% возрастной группы.

4. В зарослях фукуса на площадке, с которой полностью вместе с подошвой были срезаны водоросли, проростки появились через два летних месяца. Необходимый для нормального развития популяции фукуса пузырчатого возрастной состав сформировывается через 4—5 лет.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блинова Е. И. Основные типы зарослей водорослей литорали Мурмана.— «Океанология», 1966, вып. 1, с. 151—158.

2. Возжинская В. Б. Беломорские фукоиды — распределение, биология, развитие, продукция.— В кн.: Основы биологической продуктивности и ее использование. М., 1970, с. 172—182.

3. Зинова А. Д. Определитель бурых водорослей северных морей СССР. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1953, 224 с.
4. Кузнецов В. В. Белое море и биологические особенности его флоры и фауны. М.— Л., Изд-во АН СССР, 1960. 322 с.
5. Тиховская З. П. Циклы жизни Fucus vesiculosus L. на Восточном Мурмане.— «Труды Мурманской морской биологической станции», 1955, с. 93—107.
6. Толстикова Н. Е. Методика исследования особенностей роста и продукции фукоидов в естественных условиях (Баренцево море). Тезисы докладов Всесоюзного совещания по морской альгологии — макрофитобентосу. М., ВНИРО, 1974, с. 129—131.
7. Knight, M. and Parke, M. A biological study of Fucus vesiculosus L. and F. serratus L. J. Mar. Biol. Ass. U. K., v. 29, No. 2, 1950, p. 439—514.
8. Printz, H. Algenvegetation of Trondjemsfiords skrift Norsko, Vidensk. Adad. Nat. Videnska, 5, 1, 1926. 273 p.

On biology and peculiarities of development of Fucus vesiculosus L. and Ascophyllum nodosum (L.) Jolis from the Barents Sea

N. E. Tolstikova

SUMMARY

The biology of Fucus vesiculosus and Ascophyllum nodosum was studied under natural contitions. Age frequencies were recognized in beds of both species and weight-size characteristics are given. The dynamics of populations and life-span were studied and the number of specimens participating in reproduction was determined. The restoration rate of disturbed beds of the aglae is evaluated. The life span of F. vesiculosus lasts 9—10 years and that of A. nodosum 13 years. The annual losses in the age groups amount to 60—90% in beds of F. vesiculosus and to 40—75% in those of A. nodosum. When all specimens of F. vesiculosus were cut out from a site new shoots appeared two months later in summer. The adequate age composition needed for normal development of the population may be restored in 5—6 years.

Том CXXIV | Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) | 1977

УДК 582.272.46(268.46)

БИОЛОГИЯ (СЕЗОННОЕ РАЗВИТИЕ И ПРОДУКЦИЯ) ЛАМИНАРИЙ БЕЛОГО МОРЯ

В. Б. Возжинская

В Белом море растут два вида водорослей: Laminaria saccharina (L.) Lamour — ламинария сахаристая (с цельным линейным листом) и L. digitata (Huds.) Lamour — ламинария пальчаторассеченная *, которые имеют в Белом море чрезвычайно большое количество экологических форм, объединяемых нами в две обширные группы (по форме листа): saccharinae и digitatae. Они являются важнейшим промысловым объектом, их добывают в море и на побережьях в выбросах, затем перерабатывают на Архангельском водорослевом комбинате, где из ламинарий получают альгинаты, маннит, крупку и другие вещества, необходимые в ряде отраслей промышленности. Особо важна роль ламинарии в жизни прибрежного донного населения моря: они служат и важнейшими продуцентами органического вещества на шельфе.

Цель исследований — изучить биологию ламинарий Белого моря. Основой для данных исследований послужили собственные наблюдения в море и материалы, которые собирал в течение 10 лет автор в Беломорской биологической экспедиции ИОАН (начиная с 1965 г.) на всех побережьях Белого моря, а также на стационарах (ББС МГУ; ББС ЗИН; Соловецкое водорослевое хозяйство). Обследовался пояс ламинарий на выбранных разрезах, которые были проведены по прямой от берега от 0 до 25—30 м глубины (до нижней границы фитали). Всего при изучении ламинарий в Белом море нами было сделано 218 разрезов, 1007 станций, 3276 площадок количественного учета, заложено 96 опытных площадок-плантаций различного типа, проведено более 100 тыс. промеров (линейных и весовых).

Материал собирался аквалангистами по обычно принятой в альгологии методике [1].

Промеры водорослей на плантациях проводили каждый сезон с февраля под водой.

Обработать полученный обширный фактический материал оказалось весьма трудно, так как он был сгруппирован по различным размерным, линейным, массовым и возрастным показателям, а также по глубинам, сезонам, годам и участкам берега. По этим данным были составлены программы для дальнейшей обработки на ЭВМ. Графические выражения обработки представлены в полулогарифмической системе ординат.

В организации полевых исследований большую помощь оказали директор Архангельского водорослевого комбината А. И. Потрохова

* Морская капуста, местное название — лапуга.

и директор Беломорской биостанции МГУ Н. А. Перцов, которым автор глубоко признателен.

Экология ламинарий. В сублиторальной зоне Белого моря пояс ламинариевых водорослей простирается от нижней границы приливо-отливной зоны, или от 1—2 до 10—12 м глубины (крайне редко 15 м), с массовой зоной развития от 3 до 7—8 м глубины [2, 3, 4, 5]. Наши исследования не подтверждают мнение о том, что ламинарии растут глубже, чуть ли не до 50 м [6, 7, 9, 10]. Вероятно, это снесенные с верхних горизонтов нередко хорошо сохранившиеся растения; летом их особенно много.

Из-за низкой часто отрицательной температуры воды слоевища подвергаются очень медленному распаду. Помимо отрицательного воздействия постоянной низкой температуры на глубине 20—40 м, крайне пагубен для развития ламинарий низкий световой порог (см. ниже, в тексте), недостаточный для их роста на глубинах, начиная с 12—15 м.

В различных экологических участках Белого моря видовой состав пояса ламинарий, их морфологические особенности, возрастные группы и распределение весьма неоднородны, что зависит от состава грунта, интенсивности движения водных масс (прибой, приливо-отливные течения), от количества суммарной солнечной радиации под водой (именно ФАР — фотосинтетически активной радиации), температуры, биогенных элементов в воде и ряда других, не учитываемых в данной работе факторов, в частности, антропогенного. Последний фактор, связанный с усиленной эксплуатацией водорослевых зарослей в Белом море, окажет немалое воздействие на естественную популяцию ламинарий, в ряде мест может произойти и разрушение этого пояса.

На сильно защищенных участках моря, со слабыми течениями, преобладающими мягкими грунтами, доминирует (из ламинарий) одна L. saccharina.

На участках с более интенсивным движением водных масс одинаково хорошо развиты обе ламинарии, формирующие смешанный пояс, обычно с глубины 2 м; лучшее развитие пояс имеет на твердых грунтах, где сплошной покров (проективное покрытие 80—100%) простирается до 9—10 м, высока в таких условиях и биомасса (несколько кг/м²). В местах с наиболее сильным током вод, на каменисто-скалистых грунтах (на мягких грунтах ламинарии отсутствуют) ламинарии встречаются у 0 глубин.

Сравнительный анализ обеих ламинарий показывает, что доминирование какого-либо вида в смешанных зарослях определяется его морфологическими особенностями.

Размеры водорослей чрезвычайно варьируют. Это зависит не только от экологии, но и от сезона и от возраста ламинарий. Самые крупные растения (до 4,5 м у L. saccharina и до 5,3 м у L. digitata, массой 2,1 кг) встречены нами в Онежском заливе в районе Соловецкого архипелага, на некоторых островах, где имеются наиболее благоприятные условия для развития ламинарий.

Возрастная структура популяции (табл. 1) отличается следующими особенностями: доминируют молодые формы, как правило, сеголетки, массовое появление которых приурочено ко второй половине лета.

В зарослях ламинарий присутствуют различные возрастные группы (рис. 1), по биомассе доминирует какая-либо одна группировка (начиная с двухлетнего возраста; у сеголетков, несмотря на огромную численность, биомасса крайне низкая). Мелкие сеголетки присутствуют в течение всего года с одним пиком летом, когда они покрывают всевозможные субстраты, включая стволы с растрескавшейся корой старых ламинарий. Впоследствии большинство сеголетков погибает, одна из

Таблица 1

Возрастная структура популяции ламинарий (лето)

Возраст, годы	Количество, экз./м²	Размеры, см	Масса одного растения, г	Количество в популяции, %
1	15—200 (800)	1—15 (35)	0,5—32	45—80 (90)
2	8—71	15—82	85—167	15—50 (60)
3	7—16 (32)	65—123	175—307 (740)	10—30 (50)
4	5—16 (28)	83—144 (211)	247—450 (758)	18—15 (40)
5	5—19	126—225	320—856	5—15 (40)
6	2—6	189—256	418—909	3
7	1—3	240—308	531—1009 (1300—2100)	2

Примечание. В скобках — максимальные данные.

причин вымирания — неблагоприятный для поддержания вырастающего слоевища субстрат.

Продолжительность жизни у Lam. saccharina 5—6 лет, у L. digitata — 5—7 лет. Растения старшего возраста в популяции единичны, крайне редко они встречаются у верхней и нижней границы пояса.

Рост и развитие ламинарий носит ярко выраженный сезонный характер. Сезонные изменения у ламинарий (пластины) отмечены в других работах [7, 8, 10, 11]. Однако не все моменты развития водорослей были освещены.

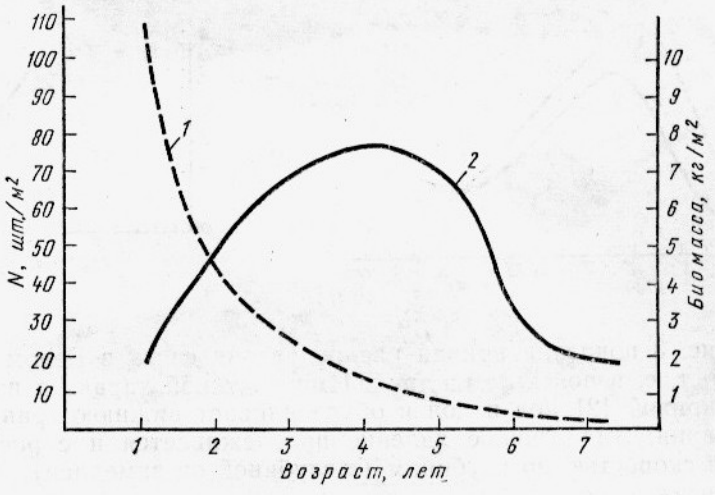


Рис. 1. Возрастная структура популяции ламинарии:
1 — количество растений на 1 м²; 2 — масса растений (среднее из 100 промеров).

Изменения по сезонам наиболее четко проявляются на пластине: развивающаяся, молодая, светло-оливкового цвета, тонкая (весной); более темная, утолщенная, крупная (летом); разрушающаяся, покрытая обрастаниями (осенью и зимой). Изменения прослеживаются в стебле и ризоидах: ежегодно сверху по стеблю прирастает новая группа (мутовка) сначала тонких, затем постепенно утолщающихся ризоидов; стволик растет также в верхней своей части, каждый год происходит утолщение стебля, прирост отчетливо виден в месте зоны роста (переход в пластину), где стебель уплощенный и светлого цвета, в то время как в основании — округлый (из-за наслоений годовой коры) и темной окраски.

Сезонное развитие ламинарий, исследованное нами на основании наблюдений на опытных площадках-плантациях происходит следующим

образом * (рис. 2). Зимой, когда воды Белого моря скованы льдом, в условиях полярной ночи ламинарии «спят»: признаки физиологической активности почти неуловимы. С появлением солнца, с проникновением его лучей под воду, отмечаются и первые признаки роста ламинарий, происходящего за счет накоплений прошлого года.

Рост (пробуждение) ламинарий в условиях Белого моря начинается в конце февраля — начале марта и находится в степенной зависимости от ФАР под водой, вернее подо льдом. Ламинарии начинают расти при ФАР не ниже 10—15 м. кал, что служит низшим световым порогом их роста. Низки биомасса и темп роста. Вероятно, этот низший световой порог ограничивает и распределение ламинарий с глубиной. Определение светового порога особенно важно для проведения дальнейших работ на плантациях. Влияние света в начале роста L. hyperborea проследила также М. Кэйн [13].

Рис. 3. Распределение световой энергии по глубинам (лето 1973 г.). Дано соотношение количества энергии на глубине количеству энергии на поверхности.

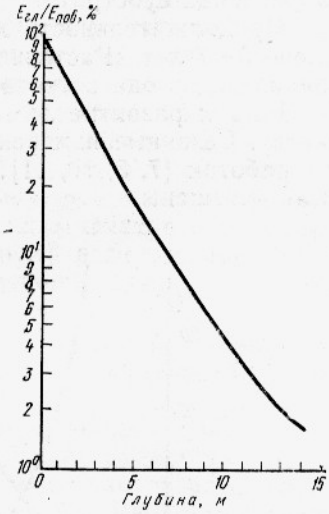
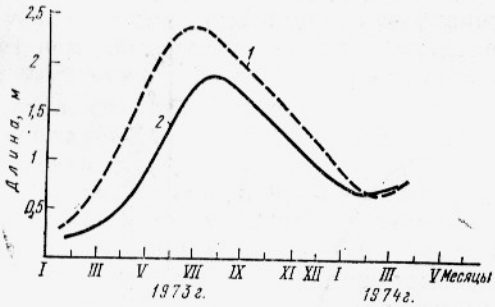


Рис. 2. Сезонный рост ламинарий (по данным опытных площадок 1972—1974 гг.) на глубинах:
1 — 4 м; 2 — 6 м.



На рис. 3 показана кривая распределения света в Белом море от 0 до 15 м, т. е. в поясе ламинарий. Именно такой характер изменения световой кривой [2] под водой и обусловливает нижнюю границу пояса ламинарии. Аналогичное явление прослеживается и с ростом, его началом и скоростью по глубинам (с глубиной он замедлен), что показано на рис. 4, *а—в*.

Относительный прирост происходит по закону экспоненты вида

$$\frac{L_{max}}{L} = A\,(e^{K\,t} - 1),$$

где L_{max} — длина водоросли в июле — начале августа;
L — длина водоросли в t месяце;
t — порядковый номер месяца;
A — постоянный коэффициент равен 0,22 ($e^{0,28t} - 1$);
K — коэффициент, зависящий от глубины.

В апреле — мае солнечная радиация усиливается, в воде отмечается высокое содержание биогенных элементов, что способствует дальнейшей интенсификации роста, темп которого превалирует над прибавлением массы. В этот же период происходит закладка сорусов.

* Наши данные подтверждаются и наблюдениями В. Н. Макарова (СевПИНРО), полученными позднее на однотипных площадках.

В конце мая — июне (после таяния льда) вместе с продолжением роста начинает увеличиваться и масса растения. Первоначально тонкие со слабой окраской слоевища постепенно утолщаются и темнеют. Качественное изменение подводной солнечной радиации, усилившееся со снятием ледового покрова, плюсовая температура, высокое; по-прежнему, содержание биогенов благоприятствуют развитию ламинарий. Скорость роста становится равной у обоих видов (у L. digitata был выше темп).

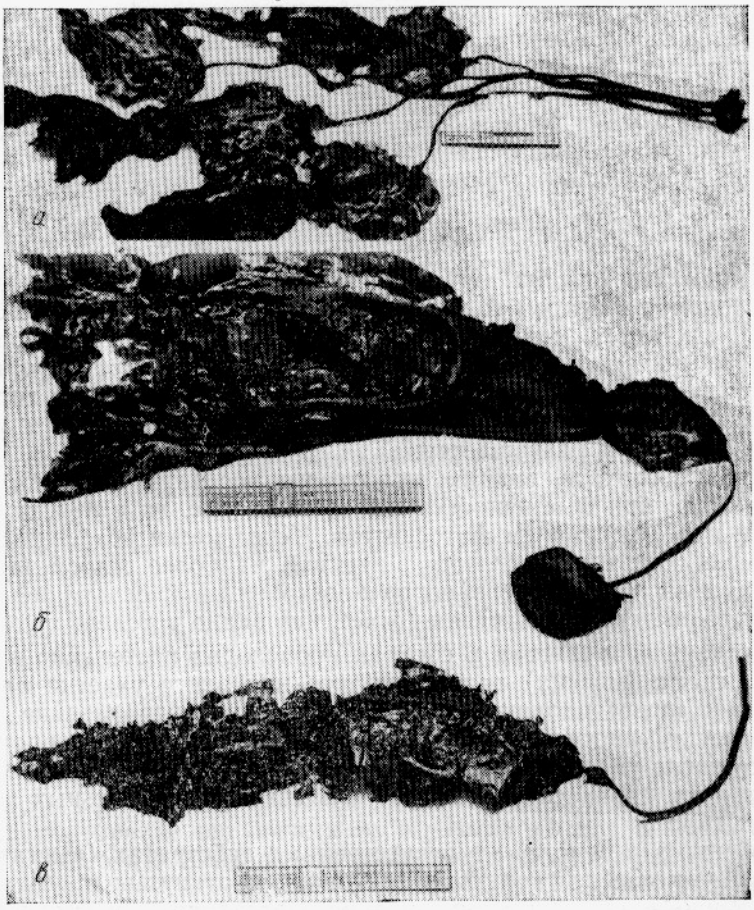


Рис. 4. Ламинарии с различных глубин:
а — 1 м; *б* — 3 м; *в* — 6 м.

Увеличение длины дня (15—20 ч в апреле — мае, 23—24 ч в июле вместо 5—6 ч в марте) приводит к интенсивному фотосинтезу, валовая продукция достигает максимума. В это поздневесеннее время скорость линейного роста выше темпа накопления биомассы почти в 2 раза.

Динамику роста обоих видов ламинарий можно описать формулой, полученной нами в результате многочисленных промеров растений и дальнейшей статистической обработки,

$$W = 10^{1,53 \lg L} - 0,955,$$

где L — длина;
W — масса.

Формула удобна при обработке статистических данных по выращиванию водорослей до получения экземпляров, масса и длина которых в природе достигают максимума в июле — к началу августа (табл. 2). Зная длину растений, можно определить урожай.

Таблица 2

Годовая динамика массы ламинарий Белого моря и их продукции (усредненные данные) по 2—5-летним образцам

Сезон, месяц	Масса растения, кг	Р/В на II—III месяце	
		на массу растения	на массу молодого листа
Весна, III—IV	0,15—0,2	1,5	1,4
V—VI	0,45—0,6	3—4	7,2 (14)
Лето, VII—VIII	0,8 —0,6	5—4	1,5—0,3
Осень, IX—XI	0,3 —0 25	2—1,1	0,3—0,18

При достижении длины 2 м средняя масса растений становится одинаковой.

Размножение ламинарий Белого моря, по нашим наблюдениям, наступает только на втором году жизни. Растение зреет, становится более толстым, достигает максимальной массы и длины. Такое состояние приходится на летние месяцы — обычно июль — август (сроки могут быть сдвинуты в ту или другую сторону в зависимости от гидрологических условий). Пластина (после высева спор) становится ржавого цвета, трескается и разрушается.

Закладка сорусов, видимо, происходит после таяния льда и начинается обычно при освещенности не менее 20 тыс. лк и при температуре 3° С в мае с усилением фотосинтеза. Через месяц созревают первые спорангии. Сорус закладывается в верхней, наиболее старой части пластины данного года, постепенно распространяясь к основанию пластины и также постепенно созревая (отчетливо видно в полевых условиях).

Созревание спорангиев в сорусах происходит постепенно в зависимости от срока (месяца) появления того или иного участка пластины. Первыми (в июне) плодоносят наиболее ранние (февральские, мартовские) участки листовой пластины, позже продолжают спороношение отросшие после указанных сроков части слоевища ламинарии. Поэтому так растянуты сроки спороношения и появления ювенильных растений в течение года.

Особенно это заметно на искусственных субстратах (выставленных в феврале — марте для контроля на буйках, протянутых шнурах—канатах), где еще в мае незаметно ни одного растения, а в конце июня — июля эти субстраты притапливаются от обилия мелких спорофитов (до 2,5 кг/м^2).

Высев спор продолжается до зимы по мере вызревания. На поперечных срезах через сорусы, сохраняющиеся довольно продолжительное время, встречаются спорангии с зооспорами. Однако их прорастание замедлено в связи с наступающими зимне-осенними холодами и низкой освещенностью и, по-видимому, этот период составит стадию покоя до конца зимы.

Образование спорангиев намечает период ослабления фотосинтетической деятельности, ведь более $^1/_3$ поверхности пластины занято теперь нерабочей (для фотосинтеза) поверхностью — сорусом; темп роста первичной продукции слабее.

Характерно сезонное соотношение сеголетков: весной или ранним летом в популяции 3—5 (10%) ювенильных спорофитов, а в конце лета (часто даже в июле) — 80—90%. Сезонность в появлении проростков

проявляется четко: осенью (в октябре) уже 30—50% проростков во всей популяции, зимой — 2—3%. Это свидетельствует о благоприятных условиях для их роста именно летом. В августе уже начинается разрушение пластины (в верхней части до 25%), продолжающееся до лета следующего года. У L. digitata редко наблюдаются остатки старой пластины, у L. saccharina остатки старой сохраняются до 2 лет, они легко отличаются от пластины данного года наличием перетяжки на границе пластин разного возраста. Пластины прошлых лет также не плодоносят.

Продукция и энергетический баланс пояса ламинарий. Роль ламинарий в создании и продуцировании органического вещества в растворенном виде (РОВ) и в детрите, по всей вероятности, является главенствующей в прибрежной зоне Белого моря. Даже предварительные исследования в области РОВ [4, 5] определяют значительное количество выделений ламинариями различных органических соединений (углеводов и белков), столь необходимых для жизни обитателей прибрежий. Возможно, что около $^1/_4$ продукции ламинарий выделяется в виде РОВ в воду [12].

Суммарный первичный продукт за любой отрезок времени в пределах вегетационного периода получается путем интегрирования функции в пределах этого отрезка времени:

$$C = \int_{t_1}^{t_2} f(t)\, d_t,$$

где $f(t)$ — первичная продукция в единицу времени;
t_1, t_2 — отрезок времени в пределах вегетационного периода, в течение которого определяется первичная продукция;
d — коэффициент.

Интегрирование за весь вегетационный период (на основании данных по всем сезонам) дает для ламинарий следующие результаты, приведенные в табл. 3, которые свидетельствуют о высокой продукционной способности этого пояса (от 0,7 до 2,9 кг С/м^2).

Из приведенных в табл. 3 данных следует, что количество $C_{орг}$ и $N_{орг}$, поступающее из пояса ламинарий в детрит, довольно высокое и может обеспечить не только прибрежную зону, но и весь шельф моря, о чем свидетельствуют отдельные нахождения слоевищ ламинарий на значительной глубине. Перемешивание вод течениями, приливо-отливными движениями, волнениями, сток в глубину — все это способствует транспортировке органического вещества по дну шельфа и глубже. В связи с этим большое значение приобретают аспекты изучения деструкции, которая может составить 70—90% биомассы растений.

В Белом море насчитывается более 0,8 млн. т ламинарий (сырой массы). Как показали наши исследования, заросли испытывают сезонные и годовые колебания, поэтому запасы должны определяться ежегодно. Доминирование в зарослях какой-либо возрастной группы может внести существенную поправку в расчеты запасов пояса ламинарий.

