

Технология переработки
водных биоресурсов

УДК 582.272 (571.64)

Бурые водоросли порядков Laminariales и Fucales Сахалино-Курильского региона: запасы, добыча, использование

А.В. Подкорытова¹, А.Н. Рощина¹, Н.В. Евсеева¹, А.И. Усов², Г.Ю. Головин³, А.М. Попов³¹ Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва² Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН (ФГБУН «ИОХ РАН»), г. Москва³ ООО РПГ «БИНОМ», г. Анива, Сахалин

E-mail: podkor@vniro.ru

Представлены данные о распространении, запасах промысловых и потенциально промысловых бурых водорослей Сахалино-Курильского региона; добыче ламинарий, их промышленной обработке и химическом составе. Показано, что для сохранения биологически активных веществ и технически ценных компонентов ламинарии применение ИК сушилки для её консервирования на ООО РПГ «БИНОМ», г. Анива, о. Сахалин было инновационным технологическим решением. Продукты, которые производят на этом предприятии, в частности, сушёная шинкованная ламинария (ИК сушка), слоевища сушёные в тепловых сушилках, оснащённых газовыми воздушонагревателями с принудительной циркуляцией воздуха — это высококачественная продукция, содержащая все биологически активные компоненты природной ламинарии. Представлены расширенные показатели качества сушёной продукции из ламинарий Сахалино-Курильского региона. На базе полученных данных, разработаны рекомендации по направлениям комплексного использования водорослей как ежегодно возобновляемого водного биологического ресурса, традиционно добываемого и используемого в качестве сырья при производстве пищевых продуктов. Показано, что, несмотря на значительные запасы ламинариевых водорослей в дальневосточных морях России в настоящее время промыслом они осваиваются слабо, за исключением прибрежной зоны Западного Сахалина.

Ключевые слова: Сахалино-Курильский регион, Laminariales, Fucales, РВ, добыча, ИК-, тепловая сушка, химико-технологические показатели.

DOI: 10.36038/2307-3497-2020-181-235-256

ВВЕДЕНИЕ

Морские водоросли — это разнообразные и объёмные по запасам водные биологические ресурсы, широко применяемые при производстве пищевых продуктов, природ-

ных гидроколлоидов, биополимеров медико-биологического назначения, технических и кормовых продуктов [Кизеветтер и др., 1981; Подкорытова, 2004; 2005; Штильман и др., 2015; Подкорытова и др., 2017]. При-

брежные зоны Сахалино-Курильского (СК) региона Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна (ДВРБ) обладают крупными ежегодно возобновляемыми промысловыми запасами пищевых бурых водорослей и считаются самыми перспективными для развития их промысла и переработки. Традиционные для промысла бурые водоросли — это *Saccharina japonica* (= *Laminaria japonica*) Areschoug, Lane, Mayers, Druehl et Saunders; *Saccharina kurilensis* (= *Cymathaea japonica*) J. Agardh, Miyabe et Nagai, Lane, Mayers, Druehl & Saunders; *Saccharina angustata* (= *Laminaria angustata*) Kjellm., Lane, Mayers, Druehl & Saunders; *Saccharina bongardiana* (Postels et Ruprecht) Selivanova, Zhigadlova et G.I. Hansen (= *Laminaria bongardiana*). В промысловых зонах СК региона обследования запасов бурых водорослей проводятся систематически и на основании данных подготавливаются материалы к составлению прогноза по рекомендуемому вылову (РВ). При этом прибрежные зоны Южно-Курильских (ЮК) о-вов считаются самыми продуктивными по запасам пищевых бурых водорослей. В ЮК зоне промысловыми являются два вида — это *S. japonica* и *L. angustata*. РВ ламинарий в ЮК составляет около 90 тыс. т ежегодно [Состояние промысловых ..., 2020], но освоение запасов этих водорослей очень незначительно и колеблется в пределах 0,01–0,2%. Основной причиной недоиспользования в этом районе ресурсов бурых водорослей является отсутствие предприятий первичной береговой обработки и сушки, что не позволяет заготавливать большие объёмы сушёной биомассы сырья и транспортировать его на материковые предприятия для переработки. Местные перерабатывающие заводы не функционируют, а доставка сырья на о. Сахалин невыгодна из-за плохой сохранности сырья и высоких цен на транспортировку. К настоящему времени в число промысловых водорослей в этом районе введены ещё два вида — это алярия *Alaria marginata* P. et R. и костария *Costaria costata* (Turn.) Saund. Изъятие алярии и костарии как основных конкурентов ламинарии на банке Опасная, зона ЮК, проводилось ещё с 1974 г. в целях биологической

