



Журнал медико-биологических исследований. 2024. Т. 12, № 1. С. 99–113.

Journal of Medical and Biological Research, 2024, vol. 12, no. 1, pp. 99–113.

Обзорная статья

УДК [613.292+582.26](98)

DOI: 10.37482/2687-1491-Z180

Морские водоросли как важный функциональный ингредиент и продовольственное сырье для обогащения рационов питания населения Арктической зоны Российской Федерации (обзор)

Ольга Анатольевна Шепелева* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7973-9320>

Галина Николаевна Дегтева* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3269-2588>

Ирина Игоревна Новикова** ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1105-471X>

Ирина Геннадьевна Шевкун*** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1796-360X>

Сергей Павлович Романенко** ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1375-0647>

Мария Вячеславовна Семенихина** ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8405-4847>

Ольга Николаевна Попова* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0135-4594>

Андрей Борисович Гудков* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5923-0941>

*Северный государственный медицинский университет
(Архангельск, Россия)

**Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены
(Новосибирск, Россия)

***Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
(Москва, Россия)

Аннотация. Проведен анализ научной литературы, посвященной морским водорослям как дополнительному источнику питательных веществ и биологически активных соединений. Результаты исследований доказывают, что бурые водоросли являются перспективным сырьем для использования в питании человека. Водоросли содержат 7 аминокислот, незаменимых для взрослого человека. Присутствие моноидтирозина и дийодтирозина в составе данного биообъекта обуславливает гормоноподобное воздействие белков, содержащихся в нем, на организм человека. Жиры бурых водорослей представлены как насыщенными, так и ненасыщенными жирными кислотами, поэтому авторы статьи предполагают, что водоросли могут стать одним из альтернативных источников эссенциальных длинноцепочечных полиненасыщенных жирных кислот, оказывающих положительное влияние на функционирование сердечно-сосудистой и нервной систем, а также на когнитивное развитие детей. Особо следует подчеркнуть, что бурые водоросли являются источником фукостерина, который характеризуется гипохолестеринемическим, гипотензивным, антиоксидантным, противовоспалительным, противоопухолевым и антидиабетическим действием. Углеводы водорослей представлены уникальными по строению и биологическому действию полисахарида-

Ответственный за переписку: Ольга Анатольевна Шепелева, адрес: 163069, г. Архангельск, просп. Троицкий, д. 51; e-mail: shepelevaolangmu@mail.ru

ми: альгинатами, обладающими противовоспалительными, антиоксидантными и иммуномодулирующими свойствами; фукоиданами, имеющими антибактериальное, антиоксидантное и противоопухолевое действие; ламинаринами, оказывающими иммуномодулирующее, антиоксидантное, противоопухолевое и антибактериальное влияние. Полифенолы, содержащиеся в водорослях, не встречаются в наземных растениях. Водоросли являются источником йода и других минеральных веществ, а также витаминов. В настоящее время блюда и продукты из водорослей уже введены в рацион населения некоторых стран. Однако имеется ряд проблем, требующих дальнейшего анализа: мало изучены возможные побочные эффекты при чрезмерном употреблении морских водорослей, не разработаны нормы их суточного потребления, слабо исследованы вопросы биодоступности питательных веществ из морских водорослей после кулинарной или технологической обработки. В целом следует заключить, что морские водоросли могут стать важным функциональным ингредиентом и продовольственным сырьем для обогащения рационов питания населения Арктической зоны Российской Федерации.

Ключевые слова: морские водоросли, *Laminaria digitata*, *Laminaria saccharina*, *Fucus vesiculosus*, *Ascophyllum nodosum*, функциональные пищевые продукты, питание населения Арктической зоны Российской Федерации.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Морские водоросли как важный функциональный ингредиент и продовольственное сырье для обогащения рационов питания населения Арктической зоны Российской Федерации (обзор) / О. А. Шепелева, Г. Н. Дегтева, И. И. Новикова, И. Г. Шевкун, С. П. Романенко, М.В. Семенихина, О. Н. Попова, А. Б. Гудков // Журнал медико-биологических исследований. – 2021. – Т. 12, № 1. – С. 99-113. – DOI: 10.37482/2687-1491-Z180.

Review article

Seaweed as an Important Functional Ingredient and Alimentary Raw Material for Enriching the Diet of the Population in the Arctic Zone of the Russian Federation (Review)

Ol'ga A. Shepeleva* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7973-9320>

Galina N. Degteva* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3269-2588>

Irina I. Novikova** ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1105-471X>

Irina G. Shevkun*** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1796-360X>

Sergey P. Romanenko** ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1375-0647>

Mariya V. Semenikhina** ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8405-4847>

Ol'ga N. Popova* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0135-4594>

Andrey B. Gudkov* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5923-0941>

*Northern State Medical University
(Arkhangelsk, Russian Federation)

**Novosibirsk Research Institute of Hygiene
(Novosibirsk, Russian Federation)

***Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing
(Moscow, Russian Federation)

Abstract. The paper analysed scientific literature on seaweed as an additional source of nutrients and biologically active compounds. The studies demonstrate that brown algae are promising raw materials for human nutrition. Algae contain 7 amino acids essential for adults, as well as monoiodotyrosine and diiodotyrosine, which induce a hormone-like effect of algae proteins on the human body. Brown algae fats are represented by both saturated and unsaturated fatty acids, which allows us to assume that algae can become an alternative source of essential long-chain polyunsaturated fatty acids, having a positive effect on the cardiovascular and nervous systems, as well as on the cognitive development of children. It should be emphasized that brown algae are a source of fucosterol, which has hypocholesterolemic, hypotensive, antioxidant, anti-inflammatory, antitumour and antidiabetic effects. Algae carbohydrates include polysaccharides unique in their chemical structure and biological activity: alginates, having anti-inflammatory, antioxidant and immunomodulatory properties; fucoidans, producing antibacterial, antioxidant and antitumour effects; and laminarins, exerting immunomodulatory, antioxidant, antitumour and antibacterial effects. Polyphenols contained in algae are not found in terrestrial plants. Algae are a source of iodine and other minerals as well as vitamins. Currently, algae are being used in human diets in a number of countries. However, there are certain problems that require further research, such as the possible side-effects of excessive consumption of seaweed, its daily intake recommendations, and bioavailability of nutrients after seaweed handling and processing. In general, it can be concluded that seaweed may well become an important functional ingredient and alimentary raw material for enriching the diet of the population in the Arctic zone of the Russian Federation.

Keywords: seaweed, *Laminaria digitata*, *Laminaria saccharina*, *Fucus vesiculosus*, *Ascophyllum nodosum*, functional foods, diet of residents of the Russian Arctic.

Funding. The research was not sponsored.

For citation: Shepeleva O.A., Degteva G.N., Novikova I.I., Shevkun I.G., Romanenko S.P., Semenikhina M.V., Popova O.N., Gudkov A.B. Seaweed as an Important Functional Ingredient and Alimentary Raw Material for Enriching the Diet of the Population in the Arctic Zone of the Russian Federation (Review). *Journal of Medical and Biological Research*, 2024, vol. 12, no. 1, pp. 99–113. DOI: 10.37482/2687-1491-Z180

В настоящее время во всех странах мира отмечается повышение потребительского спроса и экономического интереса к морским водорослям как дополнительному источнику питательных веществ и биологически активных соединений, в т. ч. минорных [1]. В работах *in vitro* и экспериментах на животных доказаны противоопухолевая, противовирусная, антибактериальная, антиоксидантная, гипотензивная направленность биологического действия и пребиотическая активность морских водорослей [2–7]. Многолетние научные исследования, проведенные в Китае, Японии, Южной Корее, выявили корреляционные связи между рационом питания, содержащим морские во-

доросли, и снижением риска развития артериальной гипертензии, ишемической болезни сердца, цереброваскулярных и онкологических заболеваний [8–10]. Показано, что включение морских водорослей в рационы питания больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями уменьшает риск смерти от осложнений [11], а в случае больных онкологическими заболеваниями способствует увеличению продолжительности жизни [12].