Практическую значимость пояса ламинарий, их энергетический запас можно оценить на основании полученных нами данных по биомассе водорослей, ширине пояса, их первичной продукции, количеству $C_{орг}$ и $N_{орг}$, накопленных сухих веществ в конце вегетационного сезона. Продукцию пояса ламинарии (при ширине 35—800 м) мы можем оценить по калорийности ($980 \cdot 10^3$ ккал/м) за сезон (см. табл. 3). Эти цифры свидетельствуют о высокой значимости именно ламинариевых водорослей в создании растительной продукции, особенно в прибрежной зоне моря. В таких мелководных морях, как Белое, пояс ламинариевых (наряду с другими продуцентами альгофлоры) может оказаться ведущим поставщиком органического вещества и во всем море.

Таблица 3

Основные показатели продуктивности ламинарии Белого моря (средние данные)

Показатели	Laminaria saccharina	Общие заросли	Laminaria digitata
Биомасса, кг			
весенняя	2,75+ 0,35	—	1,25+ 0,2
летняя	5,0 + 1,5	—	2,0 + 0,6
осенняя	3,8 + 0,3	—	1,05+ 0,4
Первичная продукция (ПП)			
г $C_{орг}/м^2$ в день	9,31+ 0,03	—	2,34+ 0,02
г $C_{орг}/м^2$ берега* в день	141,9 + 0,8	—	84,64+ 0,02
Урожай сырца			
т/га в год	6 7	—	5—6 (35)
кг/м берега в год	—	1481±260,4	—
кг $C_{орг}/м^2$ в сезон по ПП	0,65	—	0,25
кг $C_{орг}/м^2$ берега в сезон вегетации	8,6 —12,8	6,1 — 8,63	6,1 —10,24
Калорийность			
г кал/м² в год	5619 +183	—	2344 +230
кг кал/м берега в год	—	980×10^3	—
Углерод органический на 1 кг сухой массы, %	23,25 —36,8	30,5	29,9 —31,97
Азот органический на 1 кг сухой массы, %	0,79— 1,85	—	0,806— 2 6+

* Ширина зарослей колебалась в пределах 35—800 м.

Выводы

1. Доминирующие в Белом море два вида ламинарии Laminaria saccharina, L. digitata образуют пояс до глубины 10—12 м; глубже встречаются только снесенные ламинарии. Нижняя граница ламинарии определяется световым порогом, влияющим на начало роста этих водорослей; различается темп роста и по глубинам: в верхних пределах пояса рост быстрее, после таяния льда рост по глубинам выравнивается. Рост и развитие ламинарий имеют резко выраженный сезонный характер. Максимум длины и массы приходится на конец июля.

2. Возрастной состав популяции неодинаков: доминируют однолетние формы, пик их развития приходится на лето. Рассчитаны сезонные колебания массы ламинарий, их суточная и годовая продукция, свидетельствующая о значительной роли пояса ламинарий в качестве основного продуцента органического вещества в прибрежной зоне моря.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блинова Е. И., Возжинская В. Б. Морские макрофиты и растительные ресурсы океана. Основы биологической продуктивности океана. М., «Наука», 1970, с. 137—172.

2. Возжинская В. Б. Изучение экологии и распределения водорослей в Кандалакшском заливе Белого моря.— «Океанология», 1967, т. VII, с. 1008—1019.

3. Возжинская В. Б. Особенности биологии и распределения ламинарий в Кандалакшском заливе Белого моря.— «Труды Кандалакшского Госзаповедника», 1971. т. VII, с. 34—40.

4. Возжинская В. Б. Биология ламинарий Белого моря. Тезисы докладов Всесоюзного совещания по морской альгологии — макрофитобентосу. М., 1974, с. 28—31.

5. Возжинская В. Б., Яблокова О. Г., Иванова Н. А. Растворенное органическое вещество, выделяемое некоторыми беломорскими водорослями. Тезисы докладов Всесоюзного совещания по морской альгологии — макрофитобентосу. М., 1974, с. 36—38.

6. Гемп К. П. Сырьевые запасы морских водорослей и трав и перспективы дальнейшего развития их промысла в Белом море.—«Труды сов. раб. водорос. пром.». Архангельск, 1962, с. 15—31.
7. Зинова Е. С. Водоросли Белого моря.— «Труды Ленинградского общества естествоиспытателей», 1928, т. 58, вып. 3, с. 26—30.
8. Зинова А. Д. Определитель бурых водорослей северных морей СССР. М., Изд-во АН СССР, 1953, с. 150—165.
9. Коренников С. П. Распределение и запасы промысловой сублиторальной растительности в заливах бассейна Белого моря. Тезисы докладов Всесоюзного совещания по морской альгологии — макрофитобентосу. М., 1974, с. 73—74.
10. Кузнецов В. В. Белое море и биологические особенности его флоры и фауны. М., Изд-во АН СССР, 1960, с. 63—69.
11. Киреева М. С., Щапова Т. Ф. Темп роста, возраст и спороношение Laminaria saccharina и L. digitata Кольского залива.—«Труды ВНИРО», 1938, с. 24—49.
12. Хайлов К. М. Прижизненное выделение органических веществ морскими макрофитами и экологические условия прибрежной зоны.— «Труды Мурманского морского биологического института АН СССР», 1964, т. 5(9), с. 49—56.
13. Kain, J. M. Aspects of the biology of Laminaria hyperborea. I—IV. J. Mar. Biol. Ass. U. K. 1962—1965, p. 319—333.

Biology (seasonal development and yield) of Laminaria from the White Sea

V. B. Voszhinskaya

SUMMARY

The data were obtained in expeditions to the White Sea on transects in the inshore waters. The investigations were made on commercial and experimental algal plantations. The results were processed at the computer. Information on ecology, seasonal growth, development, reproduction, age-weight peculiarities and yield evaluated in kg/m² for the vegetation period as well as accumulation of C_{org} and N_{org} in the belt of Laminaria, dominant of marine vegetation in the White Sea, is presented. They produce 0,7—22,9 kg of C_{org}/m of the shore per season.

Том CXXIV | Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) | 1977

УДК 582.275.39:582.26—119

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ И БИОХИМИИ ЧЕРНОМОРСКОЙ PHYLLOPHORA NERVOSA (DC) GREV.

К. М. Каминер

Дефицит агара и агароподобных веществ, наличие значительных неиспользованных сырьевых ресурсов агарсодержащих водорослей, вызывает настоятельную необходимость дальнейшего расширения агарового производства.

Между тем недостаточная изученность биологических и технохимических особенностей видов филлофоры и их форм, произрастающих в северо-западной части Черного моря, препятствует организации рациональной эксплуатации значительных водорослевых ресурсов этой части моря. В настоящей работе предпринята попытка исследовать биологические и биохимические особенности форм Ph. nervosa, образующих промысловые скопления на поле Зернова и в заливах северо-западной части Черного моря, что позволит более рационально использовать эти водоросли.

Данные по биологии филлофоры ребристой, по литературным сведениям, весьма ограничены. По всей вероятности, на поле Зернова филлофора ребристая размножается только вегетативно, так как никем не были найдены ее органы размножения.

Экологические формы Ph. nervosa характеризуются определенными биологическими особенностями, которые тесно связаны с условиями обитания. Ph. nervosa — многолетняя водоросль, поэтому «старая» и «молодая» части таллома физиологически не идентичны. Чтобы установить различия между этими частями слоевища, Ph. nervosa, культивируемую в лабораторных условиях, расчленяли на отдельные возрастные фракции (молодую и старую) и помещали в аквариумы с соленостью воды 18‰, которые устанавливали у окон, выходящих на север. Опыт ставили зимой, когда процессы роста сведены до минимума. Начало роста новых пролификаций наблюдалось у молодых частей слоевища в начале марта. На отделенной старой части слоевища «юные» пролификации не появлялись, хотя старая часть слоевища оставалась вполне жизнеспособной. Отделенные от талломов молодые членики к концу второго года вегетации превратились в хорошо развитые растения.

Разновозрастные части слоевища Ph. nervosa отличаются физиологической разнокачественностью: наиболее активным ростом характеризуется молодая часть таллома на уровне завершившего рост последнего конечного членика.

В море рост имеет свои закономерности и тесно связан с рядом экологических факторов. Новые членики образуются только на завершивших рост конечных члениках прошлого года.

Сроки начала роста водорослей в естественных и лабораторных условиях не совпадают. У широкочленистой формы Ph. nervosa завершение роста молодых и начало образования юных члеников наблюдается в июне — июле; у узкочленистой — в августе — сентябре [3]. Рост и формирование члеников у обеих форм Ph. nervosa продолжается и в осенне-зимний период, однако масса таллома снижается. Видимо, в это время года процессы отмирания старой части таллома превалируют над процессами роста.

Процессы роста и накопления органической массы Ph. nervosa тесно связаны с температурой придонных вод и суточной величиной солнечной радиации, которая на параллели 45° с. ш. составляет 150 ккал/см² в год. Значения радиации в течение года изменяются в широких пределах: в декабре она в 4 раза меньше, чем в июне. Наибольший прирост массы (весовой) филлофоры наблюдается весной, когда при значительном прогреве придонных вод очень высока солнечная радиация.

Фотосинтез и фотосинтетические пигменты. Интенсивность фотосинтеза (кислородный обмен по методу Винклера) филлофоры изучалась в природной обстановке (на глубине 25 и 35 м) в районах произрастания широко- и узкочленистой форм вида. Склянки с водорослями в специальных контейнерах опускались на дно моря; экспозиция 4 ч, регистрировались температура воды, соленость, кислород, прозрачность (по диску Секки), освещенность поверхности моря и придонных горизонтов воды, облачность.

Интенсивность фотосинтеза носит сезонный характер с весенним максимумом. В июне интенсивность фотосинтеза и накопление массы водоросли резко снижаются, хотя среднемесячная величина солнечной радиации в это время самая высокая — 30 ккал/см² в месяц, но она действует угнетающе на фотосинтез этой теневыносливой водоросли.

В конце июля — начале августа наблюдается новый подъем интенсивности фотосинтеза. Среднемесячная величина солнечной радиации для августа составляет 26 ккал/см² в месяц.

По всей вероятности, оптимальной величиной солнечной радиации для протекания ассимиляционных процессов у Ph. nervosa является 500—750 кал/см²/сут.

Наибольшей интенсивностью фотосинтеза отличается широкочленистая форма Ph. nervosa. Содержание абсолютно сухих веществ в талломе этой водоросли достигает 30%; у узкочленистой формы содержание сухих веществ значительно ниже.

В осенне-зимний период, когда солнечная радиация резко снижается до 250—350 кал/см²/сут, фотосинтез падает до минимума, держится на уровне точки компенсации, а иногда имеет и отрицательное значение. Рост и формирование члеников текущего прироста в этот период года все же наблюдается и, видимо, осуществляется за счет ассимилятов, накопленных водорослью в весенне-летний период.

Изучение фотосинтетических пигментов филлофоры ребристой проводилось сотрудниками Одесского университета [4, 5]. Нами выяснена сезонная динамика содержания пигментов в талломах двух основных форм Ph. nervosa (широко- и узкочленистой).

Водоросли добывались с восьми стандартных станций ежемесячно. Концентрация зеленых и желтых пигментов в ацетоновом экстракте измерялась на спектрофотометре СФ-4, красных (фикобиллины) — на фотоэлектроколориметре М-56. Расчет производился по формулам Mackinney (1941) и Miller (1934, 1937).

Снижение уровня концентрации хлорофилла *a*, ксантофилла и β-каротина характерно как для широкочленистой, так и для узкочленистой форм в конце осени и в зимний период. Максимум пигментов наблюда-

ется в весенне-летний сезон года. Содержание красных пигментов в различные периоды года не меняется существенно. Наиболее богата пигментами молодая часть слоевища водоросли.

Сравнительная биохимическая характеристика Ph. nervosa получена на материале, взятом на стандартных станциях филлофорного поля Зернова и в заливах. В тщательно очищенных, измельченных водорослях определяли минеральные вещества — озолением при 700° С. Отдельно в навеске определяли йод [1]; общее содержание азотистых веществ — по Кьельдалю; белковых веществ — по Барнштейну. Моносахаридный состав легко- и трудногидролизуемых полисахаридов устанавливали методом нисходящей хроматографии на бумаге в системе растворителей: бутанол — пиридин — бензол — вода в соотношении 5 : 3 : 1 : 3 [1, 2]. Сумму редуцирующих сахаров определяли по Бертрану.

Содержание золы (общая зольность) определяли в четырех экологических формах. Водоросли были добыты в одно и то же время (25 октября 1973 г.) и единообразно подготовлены к анализу. Сравнительно высоким минеральным составом характеризуются шаровидная и тендровская формы Ph. nervosa, зольность которых составляет соответственно 10,3 и 9,25%; зольность у широкочленистой формы составляет 7,8%, а узкочленистой—7,43%. Для двух форм (широко- и узкочленистой) минеральная часть определялась во все сезоны года. Характерно, что в весенне-летний период общая зольность изучаемых популяций несколько выше, чем в осенне-зимний.

Отдельно в золе популяций Ph. nervosa определялся йод. В октябре содержание йода в талломах узкочленистой и шаровидной форм было почти вдвое больше (0,96%), чем в популяциях широкочленистой (0,41%) и тендровской форм (0,45%).

Содержание йода в сырье узкочленистой формы Ph. nervosa во все периоды года высокое и держится почти на одном уровне (0,87—0,96%); для широкочленистой, обитающей на средних глубинах (22—25 м), характерно снижение содержания йода в летне-осенний период.

Проведенные исследования показали, что основную часть органических веществ Ph. nervosa составляют углеводы и азотистые вещества, некоторые из них в период вегетации претерпевают значительные количественные изменения.

Редуцирующие сахара форм Ph. nervosa представлены легко- и трудногидролизуемыми полисахаридами. Соотношение их в зависимости от экологической формы (филлофоры) колеблется в значительных пределах (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика углеводного состава Ph. nervosa (DC) Grev. в октябре 1973 г. (в % к абсолютной сухой массе водоросли)

Формы Phyllophora nervosa	Сумма редуцирующих сахаров	ЛГП	ТГП
Широкочленистая	35,69	26,89	8,80
Узкочленистая	32,12	22,87	9,25
Шаровидная	38,41	27,36	11,05
Тендровская	34,03	25,55	8,48

В основном углеводы представлены легкогидролизуемыми полисахаридами (галактоза, глюкоза, арабиноза и ксилоза), преобладает галактоза (табл. 2) с максимумом в июне. Значительное падение редуцирующих сахаров отмечено в зимне-весенний период.

Таблица 2

Моносахаридный состав Ph. nervosa (DC) Grev. в октябре 1973 г. (в % к абсолютной сухой массе водоросли)

Формы Phyllophora nervosa	Галактоза	Глюкоза	Арабиноза	Ксилоза
Широкочленистая	14,80	1,58	+	1,44
Узкочленистая	17,88	7,76	+	4,11
Шаровидная	17,24	+	+	1,81
Тендровская	23,23	5,50	+	5,36

Если качественно моносахаридный состав во все сезоны года остается неизменным, то соотношение между отдельными сахарами претерпевает изменения. В содержании трудногидролизуемых полисахаридов (ТГП) не наблюдается значительных различий в изучаемых формах филлофоры; преобладает клетчатка.

По содержанию клетчатки Ph. nervosa (шаровидная форма) в 2 раза превосходит Ph. Brodiaei, соответственно 11 и 6,9%.

В весенне-летний период содержание клетчатки ниже у широкочленистой формы, чем у узкочленистой формы, в осенне-зимний период происходит выравнивание по данному показателю (рис. 3).

Уровень азотистых веществ для всех форм черноморской Ph. nervosa высок (см. табл. 3) и зависит от сезона года и условий вегетации.

Таблица 3

Азотистые вещества Ph. nervosa (DC) Grev, в октябре 1973 г. (в % к абсолютной сухой массе водоросли)

Формы Phyllophora nervosa	Общий азот	Сырой протеин $N \times 6,25$
Широкочленистая	4,69	29,3
Узкочленистая	4,63	28,9
Шаровидная	3,90	24,4
Тендровская	5,01	31,3

Максимум содержания «сырого» протеина в Ph. nervosa (широкочленистая) приходится на зимне-весенний период (табл. 4), летом отмечается значительное его снижение (25,83%). В узкочленистой форме наблюдается более равномерное содержание азотистых веществ во все периоды года, кроме снижения в октябре.

Оценка черноморской Ph. nervosa (DC) Grev как сырья для агарового производства. Из произрастающих в северо-западной части

Таблица 4

Сезонные изменения в содержании азотистых веществ Ph. nervosa (DC) Grev. 1973—1974 гг. (в % к абсолютной сухой массе водоросли)

Месяц	Phyllophora nervosa			
	широкочленистая		узкочленистая	
	общий азот	$N \times 6,25$	общий азот	$N \times 6,25$
Январь	5,73	35,80	5,02	31,40
Март	5,51	34,45	4,93	30,80
Июнь	4,13	25,83	5,06	31,60
Октябрь	4,69	29,30	4,63	28,90
Январь	5,52	34,50	4,96	31,00

Черного моря форм Ph. nervosa в настоящее время используется только широкочленистая форма.

Нами изучались экстракты агароида из водорослей по методу однократных трехчасовых варок в дистиллированной воде. Длительность варок определена эмпирически и для условий данного опыта является оптимальной. Варки производились без избыточного давления в стеклянных конических колбах на глицериновых банях.

Температурный режим каждой варки стабильно поддерживался в пределах 98—100° С с помощью термореле; гидромодуль составлял 1 : 10. Экстракты анализировались согласно требованиям ГОСТа на агароид. Повторность всех вариантов опыта трехкратная. Сравнительные лабораторные исследования показали, что наиболее высоким выходом желирующих веществ и прочностью студня экстрактов отличается широкочленистая форма: прочность студня экстрактов, содержащих 2,5% сухих веществ, достигает 500—600 г по Валенту.

Узкочленистая форма, произрастающая на филлофорном поле Зернова в виде чистых зарослей и в смеси с Ph. Brodiaei, по прочности студня экстрактов (200—400 г) значительно уступает широкочленистой форме.

Экстракты, полученные из филлофоры Каркинитского залива — шаровидная форма, отличаются низким содержанием экстрактивных сухих веществ (1,63—1,83%); навары темно-коричневого цвета и очень мутные.

Из тендровской формы навариваются экстракты более светлые, но с таким же низким содержанием экстрактивных сухих веществ. После упаривания наваров (до 2,5% сухих веществ) студни приобретают значительную прочность (500—600 г).

С целью сравнительной оценки доброкачественности сырья изучаемых популяций нами рассчитывался «показатель добротности» по И. В. Кизеветтеру [6] для широкочленистой и узкочленистой форм во все сезоны года:

$$Д = \frac{АЖ}{100},$$

где $А$ — содержание агароида в филлофоре, %;
$Ж$ — прочность 2,5% студня, полученного из исследуемой водоросли.

Показатель добротности $Д$ для широкочленистой формы на протяжении вегетации колеблется в пределах 11—19 единиц, для узкочленистой формы Ph. nervosa он не превышает 6,5—10 единиц.

Что касается сезонной динамики накопления желирующих веществ и прочности студня, то наибольшей прочностью отличаются студни экстрактов из широкочленистой формы в осенне-зимний и весенний периоды. В летний период этот показатель ниже (400—500 г), в некоторые годы падает до 150—200 г.

Результаты выполненных исследований показали, что формы черноморской Ph. nervosa весьма разнокачественны. При разработке технологических схем утилизации сырья следует учитывать его технологические и биохимические особенности.

Выводы

1. К изучению биологических особенностей Ph. nervosa следует подходить дифференцированно, учитывая ее экологические формы.

2. Экологические формы Ph. nervosa характеризуются определенными биологическими и биохимическими особенностями, которые обусловлены средой обитания.

3. Формам черноморской Ph. nervosa по некоторым биохимическим и технохимическим показателям свойственны существенные различия, которые следует учитывать как в агаровом производстве, так и при использовании водорослей в других областях народного хозяйства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрианов А. М., Гажа П. А. Определение йода в водорослях.— «Гидробиологический журнал», 1974, т. X, № 2, с. 122—124.
2. Дудкин М. С. и Старикова В. Е. Количественное определение углеводов в гидролизатах пленок проса.— «Известия вузов СССР. Пищевая технология», 1962, с. 24—26.
3. Каминер К. М. Особенности роста и накопления массы черноморской промысловой водоросли Phyllophora nervosa (DC) G. Материалы Всесоюзного симпозиума по изученности Черного и Средиземного морей, использованию и охране их ресурсов. Ч. III, Киев, 1973, с. 69—73.
4. Лебедев С. И., Ярцева И. А. О биологических особенностях красной водоросли филлофоры.— «Природа», 1956, № 4, с. 96—98.
5. Лебедев С. И., Ярцева И. А. Дослидження пигментив филлофори. «Праци ОДУ», 1957, т. 146, вып. 8, с. 5—6.
6. Кизеветтер И. В. Технология дальневосточного агара.— «Известия ТИНРО», 1952, т. XXXVI. 310 с.

Peculiarities of biology and biochemistry of populations of Phyllophora nervosa (DC) G.

K. M. Kaminer

SUMMARY

Data on the biology, biochemistry and physiology of Ph. nervosa from the Black Sea are presented. Quantitative and qualitative characteristics of the biochemical composition are obtained. Differences in chemical and technological indices are shown on a population basis.

Том CXXIV | Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) | 1977

УДК 639.64

БИОТЕХНИКА ИСКУССТВЕННОГО РАЗВЕДЕНИЯ МОРСКОЙ КАПУСТЫ В ПРИМОРЬЕ

С. К. Буянкина

Более половины всех добываемых в мире морских водорослей выращивается искусственным способом.

В 1972 г. была организована первая в СССР опытно-промышленная плантация площадью 1 га для искусственного выращивания ламинарии японской при рыбокомбинате «Валентин» Приморрыбпрома по типу водорослевого хозяйства в КНДР.

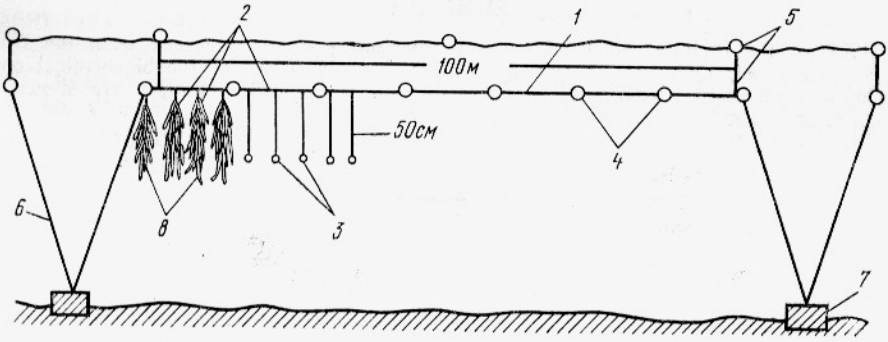


Схема сооружения для выращивания ламинарии:
1 — центральный горизонтальный канат; 2 — посадочные вертикальные веревки — поводцы; 3 — грузики; 4 — наплава, поддерживающие сооружения в толще воды; 5 — буи с поводцами; 6 — якорные оттяжки; 7 — якоря; 8 — слоевища ламинарии японской.

Инженерная разработка системы сооружений для выращивания ламинарии была осуществлена специалистами Приморской экспериментальной базы (ПЭБ). Первое сооружение было установлено в августе 1972 г. у открытого побережья, южнее мыса Титова, на глубине 15—18 м. Оно состояло из горизонтальных капроновых канатов и подвешенных к ним вертикальных свободно свисающих посадочных веревок — поводцов, на которых и выращивается ламинария (см. рисунок).

