



Альгинаты из бурой водоросли *Saccharina japonica*: основа для индустрии пищевых, медицинских и косметических продуктов

Научная статья
УДК 665.939.358:582.272:663

<https://doi.org/10.36038/0131-6184-2025-6-132-138>
EDN: KSWUIH

Подкорытова Антонина Владимировна – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела инновационных технологий департамента технического регулирования, Москва, Россия
E-mail: podkor@vniro.ru

Рощина Анна Николаевна – главный специалист отдела инновационных технологий департамента технического регулирования, Москва, Россия
E-mail: roshchina@vniro.ru

Государственный научный центр Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»

Адрес: Россия, 105187, г. Москва, Окружной проезд, 19

Аннотация. Представлены данные по промысловым запасам и вылову бурой водоросли *Saccharina japonica* в Татарском проливе Западно-Сахалинской подзоны и других прибрежных зонах дальневосточных (ДВ) морей. Показан химический состав *S. japonica* в зависимости от периода сбора, способов разделки и сушки. Технологический выход альгината натрия из *S. japonica* составлял 23-25%. Представлены результаты исследований органолептических и физико-химических характеристик альгината натрия, а также – состав и соотношения в них уроновых кислот, демонстрирующих их сорбционную активность. Показано, что в настоящее время рекомендуемый вылов (РВ) *S. japonica* в Западно-Сахалинской подзоне составляет 6 тыс. т, а всего по всем ДВ подзонам – 155,08 тыс. т., из которых можно произвести 171 т и 3 тыс. т, соответственно, высококачественного альгината. Рекомендовано использовать *S. japonica* и другие водоросли ДВ морей из семейства Laminariaceae в качестве сырья в процессе производства альгината натрия для индустрии пищевых, медицинских и косметических продуктов.

Ключевые слова: сахарина японская, альгинаты, свойства, уроновые кислоты, применение

Для цитирования: Подкорытова А.В., Рощина А.Н. Альгинаты из бурой водоросли *Saccharina japonica*: основа для индустрии пищевых, медицинских и косметических продуктов // Рыбное хозяйство. 2025. № 6. С. 132-138. <https://doi.org/10.36038/0131-6184-2025-6-132-138>

ALGINATE FROM BROWN SEAWEED *SACCHARINA JAPONICA*: THE BASIS FOR THE FOOD, MEDICAL, AND COSMETIC INDUSTRIES

Antonina V. Podkorytova – Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Scientific Officer Division of Innovative Technologies of the Department of Technical Regulation, Moscow, Russia

Anna N. Roshchina – Chief Specialist, Division of Innovative Technologies of the Department of Technical Regulation, Moscow, Russia

State Science Center of the Russian Federation Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO)

Address: Russia, 105187, Moscow, Okruzhny proezd, 19

Annotation. The article presents data on the commercial stocks and catch of the brown alga *Saccharina japonica* in the Tatar Strait of the West Sakhalin subzone and other coastal areas of the Far Eastern Seas. The chemical composition of *S. japonica* is shown depending on the collection period, processing methods, and drying. The technological yield of sodium alginate from *S. japonica* was 23-25%. The results of studies of the organoleptic and physical-chemical characteristics of sodium alginate, as well as the composition and ratios of the uronic acids in them, demonstrating their sorption activity, are presented. The currently recommended catch (RC) of *S. japonica* in the West Sakhalin subzone is shown to be 6 thousand tons, and 155.08 thousand tons for all subzones of the Far Eastern fishery basin, from which 171 tons and 3 thousand tons of high-quality alginate can be produced, respectively. Recommended to use *S. japonica* and other Laminariaceae seaweeds from the Far Eastern Seas as raw material in the production of sodium alginate for the food, medical, and cosmetic industries.

Keywords: *Saccharina japonica*, alginates, properties, uronic acids, utilization

For citation: Podkorytova A.V., Roshchina A.N. (2025). Alginate from brown seaweed *Saccharina japonica*: the basis for the food, medical, and cosmetic industries // Fisheries. No. 6. Pp. 132-138. <https://doi.org/10.36038/0131-6184-2025-6-132-138>

Рисунки и таблицы – авторские / The drawings and tables were made by the author

ВВЕДЕНИЕ

Морские водоросли для многих стран мира являются неотъемлемой частью деятельности населения в области их добычи из естественных зарослей, а также – выращивания методами марикультуры, поскольку водоросли имеют большое хозяйственное значение. Промысловый запас бурых водорослей в прибрежных зонах дальневосточного рыбохозяйственного бассейна (ДВРБ) России оценивается около 742 тыс. тонн. Заготавливают ламинарию (сахарину) преимущественно в прибрежных зонах Японского моря, где общий рекомендуемый вылов в 2024 г. составил 155,08 тыс. тонн. Наиболее облавливаемая зона – Западно-Сахалинская, где за последние годы рекомендуемый вылов (РВ) составил 4,8-6,0 тыс. т, при этом изъятие ламинарии (сахарины) достигает 100% от РВ и более (рис. 1) [1-2].