Рост доказательной базы данных по биологическим эффектам морских водорослей стимулирует развитие индустрии производства функциональных продуктов питания [13, 14].

Corresponding author: Ol'ga Shepeleva, address: prosp. Troitskiy 51, Arkhangelsk, 163000, Russian Federation; e-mail: shepelevaangmu@mail.ru

Производство водных биологических ресурсов и развитие аквакультуры, в состав которой входят морские водоросли, отнесены к одному из важных направлений экономического развития России¹.

Известно, что современные рационы питания жителей севера страны дефицитны по многим витаминам и минеральным веществам, в т. ч. по йоду, недостаток которого негативно отражается на интеллектуальном развитии детского населения, а также распространенности эндемического зоба по регионам [15, 16]. Проблему йододефицита на территории России усугубляет недостаточное потребление рыбы и морепродуктов [15, 17]. Для снижения алиментарно-зависимых факторов риска у населения Арктической зоны Российской Федерации предлагается использование пищевых продуктов и готовых блюд, обогащенных микроэлементами [18, 19]. Следует заметить, что масштабные научные исследования по изучению влияния рационов питания, обогащенных водорослями, в России не проводились.

Можно предположить, что включение в рационы питания северян блюд из водорослей и пищевых продуктов, обогащенных водорослями, положительно повлияет на показатели здоровья, снизит риски развития эндокринных, сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний у всех групп населения.

Цель – на основе анализа доступных источников обосновать необходимость включения морских водорослей в рецептуры блюд для применения в питании населения Арктической зоны Российской Федерации, в т. ч. детского.

С помощью научно-информационной социальной сети ResearchGate, поисковых систем Google Scholar и PubMed, а также электронных библиотек CyberLeninka, eLIBRARY, National Library of Medicine и официального агентства Crossref проведен поиск статей по вопросам

пищевой ценности морских водорослей, их биологического значения, влияния на здоровье населения, использования в качестве ингредиентов в функциональных продуктах питания, а также включения бурых водорослей в состав рационов питания. Использовались ключевые слова: морские водоросли, *Laminaria digitata*, *Laminaria saccharina*, *Fucus vesiculosus*, *Ascophyllum nodosum*, функциональные пищевые продукты, питание населения Арктической зоны Российской Федерации.

Пищевая ценность и биологическое значение водорослей. Бурые водоросли: ламинария пальчаторассеченная (*Laminaria digitata* (Huds.) Lamour), ламинария сахаристая (*Laminaria saccharina* (L.) Lamour), фукус пузырчатый (*Fucus vesiculosus* (L.)), аскофиллум узловатый (*Ascophyllum nodosum* (L.)) – являются перспективным сырьем для использования в питании населения. Так, водоросли содержат 7 незаменимых и 12 заменимых для взрослого человека аминокислот. В целом содержание белка в биомассе водорослей невысоко, при этом ламинариевые водоросли богаче азотсодержащими веществами, чем фукусовые и *Ascophyllum nodosum*, но не содержат аспаргин. *Fucus vesiculosus*, а также водоросли вида *Ascophyllum nodosum*, в отличие от ламинариевых, не содержат пролин. В их состав входят моноидотирозин и дийодтирозин, что обуславливает полезность данного биологического объекта и гормоноподобное воздействие белков, содержащихся в нем, на организм человека [20].

Учитывая, что жиры бурых водорослей представлены ω -3 (α -линоленовой, эйкозапентаеновой, стеариононовой), ω -6 (арахидоновой) полиненасыщенными жирными кислотами (ПНЖК), насыщенными (пальмитиновой, миристиновой) жирными кислотами, а также олеиновой мононенасыщенной жирной кислотой [21], можно предположить, что водоросли

¹О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года: указ Президента РФ от 26 окт. 2020 г. № 645 (с изм. и доп. от 12 нояб. 2021 г.). URL: <https://base.garant.ru/74810556/> (дата обращения: 04.01.2023).

могут стать одним из альтернативных источников эссенциальных длинноцепочечных ПНЖК семейства ω -3 (ω -3ДЦПНЖК), оказывающих положительное влияние на функционирование сердечно-сосудистой и нервной систем, когнитивное развитие детского населения [9, 22, 23]. Бурые водоросли являются источником фукостерина – стеролового метаболита, регулирующего гены, участвующие в гомеостазе холестерина, и обладающего гипохолестеринемическим, антигипертензивным, антиоксидантным, противовоспалительным, противоопухолевым и антидиабетическим действием. Наиболее богат фукостерином *Fucus vesiculosus* [24], который может рассматриваться как перспективное сырье для извлечения жирнокислотной фракции [21].

Углеводы водорослей – это уникальные по своему строению и биологическому действию полисахариды: альгинаты, фукоиданы, ламинараны [20, 24]. Ламинарии отличаются более высоким по сравнению с фукусовыми содержанием альгинатов. Однако уровень концентрации фукоидана в *Fucus vesiculosus* выше, чем в ламинарии и *Ascophyllum nodosum* [24]. Арктические ламинарии можно рассматривать как потенциальный источник нерастворимого полисахарида – альгулезы (целлюлозы), при этом полученный из биомассы бурых водорослей белково-полисахаридный комплекс, который содержит белки и целлюлозу, в перспективе возможно использовать как фармсубстанцию, имеющую энтеросорбционный и иммуномодулирующий эффекты [20].

Альгинаты обладают противовоспалительными, антиоксидантными, иммуномодулирующими, противоаллергическими свойствами, являются энтеросорбентами [3, 4]. В экспериментах на животных при добавлении в рационы питания альгината натрия выявлены улучшения профиля циркулирующих липидов, снижение риска развития ожирения, положительное изменение микробиоты [5]. Ламинараны оказывают иммуномодулирующее, антиоксидантное, антибактериальное, противоопухолевое действие [1, 2].

Значительное количество исследований посвящено изучению биологического значения фукоидана морских водорослей, типичным представителем которого можно назвать сульфатированный гетерополисахарид. Большинство сульфатированных полисахаридов морских водорослей, в т. ч. и фукоиданы, являясь отрицательно заряженными полисахаридами, напрямую связываются с вирусами и подавляют их инфекционную способность либо уничтожают возбудителей респираторных инфекций, в частности вирусы гриппа и SARS-CoV-2 [25, 26]. Фукоиданы способны блокировать воспалительный процесс, обладают антибактериальной, антиоксидантной, противоопухолевой активностью, а также антипаразитарными свойствами [27, 28].

Фукоидан имеет пребиотическую активность, способствует нормализации микроэкологического статуса организма за счет стимуляции роста и биологической активности биомассы бифидобактерий [29].

В литературе представлены данные о вкладе фукоидана в регуляцию углеводного обмена, его влиянии на уровень глюкозы, секрецию инсулина, инсулинорезистентность [30].

Фукоиданы обладают гипохолестеринемическим эффектом, способствуя выведению из организма желчных кислот. Развивающийся в клетках печени дефицит холестерина компенсируется увеличением числа рецепторов к липопротеинам низкой плотности в клеточных мембранах, что ведет к снижению уровня холестерина в плазме крови [31].

Фукоиданы являются действенными антикоагулянтами, сопоставимыми по эффекту с гепарином. Фукоидан, обладая сродством к катионам металлов, оказывает антиоксидантное влияние и способствует выведению из организма радионуклидов, эндо- и экзотоксинов [32].

К минорным биологически активным веществам водорослей относят фотосинтетические пигменты: хлорофилл, фукоксантин, каратиноиды (зеаксантин, α - и β -каротины, лютеин) [20, 33], а также не встречающиеся в наземных растениях полифенолы – флоро-

таннины (дубильные вещества). Особенно высоким содержанием полифенольных соединений характеризуется *Fucus vesiculosus* [34–36]. Полифенолы бурых водорослей проявляют противовирусное, антибактериальное, противовоспалительное, противоопухолевое действие [37, 38]. Флоротаннины влияют на всасывание и биосинтез холестерина. Выявлена способность *Fucus vesiculosus* ингибировать абсорбцию холестерина [39]. Установлена высокая антирадикальная и восстанавливающая активность фукусовых водорослей, сравнимая с активностью кверцетина, который относится к наиболее сильному, обладающему антиоксидантными свойствами растительному флавоноиду [34, 40].