Основные или центральные горизонтальные канаты длиной 100 м и диаметром 50—60 мм в количество 10 шт. располагаются параллельно друг другу на расстоянии 10 м и притоплены на 0,5—1 м от поверхности воды. В средней части они соединены поперечными тросами диаметром 4,5 мм. На каждом горизонтальном канате укрепляются по 200 капроновых поводцов (длиной 5—6 м, диаметром 5—6 мм) на расстоянии 0,5 м один от другого. Чтобы поводцы не перепутывались между собой, на нижний конец каждого подвешивается груз 150—200 г.

Вся система держится в толще воды с помощью оттяжек и якорей, закрепленных на грунте. На заданной глубине горизонтальные канаты поддерживаются с помощью полиэтиленовых кухтылей диаметром 240—320 мм. Количество наплавов непостоянно, первоначально их 14—15, затем по мере роста и увеличения ламинарии число их увеличивают.

Весь цикл работ по выращиванию ламинарии на искусственных сооружениях делится на несколько этапов: 1) выбор участка для выращивания морской капусты; 2) изготовление и установка сооружения в море; 3) подбор и подготовка субстрата для осеменения — поводцов; 4) подготовка помещения; 5) сбор маточных слоевищ со зрелыми спорангиями с естественных зарослей и транспортировка их на берег; 6) стимулирование маточных слоевищ для более быстрого, массового и одновременного выхода спор; 7) осеменение субстратов-поводцов, вывоз их в море и закрепление на горизонтальных канатах; 8) контроль за осемененными субстратами-поводцами в море; 9) разреживание проростков (рассады) и их пересадка, 10) выращивание товарной продукции; 11) сбор урожая.

Выбор участка. При установке сооружения в море учитываются следующие факторы: скорость течения в пределах 1,0—1,5 узла; характер грунта (благоприятными являются песчаные и песчано-каменистые грунты без заиления); глубина места не ограничивается, однако для более экономичного использования материалов лучшей следует считать глубину от 15 до 25 м; прозрачность воды лучшая до дна; температура воды зимняя от 0 до —0,7, —1,5°С, летняя среднесуточная не превышает 20° С; соленость не менее 32‰. Данных по наличию в воде биогенных элементов пока не имеем. Учитывается и ряд других факторов — удаленность плантации от места обработки, условия транспортировки, близость сброса сточных вод и др.

Установка сооружения. На заранее выбранные участки, ограниченные буйками, устанавливают каркас сооружения — 100-метровые горизонтальные канаты с наплавами и оттяжками, мертвыми якорями, массой каждый 1,5—2 т. Работы проводили с судов типа МРС-80, без участия водолазов. Установка сооружений и подготовка необходимых материалов должны быть выполнены до середины августа.

Подбор и подготовка субстрата для осеменения. Капроновые веревки предварительно разлохмачивали до образования ворсинчатости. Затем веревки-поводцы вывешивали в море на 10—12 дней для удаления вредных химических веществ и доведения значения pH до нейтральной (pH 7). После вымочки поводцы сушат в течение 5 дней, чтобы погибли случайно прилипшие к веревкам споры других водорослей. В качестве субстрата начинают применяться резиновые полосы из транспортерных лент и автопокрышек. К ним споры прилипают значительно лучше, чем к капроновым веревкам.

Подготовка помещения. Стимулирование маточных слоевищ можно проводить в любом свободном, прохладном и хорошо проветриваемом помещении без доступа солнечных лучей. Влажность в помещении для подсушки слоевищ не должна превышать 85%. Стимулирование можно также проводить под тентом в ночное время.

Сбор маточных слоевищ со зрелыми спорангиями с естественных зарослей и их транспортировка на берег. Образование спорангиев ламинарии японской в естественных условиях в районе бухты Валентин начинается с конца июня — начала июля. Созревание и выход спор зависит от глубины места и пробойности, в общем же выход спор происходит в период с третьей декады августа по октябрь.

Для осеменения берут только второгодние слоевища, с помощью водолазов транспортируют в лодках без воды (под влажным брезен-

том) на комбинат к 11—12 ч дня. Слоевища сортируют, выбирая наиболее крупные, правильной формы, целые, без механических повреждений, ризоиды отрезают. Слоевища промывают в проточной морской воде от слизи, ила, песка и обрастаний, на носилках относят в подготовленное помещение и вешают на вешала. К 14 ч слоевища должны быть полностью развешаны и начато стимулирование.

Стимулирование маточных слоевищ. В природе споры морской капусты выходят постепенно. Стимулирование, т. е. подсушку слоевищ, проводят для более активного, быстрого, массового и единовременного выхода спор. Для подсушки слоевища вешают так, чтобы они не прикасались друг другу и чтобы на 1 м^2 приходилось не более 10 экземпляров. Температура в помещении во время наших работ была от 8° С (в октябре) до 20° С (в августе). При температуре свыше 20° С споры становятся малоподвижными и гибнут. Оптимальная температура от 12 до 17° С, в этих условиях слоевища подсыхают быстрее и выход спор наиболее активен.

В хорошо проветриваемом помещении продолжительность подсушки составляет 3—4 ч, в плохо проветриваемом — от 4 до 6—7 ч. Через 2 ч после начала подсушки на 5—10 слоевищах проводят проверку на выход спор. Для этого на нижнюю, среднюю и верхнюю части пластины наносят по капле морской воды, через 15—20 мин с помощью пипетки пробу помещают на предметное стекло и рассматривают под микроскопом при увеличении 120. Если в поле зрения находится менее 10 спор, подсушка продолжается, если 30—50 спор — маточные слоевища пригодны для оспоривания субстрата. В наших условиях стимулирование обычно заканчивали к 18—19 ч, после чего приступали к осеменению.

Осеменение субстрата. Осеменение проводят в предварительно промытых, крепких лодках, чтобы не вытекала вода со спорами. На дно лодок кладут маточные слоевища, затем субстрат, опять ряд слоевищ, субстрат и т. д. до 5—6 слоев. Более 6 слоев класть нецелесообразно, так как создается слишком большое давление. Для осеменения 200 поводцов брали 40—50 слоевищ. Всего в лодку загружается до 800—900 поводцов и соответствующее количество слоевищ.

После укладки слоевищ и субстрата лодки заливают морской водой с помощью насоса. Для контроля выхода спор из спорангиев и их оседания на субстрат между слоями в трех частях (на носу, середине и корме шлюпки) кладут предметные стекла. Через 2 ч просматривают стекла под микроскопом.

Если в поле зрения более 10—20 прилипших спор, оседание можно считать хорошим. Субстрат и маточные слоевища в лодках находятся в течение 9 ч. Максимальная задержка субстрата в лодках может составлять двое суток (без слоевищ). Рано утром (в 5—6 ч), до восхода солнца, слоевища убирают из шлюпок, откачивают шлангом часть воды. Во избежание гибели спор во время транспортировки субстрат должен быть покрыт водой. До 8 ч утра субстраты-поводцы должны быть подвешены к горизонтальным канатам.

Разновременность созревания спор ламинарии позволяет выполнять работы по осеменению субстрата в течение продолжительного времени. Однако, чем дольше затягивается период осеменения, тем больше сокращается время последующего роста и развития морской капусты. Поэтому осеменение необходимо проводить как можно раньше и в более короткие сроки, желательно в течение 10—15 дней.

Контроль за осемененными поводцами в море. После осеменения субстрата ведется постоянный контроль за прорастанием спор и дальнейшим развитием растений. Первые 15 дней, чтобы не тревожить прорастание спор и развитие гаметофитов, осемененные поводцы не трогали.

За это время на них поселяются гидроиды, позднее диатомовые, нитчатые и другие водоросли. Чтобы избавиться от них, поводцы периодически встряхивают, очищают от гидроидов и водорослей.

Постоянно следят за установкой, распутывают поводцы, убирают с кухтылей, горизонтальных канатов и других элементов сооружения, обрастания. С появлением проростков и ростом спорофитов продолжается уход за ними. По наблюдениям 1972 и 1974 гг., время, когда появляются видимые глазом проростки спорофитов от момента осеменения, варьирует от 62 до 96 дней.

Разреживание проростков (рассады) и их пересадка. С появлением проростков следует проводить разреживание и пересадку с поводцов-субстратов на посадочные веревки. Чем раньше будет проведена такая работа, тем быстрее будут расти спорофиты. Рост молодых спорофитов в густых посадках затормаживается. Однако при слишком раннем отборе и разреживании проростки легко повреждаются. Длина молодых спорофитов во время пересадки должна быть не менее 35—40 см. Ризоиды должны быть достаточно развитыми.

Пересадку делают на берегу в помещении при температуре от 2 до 10° С в марте — апреле, так как в это время идет активный и быстрый рост ризоидов и пересаженные растения крепко охватывают субстрат. Растения вставляются ризоидами между пасмами посадочных веревок. На одну посадочную веревку пересаживают не более 150—200 слоевищ, по 3—4 растения через каждые 10 см. Считаем процесс пересадки еще недостаточно отработанным.

Выращивание товарной продукции. После пересадки продолжается работа по наблюдению и контролю за ростом и развитием слоевищ, уходу за ними, а также по уходу за сооружениями до момента сбора урожая.

Сбор урожая. Выборочный сбор слоевищ можно начинать с середины апреля, когда возраст слоевищ равен 16—17 мес. Можно выбирать отдельные крупные слоевища или срезать целиком поводцы через один, чтобы оставшимся создать более хорошие условия для дальнейшего роста. По нашим наблюдениям массовый сбор должен происходить с мая по июль. К середине июля весь урожай должен быть снят. После июня на искусственных сооружениях заметного увеличения массы слоевищ уже не происходит. В 1974 г. в июне средняя масса слоевища составляла 840 г, в июле — 800 г. К тому же и качество слоевищ в июле ухудшается — вершины начинают разрушаться, становятся белесыми и покрываются большим количеством обрастаний.

В 1974 г. с экспериментального поля площадью 1 га был собран урожай. Масса ламинарии с одного поводца уже в феврале на втором году составила 50—55 кг. В среднем сбор сырой морской капусты с искусственных сооружений может поставить более 50—60 т/га.

Размеры и масса ламинарии в зимний период на искусственных сооружениях больше, чем на естественных зарослях. Это объясняется тем, что благодаря стимулированию слоевищ ламинарии массовый выход спор мы получаем раньше, соответственно и прорастание, и дальнейший рост, и созревание спорофитов происходит быстрее. На искусственных плантациях проростки спорофитов появляются в декабре, в естественных же условиях только в феврале. На искусственных сооружениях размер пластин колеблется (в см): в феврале 30—270, в среднем 125; в марте 19—300, в среднем 160. В естественных же условиях размер пластин к концу февраля достигает лишь 30 см, в марте — 100 см.

Можно считать, что опытно-промышленное выращивание морской капусты в условиях Приморья дало обнадеживающие результаты и позволяет организовать высокоэффективное морское хозяйство.

К 1980 г. предусмотрено расширить морские плантации и реорганизовать рыбокомбинат «Валентин» в водорослевое предприятие по выращиванию и переработке морской капусты для получения из нее альгината, маннита и других продуктов.

Выводы

1. Время появления проростков на поводцах-субстратах от момента осеменения неодинаково и колеблется от 62 до 96 дней.
2. Проростки на искусственных субстратах появляются в декабре, в естественных условиях — конце февраля — начале марта.
3. Рост и развитие морской капусты в зимний период в искусственных условиях идет более интенсивно, чем в естественных.
4. Масса второгодней ламинарии (14—15 мес) с одного поводца в феврале достигла 55 кг.
5. Сбор урожая необходимо проводить в мае — июне, средняя масса одного слоевища в это время составляет 840 г.
6. При отработке всех элементов биотехники выращивания морской капусты в искусственных условиях сбор урожая с 1 га может составить до 6 т и более.
7. Опытно-промышленное выращивание ламинарии в Приморье дало обнадеживающие результаты и позволяет организовать высокоэффективные морские хозяйства.

Biotechuiques of cultivation of Laminaria japonica off Primorye

S. K. Buyankina

SUMMARY

The first experimental plantation of Laminaria japonica was set up off Priomorye in August 1972. The biomass of the species per rope 5 m long amounts to 50 kg in February. The average harvest may be 50—60 t/ha. Sizes and weight of Laminaria are higher in the plantation than under natural conditions. The mean lengths of thallomes is 160 cm and 100 cm on the plantation and on natural beds, respectively. The plantation is expected to be extended since the results obtained are very promising.

Том CXXIV | Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) | 1977

УДК 582.272(268.46) (265.54)

ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ ФУКОИДОВ БЕЛОГО И ЯПОНСКОГО МОРЕЙ

И. А. Ярцева, В. Б. Возжинская, О. А. Соловьева, К. М. Каминер

В 1970—1972 и 1974 гг. нами была изучена физиология фукоидов на побережье Белого и Японского морей.

Были исследованы Fucus vesiculosus L., Fucus serratus L., Fucus distichus L., Ascophyllum nodosum (L.) Le Jolis (Белое море) и Sargassum pallidum (C. Ag.), Pelvetia wrightii (Harv.) Yendo, Coccophora Langsdorfii (Turn.) Grev. (Японское море).

Интенсивность фотосинтеза и дыхания (определение кислорода по методу Винклера) определяли утром (6—7 ч), днем (12—13 ч), вечером (18—19 ч) на литорали, где брали соответствующую пробу водоросли. В течение суток использовали одни и те же навески водорослей, которые между опытами хранили на литорали под водой (в прилив) и без воды (в отлив).

После опытов определяли сырую и сухую массу водоросли. Для определения сухих веществ навески водорослей фиксировали в кипящей воде 5 мин, затем фильтровальной бумагой удаляли излишнюю влагу и высушивали на воздухе (1—2 сут) в отсутствие света; окончательное досушивание проводилось в сушильном шкафу 20—30 мин при температуре 100—105° С; после охлаждения пробы взвешивали.

Все исследованные водоросли могут быть отнесены к группе светолюбивых, так как максимальная интенсивность фотосинтеза у них приходится на полуденное время с высокой освещенностью.

Интенсивность процесса фотосинтеза у водорослей зависит не только от степени освещенности. В опыте с Ascophyllum nodosum 4 августа 1970 г. освещенность вечером осталась на том же уровне, что и днем, а фотосинтез снизился в 4 раза; 6 августа 1970 г. освещенность уменьшилась в 4 раза, а фотосинтез снизился в 2,4 раза (рис. 1, *а*). У Fucus distichus (25 июля 1974 г.) с утра к полудню освещенность увеличилась в 3 раза, а интенсивность фотосинтеза стала выше примерно в 2 раза; к вечеру наблюдалось резкое падение освещенности (от 23 тыс. до 3,5 тыс. лк, т. е. в 6,5 раза), фотосинтез же снизился незначительно — от 32,1 до 24,9 мг O_2/г ч.

В то же время достаточно часто можно наблюдать близкие изменения величины освещенности и интенсивности фотосинтеза, особенно в пасмурные дни, Sargassum pallidum (рис. 1, *б*) и т. д.

Оптимум полуденного освещения для фукоидов должен быть не очень высок, что дает им возможность успешно осуществлять фотосинтез не только в ясные, солнечные дни, но и в пасмурные. Это явление характерно для водорослей, живущих в нижней части литорали и в верхней части сублиторали (Fucus serratus, Sargassum, Pelvetia, Coc-

cophora). Виды, которые обитают на литорали, особенно в верхней ее части (Fucus vesiculosus, Ascophyllum nodosum), осуществляют процесс фотосинтеза в пасмурные дни значительно менее интенсивно, чем в солнечные, так как световой оптимум у них более высок, чем у полностью погруженных видов.

Анализ полученных нами данных позволяет сделать вывод о том, что у фукоидов, как и других водорослей [2, 3, 5] существует определенный ритм интенсивности фотосинтеза в течение суток. Максимальные значения интенсивности фотосинтеза у фукоидов приходятся на середину дня.

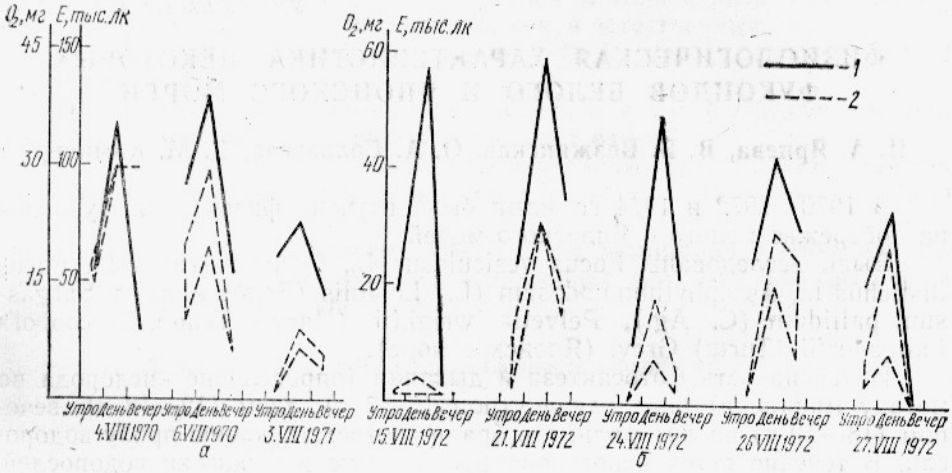


Рис. 1. Фотосинтез у талломов Ascophyllum nodosum (*а*) и Sargassum pallidum (*б*) при разной освещенности:
1 — фотосинтез; *2* — освещенность.

Достаточно четко прослеживается неравноценность утреннего и вечернего освещения при равной напряженности светового поля, что можно объяснить различиями в спектральном составе света. Утром свет более богат красными и инфракрасными лучами и беден синими, чем в другое время суток [1].

В процессе фотосинтеза поглощается некоторая часть инфракрасной радиации. Растения отдельных областей (Заполярье) обладают повышенной поглощающей способностью [4]. Возможно этим и объясняется более высокая интенсивность фотосинтеза утром (см. рис. 1, *а*, *б*).

Интенсивность фотосинтеза талломов с различным количеством рецептакулов различная (рис. 2), однако никакой зависимости между этими величинами уловить не удается, очевидно, рецептакулы у исследованных нами фукоидов, как и у некоторых других водорослей, например спорофиллы у Alaria fistulosa являются не только органами размножения, но и ассимилирующими частями таллома.

При сравнении молодых растений разного возраста оказалось, что чем моложе талломы, тем интенсивнее у них фотосинтез (сеголетки значительно активнее молодых 1—3-летних талломов). У репродуцирующих талломов фотосинтез менее интенсивен, чем у неплодоносящих талломов (см. рис. 2).

Сравнение фотосинтеза фукоидов, обитающих на разных горизонтах и в разных морях (Белое, Японское), приводит к выводу, что те из них, которые растут глубже, обладают более высокой интенсивностью этого процесса, что особенно прослеживается в полуденное и вечернее

время. Способность продуктивно использовать пониженную освещенность свидетельствует о высокой степени адаптации к частой ненастной погоде в теплое время года и подледному существованию в холодное время.

Интенсивность дыхания находится в зависимости от температуры (рис. 3), хотя изменение это и непропорционально. Как правило, к вечеру интенсивность дыхания понижается. Но иногда бывают и исключения из этого правила.

Во всех опытах минимум дыхания приходится на ночь, даже когда температура ночью равна утренней или несколько выше.

Достоверной разницы в интенсивности дыхания взрослых и молодых растений установить не удалось.

При сравнении физиологической активности фукоидов из разных мест обитания выяснилось, что молодые, еще не перешедшие к репродукции талломы, активнее запасают энергию в процессе фотосинтеза и мобилизуют ее в процессе дыхания, т. е. общий уровень физиологических процессов у них выше, что дает им возможность накопить бо́льшую массу таллома (сухие вещества). Особенно четко это прослеживается на Fucus vesiculosus, но это так же справедливо и для Fucus distichus, обитающего в Белом море, и для Pelvetia wrightii с Японского моря.

Рис. 2. Фотосинтез у талломов в разном физиологическом состоянии: Fucus vesiculosus (I) и F. distichus (II): *1* — неплодоносящие талломы; *2* — плодоносящие талломы.

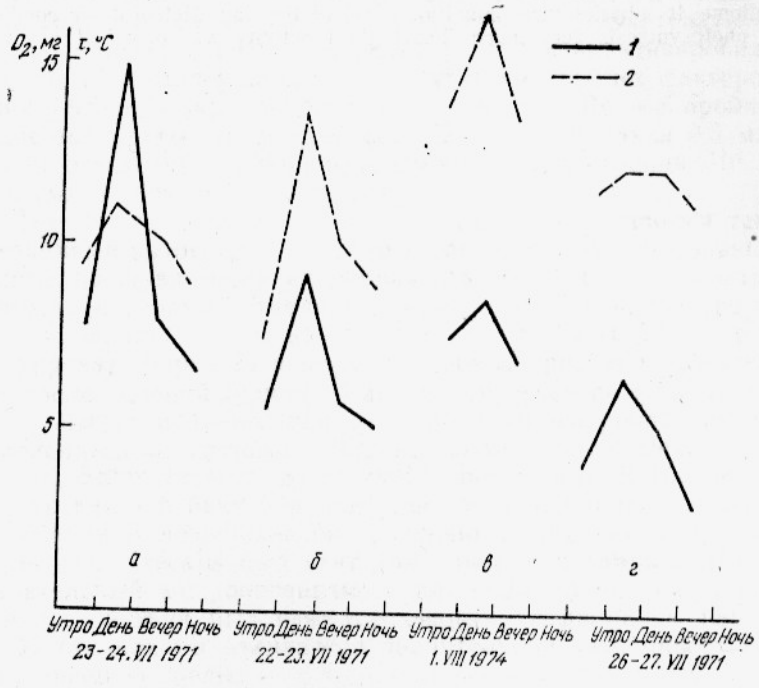


Рис. 3. Дыхание фукоидов Fucus vesiculosus (*а*), Fucus serratus (*б*), Fucus distichus (*в*), Ascophyllum. nodosum (*г*):
1 — дыхание; *2* — температура.

Выводы

1. Интенсивность фотосинтеза и дыхания фукоидов представляет одновершинную кривую с максимумом в полдень.

2. Фотосинтетическая активность в полдень в пасмурные и солнечные дни несколько различалась; для литоральных видов эти различия значительно резче.

3. У молодых фукоидов уровень физиологических процессов выше, что дает им возможность накоплять в талломах больше сухих веществ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беликов П. С., Моторина М. В. О суточных ритмах фотосинтеза.— «ДАН СССР», 1958, т. 123, № 1, с. 185—188.
2. Бессемянова Н. М. Суточный фотосинтез у некоторых диатомовых черноморских водорослей.— «Труды Севастопольской биологической станции». 1959, т. XII, с. 121—129.
3. Гюббенет Е. Р., Вобликова Т. В. Суточный ход фотосинтеза водорослей Баренцева моря во время полярного дня.— «Известия научного ин-та им. П. Р. Лесгафта», 1937, т. XX, вып. 2, с. 47—61.
4. Кузьменко А. А. Влияние спектрального состава света на развитие растений.— «Советская ботаника», 1940, № 5—6, с. 202—213.
5. Пырина И. Л. Интенсивность фотосинтеза водорослей в связи с сезонной освещенностью.— «Труды Института биологии водохранилищ», 1959, 1/4, с. 102—109.

Physiological characteristics of some Fucales from the White Sea and Sea of Japan

I. A. Yartseva, V. B. Voszhinskaya, O. A. Solovyeva, K. M. Kaminer

SUMMARY

The investigations of oxygen metabolism (photosynthesis and respiration) in Fucales, dominants of the littoral zone in the White Sea and Sea of Japan were made in the summers of 1970—1974. The photosynthetic intensity is revealed to depend on the age of thallome, its physiological condition, time of the day. Meteorologic conditions do not affect photosynthesis very much. The highest activity was observed in young thallomes.