мелиорации. В 2019 г. общий вылов водорослей с этой же целью на банке Опасная по данным Сахалино-Курильского территориального управления Росрыболовства составил 417 т. Общий запас алярии у Южных Курильских о-вов по предварительной оценке насчитывает 36,7 тыс. т. Общий запас костарии в зоне ЮК составляет 58,5 тыс. т. Рекомендуемый вылов (РВ) алярии и костарии составляет 19,04 тыс. т.

Бурые водоросли, произрастающие в прибрежных зонах Северо-Курильских о-вов Парамушир, Шумшу и Атласова, промышленностью практически не используются до настоящего времени, хотя данные об их запасах, распространении и химическом составе были описаны нами ещё в 2002 г. [Усов и др., 2002]. Эти водоросли были описаны согласно прежней классификации как *S. bongardiana* P., *L. longipes* Bory, *Thalassiophyllum clathrus* P. et R., *Arthrothamnus bifidus* (Gmel.) P. et R., *Alaria angusta* Kjellm., *A. fistulosa* P. et R., *Cymathaea triplicata* (P. et R.) J. Ag. и др. Описание водорослей, характерных для СК региона, можно найти в работах [Петров, 1974; Ключкова, 1996; Ключкова, Березовская, 1997; 2001; Суховеева, Подкорытова, 2006; Евсеева, 2016]. Основным объектом промысла в зоне СК о-вов является один вид из семейства ламинариевых — *S. bongardiana*, запасы которого достигают 6,6 тыс. т, их РВ составляет 2,64 тыс. т [Состояние промысловых ..., 2020]. За последние десять лет по статистике Сахалино-Курильского территориального управления известно, что вылов водорослей в этой зоне не проводили. Обобщённая информация из ОМС Росрыболовства показывает, что промышленное освоение ламинарии у СК о-вов отсутствует. Таким образом, очевидно, что водоросли СК района до сих пор промыслом не охвачены и в связи с этим результаты исследований, полученные ранее, мы представляем в этой работе с целью объединения данных по Северным и Южным Курилам.

Несмотря на огромный потенциал сырьевой базы морских водорослей в морях Российской Федерации в настоящее время очень мало используется отечественное сырьё, что связано как с труднодоступностью некоторых районов промысла, так и с отсутствием

современных щадящих и производительных орудий лова. В настоящее время в районах промысла —ЗС, ВС, СК, ЮК зон и зоны Приморья разрешена добыча ламинарий с помощью водолазов, придонного полужёсткого подсекателя на глубине более 5 м, канзы, включая канзу с механическим приводом и ручным кошением [Правила рыболовства ..., 2019]. При добыче водорослей и их изъятии из среды обитания сразу же возникает необходимость первичной обработки и консервирования способом экономически наиболее эффективным, после применения которого, обработанное сырьё готово к длительному хранению без изменения качества и показателей его безопасности.

Возникают проблемы и с реализацией сушёного и мороженого сырья, поскольку предприятия современного производства широкого ассортимента продуктов, включая пищевые продукты, СПП, БАД и гидроколлоиды отсутствуют, а те, которые функционируют, специализируются, главным образом, на производстве кулинарии или консервов и стремятся производить продукцию, чаще всего, из дешёвой, импортируемой ламинарии из Китая, культивируемой в одногодичном цикле в прибрежной зоне Жёлтого моря [Wu Chaoyuan, 1998; Zhang Jiwu, 2018].