Бурые водоросли содержат витамины Е (α -токоферол) и D (эргокальциферол), витамины группы В (особенно В₁), незначительное количество В₁₂, липофильного витамина А (получаемого из каротиноида β -каротина) [41, 42]. Содержание витамина С в фукусовых водорослях выше, чем в ламинариевых [34].

Минеральный состав водорослей представлен как макроэлементами (калий, натрий, кальций, фосфор, магний, сера и др.), так и микроэлементами (железо, цинк, медь, йод, селен и др.) [20, 33]. Ламинариевые водоросли, в сравнении с фукусовыми, больше накапливают йода, калия, хлора, титана и меньше – кальция, магния, кремния, железа, серы, алюминия. Зольность фукусовых водорослей ниже, чем ламинариевых [43]. Чрезвычайно сильным аккумулятором йода является *Laminaria digitata* [24, 44].

В целом, биохимический состав и пищевая ценность водорослей зависят от их вида, стадии развития, а также климатогеографических особенностей районов сбора, солености вод и сезона года [20, 36, 43, 45].

Использование водорослей в пищевой промышленности. Морские водоросли исторически входят в рационы питания населения прибрежных территорий, особенно широко они используются в пищу в азиатских государствах. На страны Азии приходится 97,38 %

от мирового объема производства морских водорослей, при этом основной путь выращивания – искусственный (99 %). Доля Европы в мировом производстве водорослей составляет всего 0,8 %, при этом 96 % европейских водорослей – естественного происхождения [1]. В Китае, Японии, Корее, Ирландии, Канаде, Перу, на Филиппинах, Гавайских и Азорских островах, северо-западном побережье Северной Америки морские водоросли, которые также называют «морскими овощами», с древних времен используют в традиционных рационах питания, различие заключается в способах приготовления. Для их обработки применяют традиционные технологии: бланширование, варка, варка на пару, жарка. Водоросли употребляют в сыром и сухом виде, в них добавляют сахар, уксус, соевый соус, их используют в качестве заменителя соли, приправ. Многообразие блюд, приготовляемых из водорослей, определяется традициями каждой этнической группы [46]. Около 36 % от всего мирового объема их потребления приходится на *Laminaria* и *Saccharina*, которые в основном используются в составе приправ, салатов, соусов [1].

В современных условиях продукты и блюда из водорослей адаптируются согласно вкусовым предпочтениям западных стран. Так созданы чипсы, батончики, крекеры, пончики, закуски, полуфабрикаты с вкусами, привычными для населения. Используются также традиционные технологии консервирования (замораживание, сушка, маринование). Разрабатываются новые формы и вкусы продуктов с водорослями, способные заинтересовать детей [46].

Помимо непосредственного употребления в пищу в виде самостоятельных блюд (консервы, салаты, супы, гарниры), допустимо также включение водорослей в рецептуры мясных, рыбных, молочных, зерновых продуктов, хлеба, масла, муки, макаронных изделий, напитков, десертов, конфет, что позволяет создавать функциональные продукты питания, в т. ч. ферментированные [47–49].

В последние два десятилетия отмечается рост производства функциональных продуктов питания, содержащих водоросли, в т. ч. в качестве экстрактов [46]. Например, сотрудничество ученых Мурманского государственного технического университета и Норвежского технического университета Тронхейма (Norwegian University of Science and Technology (NTNU)) позволило разработать технологии изготовления кисломолочных продуктов (питьевые и густые йогурты) и низкокалорийных хрустящих хлебцев (итальянские сухарики), обогащенных йодом, источником которого послужила водоросль *Laminaria saccharina*, выращенная на фермах компании Energy Solutions AS острова Фрэйя (Норвегия) [49].

Добавление в молочные продукты фукоидана позволило ученым Южно-Уральского государственного университета создать пробиотический кисломолочный продукт, положительно влияющий на формирование микрофлоры кишечника [50]. Внесение в тесто для хлеба биологически активной добавки к пище «Фуколам С» сделало возможной выпечку хлебобулочных изделий с улучшенными органолептическими свойствами, а также получение продукта профилактического питания с более низкой пищевой ценностью и более высоким содержанием белка и пищевых волокон [51].

Разработаны синбиотические продукты для функционального питания, содержащие экстракт фукоидана (бифидумбактерин, приготовленный на основе фруктово-овощных соков, коровьего и соевого молока) [29]. На основе экстрактов из ламинариевых и фукусовых водорослей разработаны рецептуры для приготовления безалкогольных напитков, сбалансированных по содержанию йода и оказывающих антистрессовое и тонизирующее действие [52]. Морские водоросли также применяются в пищевой промышленности для получения субстанций с целью улучшения органолептических показателей пищевых продуктов и повышения их устойчивости при хранении, для совершенствования технологических процессов. Например, альгинаты используют при про-

изводстве сливочных сыров и кремов, майонезов, консервов, соусов, мороженого, джемов, варенья [13, 24, 33, 50, 53].

Гелеобразные альгинатсодержащие водорослевые массы, полученные из разных частей слоевища ламинариевых, можно применять как для обогащения продуктов йодом и фукоиданом, так и для придания продуктам определенных реологических свойств [54].

Безопасность водорослей. На безопасность морских водорослей как продовольственного сырья по показателям химического загрязнения существенное влияние оказывает уровень антропогенной нагрузки на окружающую природную среду. По данным К.Г. Боголицына и др., в образцах бурых водорослей, полученных в ходе научно-исследовательской экспедиции в Баренцевом и Белом морях, содержание ртути и свинца либо не было обнаружено, либо являлось незначительным и не превышало санитарно-гигиенических нормативов, что позволяет говорить о пригодности данных биообъектов к использованию в пищевых целях [43]. К аналогичному выводу пришли ученые, проводившие санитарно-гигиеническое исследование бурых водорослей Белого и Баренцева морей [55]. Основные районы промысла бурых водорослей на Дальнем Востоке также можно считать пригодными для добычи [56]. Положительным моментом является и возможность культивировать водоросли в морской и пресной воде без применения антибиотиков и пестицидов [1].

Заключение. Таким образом, морские водоросли *Laminaria digitata*, *Laminaria saccharina*, *Fucus vesiculosus*, *Ascophyllum nodosum* содержат уникальные биологически активные вещества, которые не встречаются у наземных растений и могут оказывать положительное биологическое действие на иммунную систему и функциональное состояние организма человека. Включение морских водорослей в рационы питания различных групп населения снижает риски развития хронических неинфекционных и вирусных заболеваний, а также ожирения.

Однако анализ научных источников показал, что большинство публикаций посвящено вопросам оценки химического состава и биологического действия структурных компонентов водорослей, а также разработке новых функциональных и специализированных пищевых продуктов на основе экстрактов, содержащих биологически активные вещества морских водорослей.

Биологические эффекты функциональных продуктов питания, имеющих в составе морские водоросли или их экстракты, в основном исследуются *in vitro* и в экспериментах на животных. Влияние рационов питания, включающих морские водоросли, на показатели здоровья исследовано слабо. Мы не нашли

публикаций, в которых была бы представлена медицинская оценка результатов использования водорослей в рационах питания организованных коллективов на территории Российской Федерации, в т. ч. детских.

В настоящее время недостаточно проанализированы возможные побочные эффекты при чрезмерном употреблении морских водорослей, не разработаны нормы допустимого суточного потребления, мало исследованы биодоступность питательных веществ и влияние способов приготовления пищи на биодоступность, что затрудняет практическое применение продукта и обуславливает необходимость его дальнейшего изучения.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Вклад авторов: Шепелева О.А. – подбор и анализ литературы, редактирование окончательной версии текста; Дегтева Г.Н. – разработка концепции обзора, существенный вклад в написание текста; Новикова И.И. – подбор и анализ литературы, написание текста обзора; Шевкун И.Г. – подбор и анализ литературы; Романенко С.П. – редактирование окончательной версии текста; Семенихина М.В. – подбор и анализ литературы; Попова О.Н. – подбор и анализ литературы, окончательное редактирование текста статьи; Гудков А.Б. – существенный вклад в написание текста обзора и анализ литературы.