Том CXXIV | Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) | 1977

УДК 582.272+582.273(268.45)

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИБИОТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МОРСКИХ ВОДОРОСЛЕЙ МУРМАНА

О. Н. Трунова, А. Р. Гринталь

Литературные данные свидетельствуют о достаточно высокой антибиотической активности морских водорослей, которая изменяется в различные сезоны года [1, 2, 3].

Цель нашей работы — выяснить антибиотическую активность некоторых морских водорослей Мурманского побережья в отношении патогенной микрофлоры. В опытах использовано 15 видов макрофитов, из них: 4 вида зеленых — Ulvaria blyttii, Enteromorpha, Acrosiphonia, Ulothrix pseudoflacca; 9 видов бурых — Fucus vesiculosus, F. distichus, Laminaria digitata, Alaria esculenta, F. inflatus, F. serratus, Ascophyllum nodosum, Chorda tomentosa, Laminaria saccharina; 2 вида красных — Rhodymenia palmata, Halosaccion ramentaceum.

Методика опытов: 100—150 г сырых водорослей размельчали и заливали трехкратным количеством дистиллированной воды, после чего их экстрагировали 48 ч при температуре 8° С. Экстракты водорослей фильтровали через ватно-марлевый фильтр и инактивировали при температуре 70° С для уничтожения других возможных факторов самоочищения (фагов, микробов-антагонистов и др.). Во все пробирки, содержащие экстракты водорослей (по 4,5 мл), добавляли 0,5 мл агаровых смывов патогенных микроорганизмов в концентрации 10^6 микробных тел в 1мл по оптическому стандарту.

Для контроля брали морскую воду с добавленными теми же концентрациями патогенных культур и сразу делали контрольный высев на равномерность внесения микроорганизмов. Пробирки с контрольными и опытными посевами оставляли при комнатной температуре и через 2—3—7 сут делали высевы на питательные среды (СПА, агар Эндо, агар Плоскирева). Через 24 ч после посевов по разнице выросших в опыте и контроле колоний судили об антибиотической активности макрофитов.

В опытах использовали прежде всего микроорганизмы кишечно-салмонеллезной группы: Shigella zonne, Shig. flexneri, Salmonella newland, Salm. breslau, Salm. typhi abdominalis, Salm. newkastl. Esch. coli, так как эти бактерии наиболее часто попадают в водоемы и служат причиной возникновения различных эпидемических заболеваний. Enterococcus faecalis был взят для опыта как характерный санитарно-показательный микроорганизм, а для определения силы антибиотического воздействия был взят патогенный стафилококк (Staphylococcus albus), так как он отличается значительной устойчивостью к воздействию внешней среды.

Опыты проводились в летний и осенний сезон с 3-кратной повторностью. Результаты определения чувствительности бактерий к антибиотическим веществам из морских водорослей представлены в табл. 1 и 2.

Антибиотическая активность макрофитов в отношении патогенной микрофлоры

Макрофиты	Schigella Zonne			Schigella Flexneri			Salmonella newland			Salmonella breslau		
	экспозиция											
	2	3	7	2	3	7	2	3	7	2	3	7
Ulvaria blyttii	∽	35,0	15,0	∽	28,0	12,0	∽	∽	14,0	∽	12,0	0,9
Enteromorpha sp.	8,0	0,63	0,01	6,0	1,0	0	1,3	1,05	0,064	∽	0,84	0,038
Acrosiphonia sp.	∽	0,96	0	∽	0,38	0	4,0	0,69	0,094	∽	0,78	0,035
Ulothrix pseudoflacca	2,0	0,065	0	14,0	0,018	0	9,0	0	0	3,0	0,68	0
Fucus vesiculosus	0,32	0,015	0	0,14	0	0	0,195	0	0	0,08	0	0
Fucus distichus	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽
Fucus inflatus	0,664	0	0	0,038	0	0	0,14	0	0	0,34	0	0
Fucus serratus	0,096	0,036	0	0	0	0	0,015	0	0	0,064	0	0
Ascophyllum nodosum	0,034	0	0	0,112	0	0	0,078	0	0	0,048	0	0
Laminaria saccharina	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽
Laminaria digitata	0	0	0	0,024	0	0	0,013	0	0	0,032	0	0
Alaria esculenta	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽
Chorda tomentosa	14,0	8,0	0,96	15,0	3,0	2,0	∽	21,0	1,2	13,0	6,0	0,98
Rhodymenia palmata	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽
Halosaccion ramentaceum	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽
Контроль: патогенные микробы + морская вода	∽											

Примечание. Знаком ∽ обозначено количество колоний не поддающееся

Антибиотическая активность макрофитов в отношении патогенной микрофло

Макрофиты	Schigella Zonne			Schigella flexneri			Salmonella newland			Salmonella breslau		
	экспозиция											
	2	3	7	2	3	7	2	3	7	2	3	7
Fucus vesiculosus	0	0		0	0		0	0		0	0	
Fucus distichus	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽
Fucus serratus	0	0		0	0		0	0		0	0	
Ascophyllum nodosum	0	0		0	0		0	0		0	0	
Laminaria saccharina	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽
Laminaria digitata	78	0	0	104	0	0	35	0	0	114	0	0
Alaria esculenta	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽
Контроль: патогенные микробы + морская вода	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽	∽

Выводы

1. Наибольшей антибиотической активностью обладают бурые водоросли, в особенности Fucus vesiculosus, F. serratus и L. digitata. Через 48—72 ч контакта патогенных микроорганизмов (в том числе и патогенного стафилококка) с экстрактами этих водорослей в опытных чашках вырастали всего лишь единичные колонии, которые полностью исчезали на 5—7-е сутки, в то время как в контроле количество колоний было настолько велико, что не поддавалось учету.

2. Меньшей антибиотической активностью обладали экстракты из Ulothrix pseudoflacca, Enteromorpha, Acrosiphonia sp.

3. Водоросли Laminaria saccharina, Rhodymenia palmata, Halosaccion ramentaceum не показали антибиотической активности, наоборот,

Таблица 1

(по числу выросших колоний в тысячах) в июне — июле

Salmonella Typhi abd			Salmonella newkasti			Escherichia coli			Staphilococcus albus		
(в днях)											
2	3	7	2	3	7	2	3	7	2	3	7
S	28,0	14,0	S	S	16,0	S	S	19,0	S	S	S
3,0	0,5	0,075	S	2,0	0,102	3,0	0,92	0,074	S	12,0	0,033
3,0	0,75	0,068	S	0,75	0	3,0	0,18	0,009	13,0	7,0	0,38
5,0	0,014	0	S	6,0	0		2,0	0,008		3,0	0,64
0,038	0	0	0,065	0	0	0,014	0	0	6,0	0,78	0
S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
0,116	0	0	0,168	0	0	0,034	0	0	0,006	0	0
0,078	0	0	0,015	0	0	0,036	0	0	0	0	0
0,074	0	0	0,089	0	0	0,112	0	0	0,015	0	0
S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
0,018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
S	8,0	2,0	S	16,0	0,3	S	S	1,4	S	S	12,0
S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

учету.

Таблица 2

ры (по числу выросших колоний в тысячах) в октябре — ноябре

Salmonella typhi abd.			Salmonella newkastle			Enterococcus			Escherichia coli			Staphilococcus albus		
(в днях)														
2	3	7	2	3	7	2	3	7	2	3	7	2	3	7
0	0		0	0		0	0	0	0	0		0	0	0
S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
0	0		0	0		0	0	0	0	0		0,164	0,004	0,128
0	0		0	0		0	0	0	0	0		0,456	0	0
S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
65	0	0	152	0	0	0,68	0,053	0,007	48	0	0	4,01	0,068	0,003
S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

кишечно-салмонеллезные микроорганизмы даже размножались в экстрактах этих макрофитов.

4. В осенний сезон антибиотическая активность водорослевых экстрактов была более выражена чем в летний.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Allen, M., Dawson, E. Y. Production of antibacterial substances by benthic tropical marine algae. J. Bacteriol., 1960, v. 79, No. 3, p. 459—460.

2. Mautner, H. J., Gardner, G. M., Pratt, R. Antibiotic activity of seaweed extracts. II. Phodomela larix. J. Amer. Pharmac. Assoc. Ed., 1953, v. 42, No. 5, p. 294—296.

3. Roos, H., Kolsch, G. Untersuchungen über das Vorkommen antimicrobieller Substanzen in Meeresalgen. Kieler Meeresforschung, Bd. 13, 1957, No. 1, p. 45—58.

Investigations of antibiotic activities in marine algae off Murman

O. N. Trunova, A. R. Grintal

SUMMARY

Results of investigations of the influence of antibiotics in marine phytobenthos (15 species) on some species of pathogenic microflora in different seasons are described. The highest activity of repression of bacteria from the enteric group and Salmonella is found in brown algae, especially in Fucus vesiculosus, F. serratus and Laminaria digitata.

Red algae Rhodymenia palmata, Halosaccion do not expose any antibiotic activity. Using the dilution method it has been found that they even stimulate the development of enteric rods and Salmonella.

The experiments have supported the evidence on the presence of antibiotics in sea water. They are liberated from some phytobenthic species, which elucidates, to some extent, the bactericidal mechanism of sea water.

Том CXXIV | Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) | 1977

УДК 582.273

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИСАХАРИДОВ КРАСНЫХ МОРСКИХ ВОДОРОСЛЕЙ

А. И. Усов

Красные водоросли содержат в значительных количествах весьма своеобразные полисахариды — сульфатированные галактаны, которые нигде более в природе не встречаются. Вещества этого типа, такие, как агар, каррагинаны и другие, находят широкое практическое применение, основанное главным образом на их способности к гелеобразованию в водных растворах. В настоящее время выяснены структуры агарозы, порфирана, нескольких каррагинанов и ряда других полисахаридов, а также определена природа гелеобразования [1]. Накопленные данные о химическом строении были обобщены Рисом [14], предложившим так называемую гипотезу «замаскированной регулярной структуры» (табл. 1), которая заключается в следующем.

1. Молекулы полисахаридов линейны и содержат чередующиеся моносахаридные остатки типов А и Б.

2. Остаток типа А всегда является производным D-галактозы, имеет β-конфигурацию и несет заместитель в положении 3; он может иметь дополнительно сульфатную группу при C_2, C_4 или *о*-метильную группу при C_6.

3. Остаток типа Б является производным D-галактозы в каррагинанах и L-галактозы в агарах; он имеет α-конфигурацию и несет заместитель в положении 4. Часто является 3.6-ангидрогалактозой или ее 2-сульфатом; в противном случае может иметь сульфатную группу при C_6 или две сульфатные группы при C_2 и C_6.

Согласно этой гипотезе существует надежное химическое различие между полисахаридами группы агара и полисахаридами группы каррагинана, заключающееся в абсолютной конфигурации остатков галактозы, представляющих собой звено Б.

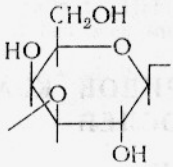
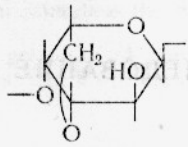
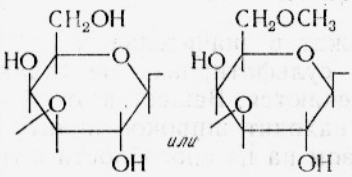
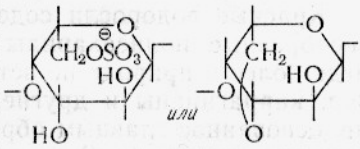
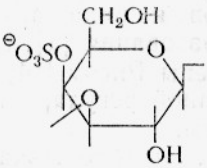
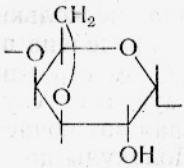
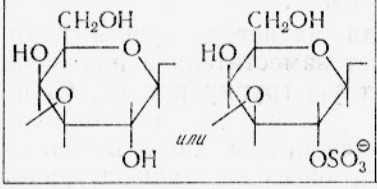
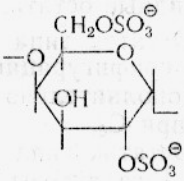
Замаскированная повторяющаяся структура полисахаридов красных водорослей является результатом особенностей биосинтеза этих соединений, в процессе которого вначале образуется регулярная углеводная цепь, после чего с помощью соответствующих ферментных систем в полимер вводятся *о*-метильные и сульфатные группы; последние могут далее отщепляться с образованием 3,6-ангидроциклов. Поскольку химические модификации резко влияют на растворимость полисахаридов, на их способность к образованию гелей и к специфическому связыванию некоторых катионов, можно предполагать, что все эти важные свойства полисахаридов находятся в водорослях под метаболическим контролем.

Начало наших работ совпало с появлением гипотезы о «замаскированной регулярной структуре». Поскольку эта гипотеза была основа-

Таблица 1

Замаскированная регулярная структура полисахаридов красных водорослей

$$\rightarrow 3\ \text{А}\ 1 \xrightarrow{\beta} 4\ \text{Б}\ 1 \xrightarrow{\alpha} 3\ \text{А}\ 1 \xrightarrow{\beta} 4\ \text{Б}\ 1 \xrightarrow{\alpha} 3\ \text{А}\ 1 \xrightarrow{\beta} 4\ \text{Б}\ 1 \xrightarrow{\alpha}$$

Полисахарид	А	Б
Агароза		
Порфиран		
κ-Каррагинан		
λ-Каррагинан		

на на данных о строении всего нескольких полисахаридов, могло оказаться, что новые представители красных водорослей содержат полисахариды, которые отличаются от известных принципами построения или хотя бы способом модификации основного скелета. Мы проанализировали вначале более 20 видов красных водорослей Японского моря [3] по очень простой схеме, которая тем не менее позволила предварительно расклассифицировать их по химическим признакам и выбрать среди них объекты для более подробного исследования полисахаридов.

Водоросли экстрагировали горячей водой, и если водный экстракт давал гель при охлаждении, предполагалось, что в них содержится полисахарид типа агара; если же гель образовывался только при прибавлении хлористого калия — полисахарид типа каррагинана. Полисахариды из экстрактов осаждали спиртом (в случае каррагинанов выделяли отдельно осаждаемую KCl æ-фракцию и неосаждаемую λ-фракцию), определяли выход и изучали моносахаридный состав после кислотного гидролиза методами хроматографии и электрофореза на бумаге.

В результате агароподобные полисахариды были обнаружены в Odonthalia corymbifera и Rhodomela larix (Ceramiales), каррагинаны —

в Turnerella mertensiana, Chondrus pinnulatus, Ch. yendoi, Gigartina unalaskensis, G. ochotensis (Gigartinales) и Tichocarpus crinitus (Cryptonemiales), а полисахариды остальных видов — Nemalion vermiculare (Nemalionales), Grateloupia divaricata, G. turuturu (Cryptonemiales), Halosaccion firmum, H. glandiforme, Rhodymenia stenogona (Rhodymeniales), Ceramium sp., Ptilota filicina, Okamurina pacifica, Polysiphonia morrowii, Odonthalia floccosa, Laurencia nipponica, Dasya sp. (Ceramiales) — не принадлежали ни к агарам, ни к каррагинанам.

Среди этой последней группы полисахаридов некоторые вещества были очень необычны по моносахаридному составу. Например, при гидролизе полисахарида из Nemalion vermiculare образуется не галактоза, а манноза с примесью ксилозы, а при гидролизе полисахарида из представителей родимениевых—в основном ксилоза. Оба агароподобных: полисахарид из Odonthalia corymbifera (одонталан) с высоким содержанием 6-*о*-метил-D-галактозы [3], а полисахарид из Rhodomela larix с значительным содержанием 2-*о*-метил-3,6-ангидро-L-галактозы [7].

На основании предварительных данных для более подробного исследования были выбраны пять водорослей (табл. 2).

Таблица 2

Моносахаридный состав водорастворимых полисахаридов некоторых водорослей Японского моря

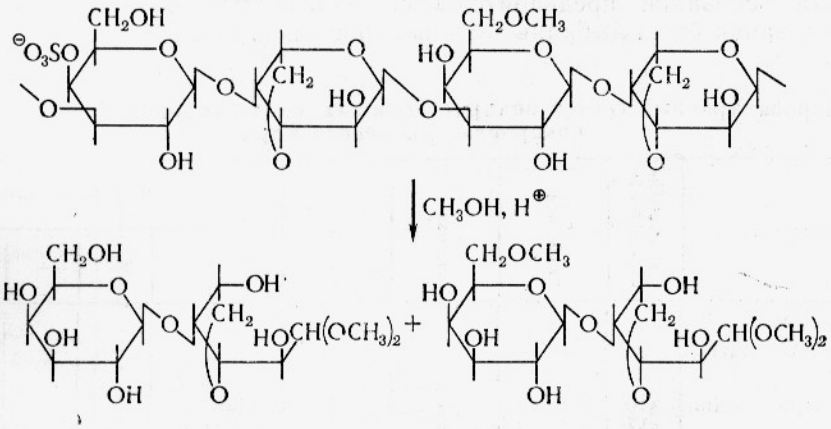
Водоросли	Выход полисахарида, %	Галактоза	Глюкоза	Манноза	Ксилоза	Моно-*о*-метил алактозы			
						2—	3—	4—	6—
Nemalion vermiculare	70	Следы	—	++++	+	—	—	—	—
Tichocarpus crinitus	ϰ10 λ17	++++ ++++	— +		Следы +	— —	— —	Следы Следы	Следы Следы
Okamurina pacifica	70	+++	++++	Следы	+	+	Следы	Следы	Следы
Odonthalia corymbifera	35	++	+		+	—	—	—	+++
Rhodomela larix	30	++++	+	+	+				+

Водоросли, из которых в настоящее время получают каррагинаны, относятся, как правило, к порядку Gigartinales. Поэтому представляло определенный интерес изучение каррагинанов Tichocarpus crinitus — представителя порядка Cryptonemiales. Из водного экстракта этой водоросли были выделены æ- и λ-компоненты полисахаридной фракции, и их строение установлено как традиционными для каррагинанов методами (исследование фрагментов, получаемых из æ-полисахарида при полном и частичном метанолизе [4], а из λ-полисахарида — при ацетолизе [1]), так и с помощью некоторых новых приемов (периодатное окисление десульфатированного λ-полисахарида). В результате оказалось, что по структуре углеводной цепи выделенные полисахариды практически не отличаются от хорошо известных æ- и λ-каррагинанов из Chondrus crispus, и следовательно, Tichocarpus crinitus наряду с видами Chondrus и Gigartina могут служить источником обычного каррагинана.

Принадлежность полисахаридов из Odonthalia corymbifera и Rhodomela larix к группе агара была доказана после определения абсолютной конфигурации входящих в их состав моносахаридов. Кроме того,

оба эти полисахарида расщепляются специфическим ферментом агаразой. Однако обе водоросли не содержат нейтральной, несульфатированной фракции — агарозы, наличие которой в обычном агаре определяет в основном его гелеобразующие свойства. В соответствии с этим оба полисахарида дают менее прочные гели, чем агар, и склонность к гелеобразованию сильно зависит от катионного состава раствора.

По структуре углеводных цепей одонталан напоминает порфиран [9], также содержащий значительные количества 6-*о*-метил-D-галактозы. При частичном метанолизе одонталана образуются диметилацетали двух дисахаридов — агаробиозы и 6-*о*-метилагаробиозы, которые и соответствуют повторяющимся звеньям молекулы полимера. Однако имеется существенное отличие одонталана от порфирана: если в порфиране сульфатные группы занимают положения 6 в моносахаридных остатках Б, то в одонталане они расположены при C_4 остатков А; такой способ сульфатирования характерен скорее для каррагинанов, чем для агароподобных полисахаридов [8].



Полисахарид из Rhodomela larix также дает два дисахарида при частичном метанолизе, которые отличаются тоже метильной группой, но расположена она не при C_6 остатка D-галактозы, как в одонталане, а при C_2 остатка 3,6-ангидро-L-галактозы [7]. Таким образом, агароподобные полисахариды церамиевых водорослей могут обладать интересными структурными особенностями по сравнению с «классическими» агарами, получаемыми, как правило, из водорослей порядка Gelidiales.

Весьма необычный полисахарид был обнаружен в Okamurina pacifica *. Он обладает сложным моносахаридным составом (табл. 3). В результате изучения его строения было сделано два важных вывода: углеводная цепь этого полисахарида не линейна; ксилоза является составной частью полисахарида. Это было доказано выделением после частичного гидролиза и установлением строения трисахарида, изображенного в табл. 3 [2].

Очевидно, что присоединение единичных ксилозных остатков к галактановой цепи, наряду с *о*-метилированием, сульфатированием и образованием 3,6-ангидроциклов, является еще одним способом химической модификации полисахаридов, который осуществляется в красных водорослях. Параллельное протекание всех этих процессов в Okamurina pacifica и приводит к образованию разветвленного сульфатированного гетерополисахарида.

---

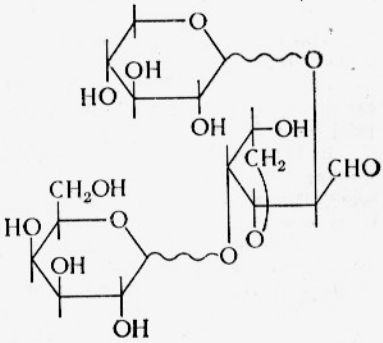
* В работах по химической структуре этого полисахарида использовалось прежнее название водорослей Laingia pacifica Yamada.

Наиболее неожиданный результат был получен нами при анализе полисахаридного состава водоросли Nemalion vermiculare, из экстракта которой были выделены нейтральный ксилан и сульфатированный маннан [17]. Ксилан оказался линейным полисахаридом с β-1 → 4 и

Таблица 3

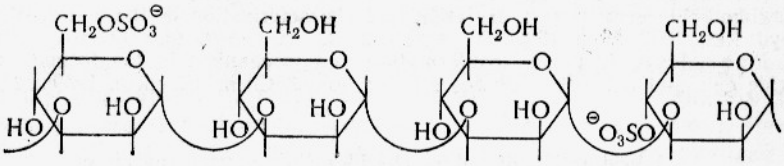
Состав полисахарида из Okamurina pacifica (масса, %) и структура трисахарида, соответствующего точке разветвления его молекулы.

Галактоза	40
Ксилоза	7
2-*о*-Метилгалактоза	5
3-*о*-Метилгалактоза	
4-*о*-Метилгалактоза	4
6-*о*-Метилгалактоза	
2-*о*-Метил-3,6-ангидрогалактоза	6
3,6-Ангидрогалактоза	3
SO_3Na	12



β-1 → 3-связями между остатками D-ксилопиранозы в соотношении около 4 : 1. Полисахариды сходного строения содержатся в Rhodymenia palmata [11], Chaetangium fastigiatum [12], Ch. erinaceum [13] и некоторых других красных водорослях [14].

Маннан представляет собой линейный полисахарид с α-1 → 3-связями между остатками D-маннопиранозы, причем каждый третий моносахарид имеет сульфатную группу при C_4 или C_6 [18]. Это первый случай обнаружения в природном источнике сульфатированного маннана.



Таким образом, проведенная работа позволила по-новому оценить, насколько разнообразными могут быть структуры полисахаридов, содержащихся в красных водорослях. Дальнейшее расширение этих исследований окажется, по-видимому, полезным для целей химической таксономии водорослей и отыскания новых полисахаридов с практически ценными свойствами.

Выводы

1. Изучен полисахаридный состав более 20 видов красных водорослей Японского моря. Подробно исследованы структуры полисахаридов из Tichocarpus crinitus, Odonthalia corymbifera, Rhodomela larix, Okamurina pacifica, Nemalion vermiculare.