В связи с изложенным в данной работе сделана оценка современного состояния ресурсов промысловых и перспективных для промысла бурых водорослей в Северо-Курильской, Южно-Курильской и Западно-Сахалинской промысловых зонах ДВРБ. Перспективность добычи определяется не только на основании данных по запасам, их доступности, но по данным их химического состава и безопасности, а также применением рациональных способов их первичной обработки и консервирования. При этом необходимо выбирать наиболее приемлемые способы сушки —естественная или принудительная с помощью различных способов и аппаратов. Для потребителей водорослей большое значение имеют научно-обоснованные рекомендации по их рациональному использованию и получению продукции как пищевой, так и лечебно-

профилактической, а также высокоэффективных гидроколлоидов (пищевых добавок). В настоящее время потребители ламинарии и готовой к использованию продукции из неё предъявляют достаточно высокие требования как к наиболее востребованной на рынке продукции широкого спектра применения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКИ

В качестве объектов исследований использовали промысловые бурые водоросли: *S. japonica*, *S. angustata*, *S. bongardiana*, *C. triplicata*, *A. marginata* и *C. costata*, а также потенциально промысловые виды: *L. longipes*, *T. clathrus*, *A. bifidus*, *A. angusta*, *Saccharina gyrata* (Kjellman) C.E. Lane, C. Mayes, Druehl & G.W. Saunders, 2006 (=Kjellmaniella gyrata (Kjellm.) Miyabe), *Laminaria yezoensis* Miyabe, *Agarum clathratum* Dumor., *Alaria marginata* P. et R., *Fucus distichus* subsp. *evanescens* (C. Ag.) Powell (=Fucus evanescens C. Ag.), *Silvetia babingtonii* (Harvey) Serrão, Cho, Boo et Brawley, *Sargassum miyabei* Yendo, var. *okiense* Kajimura, 1993.

Сбор бурых водорослей был проведён в период экспедиции в июле-августе 2014 г. на 16 станциях в сублиторальной зоне Южно-Курильских о-вов. Ещё 3 станции были выполнены в литоральной зоне о. Сахалин (залив Анива). Всего было собрано 17 образцов бурых водорослей, из них 8 —промысловых и 9 —потенциально промысловых. Пробы фукусовых водорослей *F. evanescens*, *S. babingtonii* и *S. miyabei* были отобраны на литорали залива Анива, о. Сахалин, зона ЗС. Образцы всех видов водорослей, собранных в местах произрастания, были промыты в морской воде, взвешены, измерены, высушены в естественных условиях и доставлены для анализа в ФГБНУ «ВНИРО».

Для обсуждения результатов исследований по СК региону были привлечены данные, полученные нами ранее [Усов и др., 2002], включающие исследования бурых водорослей, собранных в прибрежных зонах СК о-вов —Парамушир, Шумшу и Атласова. Обследование запасов бурых водорослей СК и их распределение были проведены науч-

ным сотрудником СахНИРО В.С. Огородниковым. Пробы водорослей были собраны легководолазами с моторной лодки, промыты в морской воде, высушены естественным способом и доставлены в ИОХ им. Н.Д. Зеллинского РАН, г. Москва, и ТИНРО, г. Владивосток для проведения исследований химического состава биомассы, определения количественного содержания полисахаридов, таких как альгинаты и фукоиданы, низкомолекулярного углевода — маннита, установления концентрации йода, азотистых веществ и определения аминокислотного состава растительных протеинов, а также микро- и макроэлементного состава минеральных компонентов. В альгинатах было определено содержание D-маннуриновой (М) кислоты и L-гулуриновой (G) кислоты и рассчитано их соотношение М/G.

Кроме того, в качестве объектов исследований были использованы промысловые 2-летние водоросли *S. japonica*, добытые в 2015–2016 гг. Добывали водоросли из естественных зарослей на глубине 5–7 м в подзоне Западно-Сахалинская, о. Сахалин, Татарский пролив промышленным способом с применением труда ныряльщиков без водолазного оборудования (ИП Г. Сотников). Водоросли *S. angustata* и *S. kurilensis* добывали с помощью водолазов в подзоне Тихоокеанская, зона Южно-Курильская в прибрежных зонах о-вов Зелёный, Полонского, Танфильева.