Authors' contributions: O.A. Shepeleva selected and analysed literature and edited the final version of the manuscript; G.N. Degteva developed the concept of the review and contributed significantly to writing the manuscript; I.I. Novikova selected and analysed literature and wrote the manuscript; I.G. Shevkun selected and analysed literature; S.P. Romanenko edited the final version of the manuscript; M.V. Semikhina selected and analysed literature; O.N. Popova selected and analysed literature and performed the final editing of the manuscript; A.B. Gudkov contributed significantly to writing the manuscript and analysed literature.

Список литературы

1. Zhang L., Liao W., Huang Y., Chu Y., Zhao C. Global Seaweed Farming and Processing in the Past 20 Years // Food Prod. Process. Nutr. 2022. Vol. 4. Art. № 23. <https://doi.org/10.1186/s43014-022-00103-2>
2. Bae H., Song G., Lee J.-Y., Hong T., Chang M.-J., Lim W. Laminarin-Derived from Brown Algae Suppresses the Growth of Ovarian Cancer Cells via Mitochondrial Dysfunction and ER Stress // Mar. Drugs. 2020. Vol. 18, № 3. Art. № 152. <https://doi.org/10.3390/md18030152>
3. Feng W., Hu Y., An N., Feng Z., Liu J., Mou J., Hu T., Guan H., Zhang D., Mao Y. Alginate Oligosaccharide Alleviates Monocrotaline-Induced Pulmonary Hypertension via Anti-Oxidant and Anti-Inflammation Pathways in Rats // Int. Heart J. 2020. Vol. 61, № 1. P. 160–168. <https://doi.org/10.1536/ihj.19-096>
4. Wang M., Chen L., Zhang Z. Potential Applications of Alginate Oligosaccharides for Biomedicine – a Mini Review // Carbohydr. Polym. 2021. Vol. 271. Art. № 118408. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118408>

5. Li Y., Huang J., Zhang S., Yang F., Zhou H., Song Y., Wang B., Li H. Sodium Alginate and Galactooligosaccharides Ameliorate Metabolic Disorders and Alter the Composition of the Gut Microbiota in Mice with High-Fat Diet-Induced Obesity // *Int. J. Biol. Macromol.* 2022. Vol. 215. P. 113–122. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.06.073>
6. Озудов А.С., Шепелева О.А., Чуенко Н.Ф., Шестаков Н.А., Шевкун И.Г., Новикова И.И. Оценка биологических эффектов бурых водорослей *Laminaria digitata* (по результатам исследований на лабораторных животных) // *Sci. Educ. Today.* 2022. Vol. 12, № 6. P. 189–211. <https://doi.org/10.15293/2658-6762.2206.08>
7. Janapatla R.P., Dudek A., Chen C.L., Chuang C.H., Chien K.Y., Feng Y., Yeh Y.M., Wang Y.H., Chang H.J., Lee Y.C., Chiu C.H. Marine Prebiotics Mediate Decolonization of *Pseudomonas Aeruginosa* from Gut by Inhibiting Secreted Virulence Factor Interactions with Mucins and Enriching *Bacteroides* Population // *J. Biomed. Sci.* 2023. Vol. 30, № 1. Art. № 9. <https://doi.org/10.1186/s12929-023-00902-w>
8. Iso H., Kubota Y. Nutrition and Disease in the Japan Collaborative Cohort Study for Evaluation of Cancer (JACC) // *Asian Pac. J. Cancer Prev.* 2007. Vol. 8, suppl. P. 35–80.
9. Park G.-H., Cho J.-H., Lee D., Kim Y. Association Between Seafood Intake and Cardiovascular Disease in South Korean Adults: A Community-Based Prospective Cohort Study // *Nutrients.* 2022. Vol. 14, № 22. Art. № 4864. <https://doi.org/10.3390/nu14224864>
10. Ren Y., Feng Y., Qing J., Zhang P., Xiao L., Liang X. The Correlation Between Nuts and Algae-Less Diet and Children's Blood Pressure: From a Cross-Sectional Study in Chongqing // *Clin. Exp. Hypertens.* 2023. Vol. 45, № 1. Art. № 2180024. <https://doi.org/10.1080/10641963.2023.2180024>
11. Kishida R., Yamagishi K., Muraki I., Sata M., Tamakoshi A., Iso H. Frequency of Seaweed Intake and Its Association with Cardiovascular Disease Mortality: The JACC Study // *J. Atheroscler. Thromb.* 2020. Vol. 27, № 12. P. 1340–1347. <https://doi.org/10.5551/jat.53447>
12. Minami Y., Kanemura S., Oikawa T., Suzuki S., Hasegawa Y., Nishino Y., Fujiya T., Miura K. Associations of Japanese Food Intake with Survival of Stomach and Colorectal Cancer: A Prospective Patient Cohort Study // *Cancer Sci.* 2020. Vol. 111. P. 2558–2569. <http://dx.doi.org/10.1111/cas.14459>
13. Запорожец Т.С., Кузнецова Т.А., Крыжановский С.П., Ермакова С.П., Беседнова Н.Н. Функциональные пищевые продукты на основе полисахаридов из морских водорослей. Владивосток: Дальнаука, 2020. 368 с.
14. Воробьева Н.Ю. Мясные комбинированные продукты для диетического профилактического питания с использованием продуктов переработки морских водорослей // Новые концептуальные подходы к решению глобальной проблемы обеспечения продовольственной безопасности в современных условиях: сб. науч. ст. 10-й Междунар. науч.-практ. конф. Курск, 2022. С. 77–80.
15. Истомин А.В., Федина И.Н., Шкурихина С.В., Кутакова Н.С. Питание и север: гигиенические проблемы Арктической зоны России (обзор литературы) // *Гигиена и санитария.* 2018. Т. 97, № 6. С. 557–563. <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-6-557-563>
16. Потолицына Н.Н., Бойко Е.Р. Витаминный статус жителей Европейского Севера России и его зависимость от географической широты // *Журн. мед.-биол. исследований.* 2018. Т. 6, № 4. С. 376–386. <https://doi.org/10.17238/issn2542-1298.2018.6.4.376>
17. Рыжкова С.М., Кручинина В.М. Тенденции потребления рыбы и продуктов ее переработки в России // *Вестн. Воронеж. гос. ун-та инженер. технологий.* 2020. Т. 82, № 2(84). С. 181–189. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-2-181-189>
18. Никанов А.Н., Кривошеев Ю.К., Гудков А.Б. Влияние морской капусты и напитка «Альгапект» на минеральный состав крови у детей – жителей Мончегорска // *Экология человека.* 2004. № 2. С. 30–33.
19. Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Рисник Д.В., Никитюк Д.Б., Тутельян В.А. Обеспеченность населения России микронутриентами и возможности ее коррекции. Состояние проблемы // *Вопр. питания.* 2017. Т. 86, № 4. С. 113–124.
20. Боголицын К.Г., Паршина А.Э., Дружинина А.С., Шульгина Е.В. Сравнительная характеристика химического состава некоторых представителей бурых водорослей Белого и Желтого морей // *Химия растит. сырья.* 2020. № 3. С. 35–46. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2020037417>
21. Боголицын К.Г., Каплицин П.А., Добродеева Л.К., Дружинина А.С., Овчинников Д.В., Паршина А.Э., Шульгина Е.В. Жирнокислотный состав и биологическая активность сверхкритических экстрактов арктической бурой водоросли *Fucus vesiculosus* // *Сверхкрит. флюиды: теория и практика.* 2016. Т. 11, № 3. С. 58–70.