Активизация добычи сахарины связана с доступностью участков промысла в Запад-



Рисунок 1. Динамика рекомендуемого вылова (РВ) *S. japonica* Западно-Сахалинской подзоны и по всем подзонам дальневосточного рыбохозяйственного бассейна России с 2019 по 2024 гг., тыс. т. [2]

Figure 1. Dynamics of Recommended Catch (RC) of *S. japonica* in the West Sakhalin Subzone and all subzones of the Russian Far Eastern Fishery Basin from 2019 to 2024, thousand tons [2]

но-Сахалинской подзоне, а также – развитием инфраструктуры территорий и предприятий, добывающих и перерабатывающих водоросли на о. Сахалин. Это также связано с развитием логистики и увеличением количества предприятий, занимающихся переработкой водорослей в центральных районах России [4; 13].

В настоящее время некоторые предприятия начинают применять самые современные технологии и оборудование с целью изготовления высококачественной пищевой сахарины и других видов бурых водорослей для производства пищевых продуктов и альгинатов различного назначения [13]. Это связано с тем, что в последние десятилетия косметическая и медицинская отрасли проявляют значительный интерес к биоразлагаемым полимерам в целом и к альгинатам в частности, что обусловлено их нетоксичностью, а также – структурообразующими, обволакивающими и загущающими свойствами [12]. Кроме того, имеет большое значение широкая распространенность и возможность культивирования бурых водорослей, являющихся единственным промышленным источником альгинатов. В связи с этим актуализация техники и технологии альгинатов, а также – технической документации на их производство в настоящее время чрезвычайно актуальны.

Цель – провести исследования физико-химических характеристик альгинатов из *Saccharina japonica*, актуализировать технологический процесс и разработать техническую документацию на их производство.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве сырья для получения альгината натрия использовали двухлетние промыс-

ловые бурые водоросли *Saccharina japonica*, которые добывали водолазным способом из естественных зарослей в июле-августе 2015-2016 гг. в подзоне Западно-Сахалинской, восточное побережье Татарского пролива (предприятие ИП Г. Сотников). Первичную обработку и сушку *S. japonica* проводили в цехе береговой переработки РПГ «БИНМ» в г. Анива, о. Сахалин. Высушивали *S. japonica*: слоевища с применением газовых воздухонагревателей (T 30-60 °C, $i=8-10$); шинкованную на полоски размером 0,5х7,0 см – на установке «Ураган» с инфракрасным излучением (T 40-60 °C, $i=1,5-2,0$ ч) [4]. На рисунке 2 представлена *S. japonica* (а – сушёные слоевища; б – сахарина сушёная шинкованная с применением инфракрасного излучения).

В лаборатории ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» в г. Москва проводили исследования химического состава сахарины (*S. japonica*). Альгинат натрия получали в соответствии с опубликованным ранее [3] технологическим процессом, содержащим следующие этапы: восстановление сушёных водорослей в воде, измельчение, деминерализацию (обработка раствором соляной кислоты), промывание водой, экстрагирование альгината, фильтрование альгинатных экстрактов, осаждение геля альгиновой кислоты, получение пасты альгината натрия, обезвоживание пасты альгината спиртом, высушивание, измельчение, обработка УФ, фасование, хранение.