S. japonica, добывали в ЗП подзоне промышленным способом, промывали в морской воде, помещали в сетные дели и транспортировали к берегу на надувном плоту. Затем ламинарию грузили на специально оборудованную бортовую машину, снабжённую грузовым поворотным краном, и перевозили сырьё в цех переработки в г. Анива, ООО РПП «БИНОМ». Здесь ламинарию выгружали в цех первичной обработки, удаляли нестандартные части (пожелтевшие края, черешки, укусы морских ежей), промывали от ила, песка, ракушек, сортировали на две категории: целые неповреждённые для сушки целиком и для шинкования на полоски. Целые слоевища развешивали в тепловых сушилках, оснащённых газовыми воздухонаг-

ревателями с принудительной циркуляцией воздуха. Высушивали в течение 8–10 ч при температуре 30–60 °С. Сушёные целые слоевища складывали в затемнённом помещении с контролируемой влажностью и температурой для установления в них равновесного содержания воды, выдерживали в течение 7 суток. Затем слоевища обрезали по стандарту, сортировали по категориям, складывали в пачки, прессовали и упаковывали в транспортную тару.

Кроме сушёных слоевищ изготавливали сушёную шинкованную ламинарию. Для получения ламинарии шинкованной отсортированные свежие слоевища измельчали на полоски размером 0,5×7,0 см на шинковальной установке НЗ-ИРМК, раскладывали тонким слоем (не более 1 см) на рамках, обтянутых капроновым ситом, и высушивали в тепловой сушилке при температуре 30–60 °С в течение 6–8 ч при периодическом встряхивании и непрерывной вентиляции. Основную часть шинкованной ламинарии сушили с применением (ИК) инфракрасной сушильной установки «Ураган-700» при температуре 40–60 °С в течение 1,5 ч. Шинкованную сушёную ламинарию расфасовывали в полиэтиленовые пакеты и упаковывали в транспортные картонные коробки. Водорослевую крупку и муку получали измельчением сушёной шинкованной до заданных размеров. Образцы ламинарий подготовлены сотрудниками ООО РПП «БИНОМ» и доставлены в лабораторию ФГБНУ «ВНИРО» г. Москва для проведения исследований.

Из сушёных образцов ламинарий (слоевища и шинкованные) подготавливали среднюю пробу: каждый образец измельчали на куски прямым дроблением слоевищ, а затем на лабораторной мельнице до размера частиц 2–3 мм. Образцы хранили до анализа в чистых, сухих, герметично укуренных стеклянных банках. Исследования химического состава сырья и готовых продуктов проводили стандартными и современными инструментальными методами по ГОСТ 26185–84 и опубликованным методикам [Подкорытова, Кадникова, 2009]. Набухаемость (коэффициент гидратации (КГ)) сушёной продукции определяли при