22. Шух Е.В., Махова А.А. Длинноцепочечные полиненасыщенные жирные кислоты семейства ω -3 в профилактике заболеваний у взрослых и детей: взгляд клинического фармаколога // *Вопр. питания*. 2019. Т. 88, № 2. С. 91–100.
23. Innes J.K., Calder P.C. Marine Omega-3 (N-3) Fatty Acids for Cardiovascular Health: An Update for 2020 // *Int. J. Mol. Sci.* 2020. Vol. 21, № 4. Art. № 1362. <https://doi.org/10.3390/ijms21041362>
24. Облучинская Е.Д. Фитохимические и технологические исследования водорослей Баренцева моря // *Тр. Кольск. науч. центра РАН*. 2020. Т. 11, № 4-7. С. 178–198. <https://doi.org/10.37614/2307-5252.2020.11.4.008>
25. Беседнова Н.Н., Звягинцева Т.Н., Андриюков Б.Г., Запорожец Т.С., Кузнецова Т.А., Крыжановский С.П., Гусева Л.Г., Щелканов М.Ю. Сульфатированные полисахариды морских водорослей как потенциальные средства профилактики и терапии гриппа и COVID-19 // *Антибиотики и химиотерапия*. 2021. Т. 66, № 7-8. С. 50–66. <https://doi.org/10.37489/0235-2990-2021-66-7-8-50-66>
26. Song S., Peng H., Wang Q., Liu Z., Dong X., Wen C., Ai C., Zhang Y., Wang Z., Zhu B. Inhibitory Activities of Marine Sulfated Polysaccharides Against SARS-CoV-2 // *Food Funct.* 2020. Vol. 11, № 9. P. 7415–7420. <https://doi.org/10.1039/d0fo02017f>
27. Jin J.-O., Yadav D., Madhwani K., Puranik N., Chavda V., Song M. Seaweeds in the Oncology Arena: Anti-Cancer Potential of Fucoidan as a Drug – a Review // *Molecules*. 2022. Vol. 27, № 18. Art. № 6032. <https://doi.org/10.3390/molecules27186032>
28. Besednova N.N., Zaporozhets T.S., Andryukov B.G., Kryzhanovsky S.P., Ermakova S.P., Kuznetsova T.A., Voronova A.N., Shchelkanov M.Y. Antiparasitic Effects of Sulfated Polysaccharides from Marine Hydrobionts // *Mar. Drugs*. 2021. Vol. 19, № 11. Art. № 637. <https://doi.org/10.3390/md19110637>
29. Кузнецова Т.А., Запорожец Т.С., Беседнова Н.Н., Звягинцева Т.Н., Шевченко Н.М., Имбс Т.Н., Мандракова Н.В., Мельников В.Г. Исследование пребиотического потенциала биологически активных веществ из морских гидробионтов и разработка новых продуктов функционального питания // *Вестн. Дальневост. отд-ния РАН*. 2011. № 2(156). С. 147–150.
30. Одинец А.Г., Татаринова Л.В. Фукоидан: современные представления о его роли в регуляции углеводного обмена // *Лечеб. дело: науч.-практ. терапевт. журн.* 2016. № 3(49). С. 40–44.
31. Yin J., Wang J., Li F., Yang Z., Yang X., Sun W., Xia B., Li T., Song W., Guo S. The Fucoidan from the Brown Seaweed *Ascophyllum nodosum* Ameliorates Atherosclerosis in Apolipoprotein E-Deficient Mice // *Food Funct.* 2019. Vol. 10, № 8. P. 5124–5139. <https://doi.org/10.1039/C9FO00619B>
32. Кузнецова Т.А. Антикоагулянтная и антитромботическая активность сульфатированных полисахаридов морских водорослей // *Тромбоз, гемостаз и реология*. 2020. № 2(82). С. 53–59. <https://doi.org/10.25555/THR.2020.2.0918>
33. Подкорытова А.В., Роцина А.Н. Морские бурые водоросли – перспективный источник БАВ для медицинского, фармацевтического и пищевого применения // *Тр. ВНИРО*. 2021. Т. 186, № 4. С. 156–172.
34. Облучинская Е.Д. Антиоксидантные комплексные экстракты из фукусовых водорослей Баренцева моря // *Вестн. МГТУ*. 2018. Т. 21, № 3. С. 395–401. <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2018-21-3-395-401>
35. Боголицын К.Г., Дружинина А.С., Овчинников Д.В., Паршина А.Э., Шульгина Е.В., Турова П.Н., Ставрианиди А.Н. Полифенолы арктических бурых водорослей: выделение, полимолекулярный состав // *Химия растит. сырья*. 2019. № 4. С. 65–75. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2019045135>
36. Облучинская Е.Д., Захарова Л.В. Сравнительное исследование полифенолов бурых водорослей морей Арктики и Северной Атлантики // *Химия растит. сырья*. 2020. № 4. С. 129–137. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2020047755>
37. Имбс Т.И., Звягинцева Т.Н. Флоротаннины – полифенольные метаболиты бурых водорослей // *Биология моря*. 2018. Т. 44, № 4. С. 217–227. <https://doi.org/10.1134/S0134347518040010>
38. Беседнова Н.Н., Андриюков Б.Г., Запорожец Т.С., Кузнецова Т.А., Крыжановский С.П., Федянина Л.Н., Макаренкова И.Д., Галкина И.В., Щелканов М.Ю. Полифенолы из наземных и морских растений как ингибиторы репродукции коронавирусов // *Антибиотики и химиотерапия*. 2021. Т. 66, № 3-4. С. 62–81. <https://doi.org/10.37489/0235-2990-2021-66-3-4-62-81>
39. André R., Guedes L., Melo R., Ascensão L., Pacheco R., Vaz P.D., Serralheiro M.L. Effect of Food Preparations on *in vitro* Bioactivities and Chemical Components of *Fucus vesiculosus* // *Foods*. 2020. Vol. 9, № 7. Art. № 955. <https://doi.org/10.3390/foods9070955>