В работе были использованы стандартные и современные инструментальные методы исследований в соответствии с [5-8] и методиками, изложенными в МУК [9]. Содержание азотистых веществ (белка) определяли методом Кьельдаля с применением автоана-



Рисунок 2. Сушеная *S. japonica* (а – сушёные слоевища; б – шинкованная на полоски)

Figure 2. Dried *S. japonica* (a - dried thalli; b - shredded into strips)

лизатора шведской фирмы FOSS Analytical AB, модель FOSS 2300. Вязкость и молекулярную массу 0,2%-ных водных и солевых растворов альгината натрия измеряли на вискозиметре ВПЖ-1. Прозрачность 0,2% водных растворов измеряли на цифровом спектрофотометре PD-303S («ApeL Co., Ltd.», Япония) при нулевом светофильтре при температуре 23 ± 2 °C в кювете с рабочей длиной 5 мм против дистиллированной воды. Содержание уоновых кислот в альгинатах определяли в ИОХ РАН им. Н.Д. Зелинского хроматографическим методом на газожидкостном хроматографе Hewlett-Packard 5890 A с пламенно-ионизационным детектором. Расчёт процентного содержания D-маннуриновой кислоты и L-гулуриновой кислоты проводили по отношению площадей соответствующих пиков на хроматограмме [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований химического состава *S. japonica*, добытой в период с мая по август 2015-2016 гг. в Татарском проливе, прибрежная зона западного Сахалина, показали наличие биологически активных веществ, в том числе альгиновой кислоты (рис. 3).

Из представленных данных видно, что в течение весенне-летнего периода (от мая к августу) происходит накопление органических веществ (до 70%), в том числе главного структурного полисахарида – альгиновой кислоты (в среднем до 28%), что учитывается при решении использования конкретного сырья для производства альгинатов. Исследования, проведённые по показателям безопасности, показали, что вся сушеная *S. japonica* в слоевищах и шинкованная (на полоски $0,5 \times 7,0$ см), а также экспериментальный альгинат натрия соответствуют требованиям ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции» и являются безопасными при их использовании в качестве пищевых.

Экспериментальные образцы альгинатов натрия были получены из *S. japonica* по технологической схеме, представленной на рисунке 4. Технологический выход альгината натрия из *S. japonica* составил 23,5-25,5%, в зависимости от месяца добычи водорослей и способа обработки сырья. Полученные результаты показали, что технологическая схема, разработанная и опубликованная ранее [3], актуальна и в настоящее время. Разработана техническая документация: технические условия ТУ 10.89.19-165-004772124-2023 на «Альгинат натрия» (SODIUM ALGINATE) и ТИ №123-2023 Технологическая инструкция по изготовлению альгината натрия (SODIUM ALGINATE) из бурых водорослей семейства ламинариевых.

Экспериментальные альгинаты натрия, полученные из *S. japonica* – это однородные аморфные сыпучие порошки без запаха, кремового или белого цвета (прозрачность 96,3-98,0% светопропускания), хорошо растворимые в воде, с образованием вязких растворов при достаточно низких концентрациях (0,2-1,0%) (прозрачность 1,0%-ных водных растворов 96,3-98,0% светопропускания) (рис. 5).

Содержание воды в альгинатах составляет около 12%, золы – в среднем 23%, pH 0,2%-ных

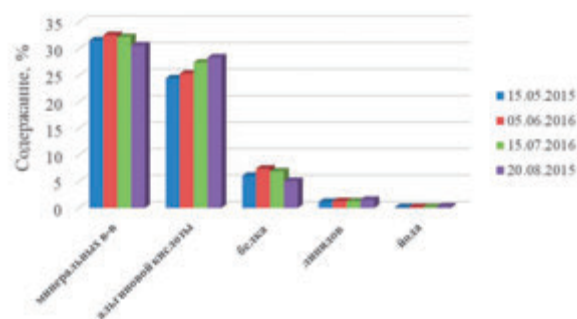


Рисунок 3. Динамика химического состава *S. japonica*, добытой в 2015-2016 гг. в весенне-летний период в Татарском проливе

Figure 3. Chemical composition dynamics of *S. japonica* collected in 2015-2016 during the spring-summer period in the Tatar Strait



Рисунок 4. Технологическая схема получения альгината натрия из *S. japonica*

Figure 4. Technological scheme for obtaining sodium alginate from *S. japonica*

растворов – 6,7-7,3, их вязкость – 4,08-8,11 сП. Молекулярная масса (ММ) альгинатов изменяется от 147 до 195 кДа (табл. 1). По величине ММ альгинатов их можно отнести к высокомолекулярным, особенно альгинаты, полученные из *S. japonica*, добытой в августе. Физико-химические характеристики альгинатов зависят не только от ММ, но и от соотношения D-маннуровой кислоты и L-гулуруновой кислоты. Особую значимость имеет содержание L-гулуруновой кислоты, количество которой увеличивается в молекуле альгината в процессе роста водоросли и биосинтеза полисахарида.