следующих условиях: ГМ 1:8, температуре 22 °С, продолжительности 8 ч, рН 6–7. Общее содержание азотистых веществ определяли по методу Кьельдаля с применением автоанализатора шведской фирмы FOSS Analytical AB, модель FOSS 2300, рассчитывали содержание белка по количеству общего азота с применением коэффициента 6,25. Количественное определение состава микро- и макроэлементов проводили с помощью масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой МС-ИСП и АЭС-ИСП на квадрупольном масс-спектрофотометре Nexion 300D и атомно-эмиссионном спектрофотометре Optima 2000 DV (Perkin Elmer, США). Содержание маннита определяли в водно-этанольных экстрактах биомассы в виде ацетата с помощью количественной ГЖХ на хроматографе Hewlett-Packard 5890A с пламенно-ионизационным детектором, капиллярной колонкой HP Ultra-2 и интегратором HP 3393A [Усов, Клочкова, 1994]. Для определения содержания фукоиданов и альгинатов [Усов и др., 2001] биомассу водоросли экстрагировали разбавленной соляной кислотой, экстракт обесцвечивали хлоритом натрия и определяли в нём фукозу по цветной реакции с серной кислотой и гидрохлоридом L-цистеина. Остаток биомассы экстрагировали далее разбавленным раствором соды, экстракт обесцвечивали действием брома и определяли в нём альгинат по цветной реакции с серной кислотой и 3,5-диметилфенолом. Образцы альгинатов, полученных после диализа и лиофилизации содовых экстрактов, использовали для регистрации спектров ^{13}C -ЯМР на спектрометре Bruker AM-300. Спектры получали для 3%-х растворов полисахаридов в D_2O при 60 °С с метанолом (С 50,15 м. д.) в качестве внутреннего стандарта. По соотношению интенсивностей сигналов, принадлежащих углеродным атомам остатков (маннуриновой (М) и гулуриновой (Г) кислот, рассчитывали их соотношение М/Г [Усов и др., 1985].

Определение показателей безопасности проводили в соответствии с требованиями ТР ЕАЭС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Полученные экспериментальные данные из 3–5 параллельных

определений и графические зависимости обрабатывали с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При обследовании прибрежных зон Южно-Курильских островов и Восточного побережья о. Сахалин, зал. Анива в июле-августе 2014 г. (табл. 1), собранные бурые водорослей, их распространение, состояние зарослей, биомассы и характеристики слоевищ описаны следующим образом:

Промысловые виды: *S. japonica* (сахарина японская) в прибрежных зонах Южных Курильских о-вов распространена на северном и западном мелководьях о. Кунашир и у о-вов Малой Курильской гряды, преимущественно на глубинах 2–15 м. Плотность зарослей от 8 до 74 экз/м², биомасса варьирует от 1 до 49,5 кг/м². Длина пластины сахарины японской варьирует от 26 до 224 см на Кунашире, в побережье о-вов Малой Курильской гряды — от 83 до 616 см. Масса слоевища изменяется от 22 до 4273 г.

S. kurilensis (сахарина курильская) в пределах района ЮК распространена у о. Шикотан и в диапазоне глубин от 2 до 17 м. Плотность зарослей — от 1 до 18 экз/м², биомасса варьирует от 0,2 до 12,6 кг/м². Длина талломов от 63 до 304 см, масса — от 126 до 1600 г.

S. angustata (сахарина суженная) распространена на океанской стороне всех островов, её заросли приурочены к глубинам от 3 до 12,5 м. Длина талломов от 590 до 1287 см и масса от 14 до 1381 г. Плотность в зарослях варьирует от 4 до 28 экз/м². Средняя биомасса от 0,06 до 16,8 кг/м².

S. costata (костария ребристая) распространена на глубинах 3–15 м на скальных грунтах. Биомасса составляет 0,02–7,2 кг/м², плотность варьирует от 0,4 до 33 экз/м².

Потенциально промысловые виды: *S.(=K.) gyrate* (сахарина кольцевая) широко распространена у Южных Курильских о-вов, но крупных самостоятельных поселений не образует. Встречается на глубинах от 2 до 3,5 м. Плотность поселений от 1,6 до 6,4 экз/м², биомасса 0,03–0,5 кг/м².

L. yezoensis (ламинария йессоенская) распространена с океанской стороны островов

на глубинах 4,6–15 м на скальных грунтах. Плотность в зарослях варьировала от 3 до 12 экз/м². Биомасса изменялась от 0,4 до 1,5 кг/м². Средняя длина талломов ламинарии от 103 см до 126 см, масса — от 123,7 г до 198 г.

A. bifidus (артротамнус двураздельный) распространён с океанской стороны островов на скальных грунтах на глубинах от 5 до 12 м. Плотность поселений от 1,2 до 24 экз/м², биомасса в зарослях — 0,1–6 кг/м².

A. marginata (алария окаймлённая) распространена повсеместно в диапазоне глубин 2–19,5 м. Плотность составляет 0,2–32 экз/м², биомасса — от 0,03 до 5,8 кг/м².