40. Захарова Л.В., Облучинская Е.Д. Полифенолы и антиоксидантная активность экстрактов фукусовых водорослей залива Факсафлюи (море Ирмингера) и бухты Завалишина (Баренцево море) // Тр. Кольск. науч. центра РАН. 2021. Т. 12, № 3(9). С. 68–75. <https://doi.org/10.37614/2307-5252.2021.3.9.009>
41. Наумов И.А., Буркова Е.А., Канарская З.А., Канарский А.В. Водоросли – источник биополимеров, биологически активных веществ и субстрат в биотехнологии. Ч. 1. Биополимеры клеток тканей водорослей // Вестн. Казан. технол. ун-та. 2015. Т. 18, № 1. С. 184–188.
42. Wells M.L., Potin P., Craigie J.S., Raven J.A., Merchant S.S., Helliwell K.E., Smith A.G., Camire M.E., Brawley S.H. Algae as Nutritional and Functional Food Sources: Revisiting Our Understanding // J. Appl. Phycol. 2017. Vol. 29, № 2. P. 949–982. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0974-5>
43. Боголицын К.Г., Каплицин П.А., Кашина Е.М., Иванченко Н.Л., Кокрятская Н.М., Овчинников Д.В. Особенности минерального состава бурых водорослей Белого и Баренцева морей // Химия растит. сырья. 2014. № 1. С. 243–250. <http://dx.doi.org/10.14258/jcprm.1401243>
44. Küpper F.C., Carrano C.J. Key Aspects of the Iodine Metabolism in Brown Algae: A Brief Critical Review // Metallomics. 2019. Vol. 11, № 4. P. 756–764. <https://doi.org/10.1039/c8mt00327k>
45. Monteiro J.P., Rey F., Melo T., Moreira A.S.P., Arbona J.-F., Skjermo J., Forbord S., Funderud J., Raposo D., Kerrison P.D., Perrineau M.-M., Gachon C., Domingues P., Calado R., Domingues M.R. The Unique Lipidomic Signatures of *Saccharina latissima* Can Be Used to Pinpoint Their Geographic Origin // Biomolecules. 2020. Vol. 10, № 1. Art. № 107. <https://doi.org/10.3390/biom10010107>
46. The Algae World / ed. by D. Sahoo, J. Seckbach. Dordrecht: Springer Netherlands, 2015. P. 403–428.
47. Ścieszka S., Klewicka E. Algae in Food: A General Review // Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 2019. Vol. 59, № 21. P. 3538–3547. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1496319>
48. Вафина Л.Х. Обоснование комплексной технологии переработки бурых водорослей (Phaeophyta) при получении функциональных пищевых продуктов: дис. ... канд. техн. наук. М., 2010. 280 с.
49. Shokina Y., Kuchina Y., Savkina K., Novozhilova E., Tatcienko K., Shokin G. The Use of Brown Algae *Laminaria saccharina* in Iodine Enriched Products Aimed at Preventing Iodine Deficiency // KnE Life Sci. 2022. Vol. 7, № 1. P. 135–145. <https://doi.org/10.18502/cls.v7i1.10115>
50. Потороко И.Ю., Паймулина А.В., Ускова Д.Г., Калинина И.В. Научные и практические аспекты технологий продуктов питания функциональной направленности // Вестн. Юж.-Урал. гос. ун-та. Сер.: Пищевые и биотехнологии. 2018. Т. 6, № 1. С. 49–59. <https://doi.org/10.14529/food180106>
51. Пат. RU 2399209 С1, МПК А21D 2/36 (2006.01), А21D 8/02 (2006.01). Композиция для приготовления теста для хлеба пшеничного «Дары моря»: № 2009112903/13: заявл. 06.04.2009; опубл. 20.09.2010 / Т.К. Каленик, Е.С. Смертина, Л.Н. Федянина, Н.М. Шевченко, Т.Н. Звягинцева, Т.И. Имбс. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2399209C1_20100920 (дата обращения: 04.01.2023).
52. Коровкина Н.В., Кутакова Н.А., Богданович Н.И. Экстракты бурых водорослей для обогащения рациона питания природными минеральными веществами // Химия растит. сырья. 2008. № 4. С. 167–170.
53. Наумов И.А., Буркова Е.А., Канарская З.А., Канарский А.В. Водоросли – источник биополимеров, биологически активных веществ и субстрат в биотехнологии. Ч. 2. Биотехнологическая переработка водорослей // Вестн. Казан. технол. ун-та. 2015. Т. 18, № 2. С. 198–203.
54. Ключкова Т.А. Получение альгинатсодержащего геля из камчатской бурой ламинариевой водоросли *Eualaria fistulosa* // Вест. Камчат. гос. техн. ун-та. 2021. № 56. С. 28–41. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2021-56-28-41>
55. Подкорытова А.В., Вафина Л.Х., Муравьева Е.А., Шарина З.Н. Санитарно-гигиеническая характеристика бурых водорослей Белого и Баренцева морей // Рыбпром: технологии и оборудование для перераб. вод. биоресурсов. 2009. № 4. С. 33–39.
56. Амина Н.М. Сравнительная характеристика бурых водорослей прибрежной зоны Дальнего Востока // Изв. ТИНРО. 2015. Т. 182. С. 258–268.

References

1. Zhang L., Liao W., Huang Y., Chu Y., Zhao C. Global Seaweed Farming and Processing in the Past 20 Years. *Food Prod. Process. Nutr.*, 2022, vol. 4. Art. no. 23. <https://doi.org/10.1186/s43014-022-00103-2>

2. Bae H., Song G., Lee J.-Y., Hong T., Chang M.-J., Lim W. Laminarin-Derived from Brown Algae Suppresses the Growth of Ovarian Cancer Cells via Mitochondrial Dysfunction and ER Stress. *Mar. Drugs*, 2020, vol. 18, no. 3. Art. no. 152. <https://doi.org/10.3390/md18030152>
3. Feng W., Hu Y., An N., Feng Z., Liu J., Mou J., Hu T., Guan H., Zhang D., Mao Y. Alginate Oligosaccharide Alleviates Monocrotaline-Induced Pulmonary Hypertension via Anti-Oxidant and Anti-Inflammation Pathways in Rats. *Int. Heart J.*, 2020, vol. 61, no. 1, pp. 160–168. <https://doi.org/10.1536/ihj.19-096>
4. Wang M., Chen L., Zhang Z. Potential Applications of Alginate Oligosaccharides for Biomedicine – a Mini Review. *Carbohydr. Polym.*, 2021, vol. 271. Art. no. 118408. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118408>
5. Li Y., Huang J., Zhang S., Yang F., Zhou H., Song Y., Wang B., Li H. Sodium Alginate and Galactooligosaccharides Ameliorate Metabolic Disorders and Alter the Composition of the Gut Microbiota in Mice with High-Fat Diet-Induced Obesity. *Int. J. Biol. Macromol.*, 2022, vol. 215, pp. 113–122. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.06.073>
6. Ogudov A.S., Shepeleva O.A., Chuenko N.F., Shestakov N.A., Shevkun I.G., Novikova I.I. Evaluation of the Biological Effect of the Brown Algae *Laminaria digitata* (Based on Studies on Experimental Animals). *Sci. Educ. Today*, 2022, vol. 12, no. 6, pp. 189–211 (in Russ.). <https://doi.org/10.15293/2658-6762.2206.08>
7. Janapatla R.P., Dudek A., Chen C.L., Chuang C.H., Chien K.Y., Feng Y., Yeh Y.M., Wang Y.H., Chang H.J., Lee Y.C., Chiu C.H. Marine Prebiotics Mediate Decolonization of *Pseudomonas aeruginosa* from Gut by Inhibiting Secreted Virulence Factor Interactions with Mucins and Enriching *Bacteroides* Population. *J. Biomed. Sci.*, 2023, vol. 30, no. 1. Art. no. 9. <https://doi.org/10.1186/s12929-023-00902-w>
8. Iso H., Kubota Y. Nutrition and Disease in the Japan Collaborative Cohort Study for Evaluation of Cancer (JACC). *Asian Pac. J. Cancer Prev.*, 2007, vol. 8, suppl., pp. 35–80.
9. Park G.-H., Cho J.-H., Lee D., Kim Y. Association Between Seafood Intake and Cardiovascular Disease in South Korean Adults: A Community-Based Prospective Cohort Study. *Nutrients*, 2022, vol. 14, no. 22. Art. no. 4864. <https://doi.org/10.3390/nu14224864>
10. Ren Y., Feng Y., Qing J., Zhang P., Xiao L., Liang X. The Correlation Between Nuts and Algae-Less Diet and Children's Blood Pressure: From a Cross-Sectional Study in Chongqing. *Clin. Exp. Hypertens.*, 2023, vol. 45, no. 1. Art. no. 2180024. <https://doi.org/10.1080/10641963.2023.2180024>
11. Kishida R., Yamagishi K., Muraki I., Sata M., Tamakoshi A., Iso H. Frequency of Seaweed Intake and Its Association with Cardiovascular Disease Mortality: The JACC Study. *J. Atheroscler. Thromb.*, 2020, vol. 27, no. 12, pp. 1340–1347. <https://doi.org/10.5551/jat.53447>
12. Minami Y., Kanemura S., Oikawa T., Suzuki S., Hasegawa Y., Nishino Y., Fujiya T., Miura K. Associations of Japanese Food Intake with Survival of Stomach and Colorectal Cancer: A Prospective Patient Cohort Study. *Cancer Sci.*, 2020, vol. 111, no. 7, pp. 2558–2569. <http://dx.doi.org/10.1111/cas.14459>
13. Zaporozhets T.S., Kuznetsova T.A., Kryzhanovskiy S.P., Ermakova S.P., Besednova N.N. *Funktsional'nye pishchevye produkty na osnove polisakharidov iz morskikh vodorosley* [Functional Foods Based on Seaweed Polysaccharides]. Vladivostok, 2020. 368 p.
14. Vorob'eva N.Yu. *Myasnye kombinirovannye produkty dlya dieticheskogo profilakticheskogo pitaniya s ispol'zovaniem produktov pererabotki morskikh vodorosley* [Combined Meat Products for Preventive Dietary Nutrition Using Seaweed Processing Products]. *Novye kontseptual'nye podkhody k resheniyu global'noy problemy obespecheniya prodovol'stvennoy bezopasnosti v sovremennykh usloviyakh* [New Conceptual Approaches to Solving the Global Food Security Problem in Modern Conditions]. Kursk, 2022, pp. 77–80.
15. Istomin A.V., Fedina I.N., Shkurikhina S.V., Kutakova N.S. Food and the North: Hygienic Problems of the Arctic Zone of Russia (the Review of the Literature). *Gigiena i sanitariya*, 2018, vol. 97, no. 6, pp. 557–563 (in Russ.). <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-6-557-563>
16. Potolitsyna N.N., Boyko E.R. Vitamin Status in Residents of the European North of Russia and Its Correlation with Geographical Latitude. *J. Med. Biol. Res.*, 2018, vol. 6, no. 4, pp. 376–386. <https://doi.org/10.17238/issn2542-1298.2018.6.4.376>
17. Ryzhkova S.M., Kruchinina V.M. Trends in the Consumption of Fish and Fish Products in Russia. *Proc. Voronezh State Univ. Eng. Technol.*, 2020, vol. 82, no. 2, pp. 181–189 (in Russ.). <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-2-181-189>
18. Nikanov A.N., Krivosheev Yu.K., Gudkov A.B. Vliyaniye morskoy kapusty i napitka “Al’gapekt” na mineral’nyy sostav krovi u detey – zHITELEY Monchegorska [Effect of Seaweed and the Algapekt Drink on the Blood Mineral Composition in Children Living in Monchegorsk]. *Ekologiya cheloveka*, 2004, no. 2, pp. 30–33.