2. Наряду с известными типами полисахаридов красные водоросли могут содержать полисахариды новой или необычной структуры. Примером является сульфатированный маннан из Nemalion vermiculare (полисахариды такого типа ранее в природе обнаружены не были).

3. Полученные данные позволяют значительно расширить существующие представления о структурном разнообразии полисахаридов красных морских водорослей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кочетков Н. К., Усов А. И., Рехтер М. А. Полисахариды водорослей. VIII. Ацетолиз λ-полисахарида из Tichocarpus crinitus (Gmel.) Rupr.— «Журнал общей химии», 1971, вып. 41, с. 1160—1165.

2. Полисахариды водорослей. XII. Частичный гидролиз полисахарида из Laingia pacifica Yamada.— «Журнал общей химии», 1973, вып. 43, с. 1832—1839. Авт.: Н. К. Кочетков, А. И. Усов, Л. И. Мирошникова, О. С. Чижов.

3. Усов А. И., Кочетков Н. К. Полисахариды водорослей. II. Полисахариды красной водоросли Odonthalia corzmbifera (Gmel.) J. Ag. Выделение 6-*о*-метилгалактозы.— «Журнал общей химии», 1968, вып. 38, с. 234—238.

4. Усов А. И., Рехтер М. А., Кочетков Н. К. Полисахариды водорослей. VI. Изучение λ-полисахарида из Tichocarpus crinitus (Gmel.) — «Журнал общей химии», 1970, вып. 40, с. 2732—2737.

5. Усов А. И. Полисахариды водорослей. XIII. Моносахаридный состав полисахаридов некоторых красных водорослей Японского моря.— «Журнал общей химии», 1974, вып. 44, с. 191—196.

6. Полисахариды водорослей. XIV. Изучение структуры сульфатированного маннана из красной водоросли Nemalion vermiculare Sur. методом метилирования.— «Журнал общей химии», 1975, вып. 45, с. 916—921. Авт.: А. И. Усов, К. С. Адамянц, С. В. Яроцкий, А. А. Аношина.

7. Усов А. И., Иванова Е. Г. Полисахариды водорослей. XIX. Частичный метанолиз сульфатированных полисахаридов красной водоросли Rhodomela larix (Turn.) C. Ag.— «Биоорганическая химия», 1975, I, с. 665—671.

8. Усов А. И., Козлова Е. Г. Полисахариды водорослей. XX. Изучение одонталана — сульфатированного полисахарида из красной водоросли Odonthalia corymbifera (Gmel.). J. Ag.— «Биоорганическая химия», 1975, I, с. 912—918.

9. Anderson, N. S., Rees, D. A. Porphyran: a polysaccharide with a masked repeating structure. J. Chem. Soc. 1965, p. 5880—5887.

10. Anderson, N. S., Dolan, T. C. S., Rees, D. A. Evidence for a common structural pattern in the polysaccharide sulphates of the Phodophyceae. Nature. 1965, 205, p. 1060—1062.

11. Bjorndal, H., Eriksson, K. E., Garegg, P. J., Limdberg, B., Swan, B. Studies on the xylan from the red seaweed Rhodymenia palmata. Acta Chem. Scand. 1965, p. 2309—2315.

12. Cerezo, A. S., Lezerovich, A., Labriola, R., Rees, D. A. A xylan from the red seaweed Chaetangium fastigiatum. Carbohyd. Res., 19, 1971, p. 289—296.

13. Nunn, J. R., Parolis, H., Russell, I. Polysaccharides of the red alga Chaetangium erinaceum. Part I. Isolation and characterization of the watersoluble xylan. Carbohyd. Res., 1973, 26, p. 169—180.

14. Rees, D. A. Structure, conformation and mechanism in the formation of polysaccharide gels and networks. Advances in Carbohyd. Chem. Biochem. 1969m 24, p. 267—315.

Investigation of polysaccharides from marine red algae

A. I. Usov

SUMMARY

The analysis of 20 species of red algae from the Sea of Japan has revealed that polysaccharides from the agar group can be obtained from 2 species, polysaccharides from the carrageenan group can be taken from 6 species, the rest species contain new or unusual polysaccharides. It has been found that the structure of λ- and ϰ-fractions of sulphated galactan obtained from Tichocarpus crinitus does not practically differ from the corresponding carrageenans from Chondrus crispus. The peculiarity of agar-like polysaccharides from Odonthalia corymbifera and Rhodomela larix is the lack of the neutral fraction (agarose) and the very high contents of 6-*o*-methyl-galactose in the former and of 2-*o*-methyl-3.6-anhydrogalactose in the latter. A branchy structure of the molecula with the residue of xylopyranose joined the galactan main chain has been found in sulphated heterpolysaccharides from Okamurina (Laingia) pacifica. Sulphated mannan has been isolated from Nemalion vermiculare for the first time.

Том CXXIV | Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) | 1977

УДК 582.26—119

ОСОБЕННОСТИ ГЛИКОПРОТЕИНОВ ВОДОРОСЛЕЙ И ПУТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Е. И. Медведева, С. В. Красильникова, К. А. Панченко, Е. Б. Петренко, Л. И. Бойко

Использование водорослей как дополнительного источника белка не получает, по данным литературы, однозначной положительной оценки [3]. Это определяется, видимо, не только сложностью состава водорослей, но и специфическими особенностями их белковых веществ.

Цель настоящей работы — изучить некоторые особенности строения и состава щелочерастворимых белков красных агароносных водорослей Phyllophora nervosa и Eurcellaria fastigiata и определить пути их наиболее рационального использования.

Из свежих водорослей Phyllophora nervosa и Furcellaria fastigiata выделяли щелочерастворимый белок методом последовательной экстракции с осаждением при pH 4,5. Многократное переосаждение до постоянства состава [1, 6], препаративная гельфильтрация через сефадекс Г-100 и электрофорез в боратном буфере pH 10,8 позволили получить однородные белковые препараты [5] (рис. 1,2).

В выделенных таким образом щелочерастворимых белках филлофоры и фурцеллярии определяли: общий азот — полумикрометодом Кьельдаля; содержание аминокислот — на аминоанализаторе и методом хроматографии на бумаге в различных системах растворителей [5]; N-концевые аминокислоты — методом динитрофенилирования [10], используя в качестве моделей ДНФ-аминокислоты; аминосахара — методом Эльсон — Моргана [10] при использовании моделей [6]; углеводы — методом хроматографии на бумаге [2, 3]; аминный азот — методом Попе — Стивенса [1]; электрофорез проводили в полиакриламидном геле ярко-голубого цвета [15] и на бумаге в боратном буфере pH 10,8, а также с подвижной границей [10]; глубину протеолиза под действием протелина — по накоплению аминного азота [5, 20].

Характеристика аминокислотного состава препаративно выделенных однородных щелочерастворимых белков филлофоры и фурцеллярии приведена в табл. 1.

Приведенные в табл. 1 данные показывают, что содержание аминокислот в щелочерастворимых белках филлофоры и фурцеллярии различное. Отличия наблюдаются и по N-концевым аминокислотам, которыми для щелочерастворимого белка филлофоры является валин, а для фурцеллярии — аргинин. Как показал тщательно проведенный анализ, оба исследуемых белка содержали в своем составе не только аминокислоты, но и углеводы (табл. 2) [17].

Щелочерастворимые белки красных водорослей филлофоры и фурцеллярии значительно отличаются как по составу, так и по содержанию

Таблица 1

Содержание аминокислот в щелочерастворимых белках филлофоры и фурцеллярии (в г на 100 г белка)

Аминокислоты	Щелочерастворимый белок из		Аминокислоты	Щелочерастворимый белок из	
	филлофоры	фурцеллярии		филлофоры	фурцеллярии
Лизин	4,2	4,0	Глицин	6,7	4,5
Гистидин	1,7	3,8	Аланин	6,3	5,1
Аргинин	4,6	9,1	Валин	2,9	3,7
Аспарагиновая кислота	7,5	11,0	Метионин	0,2	1,4
			Изолейцин	1,4	4,4
Треонин	4,1	3,5	Лейцин	4,2	2,6
Серин	4,1	4,4	Тирозин	7,8	3,7
Глютаминовая кислота	8,8	9,0	Фенилаланин	4,9	8,1
			Триптофан	1,2	2,4
Пролин	6,3	5,0	Цистин	+	7,3

углеводов. По данным метилирования и периодатного окисления углеводная цепь щелочерастворимого белка филлофоры значительно разветвлена. Электрофорез, гельфильтрация, гидролиз свидетельствуют о прочной связи углеводов с полипептидной цепью молекулы белка.

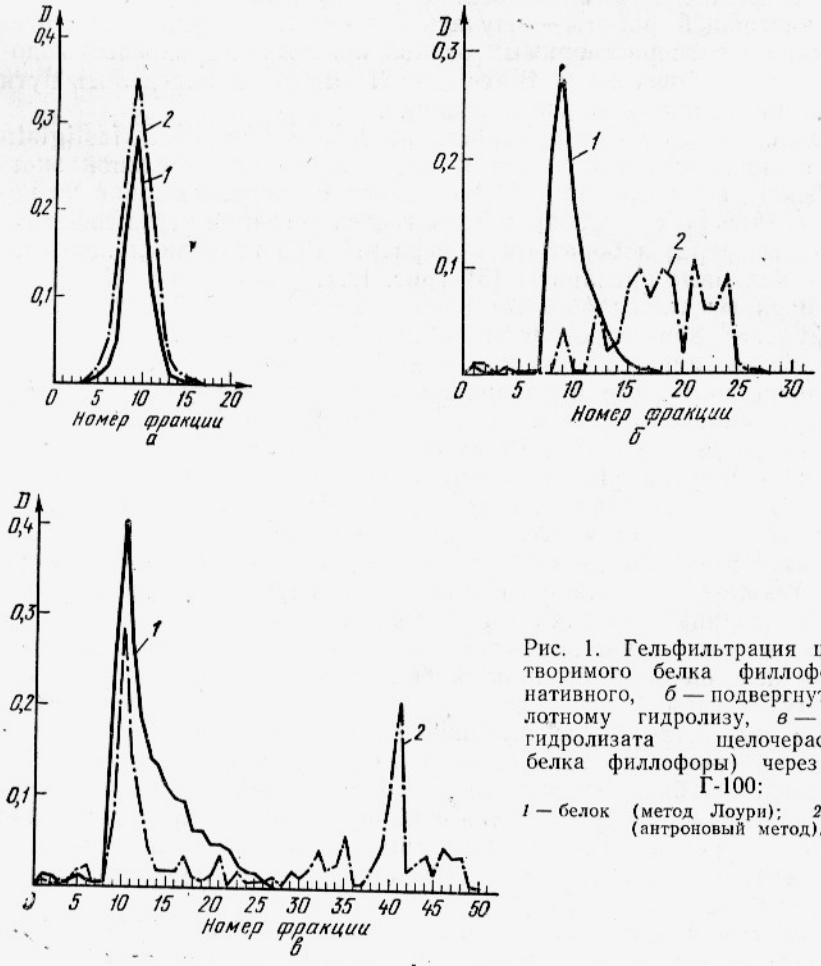


Рис. 1. Гельфильтрация щелочерастворимого белка филлофоры (*а* — нативного, *б* — подвергнутого кислотному гидролизу, *в* — щелочного гидролизата щелочерастворимого белка филлофоры) через сефадекс Г-100:

1 — белок (метод Лоури); *2* — углеводы (антроновый метод).

Таблица 2

Содержание углеводов в щелочерастворимых белках филлофоры и фурцеллярии (в г на 100 г белка)

Углеводы	Щелочерастворимый белок из	
	филлофоры	фурцеллярии
Галактоза	5,97	4,65
Глюкоза	1,44	6,50
Ксилоза	2,40	—

Удалить углеводы можно только в результате химического воздействия, например, кислотного гидролиза в присутствии 0,5 н. раствора соляной кислоты (см. рис. 1, *б*).

Оценивая характер кинетических кривых освобождения при мягком (рис. 3) кислотном гидролизе углеводов и некоторых аминокислот [10, 15], можно отметить различие щелочерастворимых белков филлофоры и фурцеллярии. Однако общим является то, что после полного освобождения углеводов в гидролизате отмечается резкое накопление отдельных аминокислот.

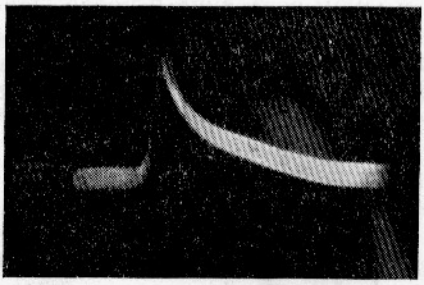


Рис. 2. Электрофорез щелочерастворимого белка филлофоры в боратном буфере pH 10,8, ионная сила 0,05 (прибор ЭМИБ для микрофореза).

В случае щелочерастворимого белка филлофоры такими аминокислотами являются аспарагиновая кислота, тирозин и лизин. Особо резкое появление аспарагиновой кислоты в гидролизате после удаления углеводов позволило (благодаря отсутствию аминосахаров) предположить наличие сложноэфирной связи [9] с углеводом с β-карбоксильной группой аспарагиновой кислоты.

В случае щелочерастворимого белка фурцеллярии при гидролизе с освобождением углеводов отмечается резкое накопление серина, тирозина и глютаминовой кислоты. Это дает основание предполагать существование нескольких типов связи углеводов с пептидной цепью белковой молекулы — с гидроксильной группой серина, либо с γ-карбоксильной группой глютаминовой кислоты с образованием сложноэфирной связи (*о*-ацилгликозидной).

Предполагаемые виды связи неустойчивы при щелочном гидролизе, который был нами использован по аналогии с исследованием других белковых систем [5, 11]. Используя гельфильтрацию через сефадекс Г-100, углеводы почти полностью отделяются при гидролизе в мягких условиях (0,05 н. раствор карбоната натрия, $t = 70°$ С) (см. рис. 1, *в*).

При рассмотрении ИК-спектров исследуемого белка филлофоры и его щелочного гидролизата (рис. 4, *а*) можно отметить почти полное исчезновение при гидролизе максимума поглощения при 1740 см$^{-1}$, что

говорит о разрушении сложноэфирной связи β-карбоксильной группы аспарагиновой кислоты [7]. Таким образом, исчезновение максимума поглощения при 1740 см$^{-1}$, появление в гидролизате сначала углеводов, а затем разрыв цепи и накопление свободной аспарагиновой кислоты, лабильность предполагаемой связи углевод — белок в щелочной среде дают основание полагать наличие в щелочерастворимом белке филлофоры связи углевод — белок по типу сложноэфирной (*о*-ацилглюкозидной).

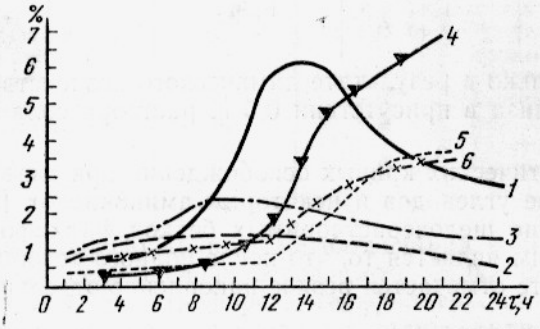


Рис. 3. Кинетические кривые освобождения углеводов и аминокислот при гидролизе щелочерастворимого белка филлофоры 0,5 н. раствором соляной кислоты:
1 — галактоза; *2* — глюкоза; *3* — арабиноза; *4* — аспарагиновая кислота; *5* — тирозин; *6* — лизин.

ИК-спектры щелочерастворимого белка фурцеллярии (рис. 4, *б*) в исходном состоянии и после щелочного гидролиза позволили отметить появление в гидролизате резко выраженных характеристических полос в области 880 см$^{-1}$, а также наличие валентных колебаний в области 1585—1680 см$^{-1}$. Это характерно для непредельных соединений, содер-

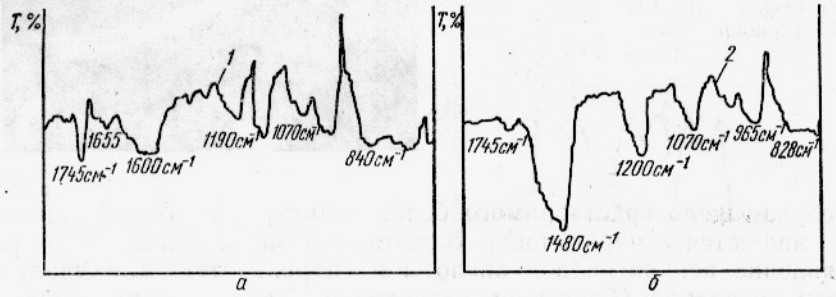


Рис. 4. ИК-спектры щелочерастворимого белка филлофоры (*а*) и фурцеллярии (*б*):
1 — нативного; *2* — подвергнутого щелочному гидролизу.

жащих двойную связь. Приведенные данные свидетельствуют об ином характере связи углевод — белок в щелочерастворимом белке фурцеллярии по сравнению с филлофорой [1].

Участие серина в связи с углеводами при щелочном гидролизе позволяет ожидать расщепления связи по механизму β-элиминирования с образованием моносахарида и аминоакриловой кислоты [5, 11]. Проведенное восстановление боргидридом натрия продуктов щелочного гидролиза щелочерастворимого белка фурцеллярии показало увеличение количества аланина от 5,04 до 6,75% и соответственно падение количества серина от 4,26 до 2,86%. Это дало основание полагать, что в щелочерастворимом белке фурцеллярии связь углевод — белок, видимо, осуществляется по типу *о*-гликозидной.

Полученные нами данные позволяют рассматривать главенствующие по количественному содержанию белки водорослей филлофоры и фурцеллярии как сложные белки — гликопротеины, характер возможной связи углевод — белок которых различен. Хотя обе возможные свя-

зи лабильны, однако они-то могут и создавать условия замедления и предотвращения процесса протеолиза этих белков [11, 16], что при непосредственном использовании как дополнительного источника белка может играть отрицательную роль.

При осуществлении протеолиза исследуемых белков глубина его оказалась незначительной, несмотря на применение протелина — мощного комплекса протеолитических ферментов типа проназы. Так, для щелочерастворимого белка филлофоры глубина протеолиза при действии протелина составила за 24 ч 10,6%. В то же время даже только частичное нарушение связи углевод — белок привело к большей глубине протеолиза, составившей 37,4%.

Эти данные дают основание полагать, что как и у других гликопротеинов, одной из функций простетической группировки в изучаемых щелочерастворимых белках красных водорослей является создание устойчивости, обеспечение малой доступности пептидной цепи по отношению к внешним воздействиям [16].

Таким образом, принадлежность основной группы белков красных водорослей к гликопротеинам дает возможность объяснить их малую эффективность при использовании для пищевых либо кормовых целей. В то же время повышение доступности пептидной цепи при удалении простетической группировки позволяет обосновать возможные пути использования белков водорослей.

Основываясь на приведенных данных, следует полагать, что необходимо нарушить связь углевод — белок для повышения усвояемости белка водорослей. Исходя из особенностей строения белков филлофоры и фурцеллярии, мы предложили два основных пути повышения эффективности их использования: щелочная обработка 0,05 н. раствором гидроксида кальция при $t = 100°$ С в течение 3 ч, что позволяет увеличить глубину протеолиза протелином от 13,4 до 48,2%; глубокая деструкция белковых веществ до аминокислот и пептидов, выделение которых возможно в виде растворимого водорослевого препарата.

Подобный процесс может быть осуществлен при катализирующем действии щелочей и кислот, последние, по нашему мнению, более перспективны, так как сохраняют аминокислоты в их природной L-форме, позволяют избежать значительные потери аминокислот за счет меланоидинообразования. Из-за низкого pH [18] и для осуществления кислотного гидролиза можно использовать серийное отечественное оборудование.

Нами была разработана и апробирована технологическая схема получения водорослевого аминокислотного препарата. Разработанный метод позволяет использовать для получения водорослевого аминокислотного препарата в качестве исходного сырья не только водоросли, но и отходы промышленной переработки красных агароносных водорослей, обеспечивая комплексное использование сырья. Разработанная технология после ее апробации на гидролизных заводах была одобрена. Эта технология состоит из следующих, последовательно осуществляемых процессов [18—22].

1. **Гидролиз**, осуществляемый в две стадии:

Первая стадия — предгидролиз, который проводят при $t = 100°$ С в течение 2 ч при катализаторе 2 н. раствора минеральной кислоты. Эта стадия технологического процесса позволяет нарушить связь углевод — белок (см. рис. 3). Одновременно при этом происходит гидролиз полисахаридов и образуемые моно- и олигосахариды переходят в раствор (предгидролизат) и могут быть затем удалены. Это уменьшает возможность их последующего нежелательного взаимодействия с аминокислотами.

Вторая стадия — гидролиз остатка после предгидролиза, который проводят при $t = 140°$ С в течение 2 ч при катализаторе 1 н. раствора серной кислоты.

II. **Нейтрализация** и осаждение гидролизата, как показали проведенные опыты [18], осуществляется оксидом кальция до pH 5,0.

III. **Сушка** осажденного нейтрализата проводится на распылительной сушилке. Оптимальные режимы сушки: температура теплоносителя 200° С на входе в сушильную камеру и 90° С — при выходе из нее, скорость подачи нейтрализата 2 м³/ч.

Таким образом, разработанная технология позволяет комплексно использовать природное сырье; из одной и той же водоросли получают вначале агаропродукт (агароид, фурцелларан), а из образующихся отходов — водорослевый аминокислотный препарат.

На основании результатов апробации технологии в производственных условиях Южгипробиосинтез и ВНИИ гидролиз растительных материалов рассчитали, что себестоимость составляет 26,5—28,2 коп. за 1 кг.

Таблица 3

Характеристика препаратов, полученных из отходов переработки филлофоры и фурцеллярии (в % к сухому веществу препарата)

Показатели	Препараты, полученные из отходов промышленной переработки	
	филлофоры	фурцеллярии
Общий азот	9,30	8,0
Аминокислоты		
свободные	17,4	15,7
связанные	38,3	44,6
РВ	1,4	6,2
Зола	18,7	16,7
Йод	0,7	0,1

Таблица 4

Содержание аминокислот в водорослевых аминокислотных препаратах, полученных из отходов промышленной переработки филлофоры и фурцеллярии (в г на 100 г препарата)

Аминокислоты	Препараты, полученные из отходов переработки	
	филлофоры	фурцеллярии
Цистин	5,7	7,5
Лизин	4,8	3,7
Аргинин	5,2	5,1
Аспарагиновая кислота	4,9	4,1
Серин	1,8	2,2
Глицин	4,3	3,9
Глютаминовая кислота	4,5	5,8
Треонин	2,2	3,6
Аланин	8,0	9,3
Тирозин	3,5	4,4
α-Аминомасляная кислота	0,6	0,3
Метионин	1,3	1,8
Валин	3,2	3,5
Фенилаланин	2,6	1,3
Лейцин + изолейцин	4,5	5,2

Состав препаратов, полученных в производственных условиях из отходов переработки филлофоры и фурцеллярии, представлен в табл. 3 и 4.

Полученный водорослевый аминокислотный препарат оказался эффективной добавкой в корм молодняка крупного рогатого скота, подсвинков и прудовой рыбы [19, 21]. Добавление препарата в корм прудовой рыбы [21, 22] способствовало повышению выживаемости сеголетков карпа на 16,5% и повышению рыбопродуктивности товарного карпа на 31,4%.

Выводы

1. Исследованы особенности строения белков красных агароносных водорослей филлофоры и фурцеллярии, их принадлежность к гликопротеинам.