A. clathratum (агарум решетчатый) распространён повсеместно на глубинах от 3 до 23 м на скальных грунтах. Плотность поселений от 0,01 до 28,8 экз/м², биомасса — 0,02–3,8 кг/м².

Бурые водоросли порядка Fucales: *F. distichus* subsp. *evanescens* (фукус исчезающий), *S. babingtonii* (Сильвеция Бабингтона) и *S. miyabei* (саргассум Мияби) — это доминирующие на литорали Восточного Сахалина водоросли. На данном участке биомасса фукусовых водорослей была невелика от 0,4 до 0,6 кг/м². Плотность поселений от 22 до 28 экз/м².

Проведённые исследования химического состава бурых водорослей ЮК и ВС районов показали, что содержание воды в их тканях колеблется от 80,4 до 89,63%, сухих веществ — от 10,4 до 19,6%, табл. 1, из данных которой очевидно, что этот показатель зависит от вида, возраста и места произрастания растений. Достоверно известно, что с увеличением возраста ламинарий и накоплением органических веществ содержание воды

Таблица 1. Места сбора и характеристика бурых водорослей Сахалино-Курильского региона, собранных в период экспедиции 2014 г.

Водоросли, возраст	Место сбора	Дата сбора	Масса, г			Содержание, %	
			слоевища		ризоидов/ примесей	воды	сухих в-в
			сырые	сушёные			
Промысловые виды							
<i>S. japonica</i> , 2-х летняя,	о. Зелёный	29.07.2014	1720	227,5	нет	86,8	13,2
<i>S. japonica</i> , 2-х летняя	о. Кунашир (запад), б. Первухина	06.08.2014	353,0	55,44	нет	84,3	15,7
<i>C. costata</i> , 1	Танфильева б. Грозная	27.07.2014	1352,0	204,7	нет	84,8	15,5
<i>S. kurilensis</i> , 1+1	о. Зелёный	29.07.2014	1018,0	158,7	15,7842	84,4	15,6
<i>S. kurilensis</i>), 2-х летняя	о. Шикотан (запад); ст. 92	31.07.2014	1112,4	215,8	8,1366	80,6	19,4
<i>S. angustata</i> , 3-х летняя.	Банка Опасная	26.07.2014	653,0	95,6	нет	85,4	14,6
<i>S. angustata</i> , 1 лет- няя	Банка Опасная	26.07.2014	398,0	41,2	нет	89,6	10,4
<i>S. angustata</i> , 1+1	о. Полонского	30.07.2014	1314,0	140,4	нет	89,4	10,6
Потенциально промысловые виды							
<i>K. gyrate</i>	о.Зеленый	29.07.2014	1352,0	204,7	нет	84,8	15,14
<i>L. yezoensis</i>	Банка Опасная	26.07.2014	417,0	54,6	3,30	86,9	13,1
<i>A. clathratum</i>	о. Зелёный	29.07.2014	266,0	44,5	нет	83,27	16,73
<i>A. marginata</i>	Банка Опасная	26.07.2014	593,0	116,2	1,06	80,4	19,6
<i>marginata</i>	о. Итуруп, Охото- морская сторона	01.08.2014	Не опр.	66,9	7,55	80,8	19,2

Окончание табл. 1

Водоросли, возраст	Место сбора	Дата сбора	Масса, г			Содержание, %	
			слоевища		ризоидов/ примесей		
			сырые	сушёные		воды	сухих в-в
<i>A. bifidus</i>	Ст. 2, банка Опасная	26.07.2014	1058	152,5	Не опред.	85,6	14,4
<i>F. distichus</i> susp. <i>evanescens</i>	Зал. Анива, м. Юноны, литораль	18.07.2014	Не опр.	322,0	—, —	—, —	—, —
<i>S. babingtonii</i>	Зал. Анива, м. Юноны, литораль	18.07.2014	Не опр.	370,0	—, —	—, —	—, —
<i>S. miyabei</i>	Зал. Анива, м. Юноны, литораль	18.07.2014	Не опр.	77,6	<i>Spirorbis</i>	—, —	—, —