19. Kodentsova V.M., Vrzhesinskaya O.A., Risnik D.V., Nikityuk D.B., Tutelyan V.A. Micronutrient Status of Population of the Russian Federation and Possibility of Its Correction. State of the Problem. *Probl. Nutr.*, 2017, vol. 86, no. 4, pp. 113–124 (in Russ.).
20. Bogolitsyn K.G., Parshina A.E., Druzhinina A.S., Shulgina E.V. Comparative Characteristics of the Chemical Composition of Some Representatives of Brown Algae of the White and Yellow Seas. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2020, no. 3, pp. 35–46 (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.2020037417>
21. Bogolitsyn K.G., Kaplitsin P.A., Dobrodeeva L.K., Druzhinina A.S., Ovchinnikov D.V., Parshina A.E., Shulgina E.V. Zhirnokislottnyy sostav i biologicheskaya aktivnost' sverkhkriticheskikh ekstraktov arkticheskoy buroy vodorosli *Fucus vesiculosus* [Fatty Acid Components and Biological Activity of Supercritical Extracts of Arctic Brown Algae *Fucus vesiculosus*]. *Sverkhkriticheskie flyuidy: teoriya i praktika*, 2016, vol. 11, no. 3, pp. 58–70.
22. Shikh E.V., Makhova A.A. Long-Chain ω -3 Polyunsaturated Fatty Acids in the Prevention of Diseases in Adults and Children: A View of the Clinical Pharmacologist. *Probl. Nutr.*, 2019, vol. 88, no. 2, pp. 91–100 (in Russ.).
23. Innes J.K., Calder P.C. Marine Omega-3 (N-3) Fatty Acids for Cardiovascular Health: An Update for 2020. *Int. J. Mol. Sci.*, 2020, vol. 21, no. 4. Art. no. 1362. <https://doi.org/10.3390/ijms21041362>
24. Obluchinskaya E.D. Fitokhimicheskie i tekhnologicheskije issledovaniya vodorosley Barentseva morya [Phytochemicals and Technological Study of the Barents Sea Algae]. *Trudy Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN*, 2020, vol. 11, no. 4-7, pp. 178–198. <https://doi.org/10.37614/2307-5252.2020.11.4.008>
25. Besednova N.N., Zvyagintseva T.N., Andriukov B.G., Zaporozhets T.S., Kuznetsova T.A., Kryzhanovsky S.P., Guseva L.G., Shchelkanov M.Yu. Seaweed-Derived Sulfated Polysaccharides as Potential Agents for Prevention and Treatment of Influenza and COVID-19. *Antibiot. Chemother.*, 2021, vol. 66, no. 7-8, pp. 50–66 (in Russ.). <https://doi.org/10.37489/0235-2990-2021-66-7-8-50-66>
26. Song S., Peng H., Wang Q., Liu Z., Dong X., Wen C., Ai C., Zhang Y., Wang Z., Zhu B. Inhibitory Activities of Marine Sulfated Polysaccharides Against SARS-CoV-2. *Food Funct.*, 2020, vol. 11, no. 9, pp. 7415–7420. <https://doi.org/10.1039/d0fo02017f>
27. Jin J.-O., Yadav D., Madhwani K., Puranik N., Chavda V., Song M. Seaweeds in the Oncology Arena: Anti-Cancer Potential of Fucoidan as a Drug – a Review. *Molecules*, 2022, vol. 27, no. 18. Art. no. 6032. <https://doi.org/10.3390/molecules27186032>
28. Besednova N.N., Zaporozhets T.S., Andriukov B.G., Kryzhanovsky S.P., Ermakova S.P., Kuznetsova T.A., Voronova A.N., Shchelkanov M.Y. Antiparasitic Effects of Sulfated Polysaccharides from Marine Hydrobionts. *Mar. Drugs*, 2021, vol. 19, no. 11. Art. no. 637. <https://doi.org/10.3390/md19110637>
29. Kuznetsova T.A., Zaporozhets T.S., Besednova N.N., Zvyagintseva T.N., Shevchenko N.M., Imbs T.N., Mandrakova N.V., Mel'nikov V.G. Issledovanie prebioticheskogo potentsiala biologicheskij aktivnykh veshchestv iz morskikh gidrobiontov i razrabotka novykh produktov funktsional'nogo pitaniya [Study of Prebiotic Potential of Biologically Active Substances from Sea Hydrobionts and Development of New Functional Food]. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk*, 2011, no. 2, pp. 147–150.
30. Odinets A.G., Tatarinova L.V. Fukoidan: sovremennye predstavleniya o ego roli v regulyatsii uglevodnogo obmena [Fucoidan: Modern Concepts of Its Role in Regulation of Carbohydrate Metabolism]. *Lechebnoe delo: nauchno-prakticheskiy terapevticheskiy zhurnal*, 2016, no. 3, pp. 40–44.
31. Yin J., Wang J., Li F., Yang Z., Yang X., Sun W., Xia B., Li T., Song W., Guo S. The Fucoidan from the Brown Seaweed *Ascophyllum nodosum* Ameliorates Atherosclerosis in Apolipoprotein E-Deficient Mice. *Food Funct.*, 2019, vol. 10, no. 8, pp. 5124–5139. <https://doi.org/10.1039/C9FO00619B>
32. Kuznetsova T.A. Antikoagulyantnaya i antitromboticheskaya aktivnost' sul'fatirovannykh polisakharidov morskikh vodorosley [Anticoagulant and Antithrombotic Activity of Seaweed Sulfated Polysaccharides]. *Tromboz, gemostaz i reologiya*, 2020, no. 2, pp. 53–59. <https://doi.org/10.25555/THR.2020.2.0918>
33. Podkorytova A.V., Roshchina A.N. Morskie burye vodorosli – perspektivnyy istochnik BAV dlya meditsinskogo, farmatsevticheskogo i pishchevogo primeneniya [Marine Brown Algae – Perspective Source of BAS for Medical, Pharmaceutical and Food Use]. *Trudy VNIRO*, 2021, vol. 186, no. 4, pp. 156–172.
34. Obluchinskaya E.D. Antioksidantnye kompleksnye ekstrakty iz fukusovykh vodorosley Barentseva morya [Antioxidant Complex Extracts from Fucus Algae of the Barents Sea]. *Vestnik MGTU. Trudy Murmanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2018, vol. 21, no. 3, pp. 395–401. <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2018-21-3-395-401>