2. На базе этого исследования разработана технология использования ценных белковых веществ красных агароносных водорослей для нужд человека.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белки водорослей и возможные пути их использования. Растительные белки и их биосинтез. М., «Наука», 1975. 167 с. Авт.: Е. И. Медведева, С. В. Красильникова, К. А. Панченко, Е. Б. Петренко, Л. И. Бойко.

2. Биологическая характеристика водорослевых аминокислотных препаратов, полученных при комплексной переработке агароносов.— Сборник докладов Всесоюзного совещания по морской альгологии — макрофитобентосу. М., 1974. 14 с. Авт.: Л. И. Бойко, К. А. Панченко, Е. Б. Петренко, С. В. Красильникова, Т. А. Качан, Е. И. Медведева.

3. Блэк У. А. Водоросли. Растительные белковые корма. М., «Колос», 1965. 546 с.

4. Влияние препарата, полученного из водоросли (филлофора), на привесы и состав крови телят.— «Животноводство», 1972, № 3. 82 с. Авт.: Н. И. Каранфилов, Р. О. Файтельберг, Г. П. Ткаченко, Е. И. Медведева, К. А. Панченко, Е. Б. Петренко, Г. Д. Лукина, Л. И. Бойко, Е. Ф. Селич.

5. Деревицкая В. А., Кара-Мурза С. Г., Кочетков Н. К. Структура групповых веществ крови.— «ДАН СССР», 1965, т. 163, № 3. 650 с.

6. Каверзнева Е. Д., Шмакова Ф. В. Гликопептиды в пепсиновых гидролизатах яичного альбумина.— «Биохимия», 1958, т. 23, вып. 5. 795 с.

7. Кочетков Н. К., Деревицкая В. А., Кара-Мурза С. Г. Расщепление пептидной цепи групповых веществ крови по оксиаминокислотным звеньям.— «Химия природных соединений», 1966, вып. 4. 271 с.

8. Красильникова С. В., Медведева Е. И. О некоторых особенностях щелочерастворимого белка водоросли Furcellaria fastigiata.— «Химия природных соединений», 1975, вып. 3. 400 с.

9. Медведева Е. И., Каганович Е. Б. О характере глобулина водоросли Phyllophora nervosa. — «Химия природных соединений», 1970, вып. 3. 351 с.

10. Наканиси К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений. М., «Мир», 1965.

11. Нестерова Г. А., Каверзнева Е. Д., Михайлов А. Н. Действие некоторых протеаз на неколлагеновые компоненты кожного покрова животных.— «Прикладная биохимия и микробиология», 1970, т. 6, вып. 4. 430 с.

12. Об условиях сушки аминокислот.— «Гидролизная и лесохимическая промышленность», 1969, вып. 8, 21 с. Авт.: Е. И. Медведева, Б. М. Бобовников, Ю. П. Шилов, А. Т. Дружинина, С. В. Красильникова, К. А. Панченко, Е. Б. Петренко, Г. Д. Лукина.

13. О добавлении препарата аминокислот и пептидов в кормовую смесь.— «Рыбное хозяйство», 1971, № 5, 16 с. Авт.: В. С. Просяный, Л. Н. Швец, Ю. А. Желтов, Е. И. Медведева, С. В. Красильникова, Е. Б. Петренко.

14. Рассулин Ю. А., Каверзнева Е. Д. Характеристика комплекса протеолитических ферментов Streptomyces grisen.— «Биохимия», 1968, т. 33, вып. 4, 857 с.

15. Строение и некоторые свойства водоросли филлофоры.— «Биохимия», 1973, т. 38. Авт.: Е. И. Медведева, Г. Д. Лукина, Е. Ф. Селиг, И. Г. Божко.

16. Сушка аминокислот в присутствии углеводов.— «Гидролизная и лесохимическая промышленность», 1974, вып. 4, 24 с. Авт.: Е. И. Медведева, К. А. Панченко, Е. Б. Петренко, Л. И. Бойко, Ю. И. Шинов, В. И. Форсов, Ю. П. Щедрин, Л. И. Дудник, Г. Ф. Рыбальченко.

17. Фрезер Р. Инфракрасная спектроскопия.— В кн.: Аналитические методы белковой химии, М., 1963, 329 с.
18. Medvedeva, E. J., S. V. Krasilnikova, K. A. Panchenko. Procede d'obtention de produit riche an amionacids parter d'algues et de dechets resultant du traitement cellesci. Patent. France, 1968, N 155586.
19. Medvedeva, E. I., S. V. Krasilnikova, K. A. Panchenko. Method of producing of amino acid preparation from algae. Patent England 1969, No. 1166969.
20. Medvedeva, E. I., E. F. Selich, G. D. Lukina. Abstracts of communication presented at the Seventh Meeting of the Federation. Varna. 1971, No. 566. 218 p.
21. Medvedeva, E. I., S. V. Krasilnikova, K. A. Panchenko. Method of producing an amino acid preparation from algae and wastes from processing. Patent. Australia 1972, No. 420010.
22. Medvedeva, E. I., S. V. Krasilnikova, K. A. Panchenko. Fremgangs mate til fremstilling av et aminosyrepreparat fra algae eller avfall av alger. Patent. Norge 1973, No. 127599.

Peculiarities of algal glycoproteins and ways of using them

E. I. Medvedeva, C. V. Krasilnikova,
K. A. Panchenko, E. B. Petrenko, L. I. Boiko

SUMMARY

Using the modern methods of purification and investigations some peculiarities of the structure and composition of proteins in Phyllophora and Furcellaria are studied. It is shown that alkaline soluble proteins in the algae contain carbohydrates. Proceeding from the results of mild acid and alkaline hydrolysis, infrared spectroscopy, gel-filtration, methylating and periodate oxidation it is concluded that carbon and protein are chemically bound and the carbohydrate group is rather heavily branched in proteins from Phyllophora in particular. In order to use valuable proteins from Phyllophora and Furcellaria a method of making preparation of algal amino acids is suggested.

Том CXXIV | Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) | 1977

УДК 582.26.419.2

ХИМИЯ МОРСКИХ ТРАВ

М. С. Дудкин, Г. Д. Лукина, И. В. Арешидзе

Из морских трав наибольшее промышленное значение имеет зостера [1, 3, 4, 5, 10], которую применяют в качестве упаковочного материала.

Среди морских трав наиболее изучена зостера [1—5, 7, 8, 12, 15], менее — руппия, рдест [14].

Цель настоящей работы — изучить химический состав и основные биополимеры морских трав: зостеры морской (Zostera marina L.), собранной в Каркинитском заливе Черного моря, руппии спиральной (Ruppia spiralis L.) и рдеста гребенчатого (Potamogeton pectipatus L.), заготовленных на восточном берегу Григорьевского лимана на глубине 1—1,5 м.

Состав изученных морских трав приведен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав морских трав (в % на сухое вещество)

Травы	Зола	ЛГЛ	ТГЛ	Сырой протеин	Витамины		
					B_1	B_2	каротин
Зостера морская	19,20	22,30	27	11,31	1,13	0,22	0,63
Руппия спиральная	16,78	24,60	27	11,94	0,30	0,11	0,27
Рдест гребенчатый	13,90	23,00	23	14,00	1,26	0,75	0,20

Примечание: ЛГЛ и ТГЛ—легко- и трудногидролизуемые углеводы.

В состав зольных веществ входит большой набор макро- и микроэлементов, такие, как кальций, натрий (до 1%), железо — до 0,003% и др. Азотсодержащие биополимеры морских трав практически не исследованы. Азот представлен белковыми веществами (10,27—16,75%), но основная часть азота приходится на небелковые формы (15,62—24,30%) и труднорастворимый азот остатка (52,20—56,54%).

Фракционный состав белковых веществ приведен в табл. 2.

Содержание фракций азотистых веществ различно. Для зостеры характерно присутствие большого количества водорастворимых белков (альбуминов), для руппии и рдеста количество белков примерно одинаково. Для руппии характерно преобладание щелочерастворимых фракций.

Значительное количество альбуминов — наиболее усвояемых белков — свидетельствует о значительной кормовой ценности этой части сырья. Белковые вещества морских трав легко гидролизуются кислотами.

Таблица 2

Распределение азотистых фракций в морских травах

Трава	Азот				
	водорастворимый	солерастворимый	спирторастворимый	щелочерастворимый	труднорастворимый
Зостера морская	0,44 / 24,3	0 24 / 13,25	0,10 / 5,52	0,24 / 13,25	1,00 / 55,2
Руппия спиральная	0,32 / 16,75	0,22 / 11,51	0,09 / 4,71	0,36 / 18,85	1,08 / 56,5
Рдест гребенчатый	0,30 / 13,39	0,22 / 10,0	0,08 / 3,69	0,30 / 13,39	1,02 / 50,0

Примечание. В числителе — в % к сухому веществу, в знаменателе — в % к общему азоту.

Гидролизаты азотистых веществ морских трав полноценны по аминокислотному составу. Содержание незаменимых аминокислот составляет 51—54%.

Полноценность белковых веществ определяется составом аминокислот и характером атакуемости под действием протеолитических ферментов. Ферментативный гидролиз проводили по методике Покровского и Ертанова [13] последовательным действием пепсина и трипсина.

Общей особенностью морских трав является преобладание в составе углеводсодержащих компонентов (50%). Зостера морская, произрастающая в Черном море, содержит кислый гетерополисахарид, строение и свойства которого подобны зостерину, выделенному Ю. С. Оводовым [15] из зостеры тихоокеанской. Другие полисахариды морских трав почти не изучены. Их исследование представляет интерес для выяснения биогенеза и определения путей использования морских трав.

Состав полисахаридов определяли методом последовательного экстрагирования отдельных компонентов (см. схему). Экстракцию проводили при постоянном перемешивании до отрицательной реакции по антрону. В каждом экстракте определяли содержание сухих веществ и полисахаридов. Путем гидролиза компонентов фракции и хроматографического анализа устанавливали молярные соотношения моносахаридов в гидролизатах.

Полисахаридные фракции каждого из экстрактов подвергали гельфильтрации на сефадексе. Хроматографирование проводили на аналитических колонках с сефадексами марки g-75 и g-100.

Характер и число пиков при использовании различных марок сефадексов были одинаковы, но наиболее четкое разделение наблюдалось на колонках с сефадексом g-100. Результаты фракционирования стеблей рдеста гребенчатого приведены в табл. 3, 4.

Значительные количества полисахаридов приходятся на долю фракции, выделенной раствором подкисленного оксалата аммония. Высокое содержание уроновых кислот в гидролизате фракции позволяет предположить наличие в ней кислых полисахаридов пектиноподобного характера.

Гельфильтрация экстрактов показала содержание не менее трех фракций с различной молекулярной массой. Это закономерно, так как пектиновым веществам сопутствуют галактаны, арабаны.

При гидролизе отдельных пектиновых фракций, препаративно выделенных на колонках с сефадексом, выделена нейтральная фракция, содержащая только арабинозу и галактозу.

Схема фракционирования полисахаридов стеблей рдеста гребенчатого

Таблица 3

Содержание сухих веществ в выделенных фракциях

Фракция	Масса фракции, г	Содержание фракции, %
Экстракция		
смесью спирта + бензол (1 : 1)	7,65	24,76
горячей водой t=90°C	0,83	2,70
подкисленным оксалатом аммония	3,74	12,11
холодным 5%-ным KOH	1,75	5,53
Остаток после экстракции	16,70	54,00

Таблица 4

Содержание полисахарида и молярные соотношения моносахаридов, полученные при гидролизе фракции

Экстракт	Содержание полисахарида в сырье, %	Моносахаридный состав гидролизатов фракций (молярные соотношения)						
		уроновые кислоты	галактоза	глюкоза	арабиноза	ксилоза	рамноза	рибоза
Вода	2,70	1,79	1,96	8,17	2,12	1,80	1,00	1,51
Оксалат аммония	12,11	8,91	2,00	1,83	1,00	2,18	2,41	—
Водный раствор 5%-ного KOH	5,53	1,0	Следы	1,13	1,44	2,71	—	—

Данные по моносахаридному составу отдельных пиков пектиновой фракции стеблей рдеста представлены в табл. 5.

Таблица 5

Моносахаридный состав пектиновых фракций, %

Фракция	Молярные соотношения сахаров				
	уроновые кислоты	галактоза	глюкоза	арабиноза	ксилоза
I	1,67	1,2	1,55	—	—
II	Следы	1,30	—	1,00	—
III	1,20	1,0	1,3	—	1,3

Хроматография водорастворимого полисахарида на сефадексе характеризует его гетерогенную природу (см. рисунок).

Данные по моносахаридному составу отдельных пиков приведены в табл. 6.

Таблица 6

Моносахаридный состав фракций, выделенных при гельфильтрации водорастворимого полисахарида, %

Фракции	Молярные соотношения сахаров						
	уроновые кислоты	галактоза	глюкоза	арабиноза	ксилоза	рибоза	рамноза
I	1,79	1,86	7,6	1,1	1,0	1,50	1,00
II	1,80	1,90	6,5	1,65	1,35	1,30	1,00
III	1,60	1,90	6,43	1,5	1,00	1,32	0,9

Данные гельфильтрации и гидролиза водной фракции свидетельствуют о наличии фракций, близких по составу, но отличающихся по молекулярным массам.

Большое содержание глюкозы в водорастворимом полисахариде и его фракциях позволило предположить наличие крахмала. С этой целью водный полисахарид подвергли амилолизу [9]. В исследуемом полисахариде определяли молярное соотношение моносахаридов до и после амилолиза (табл. 7).

Таблица 7

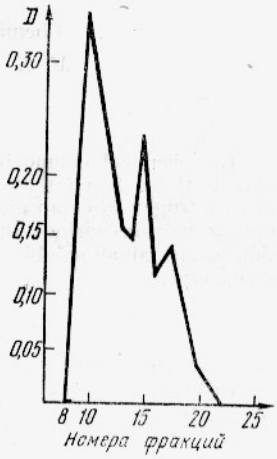
Моносахаридный состав водного полисахарида, подвергнутого амилолизу, %

Моносахара и кислоты	До амилолиза	После амилолиза
Галактоза	1,96	1,87
Глюкоза	8,17	4,00
Арабиноза	2,12	2,00
Ксилоза	1,80	1,70
Рибоза	1,51	1,28
Рамноза	1,00	1,00
Уроновые кислоты	1,70	1,80

На основании моносахаридного состава полисахарида и результатов амилолиза (глюкоза уменьшается на 50%), положительной качественной реакции с йодом, можно предположить, что в состав водорастворимых полисахаридов стеблей рдеста входит либо крахмал, либо крахмалоподобные продукты, хотя по данным Р. Г. Оводовой [15] в морских травах крахмал отсутствует.

В экстракте после амилолиза была обнаружена мальтоза.

Экстракцией 5%-ного КОН при комнатной температуре с последующим осаждением спиртом и диализом был получен щелочерастворимый полисахарид типа ксилана, гидролиз которого с последующей хроматографией показал наличие в нем уроновых кислот, ксилозы, галактозы, глюкозы и арабинозы в отношении 1 : 2, 71 : следы, 173 : 1,44 соответственно.



Гельфильтрация водорастворимого полисахарида.

Выводы

1. Морские травы являются углеводсодержащим сырьем. Полисахариды зостеры представлены в основном кислым гетерополисахаридом — зостерином, структурным полисахаридом глюканом, аналогичным по строению клетчатке наземных растений.

Для рдеста гребенчатого характерно наличие пектиновых веществ, крахмалоподобного полисахарида и гемицеллюлоз типа ксилана.

2. Азотистые вещества морских трав представлены в основном труднорастворимыми формами. Белковые вещества полноценны по аминокислотному составу и характеризуются сравнительно низкой атакуемостью протеолитическими ферментами.

3. Химический состав и характер основных биополимеров морских трав показали, что они могут быть использованы в качестве корма.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградова Л. Г., Киреева М. С., Мартинсен Г. В. Нерыбные ресурсы океана.— В кн.: Биологические ресурсы водоемов и пути их реконструкции и использования. М., 1966, с. 3—9.

2. Калугина-Гутник А. А. Использование гидробиологических ресурсов Черного моря на корм сельскохозяйственным животным. Тезисы докладов и сообщений научно-экономической конференции «Растительные ресурсы Черного моря и перспективы их использования в сельском хозяйстве», Одесса, 1968, с. 24.

3. Кизеветтер И. В. Промысел и обработка морских растений в Приморье. Владивосток, 1966. 85 с.

4. Кизеветтер И. В., Грюнер В. С., Евтушенко В. А. Переработка морских водорослей и других промысловых водных растений. Владивосток, Приморское книжное издательство, 1967. 373 с.

5. Киреева М. С. Состояние запасов морских водорослей и высшей растительности и их размещение в морях Советского Союза.— «Труды Всесоюзного совещания работников водорослевой промышленности», 1962, т. I. 215 с.

6. Кордюкова Е. А., Кизеветтер И. В. Морские травы Дальнего Востока. Владивосток, Приморское книжное издательство, 1953.

7. Куликова Н. М., Иванова И. К. Анатомоморфологическая характеристика Zostera marina из Севастопольской бухты.— «Биология моря», 1972, вып. 26, с. 133—143.

8. Куликова Н. М. Рост зостеры в районе Севастополя.—«Экологоморфологические исследования». Киев, «Наукова думка», 1970, с. 168—185.

9. Кожина И. С., Маматова Г. З. Исследование полисахаридов из стеблей Alcea Hyrcona.—«Химия природных соединений», 1970, № 4, с. 397.

10. Морозова-Водяницкая Н. Донная растительность Черного моря и ее промысловое значение. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1936.

11. Мирошников В. И. Зостера как промышленное сырье.— «Прикладная химия», 1940, т. XIII, с. 14.

12. Оводова Р. Г. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата химических наук, 30 с.

13. Покровский А. А., Ертанов И. Д. Атакуемость белков пищевых продуктов протеолитическими ферментами in vitro.— «Вопросы питания», 1965, № 3, с. 38—44.

14. Погребняк И. И., Еременко Т. И. Об использовании макроскопических водорослей и водных растений лиманов Северо-Западного Причерноморья. Тезисы докладов и сообщений научно-экономической конференции. Одесса, 1968, с. 14.

15. Ovodov, Yu. S., Ovodova, R. G., Bondarenko, Krasikova, I. N. The pectic substances of Zosteracea. Part IV, V, Pectinase digestion of zosterine. Carbohyd. Res. 18, 1971, p. 311—322.

Chemical composition of marine flowering plants

M. S. Dudkin, G. D. Lukina, I. V. Areshidze

SUMMARY

The chemical composition of certein flowering plants from the Black Sea is investigated. It is shown that they are rich in easily- and difficultly-hydrolyzed polysaccharides, nitrogen substances, vitamins, valuable micro- and macroelements. The fractionation of polysaccharides indicates that marine flowering plants contain a lot of pectin compounds: alkali-soluble substances of a xylan type and water-soluble substances of a *starch type.*

Том CXXIV | Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) | 1977

УДК 582.26—119.2

ИССЛЕДОВАНИЕ СТУДНЕОБРАЗОВАНИЯ СИСТЕМ С НЕКОТОРЫМИ ПОЛИСАХАРИДАМИ КРАСНЫХ МОРСКИХ ВОДОРОСЛЕЙ

И. П. Бабин

В работе было исследовано студнеобразование систем с природными биополимерами: фурцелларан, добываемым из водоросли Furcellaria fastigiata, и агароидом, добываемым из водоросли Phyllophora nervosa.

Рядом работ по выяснению первичной структуры полисахаридов красных морских водорослей [1—4] было показано, что схематично их можно рассматривать как сополимеры с чередующейся структурой типа $(-A-B)_n$

$$\ldots A\beta 1 \rightarrow 4B\alpha 1 \rightarrow 3A\beta 1 \rightarrow 4B\alpha 1 \rightarrow 3 \ldots,$$

где A — остаток 3,6-ангидро-α-D-галактозы;
B — остаток β-D-галактозы-4-сульфат.

В природных полимерах остаток A может находиться также в различных количествах в виде α-D-галактозы-6-сульфата и 2,6-дисульфата.

Исследованиями Риса [5] было показано, что макромолекулы каррагинана при охлаждении и застудневании растворов этого полисахарида образуют биспиральные структуры, подобные биспиралям ДНК.

На основании проведенных исследований Рисом была предложена схематичная модель процесса студнеобразования для систем с каррагинаном, а также высказано предложение об общности механизма студнеобразования для всего класса полисахаридов красных морских водорослей [6].

В наших исследованиях использовались промышленные образцы фурцелларана и агароида, а также катионозамещенные препараты фурцелларана, полученные в лаборатории.

Изучение конформационного состояния и конформационных превращений макромолекул полисахаридов проводилось поляриметрическим методом на спектрополяриметре «Perkin-Elmer-141» при длине волны света 589 нм.

Закономерности структурообразования в водных системах изученных полисахаридов исследовали методом светорассеяния. Измеряли на ФПС-2М относительную интенсивность рассеянного света при неполяризованном падающем луче с длиной волны 436 π нм.

Размер частиц дисперсной фазы в водных системах полисахаридов определяли методом «спектра мутности» на спектрофотоколориметре «Specord». Возникновение и развитие трехмерной сетки студня оценивалось по условно-мгновенному модулю упругости E_1 на приборе типа вискозиметров Шведова и Воларовича.

Сложность процессов образования студней фурцелларана и агароида и структурные организации этих систем ярко проявляются при изучении зависимости процессов структурообразования от температуры (рис. 1 и 2). С понижением температуры в системах одновременно увеличиваются удельное оптическое вращение, светорассеяние, условно-мгновенный модуль упругости.

При понижении температуры систем с фурцелларaном и агароидом аномально увеличивается оптическое вращение систем, что, по-видимому, свидетельствует о конформационных изменениях макромолекул полисахаридов — переходе макромолекул в более упорядоченную спиральную конформацию.

Понижение температуры систем приводит также к резкому увеличению интенсивности светорассеяния систем, что свидетельствует о выделении лиофильной фазы из пересыщенных растворов полисахаридов. Выделившаяся фаза является элементом структуры студня. При дальнейшем увеличении числа частиц выделившейся фазы и взаимодейст-

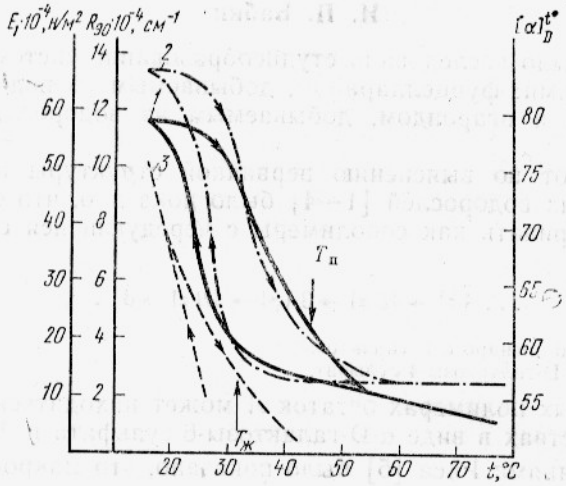


Рис. 1. Зависимость удельного оптического вращения (*1*), интенсивности светорассеяния (*2*) и условно-мгновенного модуля упругости (*3*) систем с калий-фурцелларaном (концентрация 1 г на 100 мл) от температуры.

$T_п$ и $T_ж$ — соответственно температуры плавления и желирования студней.

вии между агрегатами макромолекул образуется пространственная структура студня. Контакты между частицами фазы могут осуществляться за счет образования водородных связей, хотя и не исключается возможность образования других типов связей. Средний размер рассеивающих центров в студнях фурцелларана, определенный с помощью «спектра мутности», равнялся 618 Å, а для агароида — 680 Å.