Результаты исследований показали, что увеличение содержания L-гулуруновой кислоты в альгинате приходится на август (38,6-39,8%), при этом количество D-маннуровой кислоты соответственно уменьшается до 61,4-60,2%, что очевидно влияет на физико-химические характеристики альгинатов т.е. на их сорбционную активность, по отношению к тяжелым металлам и радионуклидам, а также на их способность к гелеобразованию. Результаты исследований по количеству и соотношению уоновых кислот в альгинатах из *S. japonica*, в зависимости от периода заготовки сырья, представлены в таблице 2.

Таким образом установлено, что по физико-химическим показателям экспериментальные образцы альгинатов натрия соответствуют требованиям технических условий ТУ 15-544-83 на альгинат натрия пищевой и требованиям ТУ 10.89.19-165-004772124-2023. Источником сырья для производства альгината натрия может быть *S. japonica*, добываемая в подзоне Западно-Сахалинская и других прибрежных зонах дальневосточных морей. На период 2024 г. РВ сахарины в подзоне Западно-Сахалинская составлял 6 тыс. т, из которых можно произвести 171 т высококачественного альгината. При увеличении добычи сахарины, путём изъятия её промышленных запасов в прибрежных зонах ДВРБ, где РВ ламинариевых в 2024 г. составил 155,08 тыс. т [1; 2], можно организовать производство альгинатов около 3 тыс. тонн. При этом на местах промысла рационально организовать сушку сахарины, а также и других видов ламинариевых, таких как *Saccharina angustata*, *Saccharina kurilensis*, *Cymatharea japonica*, *Costaria costata*. Организацию производства альгинатов можно ориентировать на любые регионы России, имеющие снабжение хорошей пресной водой, энергоносителями и обеспеченные подъезд-

Таблица 1. Органолептическая и физико-химическая характеристика альгинатов натрия / Table 1. Organoleptic and physical-chemical characteristics of sodium alginate

Показатели, единицы измерения	Дата сбора <i>S. japonica</i> для получения альгината				Нормативные требования на Альгинат натрия в соответствие с	
	15.05.15 г.	05.06.16 г.	20.08.15 г.	20.08.15 г.	ТУ 15-544-83 «Альгинат натрия пищевой»	ТУ 10.89.19-165-004772124-2023 «Альгинат натрия»
	слоевища		шинкованная			
Органолептические показатели						
Внешний вид	Однородные аморфные сыпучие, тонкоизмельченные, порошки					
Цвет	белый	светло-кремовый		белый	от белого до темно-кремового	от белого до светло-бежевого
Запах	Свойственный, без постороннего					нейтральный, без постороннего
Химический состав						
Воды, %	12,44	12,51	12,40	12,84	не более 18,00	не более 15,0
Золы, % сух. в-в	22,81	22,37	22,53	22,38	не более 23,00	не более 23,0
Альгиновой кислоты, %	77,19	77,63	76,47	77,62	73-74	не менее 73,0
Физические характеристики						
pH	7,3	7,5	6,7	6,7	-	6,5-7,5
Прозрачность, % светопропускания	97,2	96,1	96,3	98,0	-	-
Вязкость, сП	4,08	6,05	8,07	8,11	-	не менее 5,0
ММ, кДа	147	151	193	195	-	-

ными путями, а также – кадрами высокой квалификации. Рекомендуется применять технологию производства альгинатов, описанную в [3]. В настоящее время логистика в России выстроена таким образом, что сушеные водоросли можно транспортировать на любые расстояния. Производство в России альгинатов даже только 1000 т/г может обеспечить современные потребности национальной индустрии пищевых, медицинских и косметических продуктов.

ВЫВОДЫ

Результаты исследований показали, что сахараина японская (*S. japonica*), добываемая в прибрежной зоне западного Сахалина, может быть использована в качестве сырья для производства альгинатов. Было установлено, что наиболее качественным является альгинат натрия, полученный из *S. japonica*, добытой в августе, имеющий молекулярную массу 193-195 кДа и $M/G = 1,55-1,51$. Полученные результаты показали, что использованная технологическая схема, ранее разработанная и опубликованная, актуальна и в настоящее время. Эта известная технология может быть применена для получения альгината натрия из *S. japonica* и других видов ламинариевых водорослей, таких как *S. angustata*, *S. kurilensis*, *S. japonica*, *S. costata*. Таким образом, бурые водоросли рода *Saccharina* и другие бурые водоросли ДВ морей из семейства Laminariaceae, а также их промысловый запас имеют неисчерпаемый потенциал для производства из них высококачественных альгинатов не менее 1000 т/г для индустрии пищевых, медицинских и косметических продуктов.