35. Bogolitsin K.G., Druzhinina A.S., Ovchinnikov D.V., Parshina A.E., Shulgina E.V., Turova P.N., Stavrianidi A.N. Polyphenols of Arctic Brown Algae: Extraction, Polymolecular Composition. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2019, no. 4, pp. 65–75 (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.2019045135>
36. Obluchinskaya E.D., Zakharova L.V. Comparative Study of Polyphenols of Brown Algae of the Barents Sea and the White Sea, as Well as the Waters of the North Atlantic. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2020, no. 4, pp. 129–137 (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.2020047755>
37. Imbs T.I., Zvyagintseva T.N. Phlorotannins Are Polyphenolic Metabolites of Brown Algae. *Russ. J. Mar. Biol.*, 2018, vol. 44, no. 4, pp. 263–273. <https://doi.org/10.1134/S106307401804003X>
38. Besednova N.N., Andryukov B.G., Zaporozhets T.S., Kuznetsova T.A., Kryzhanovsky S.P., Fedyanina L.N., Makarenkova I.D., Galkina I.V., Shchelkanov M.Yu. Polyphenols Sourced from Terrestrial and Marine Plants as Coronavirus Reproduction Inhibitors. *Antibiot. Chemother.*, 2021, vol. 66, no. 3-4, pp. 62–81 (in Russ.). <https://doi.org/10.37489/0235-2990-2021-66-3-4-62-81>
39. André R., Guedes L., Melo R., Ascensão L., Pacheco R., Vaz P.D., Serralheiro M.L. Effect of Food Preparations on *in vitro* Bioactivities and Chemical Components of *Fucus vesiculosus*. *Foods*, 2020, vol. 9, no. 7. Art. no. 955. <https://doi.org/10.3390/foods9070955>
40. Zakharova L.V., Obluchinskaya E.D. Polifenoly i antioksidantnaya aktivnost' ekstraktov fukusovykh vodorosley zaliva Faksafloi (more Irmingera) i bukhty Zavalishina (Barentsevo more) [Polyphenol and Antioxidant Activity of Focus Algae Extracts from Faksafloi Bay (Irminger Sea) and Zavalishin Bay (Barents Sea)]. *Trudy Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN*, 2021, vol. 12, no. 3, pp. 68–75. <https://doi.org/10.37614/2307-5252.2021.3.9.009>
41. Naumov I.A., Burkova E.A., Kanarskaya Z.A., Kanarskiy A.V. Vodorosli – istochnik biopolimerov, biologicheskii aktivnykh veshchestv i substrat v biotekhnologii. Ch. 1. Biopolimery kletok tkaney vodorosley [Algae Are a Source of Biopolymers, Biologically Active Substances and a Substrate in Biotechnology. Pt. 1. Biopolymers of Algae Tissue Cells]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2015, vol. 18, no. 1, pp. 184–188.
42. Wells M.L., Potin P., Craigie J.S., Raven J.A., Merchant S.S., Helliwell K.E., Smith A.G., Camire M.E., Brawley S.H. Algae as Nutritional and Functional Food Sources: Revisiting Our Understanding. *J. Appl. Phycol.*, 2017, vol. 29, no. 2, pp. 949–982. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0974-5>
43. Bogolitsyn K.G., Kaplitsin P.A., Kashina E.M., Ivanchenko N.L., Kokryatskaya N.M., Ovchinnikov D.V. Osobennosti mineral'nogo sostava burykh vodorosley Belogo i Barentseva morey [Peculiarities of the Mineral Composition of the Brown Algae in the White and Barents Seas]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2014, no. 1, pp. 243–250. <http://dx.doi.org/10.14258/jcprm.1401243>
44. Küpper F.C., Carrano C.J. Key Aspects of the Iodine Metabolism in Brown Algae: A Brief Critical Review. *Metallomics*, 2019, vol. 11, no. 4, pp. 756–764. <https://doi.org/10.1039/c8mt00327k>
45. Monteiro J.P., Rey F., Melo T., Moreira A.S.P., Arbona J.-F., Skjermo J., Forbord S., Funderud J., Raposo D., Kerrison P.D., Perrineau M.-M., Gachon C., Domingues P., Calado R., Domingues M.R. The Unique Lipidomic Signatures of *Saccharina latissima* Can Be Used to Pinpoint Their Geographic Origin. *Biomolecules*, 2020, vol. 10, no. 1. Art. no. 107. <https://doi.org/10.3390/biom10010107>
46. Sahoo D., Seckbach J. (eds.). *The Algae World*. Dordrecht, 2015, pp. 403–428.
47. Ścieszka S., Klewicka E. Algae in Food: A General Review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2019, vol. 59, no. 21, pp. 3538–3547. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1496319>
48. Vafina L.Kh. *Obosnovanie kompleksnoy tekhnologii pererabotki burykh vodorosley (Phaeophyta) pri poluchenii funktsional'nykh pishchevykh produktov* [Feasibility Study of the Integrated Technology for Brown Algae (Phaeophyta) Processing to Obtain Functional Foods: Diss.]. Moscow, 2010. 280 p.
49. Shokina Y., Kuchina Y., Savkina K., Novozhilova E., Tatcienko K., Shokin G. The Use of Brown Algae *Laminaria saccharina* in Iodine Enriched Products Aimed at Preventing Iodine Deficiency. *KnE Life Sci.*, 2022, vol. 7, no. 1, pp. 135–145. <https://doi.org/10.18502/cls.v7i1.10115>
50. Potoroko I.Yu., Paimulina A.V., Uskova D.G., Kalinina I.V. Scientific and Practical Aspects of Functional Food Technology. *Bull. South Ural State Univ. Ser. Food Biotechnol.*, 2018, vol. 6, no. 1, pp. 49–59 (in Russ.). <https://doi.org/10.14529/food180106>
51. Kalenik T.K., Smertina E.S., Fedjanina L.N., Shevchenko N.M., Zvjagintseva T.N., Imbs T.I. *Composition to Make Dough for Wheat Bread "Seafood"*. Patent RU2399209C1, 2010. Available at: https://yandex.ru/patents/doc/RU2399209C1_20100920 (accessed: 4 January 2023) (in Russ.).

52. Korovkina N.V., Kutakova N.A., Bogdanovich N.I. Ekstrakty burykh vodorosley dlya obogashcheniya ratsiona pitaniya prirodnyimi mineral'nymi veshchestvami [Brown Algae Extracts for Enriching the Diet with Natural Minerals]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2008, no. 4, pp. 167–170.

53. Naumov I.A., Burkova E.A., Kanarskaya Z.A., Kanarskiy A.V. Vodorosli – istochnik biopolimerov, biologicheski aktivnykh veshchestv i substrat v biotekhnologii. Ch. 2. Biotekhnologicheskaya pererabotka vodorosley [Algae Are a Source of Biopolymers, Biologically Active Substances and a Substrate in Biotechnology. Pt. 2. Biotechnological Processing of Algae]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2015, vol. 18, no. 2, pp. 198–203.

54. Klochkova T.A. Poluchenie al'ginatsoderzhashchego gelya iz kamchatskoy buroy laminarivoy vodorosli *Eualaria fistulosa* [Obtaining Alginate-Containing Gel from the Brown Kelp Seaweed *Eualaria fistulosa* from Kamchatka]. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2021, no. 56, pp. 28–41. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2021-56-28-41>

55. Podkorytova A.B., Vafina L.Kh., Murav'eva E.A., Sharina Z.N. Sanitarno-gigienicheskaya kharakteristika burykh vodorosley Belogo i Barentseva morey [Sanitary and Hygienic Characteristics of Brown Algae of the White and Barents Seas]. *Rybprom: tekhnologii i oborudovanie dlya pererabotki vodnykh bioresursov*, 2009, no. 4, pp. 33–39.

56. Aminina N.M. Comparative Description of Brown Algae from the Coastal Zone of Far East. *Izvestiya TINRO*, 2015, vol. 182, pp. 258–268 (in Russ.).

Поступила в редакцию 26.05.2023 / Одобрена после рецензирования 22.11.2023 / Принята к публикации 29.11.2023.

Submitted 26 May 2023 / Approved after reviewing 22 November 2023 / Accepted for publication 29 November 2023.