При температуре 30° С на кривой охлаждения системы с калий-фурцелларaном и при температуре 48° С на кривой нагревания (см. рис. 1) условно-мгновенный модуль упругости системы не регистрировался нашим прибором, т. е. в системе практически не было прочной пространственной структуры студня, однако по кривой 2 видно, что в растворе существуют агрегаты и макромолекулы полисахарида частично спирализованы (кривая 1). Это свидетельствует о взаимодействии между частицами новой фазы и о возникающем образовании прочных структур студней. Аналогичное явление наблюдается и для агароида (см. рис. 2).

На процесс структурообразования в системах с исследованными полисахаридами большое влияние оказывает природа катиона, присо-

единенного к серусодержащим группам полисахаридов. В наших исследованиях на примере фурцелларана было показано, что из различных катионозамещенных препаратов полисахаридов красных морских водорослей можно получать студнеобразователи с заданными структурно-механическими свойствами.

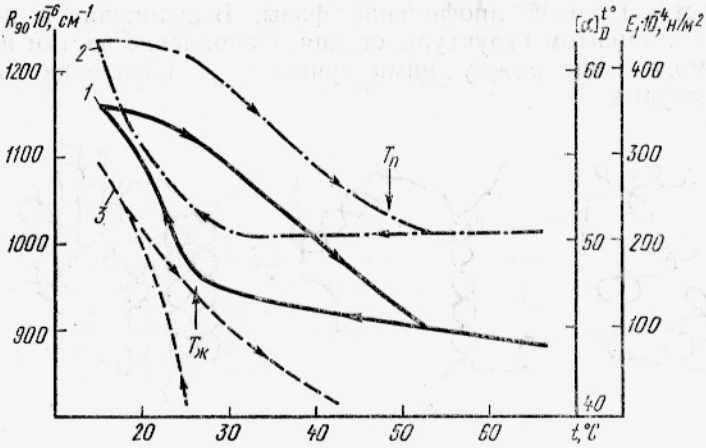


Рис. 2. Зависимость удельного оптического вращения (*1*), интенсивности светорассеяния (*2*) и условно-мгновенного модуля упругости (*3*) систем с агароидом (концентрация 1 г на 100 мл) от температуры.

Что касается влияния солей на процесс структурообразования в системах фурцелларан и агароид, то можно предположить, что повышение концентрации исследованных электролитов (KCl и NaCl) приводит к смещению температуры начала конформационного перехода макромолекул полисахаридов (типа клубок — спираль) в область более высоких температур (рис. 3), увеличению скорости образования спиральных структур (большей кооперативности процесса перехода клубок — спираль). В случае добавок высаливающих концентраций электролитов внутренние напряжения, возникающие при образовании студней, не успевают отрелаксировать и этим способствуют нарушению непрерывности новой лиофильной фазы. При влиянии этих напряжений происходит разрушение элементов новой фазы, выраженное в частичном ослаблении прочности студней или в их синерезисе.

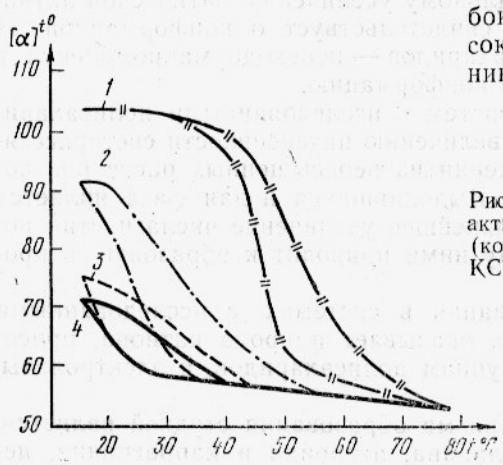


Рис. 3. Зависимость удельной оптической активности водных систем фурцелларана (концентрация 1 г на 100 мл) с добавкой KCl различной концентрации от температуры.

Концентрации KCl:

1 — 0,1 н., *2* — 0,01 н., *3* — 0,001 н., *4* — 0.

На основании проведенного исследования процессов структурообразования в системах с фурцелларaном и агароидом можно предполо-

жить следующий механизм образования студней этих полисахаридов (рис. 4), т. е. при охлаждении до соответствующих температур в растворах полисахаридов происходит конформационный переход макромолекул типа клубок — спираль (см. рис. 4), в результате которого макромолекулы полисахаридов частично теряют растворимость. В пересыщенных растворах полисахаридов появляются агрегаты макромолекул — частицы новой лиофильной фазы. Выделившаяся новая фаза является элементом структуры студня. Накопление частиц новой фазы и взаимодействие между ними приводит к появлению объемной структуры студня.

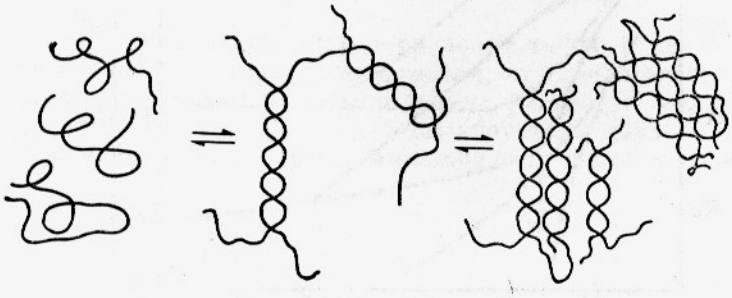


Рис. 4. Схема механизма образования студней полисахаридов.

Предложенная схема механизма образования студней является, по-видимому, общей для фурцелларана, агароида и каррагинана, несмотря на то, что эти полисахариды имеют некоторые различия в химическом строении.

Выводы

1. Охлаждение растворов фурцелларана и агароида до определенных температур приводит к аномальному увеличению оптической активности систем, что, по-видимому, свидетельствует о конформационных изменениях макромолекул полисахаридов — переходе макромолекул в более упорядоченную спиральную конформацию.

2. Понижение температуры систем с исследованными полисахаридами приводит также к резкому увеличению интенсивности светорассеяния, что свидетельствует о выделении из пересыщенных растворов полисахаридов частиц новой фазы. Выделившаяся новая фаза является элементом структуры студня. Дальнейшее увеличение числа частиц новой фазы и взаимодействие между ними приводит к образованию пространственной структуры студня.

3. На процесс студнеобразования в системах с исследованными полисахаридами большое влияние оказывает природа катиона, присоединенного к серусодержащим группам полисахаридов, и электролиты, присутствующие в системах.

4. Предложенная схема механизма образования студней является, по-видимому, общей для фурцелларана, агароида и каррагинана, несмотря на то, что эти полисахариды имеют некоторые различия в химическом строении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козарез Е. И., Дудкин М. С. Галактан черноморской водоросли Phyllophora nervosa.— В кн.: Химия древесины, Рига, 1971. 59 с.

2. Anderson, N. S., T. C. S. Dolan, D. A. Rees. Evidence for a common structural pattern in the polysaccharide sulphates of the Rhodophyceae. Nature, 205, 1965. 1060 p.

3. Painter, T. J. The location of the sulphate half-ester groups in furcellaran and κ-carrageenan. Proc. of Fifth International Seaweed Symp. 1966, 305 p.
4. Percival, E. E. Chemistry of agaroids, carrageenans and furcellarans. J. Sci. of Food and Agriculature, 1972, 23, p. 933—940.
5. Rees, D. A. Structure, conformation and mechanism in formation of polysaccharide gels and networks. Advance Carbohyd. Chemistry Biochemistry, 1969, 24, 267 p.
6. Rees, D. A. Shapely polysaccharides. Eight Colworth Medal Lecture. Biochem. J. 1972, 126(2), 257 p.

Investigations of gel-formation of some polysaccharides from marine red algae

I. P. Babin

SUMMARY

The gel-formation process of polysaccharides (furcellaran and agaroid) from marine red algae is studied using the methods of optical dispersion, changes in the optical activity and structural-mechanical characteristics of gels obtained. It is ascertained that despite differences in the chemical structure the gel-formation process proceeds according to the general scheme and is followed with the conformation transition of macromolecules of polysaccharides of a clew-spiral type and aggregation in complexes. The melting process of gels is accomplished with the reverse phenomena.

Том CXXIV | Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) | 1977

УДК 582.26—119.2

К РАЗРАБОТКЕ МЕТОДА КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТУДНЕОБРАЗУЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА В АГАРОИДЕ

Ю. Г. Воронова, А. И. Усов, Н. И. Рехина

Цель данной работы — поиск метода количественного определения полисахарида студнеобразователя в растворах, основанного на химических свойствах этого вещества.

Студнеобразующие свойства агаров обусловлены главным образом содержащейся в них фракцией нейтрального полисахарида агарозы [11], в то время как в каррагинанах эти свойства связаны в основном с наличием æ-компонента — сульфатированного галактана, построенного из остатков 4-сульфата каррабиозы. Имеющиеся сведения о структуре главного компонента агароида позволяют отнести его к полисахаридам группы каррагинанов. Об этом свидетельствуют способность агароида давать гель в присутствии калийных солей, достаточно высокое содержание в нем сульфатных групп и, главное, тот факт, что входящая в его состав 3,6-ангидрогалактоза относится к D-ряду [4, 5, 7, 10].

Исходя из этого, мы предприняли фракционирование агароида двумя способами: осаждением хлористым калием (метод, специфичный для каррагинанов) и осаждением хлористым цетилпиридинием или цетавлоном (метод, позволяющий отделить сульфатированные полисахариды от нейтральных примесей) и изучили студнеобразующие свойства полученных фракций.

Осаждение производили из 1%-ных растворов агароида, предварительно очищенных диализом от низкомолекулярных веществ. Хлористый калий в виде 20%-ного раствора прибавляли до конечной концентрации (4%), студнеобразующий осадок æ-компонент отделяли центрифугированием, переводили в Na-соль диализом против NaCl, затем диализовали против воды и лиофилизовали. Маточный раствор после отделения студня, содержащий растворимый λ-компонент, также диализовали против воды и лиофилизовали (опыт 1). Цетавлон прибавляли в виде 10%-ного водного раствора при энергичном перемешивании до полного осаждения кислых полисахаридов.

Осадок отделяли, промывали водой и спиртом и переводили в Na-соль встряхиванием с насыщенным спиртовым раствором NaJ, растворяли в воде, диализовали и лиофилизовали. Маточный раствор после отделения осадка цетавлоновых солей, содержащий нейтральные полисахариды, также диализовали и лиофилизовали (опыт 2). Полученные в опытах 1 и 2 фракции агароида характеризовали по содержанию сульфата и по студнеобразующей способности 2,5%-ных растворов полисахарида, содержащих 70% сахара.

Сульфат определяли после кислотного гидролиза турбидиметрическим методом, измеряя оптическую плотность суспензии сульфата бария, стабилизированного желатиновым раствором [8]. Прочность студней определяли на приборе Валента по методике. Выходы фракций и полученные аналитические характеристики приведены в табл. 1.

Таблица 1

Фракционирование раствора агароида хлористым калием (опыт 1) и цетавлоном (опыт 2)

Номер опыта	Фракция агароида	Выход к экстракту, %	Содержание SO_4-групп, %	Прочность студня, г
1	ϰ-Компонент	60,0	12,4	1900
	λ-Компонент	12,0	10,2	—
2	Кислая фракция	80,7	12,3	2300
	Нейтральная фракция	8,0	Следы	—

Примечание. Студнеобразующая способность исходного агароида (2,5%-ного раствора) равнялась 1800 г.

Кроме данных, приведенных в табл. 1, был определен моносахаридный состав фракций агароида методом хроматографии на бумаге. Для этого образцы гидролизовали, нагревая с 2 н. соляной кислотой в запаянных ампулах при температуре 100° С в течение 6 ч. Хроматографирование производили нисходящим способом на бумаге FN-11 в течение 20 ч в системе растворителей бутанол — пиридин — вода (6 : 4 : 3). Зоны сахаров обнаруживали, обрабатывая хроматограммы кислым фталатом анилина. Идентификацию моносахаридов проводили с помощью набора свидетелей (галактоза, глюкоза, манноза, ксилоза). Хроматограммы гидролизатов полисахаридных фракций показаны на рис. 1 и 2.

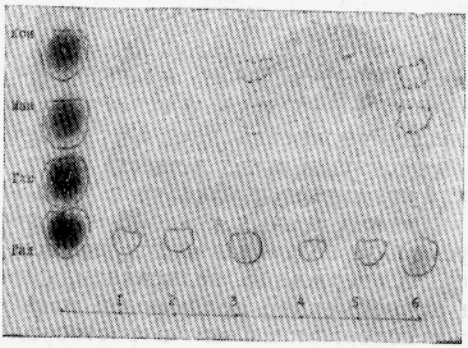


Рис. 1. Хроматограмма агароида, фракционированного хлористым калием:
1—3 — λ-компонент; *4—6* — ϰ компонент.

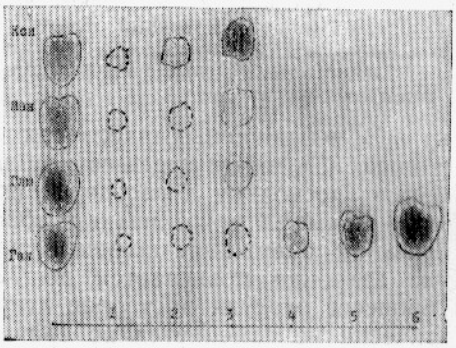


Рис. 2. Хроматограмма агароида, фракционированного цетавлоном:
1—3 — неосажденный компонент; *4—6* — цетавлоновая соль полисахарида.

Из анализа состава моносахаридов следует, что наиболее однородной является фракция кислого полисахарида, осаждаемого цетавлоном. Очевидно эта фракция представляет собой сульфатированный галактан. При осаждении цетавлоном выход этой фракции высокий, и именно с этой фракцией связаны студнеобразующие свойства агароида (см. табл. 1). Следовательно, способность осаждаться цетавлоном, использованная нами для препаративного выделения полисахарида-студнеобра-

зователя, может быть положена в основу прямого метода его количественного определения [3]. Анализ основан на спектрофотометрическом определении избытка цетавлона, не вступившего в реакцию с полисахаридом, и в целом аналогичен методу, предложенному ранее для количественного определения каррагинанов [9].

В качестве иллюстрации применения предложенного метода анализа ниже приведены результаты определения сульфатированного галактана в растворах агароида, очищенных разными способами с использованием ионообменной целлюлозы и активированного угля.

Применение анионо- и катионообменной целлюлозы [6] позволяет удалить из растворов агароида значительное количество примесей и дает возможность получить агароид хорошего качества. С целью очистки использовали целлюлозную массу: анионит в хлор-форме и катионит в калиевой форме. Результаты определений полисахарида в различных растворах агароида приведены в табл. 2.

Таблица 2

Содержание полисахарида в различных растворах агароида

Номер опыта	Раствор агароида	Содержание, %		Полисахарид в сухом веществе агароида, %
		сухие вещества	полисахарид-студнеобразователь	
1	Неочищенный (производственный образец)	3,8	2,6±0,2*	68,4
	Очищенный анионитом	3,2	2,5±0,3	78,1
	Очищенный анионитом и катионитом	3,1	2,5±0,2	80,6
2	Неочищенный раствор (лабораторный образец)	2,2	1,5±0,1	68,2
	Очищенный анионитом	2,1	1,4±0,1	66,7
	Очищенный анионитом и катионитом	1,8	1,3±0,2	72,2
3	Очищенный активированным углем (производственный образец)	3,3	2,6±0,1	78,7

* Ошибка измерений, рассчитанная по методу, принятому при расчете данных фотометрических измерений [1].

В неочищенных растворах количество полисахарида составляет только 68% по отношению к общему содержанию сухих веществ в агароиде, поскольку в растворах присутствуют примеси. В случае удаления примесей с помощью анионо- и катионообменных реакций относительное содержание полисахарида-студнеобразователя в сухом веществе агароида повышается до 72—80%. Содержание полисахарида в процессе очистки растворов агароида ионообменной целлюлозой практически не изменяется по сравнению с содержанием его в растворах агароида до очистки. Судя по результатам определения (см. табл. 2) обработка растворов агароида ионитами обеспечивает выход студнеобразователя, равнозначный выходу его в случае обработки активированным углем.

Выводы

1. Сульфатированный галактан, обладающий студнеобразующими свойствами, можно выделить из раствора агароида методом цетавлонового осаждения.

2. Способность полисахарида образовывать нерастворимую цетавлоновую соль положена в основу метода количественного определения его содержания в агароиде, извлекаемом из филлофоры.

3. Предложен метод количественного определения содержания полисахарида — основного студнеобразующего вещества в агароиде.

4. Обработка активированным углем и ионитами значительно повышает относительное содержание студнеобразователя в готовом продукте (до 80%).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асатиани В. С. Статистическая обработка результатов экспериментальных данных.— В кн.: Новые методы биохимической фотометрии. М., 1965, с. 495—509.
2. Атаев М. М., Баранов В. С. О гетерогенности агароида. М., ЦИНТИпищепром, 1968, вып. I, с. 14.
3. Воронова Ю. Г., Рехина Н. И., Усов А. И. О методе количественного определения содержания студнеобразующего вещества в агароиде.— «Экспресс-информация», 1973, вып. 8, с. 6—10.
4. Козарез Е. И., Дудкин М. С. Галактан черноморской водоросли Phyllophora nervosa.—«Химия древесины», 1971, № 8, с. 59—64.
5. О молекулярной и химической неоднородности агароида.— «Известия вузов СССР. Пищевая технология», 1975, № 4, с. 159—161. Авт.: С. Н. Ставров, М. Н. Тутупару, В. В. Волкова, Т. Т. Лесник.
6. Рехина Н. И., Воронова Ю. Г. Очистка растворов агароида с помощью привитой ионообменной целлюлозы.— «Рыбное хозяйство», 1971, № 11, с. 68.
7. Bayley, S. T. X-ray and infrared studies on carrageenan. Biochem. Biophys. Acta, 17, 1955, N 2, 194 p.
8. Dodgson, K. S., R. S. Price. A note on the determination of the ester sulfate content of sulphated polysaccharides. Biochem., 1962, v. 84. 106 p.
9. Graham, H., L. Tomas. II Precipitation with long chain quaternary ammonium detergents. J. Food Sci. 27, 1962, 98 p.
10. Painter, T., E. Young, McLachlan. The location of the sulphate half-ester groups in furcellaran and X-carrageenan. Proceedings of 5th Inter. Seaweed Symp. 1965, 305 p.
11. Rees, A. Structure, conformation and mechanism in the formation of polysaccharide gels and networks. Advances in Carbohyd. Chem. Bioch. 24, 1969, p. 167—315.

To elaboration of the method of quantitative determination of the content of gelforming substances in agaroid

Yu. G. Voronova, A. I. Usov, N. I. Rekhina

SUMMARY

The investigation is made to find possibilities of a complete fractional isolation of galactan from agaroid solutions made of Phyllophora nervosa. It is shown that polysaccharides may be isolated from the agaroid solution using the salt precipitation method. It is confirmed that the gel-forming features of agaroid are dependent upon its content. The analytical method of polysaccharide determination is based on the capability of sulphated galactan to be precipitated with cetylpyridine chloride.

Том CXXIV | Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) | 1977

УДК 668.393.51

ОЧИСТКА АГАРОИДА ЦЕЛЛЮЛОЗНЫМИ ИОНИТАМИ

Ю. Г. Воронова, Н. И. Рехина, М. А. Тюганова

Существующий в настоящее время на Одесском агаровом заводе способ очистки растворов с помощью активированного угля не обеспечивает получения агароида высокого качества. Мельчайшие частицы угля остаются в готовом продукте, придавая ему серый цвет, что ухудшает вид изделий, для приготовления которых агароид используется.

Агароид — сульфатированный полисахарид, по своим свойствам является природным активным ионообменником.

Цель настоящей работы — исследовать возможность использования целлюлозных ионообменников для очистки растворов агароида, определить влияние химической формы и состава ионообменников, их физической структуры на степень очистки агароида.

Сравнительные опыты по очистке растворов агароида проводили в лабораториях ВНИРО и МТИ и в Одесском агаровом заводе с помощью целлюлозных ионообменников, различающихся по физической структуре и по типу активных групп: COO^- — катионит и $\equiv N^+$ — анионит и по форме, зависящей от характеристики подвижного иона (например, Cl^--форма и K^+-форма). Воздействие анионитов и катионитов на очищаемые среды различное. Аниониты применяются для осветления окрашенных растворов, например сахарных сиропов, а также для ионообменной обработки молока [1, 2].

Образцы ионообменников, характеристика которых приведена в табл. 1, были изготовлены на основе различных типов целлюлоз (природной и гидратцеллюлозы) в одинаковых условиях проведения привитой сополимеризации.

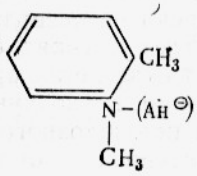
Нами были испытаны анионит (сильноосновный), представляющий собой привитой сополимер с четвертичной солью полиметилвинилпиридина (ПМВП) и катионит (слабокислотный), представляющий собой привитой сополимер целлюлозы с полиметакриловой кислотой. Аналитическая характеристика этих ионитов представлена в табл. 1.

Эти иониты, полученные на основе целлюлозы с введением указанных ионогенных групп, не токсичны, соответствуют требованиям, предъявляемым к веществам, которые используют в пищевой промышленности.

Процесс очистки агароида целлюлозными ионитами осуществляли путем фильтрации определенного объема горячего раствора ($t = 80°$ С) через навески тканей и прессованную хлопковую целлюлозу (линтер) и волокна с содержанием влаги 65% в условиях вакуума и под давлением. Такие условия фильтрации улучшали контакт ионита со студнеобразующим раствором. Качество получаемого агароида определялось по ОСТ 15-95—75 «Агароид».

Таблица 1

Характеристика использованных целлюлозных ионитов

Ионит	Исходный материал	Сополимер	Характер ионогенных групп	Объемная емкость, мг-экв/г
Анионит (сильноосновный)	Хлопковая целлюлоза	Четвертичная соль полиметилвинилпиридина		1,2—2,0
Катионит (слабокислотный)	Гидратцеллюлоза	Полиметакриловая кислота	COO Кат+	1,4—3,5

Исследовано влияние формы анионита на характер обесцвечивания растворов. Для исследования были использованы аниониты в Cl^--, SO_4^{2-}-, OH^--формах с одинаковой обменной емкостью ($E_{об}$ = = 1,4 мг-экв/г). При применении ионита в SO_4-форме окраска раствора агароида не изменялась, что можно объяснить влиянием химического строения пигментно-белково-полисахаридного комплекса, находящегося в растворе агароида. Этот комплекс характеризуется высоким содержанием SO_4-групп, которые не могут обмениваться на одноименные ионы.

Наибольшей эффективностью обладают аниониты, содержащие хлор-ион. При использовании этой формы анионита возможно дополнительное отбеливание раствора агароида образующимися соединениями хлора. Учитывая это обстоятельство, все последующие исследования, в частности, исследование влияния физической формы материала, проводились при использовании анионитов в хлор-форме. Полученные результаты проведенных лабораторных опытов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Изменение качества растворов К-агароида, очищаемых анионитами различной физической структуры

Анионит	$E_{об}$, мг-экв/г	Визуальная оценка раствора (цвет)	Влага, %	Содержание на сухое вещество, %		pH раствора
				азотистые вещества	зола	
Ткань						
вискозная штапельная	1,2	Темно-коричневый, слегка помутневший	96,7	9,8	20,1	7,8
белтинг	1,4	Светло-желтый, прозрачный	96,5	8,4	18,8	7,1
свансбой	1,2	То же	96,6	8,2	18,9	7,2
Вискозное штапельное волокно	1,3	Светло-желтый, почти прозрачный	96,2	8,7	19,0	7,5
Хлопковая целлюлоза (линтер)	1,4	Светло-желтый, прозрачный	97,0	8,8	19,1	7,4
Неочищенный раствор агароида (контроль)		Темно-коричневый, мутный	96,7	10,5	20,4	8,4

Из приведенных в табл. 2 данных следует, что наибольшая степень осветления растворов до светло-желтой окраски и их прозрачность достигается при фильтрации растворов через ткани свансбой и белтинг и через хлопковую целлюлозу (линтер). Растворы светло-желтого цвета, но с меньшей прозрачностью были получены при фильтрации через штапельное волокно. При фильтрации через вискозную ткань раствор практически не осветлялся.