Финансирование: Работа была проведена в период 2015-2016 гг. в соответствии с договором №93/1557011 от 15.06.2015 г. и в период 2020-2023 гг. в процессе подготовки диссертации.



Рисунок 5. Экспериментальный альгинат натрия, полученный из *S. japonica*

Figure 5. Experimental sodium alginate obtained from *S. japonica*

Funding: The work was carried out during the period 2015-2016 under contract № 93/1557011 dated June 15, 2015, and during the period 2020-2023 in the process of preparing the dissertation.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Вклад в работу авторов: **А.В. Подкорытова** – идея статьи, подготовка материала, интерпретация данных, обработка и редактирование текста; **А.Н. Рощина** – проведение экспериментальных исследований, сбор и анализ данных, подготовка материалов, оформление статьи и участие в обсуждении и редактировании текста.

The authors declare that there is no conflict of interest. Contribution to the work of the authors: **Podkorytova A.V.** – the idea of the article, preparation of the material, interpretation of data, processing and editing of the text; **Roshchina A.N.** – conducting experimental research, data collection and analysis, preparation of materials, design of the article and participation in the discussion and editing of the text.

Таблица 2. Содержание D-маннуроносовой кислоты и L-гулууроносовой кислоты и их соотношения (M/G) в альгинатах из *S. japonica* / **Table 2.** Content of D-mannuronic acid and L-guluronic acid and their (M/G) ratios in alginate from *S. japonica*

Вид разделки <i>S. japonica</i>	Дата сбора сырья	Содержание, %		M/G
		D-маннуроносовой	L-гулууроносовой	
Слоевница	15.05.15 г.	69,1	30,9	2,23
	05.06.16 г.	66,0	34,0	1,94
	16.08.16 г.	61,4	38,6	1,59
Шинкованная	20.08.15 г.	60,8	39,2	1,55
		60,2	39,8	1,51

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Евсеева Н.В., Матюшкин В.Б., Березина М.О. [и др.] Состояние ресурсов и промысел водорослей и морских трав в морях России в 2000-2020 гг. // Труды ВНИРО. 2024. Т.195. С. 232-248. <https://doi.org/10.36038/2307-3497-2024-195-232-248>.
2. Состояние промысловых ресурсов Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна. / Информационный справочник под ред. Болдырев В.З., Захаров Е.А., Солодовников С.А. – Владивосток: ТИНРО. 2024. С. 41.
3. Подкорытова А.В. Морские водоросли-макрофиты и травы. – М.: ВНИРО. 2005. 175 с.
4. Подкорытова А.В., Рощина А.Н., Евсеева Н.В., Усов А.И., Головин Г.Ю., Попов А.М. Бурые водоросли порядков Laminariales и Fucales Сахалино-Курильского региона: запасы, добыча, использование // Труды ВНИРО. 2020. Т. 181. С.202-223. <https://doi.org/10.36038/2307-3497-2020-181-235-256>.
5. ГОСТ 26185-84 «Водоросли морские, травы морские и продукты их переработки. Методы анализа». – М.: Стандартинформ, 2019. 31 с.
6. ГОСТ 31412-2010 «Водоросли, травы морские и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей». – М.: Стандартинформ, 2011. 7 с.
7. ГОСТ 31413-2010 «Водоросли, травы морские и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб». – М.: Стандартинформ, 2019. 12 с.
8. ГОСТ 33331-2015 «Водоросли, травы морские и продукция из них. Методы определения массовой доли воды, золы и посторонних примесей». – М.: Стандартинформ. 2019. 9 с.
9. Подкорытова А.В., Кадникова И.А. Качество, безопасность и методы анализа продуктов из гидробионтов. Вып. 3 // Руководство по современным методам исследований морских водорослей, трав и продуктов их переработки. – М.: ВНИРО. 2009. 108 с.
10. Усов А.И. Альгиновые кислоты и альгинаты: методы анализа, определения состава и установления строения // Усп. хим., 68:11 (1999), 1051-1061; Russian Chem. Reviews, 68:11 (1999), 957-966.
11. Рощина А.Н., Подкорытова А.В. Альгинаты из бурых водорослей – природные стабилизаторы пищевых систем, абсорбенты и компоненты медицинских продуктов // Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса: материалы XI международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов. – СПб: ВНИРО. 2023. С. 205-207.
12. Подкорытова А.В., Рощина А.Н. Морские бурые водоросли – перспективный источник БАВ для медицинского, фармацевтического и пищевого применения // Труды ВНИРО. 2021. Т.186. С.156-172. <https://doi.org/10.36038/2307-3497-2021-4-156-172>.
13. Подкорытова А.В., Рощина А.Н., Котельникова Л.Х., Родина Т.В. *Saccharina japonica* – её технико-химическая характеристика для применения в технологии пищевых и лечебно-профилактических продуктов // Рыбное хозяйство. 2023. № 2. С. 109-115. <https://doi.org/10.37663/0131-6184-2023-2-109-115>. EDN FEARED.