Во всех случаях фильтрации растворов через аниониты, полученные на основе регенерированной гидратцеллюлозы (вискозное штапельное волокно, вискозную штапельную ткань), наблюдалось заметное набухание целлюлозного материала, что в значительной степени уменьшает доступность ионогенных групп. При использовании ионитов на основе гидратцеллюлозы необходима дополнительная обработка анионитов сшивающими агентами (например, эпихлоргидрином). После такой обработки снизится набухание волокна и повысится его эффективность в процессе ионного обмена.

Иониты, полученные на основе природной целлюлозы (ткани белтинг и свансбой, хлопковая целлюлоза — линтер) обладают меньшей набухаемостью и большей эффективностью при одном и том же количестве введенных ионогенных групп. Наиболее высокое осветление наблюдалось при использовании модифицированной ворсовой хлопковой ткани свансбой.

Однако получение ионообменных материалов на основе хлопчатобумажных тканей типа свансбой и белтинг, обладающих высокой плотностью, вызывает ряд трудностей технологического характера. В то же время привитая сополимеризация с целью получения ионитов на основе линтера может быть осуществлена в больших масштабах. Поэтому, с нашей точки зрения, наиболее целесообразным является применение ионитов в виде линтера с последующим его прессованием в брикеты нужного размера.

Данные, полученные при определении зависимости степени очистки растворов агароида от физической структуры анионитов, на наш взгляд, правомерны и для катионитов такой же физической структуры.

При исследовании влияния формы катионообменного материала использовался раствор агароида, предварительно обработанный анионообменным материалом. В опытах использовали растворы К- и Na-агароида, полученные из водорослей после предварительной обработки их растворами натриевой или калиевой щелочи. Результаты исследований приведены в табл. 3.

Из приведенных в табл. 3 данных видно, что наибольшая степень сорбции азотистых веществ наблюдается при последовательной обработке раствора К-агароида анионитом в хлор-форме и катионитом в калиевой форме. При обработке катионитом содержание азотистых веществ снижалось с 9,5 до 4,0% (на 58,0%), а при применении катионита в натриевой или водородной формах содержание азотистых веществ составляло 5,8 и 6,6% соответственно.

Очистка раствора К- и Na-агароида ионообменниками приводит к повышению прочности студня агароида и снижению содержания золы. Однако во всех проведенных опытах при одинаковых условиях процесса степень очистки К-агароида выше, чем степень очистки Na-агароида. Можно предположить, что диссоциация, а следовательно, и реакционная способность аминогруппы белков в ионном обмене зависит от типа катионита, связанного с карбоксильной группой аминокислоты (белка).

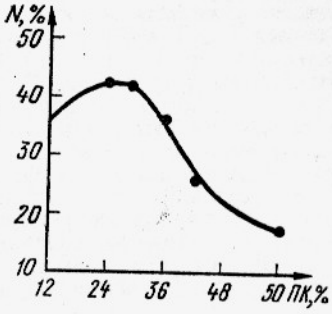
Было исследовано влияние количества привитого сополимера (полиметакриловой кислоты) на количество извлекаемых веществ (см. рисунок).

Таблица 3

Характеристика агароида, полученного в результате последовательной обработки анионитом и катионитом в различных формах

Раствор агароида	Тип и форма ионита	Влага, %	Содержание на сухое вещество, %		pH раствора	Прочность водного студня, г
			азотистые вещества	зола		
	Опыт 1					
К-агароид	Анионит в хлор-форме (N = 1,9%)	96,2	9,5	18,7	7,32	470
	Анионит в хлор-форме + + катионит (СООН = = 12%) в форме					
	K^+	96,5	4,0	18,0	7,03	600
	Na^+	96,1	5,8	18,5	6,62	450
	H^+	96,5	6,6	17,6	6,54	420
	Опыт 2					
Na-агароид	Анионит в хлор-форме (N = 1,9%)	97,6	9,0	16,0	7,62	250
	Анионит в хлор-форме+ + катионит (СООН = = 12,0%) в форме					
	K^+	97,8	5,2	16,7	7,45	310
	Na^+	97,0	6,0	16,9	7,87	200

Максимальная сорбция азотистых веществ наблюдается в случае применения катионита, содержащего 24—28% полиметакриловой кислоты, что соответствует 12—15% содержанию СООН-групп. Дальнейшее повышение содержания полиметакриловой кислоты (СООН-групп) в



Зависимость содержания азотистых веществ (N), сорбируемых на катионитах, от количества в них привитой полиметакриловой кислоты (ПК).

составе катионитов приводит к снижению количества сорбируемых веществ. Очевидно, увеличение карбоксильных групп в катионите затрудняет доступ крупных молекул азотистых веществ, молекулярная масса которых свыше 200 тыс., в результате их взаимного экранирования.

Выводы

1. Очистку растворов агароида можно производить целлюлозными ионообменными материалами, представляющими привитые сополимеры целлюлозы с четвертичной солью полиметилвинилпиридина (анионит)

и привитые сополимеры целлюлозы с полиметакриловой кислотой (катиониты). При последовательной фильтрации растворов агароида через анионит и катионит изменяется цвет растворов от темно-коричневого до светло-желтого и снижается содержание азотистых веществ на 58—60%.

2. Химический состав и физическая структура ионитов влияют на качество растворов агароида. Эффективное удаление веществ пигментно-белкового комплекса наблюдается при обработке растворов агароида в хлор-форме. Максимальное извлечение азотистых веществ возможно при использовании катионита в калиевой форме. Наиболее целесообразно использовать иониты на основе природного хлопкового волокна (линтера).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Осветление сиропов сахарорафинадного производства целлюлозным анионитом ЦМ-А2.— «Сахарная промышленность», 1976, № 2, с. 15—17. Авт.: М. Ю. Мазов, М. А. Копьев, М. А. Тюганова, В. С. Павленко.

2. Термостабильность молока после ионообменной обработки.— «Известия вузов СССР. Пищевая технология», 1974, № 6, с. 81—83. Авт.: Л. И. Соколова, Е. А. Жданова, Н. М. Морозова, К. М. Ольшанова.

Purification of agaroid with ion exchange cellulose

Yu. G. Voronova, N. I. Rekhina, M. A. Tyuganova

SUMMARY

Results are presented of purification of agaroid solutions with ion exchange cellulose meterials, such as the inoculated copolymer of cellulose with the quaternary solt of PMVP (anion exchanger) and the inoculated copolymer of cellulose with the polymethacrylic acid (cation exchanger). The effect of the form of ion exchangers is investigated. It is shown that when the agaroid solutions are treated with the anion exchanger in a Ch-form and later with the cation exchanger in a K-form the colour of the solutions changes and the content of nitrogen substances is reduced. The influence of the chemical composition and physical structure of the ion exchangers on the quality of agaroid solutions is ascertained. It is advisable to use natural cotton fibers as ion exchangers.

РЕФЕРАТЫ

УДК 582.26—15 : 582.272.46(265.54)

Флористический состав и экология макрофитов приморского побережья Японского моря. Суховеева М. В. Труды ВНИРО, т. CXXIV «Морские водоросли и их использование», 1977, с. 6—11.

Дано описание распределения водорослей-макрофитов вдоль приморского побережья Японского моря. Особенности температурного режима и распространение водорослей позволили выделить в Приморье три района: первый — от мыса Поворотного до бухты Терней, второй — от бухты Терней до мыса Золотого и третий — от мыса Золотого до залива Чихачева (Де-Кастри).

Первый и третий районы характеризуются наличием обширных зарослей прибрежной ламинарии японской — Laminaria japonica f. japonica. Во втором районе сконцентрированы заросли глубинной ламинарии японской — Laminaria japonica f. longipes. Для каждого района дана флористическая характеристика с указанием доминирующих видов.

Список литературы — 24 названия.

УДК 581.526.323(265.53)

Фитобентос литорали и сублиторали северной части Охотского моря (Тауйская губа, полуострова Кони и Пьягина). **Блинова Е. И.** Труды ВНИРО, т. CXXIV «Морские водоросли и их использование», 1977, с. 12—21.

На литорали и в сублиторали Тауйской губы, полуостровов Кони и Пьягина обнаружен 51 вид макрофитов из них: 6 зеленых, 14 бурых, 30 красных, 1 цветковый.

В защищенных от прибоя условиях на песчаных и галечно-песчаных грунтах в нижней литорали и верхней сублиторали развиваются заросли Zostera marina. У защищенных от прибоя участков побережья на каменистых грунтах водоросли появляются только в нижней литорали. Основной фон растительности создает Fucus evanescens f. evanescens, реже Porphyra и Gloiopeltis capillaris. Под покровом фукуса растут Halosaccion glandiforme, H. ramentaceum, Chondrus crispus, Tichocarpus crinitus.

В сублиторали из бурых развиваются: Laminaria gurjanovae, Lessonia laminarioides, Cystoseira crassipes, а из багрянок: Chondrus crispus, Odonthalia corymbifera, O. ochotensis, Crossocarpus lamuticus. У открытых прибою берегов на каменистых грунтах верхняя граница водорослей поднимается в супралитораль или верхнюю литораль, где развиваются Urospora wormskioldii, Gloiopeltis capillaris, Porphyra, Halosaccion glandiforme, H. ramentaceum, Fucus evanescens f. cylindricus, Ulva lactuca. В нижней литорали доминируют: Alaria marginata, Ptilota asplenioides, Cladophora rupestris, Tichocarpus crinitus, Rhodymenia spp., Odonthalia ochotensis. В сублиторали преобладают: бурые — Alaria marginata, Laminaria appressirhiza, L. inclinatorhiza, L. gurjanovae и багрянки — Ptilota aspenioides, Tichocarpus crinitus, Pantoneura baerii, Phycodrys serratiloba, Odonthalia sp.

Таблиц 5. Иллюстраций 1. Список литературы — 11 названий.

УДК 581.526.323(261.243)

О донной растительности южного побережья Финского залива. Кукк Х. А. Труды ВНИРО, т. CXXIV «Морские водоросли и их использование», 1977, с. 22—26.

Дается характеристика донной растительности южного побережья Финского залива. На исследованной акватории обнаружено 37 таксонов растений, из них: водорослей 25, лишайников 5 и цветковых 7. Приводятся данные о распространении и экологических условиях. Определена биомасса и выделено 10 ассоциаций донной растительности.

Иллюстраций 1. Список литературы — 5 названий.

УДК 582.263 + 582.271 (261.243)

Зеленые и харовые водоросли в прибрежных водах Западной Эстонии. Трей Т. Я. Труды ВНИРО, т. CXXIV «Морские водоросли и их использование», 1977, с. 27—30.

В прибрежных водах Западной Эстонии обнаружено 18 таксонов зеленых и 5 таксонов харовых водорослей. Новыми для флоры Эстонии являются Chaetomorpha linum и Rhizoclonium implexum. Самую большую встречаемость в пределах изученной акватории имеют Enteromorpha intestinalis, E. ahlneriana, Cladophora glomerata и Cl. rupestris из зеленых и Chara aspera и Tolypella nidifica из харовых водорослей. E. intestinalis, E. ahleriana и Cladophora spp. являются поясообразующими видами на прибрежных валунах. На мягких грунтах обширную площадь занимает асс. Chara aspera.

Иллюстраций 1. Список литературы — 7 названий.

УДК 582.272 (268.45)

Некоторые особенности развития фукуса пузырчатого (Fucus vesiculosus L.) **и аскофиллума** (Ascophyllum nodosum (L.) Jolis) **на побережье Баренцева моря. Толстикова Н. Е.** Труды ВНИРО, т. CXXIV «Морские водоросли и их использование», 1977, с. 31—36.

В работе приводятся результаты изучения биологии фукуса пузырчатого и аскофиллума в естественных условиях на побережье Восточного Мурмана. В зарослях фукуса и аскофиллума были выделены возрастные группы, по которым даются размерно-весовые характеристики. Определены динамика численности популяций, продолжительность жизни изучаемых видов, количество экземпляров, участвующих в процессе размножения, а также скорость восстановления нарушенных зарослей фукуса. Продолжительность жизни у фукуса пузырчатого на Восточном Мурмане 9—10 лет, у аскофиллума 13 лет. Ежегодная потеря составляет от 60 до 90%. В возрастной группе в зарослях фукуса на площадке, с которой полностью срезались водоросли, проростки появились через два летних месяца. Необходимый для нормального развития популяции фукуса пузырчатого возрастной состав формируется после его нарушения через 4—5 лет.

Таблиц 4. Список литературы — 8 названий.

УДК 582.272.46 (268.46)

Биология (сезонное развитие и продукция) **ламинарий Белого моря. Возжинская В. Б.** Труды ВНИРО, т. CXXIV «Морские водоросли и их использование», 1977, с. 37—45.

В основу работы положены собственные наблюдения автора во время экспедиций (с 1965 г.) на разрезах в прибрежной зоне, водорослевых промыслах и опытных площадках-плантациях. Обработка материала проводилась на ЭВМ. Приводятся сведения об экологии, сезонном росте и развитии, размножении, вегетационных сроках, росте по глубинам, возрастных особенностях популяции, численности, массе и продукции. Пояс ламинарий создает от 0,7 до 29 кг $C_{орг}$/м берега за сезон.

Таблиц 3. Иллюстраций 4. Список литературы — 13 названий.

УДК 582.275.39 : 582.26—119

Особенности биологии и биохимии черноморской Phyllophora nervosa (DC) Grev. Каминер К. М. Труды ВНИРО, т. CXXIV «Морские водоросли и их использование», 1977, с. 46—51.

В работе представлены материалы по биологии и биохимии черноморской красной водоросли Phyllophora nervosa (DC) G.

Приведены данные по физиологии, биохимии и технохимии Ph. nervosa. Получены качественные и количественные характеристики биохимического состава изучаемого вида филлофоры. Показаны различия по отдельным химическим и технохимическим показателям на популяционном уровне

Таблиц 4. Список литературы — 6 названий.

УДК 639.64

Биотехника искусственного разведения морской капусты в Приморье. Буянкина С. К. Труды ВНИРО, т. CXXIV «Морские водоросли и их использование», 1977, с. 52—56.

Первая опытно-промышленная плантация по выращиванию морской капусты была заложена на рыбокомбинате «Валентин» в августе 1972 г. Приводится описание установки и всех этапов искусственного выращивания морской капусты.

Биомасса ламинарии японской с одного поводца длиной 5 м достигала в феврале 50 кг. В среднем сбор сырой морской капусты на плантации может составить не менее 50—60 т/га.

Размеры и масса ламинарии на искусственных сооружениях больше, чем в естественных зарослях.

Опытно-промышленное выращивание морской капусты в Приморье дало обнадеживающие результаты и позволяет организовать высокоэффективное морское хозяйство. Предусматривается ежегодное расширение площади плантаций.

Иллюстраций 1.

УДК 582.272(268.46) (265.54)

Физиологическая характеристика некоторых фукоидов Белого и Японского морей. Ярцева И. А., Возжинская В. Б., Соловьева О. А., Каминер К. М. Труды ВНИРО, т. CXXIV «Морские водоросли и их использование», 1977, с. 57—60.

Исследование кислородного обмена (фотосинтеза и дыхания) фукоидов—доминантов осушной зоны Белого и Японского морей проводилось в летние сезоны 1970—1974 гг. Выявлены следующие зависимости интенсивности фотосинтеза: от возраста слоевища, его физиологического состояния (плодоношение), времени суток (пик фотосинтеза в полдень). Метеоусловия существенного влияния не оказывают. Наибольшая активность наблюдается у молодых талломов, что сказывается на накоплении сухих веществ.

Иллюстраций 3. Список литературы — 5 названий.

УДК 582.272 + 582.273(268.45)

Исследование антибиотической активности морских водорослей Мурмана. Трунова О. Н., Гринталь А. Р. Труды ВНИРО, т. CXXIV «Морские водоросли и их использование», 1977, с. 61—64.

В данной статье приведены результаты исследований по воздействию антибиотических веществ морского фитобентоса (15 видов) на некоторые виды патогенной микрофлоры в разные сезоны года. Наибольшей активностью в отношении микроорганизмов кишечно-салмонеллезной группы обладают бурые водоросли, в особенности Fucus vesiculosus, Fucus serratus, Laminaria digitata. Красные водоросли: Rhodymenia palmata, Halosaccion ramentaceum не обладали антибиотической активностью. Методом разведений было установлено, что они даже стимулируют развитие кишечной палочки и салмонелл.

На основании проведенных опытов сделаны выводы о присутствии в морской воде антибиотических веществ, выделяемых некоторыми видами фитобентоса, что в определенной степени объясняет механизм бактерицидности морской воды.

Таблиц 2. Список литературы — 3 названия.

УДК 582.273

Исследование полисахаридов красных морских водорослей. Усов А. И. Труды ВНИРО, т. CXXIV «Морские водоросли и их использование», 1977, с. 65—70.

При анализе более 20 видов красных водорослей Японского моря найдено 2 новых источника полисахаридов группы агара, 6 — полисахаридов группы каррагинана, остальные водоросли содержали новые или необычные полисахариды. æ- и λ-фракции сульфатированного галактана из Tichocarpus crinitus практически не отличаются по структуре от соответствующих каррагинанов из Chondrus crispus. Особенностью агароподобных полисахаридов из Odonthalia corymbifera (I) и Rhodomela larix (II) является отсутствие в них нейтральной фракции (агарозы) и необычно высокое содержание 6-*о*-метил-галактозы в I и 2-*о*-метил-3,6-ангидрогалактозы в II.

Для сульфатированного гетерополисахарида из Okamurina (Laingia) pacifica доказана разветвленная структура молекулы с остатками ксилопиранозы, присоединенными к галактоновой главной цепи. Из Nemalion vermiculare впервые из природного источника выделен сульфатированный маннан, имеющий линейную углеводную цепь из α-1 $\rightarrow$ 3 связанных остатков D-маннопиранозы, причем каждый третий моносахарид имеет сульфатную группу при C_4 или C_6. Работа значительно расширяет существующие представления о структурном разнообразии полисахаридов красных водорослей.

Таблиц 3. Список литературы — 14 названий.

УДК 582.26—119

Особенности гликопротеинов водорослей и пути их использования. Медведева Е. И., Красильникова С. В., Панченко К. А., Петренко Е. Б., Бойко Л. И. Труды ВНИРО, т. CXXIV «Морские водоросли и их использование», 1977, с. 71—78.

Используя современные методы очистки и исследования, изучены особенности состава и строения белков агароносных водорослей филлофоры и фурцеллярии. Показано, что щелочерастворимые белки, в превалирующем количестве находящиеся в этих водорослях, содержат углеводы. На основе анализа результатов мягкого кислотного и щелочного гидролиза, ИК-спектроскопии, гельфильтрации, метилирования и перйодатного окисления сделано заключение о наличии химической связи углевод — белок и значительном разветвлении углеводной группировки, в частности у белка филлофоры. Одним из видов связи углевод — белок является *о*-ацилгликозидная (филлофора) либо *о*-гликозидная (фурцеллярия).

Характер связи, разветвленность углеводной группировки позволили сделать заключение о роли, которую играет в исследуемых гликопротеинах водорослей углеводная группировка. Это в свою очередь объясняет низкую усвояемость животными исследуемых белков.

С целью обеспечения возможности использования ценных по составу белков филлофоры и фурцеллярии, разработана и апробирована технология получения водорослево-

го аминокислотного препарата, одновременно позволяющая комплексно перерабатывать агароносные водоросли.

Таблиц 4. Иллюстраций 4. Список литературы — 22 названия.

УДК 582.26.419.2

Химия морских трав. Дудкин М. С., Лукина Г. Д., Арешидзе И. В. Труды ВНИРО, т. CXXIV «Морские водоросли и пути их использования», 1977, с. 79—84.

В статье приведены данные по химическому составу ряда трав Черного моря. Показано, что они богаты легко- и трудногидролизуемыми полисахаридами, азотистыми веществами, ценными микро- и макроэлементами, витаминами.

Фракционированием полисахаридов показано, что морские травы содержат значительные количества пектиновых веществ, щелочерастворимых типа ксиланов и водорастворимых — типа крахмала.

Таблиц 7. Иллюстраций 1. Список литературы — 15 названий.

УДК 528.26—119.2

Исследование студнеобразования систем с некоторыми полисахаридами красных морских водорослей. Бабин И. П. Труды ВНИРО, т. CXXIV «Морские водоросли и их использование», 1977, с. 85—89.

В работе изучен процесс студнеобразования полисахаридов красных морских водорослей (фурцелларана и агароида) посредством метода светорассеяния, изменение оптической активности и структурно-механических характеристик студней этих полисахаридов, а также было изучено влияние солей на этот процесс студнеобразования.

Процесс студнеобразования полисахаридов красных морских водорослей (несмотря на существующие различия в химическом строении), по-видимому, протекает по общей схеме и сопровождается конформационным переходом макромолекул полисахаридов типа клубок — спираль и агрегацией их в более сложные комплексы.

Процесс плавания студней сопровождается обратными явлениями — распадом агрегатов макромолекул полисахаридов и изменением их конформации типа клубок — спираль.

Иллюстраций 4. Список литературы — 6 названий.

УДК 582.26—119.2

К разработке метода количественного определения студнеобразующего вещества в агароиде. Воронова Ю. Г., Усов А. И., Рехина Н. И. Труды ВНИРО, т. CXXIV «Морские водоросли и их использование», 1977, с. 90—93.

Исследована возможность наиболее полного фракционного выделения полисахарида — галактана из растворов агароида, получаемых из Phyllophora nervosa.

Этот полисахарид можно выделить из раствора агароида методом цетавлонового осаждения. Студнеобразующие свойства агароида связаны с его содержанием. Способность сульфатированного галактана осаждаться цетавлоном, использованная для препаративного выделения его из агароида, положена в основу аналитического метода определения полисахарида. В качестве иллюстрации применения предложенного метода приведены результаты определения полисахарида в растворах агароида.

Таблиц 2. Иллюстраций 2. Список литературы — 11 названий.

УДК 668.393.51

Очистка агароида целлюлозными ионитами. Воронова Ю. Г., Рехина Н. И., Тюганова М. А. Труды ВНИРО, т. CXXIV «Морские водоросли и их использование», 1977, с. 94—98.

Исследован процесс очистки растворов агароида ионообменными целлюлозными материалами — привитым сополимером целлюлозы с четвертичной солью полиметилвинилпиридина (анионитом) и привитым сополимером целлюлозы с полиметакриловой кислотой (катионитом). Исследовано влияние формы ионитов. При последовательной обработке растворов агароида анионитом в хлор-форме и катионитом в калиевой форме изменяется цвет растворов и снижается содержание в них азотистых веществ. Изучено влияние химического состава и физической структуры ионитов на качество получаемых растворов агароида. Наиболее целесообразно использовать иониты на основе природного хлопкового волокна (линтера), имеющих определенное количество привитого сополимера.

Таблиц 3. Иллюстраций 1. Список литературы — 2 названия.