REFERENCES AND SOURCES

1. Evseeva N.V., Matyushkin V.B., Berezhina M.O., [et al.] (2024). Status of resources and fishing of algae and sea grasses in the seas of Russia in 2000-2020 // Trudy VNIRO. Vol. 195. Pp. 232-248. <https://doi.org/10.36038/2307-3497-2024-195-232-248>. (In Russ.)
2. Status of Commercial Resources of the Far Eastern Fishery Basin. Information Handbook ed. Boldyrev V.Z., Zakharov E.A., Solodovnikov S.A. – Vladivostok: TINRO. 2024. P. 41. (In Russ.)
3. Podkorytova A.V. Marine macrophytic algae and grasses. – Moscow: VNIRO. 2005. 175 p. (In Russ.)
4. Podkorytova A.V., Roshchina A.N., Evseeva N.V., Usov A.I., Golovin G.Yu., Popov A.M. Brown algae of the orders Laminariales and Fucales of the Sakhalin-Kuril region: stocks, harvesting, utilization// Trudy VNIRO. 2020. Vol. 181. P. 202-223. <https://doi.org/10.36038/2307-3497-2020-181-235-256>. (In Russ.)
5. GOST 26185-84 "Marine algae, seagrasses, and their processed products. Methods of analysis." Moscow: Standartinform, 2019. 31 p. (In Russ.)
6. GOST 31412-2010 "Algae, seagrasses, and products made from them. Methods for determining organoleptic and physical indicators." Moscow: Standartinform, 2011. 7 p. (In Russ.)
7. GOST 31413-2010 "Algae, seagrasses, and products made from them. Acceptance rules and sampling methods." Moscow: Standartinform, 2019. 12 p. (In Russ.)
8. GOST 33331-2015 "Algae, seagrasses and products from them. Methods for determining the mass fraction of water, ash and impurities." Moscow: Standartinform. 2019. 9 p. (In Russ.)
9. Podkorytova A.V., Kadnikova I.A. (2009). Quality, safety and analysis methods of products from hydrobionts. Issue 3 // Guidelines for modern research methods of marine algae, seagrasses and their processing products. – Moscow: VNIRO. 108 p. (In Russ.)
10. Usov A.I. Alginic acids and alginates: methods of analysis, determination of composition and establishment of structure", Advances in Chemistry, 68:11 (1999), 1051-1061; Russian Chem. Reviews, 68:11 (1999), 957-966. (In Russ.)
11. Roshchina A.N., Podkorytova A.V. Alginates from brown algae are natural stabilizers, absorbents, and components of medical products// Modern Problems and Prospects of the Fisheries Complex Development: Proceedings of the 11th International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists. – St. Petersburg: VNIRO. 2023. Pp. 205-207. (In Russ.)
12. Podkorytova A.V., Roshchina A.N. Marine Brown Algae as a Promising Source of Bioactive Substances for Medical, Pharmaceutical, and Food Applications // Trudy VNIRO. 2021. Vol. 186. pp. 156-172. <https://doi.org/10.36038/2307-3497-2021-4-156-172>. (In Russ.)
13. Podkorytova A.V., Roshchina A.N., Kotelnikova L.Kh., Rodina T.V. (2023). *Saccharina japonica* – its technochemical characteristics for use in the technology of food, therapeutic and prophylactic products/ // Fisheries. No. 2. Pp. 109-115. <https://doi.org/10.37663/0131-6184-2023-2-109-115>. EDN FEARED (In Russ.)

Материал поступил в редакцию/ Received 16.10.2025

Принят к публикации / Accepted for publication 05.11.2025