в тканях водорослей уменьшается [Подкорытова, 2005]. Сухие вещества водорослей состоят из органических (62,8–78,2%) и минеральных веществ (21,9–37,81%). В состав органических веществ сахарины Сахалино-Курильской зоны, кроме белка (4,2–9,4%), входят углеводы, главную часть которых составляет высокомолекулярный полисахарид — альгиновая кислота (20,2–33,5%),

низкомолекулярный углевод — маннит (4,7–12,6%), клетчатка (более 7%) (табл. 2), а также содержится незначительное количество свободных или простых сахаров (1–2%). В среднем выход альгината натрия из *S. japonica* колеблется в пределах 15,3–25,5% в зависимости от сезона сбора ламинарии, что подтверждает ранее сделанные выводы о необходимости использования для полу-

Таблица 2. Химический состав бурых водорослей, собранных на литорали прибрежных зон Южно-Курильских о-вов и побережья ВС в июле — августе 2014 г.

Водоросли	Содержание сухого вещества, %							
	Сумма веществ		Общее содержание углеводов	в том числе			Азотистые в-ва, Nx6,25	Йод
	минеральных	органических		альгиновая кислота	маннит	клетчатка		
Промысловые виды								
<i>S. japonica</i>	27,6±1,0	72,4±1,0	68,2	31,0±3,6	12,6±5,4	7,5±2,1	4,2-±1,2	0,39±0,01
<i>S. kurilensis</i>	36,7±4,1	63,3±4,1	54,0	33,5±2,0	11,7*	—	9,3±1,1	0,1±0,01
<i>S. angustata</i>	29,8±2,0	70,2	60,8	28,8±2,0	4,7*	—	9,40±1,0	0,25±0,01
<i>C. costata</i>	25,8	74,2	59,59	23,2±2,0	14,4*	7,2±2,0	14,61	0,01
Потенциально промысловые виды								
<i>K. gyrata</i>	21,90	78,1	70,29	Не опр.	Не опр.	Не опр.	7,81	0,023
<i>L. yezoensis</i>	37,21	62,79	52,19	25,5	—, —	—, —	10,60	0,15
<i>A. clathratum</i>	35,93	64,17	50,48	Не опр.	—, —	—, —	13,69	0,015
<i>A. marginata</i>	25,21	74,79	60,69	31,5	—, —	—, —	14,1±1,0	0,01
<i>A. bifidus</i>	30,22	69,78	59,97	26,1	—, —	—, —	9,81	0,23
<i>S. miyabei</i>	37,11	62,89	49,12	Не опр.	—, —	—, —	13,77	0,01
<i>F. distichus subsp. evanescens</i>	20,48	79,52	70,65	Не опр.	—, —	—, —	8,87	0,02
<i>S. babingtonii</i>	19,73	80,27	73,07	Не опр.	—, —	—, —	7,82	0,015

Примечание: * данные литературы [Подкорытова, 2005]

чения альгината сырья, добываемое в августе.

Известно, что бурые водоросли порядка Laminariales накапливают йода на порядок больше, чем водоросли порядка Fucales [Подкорытова, Вишневская, 2003; Подкорытова, Вафина, 2010]. Результаты наших исследований демонстрируют аналогичные зависимости: содержание йода в ламинариях колеблется в интервале 0,1–0,39%, а в фукусах — 0,01–0,02, что на порядок меньше, чем в первых (табл. 2). Все виды бурых водорослей Сахалино-Курильской зоны, содержащие йод от 0,1 до 0,4%, следует рассматривать как потенциальное сырье для получения йод- и альгинатсодержащих продуктов.

Бурые водоросли порядка Fucales — *F. distichus*, *S. babingtonii*, *S. miyabei* и др. занимают второе место по запасам после ламинариевых. Фукусы содержат комплекс биологически активных веществ, состоящих из органических и минеральных соединений. Органические вещества фукусов, также как и ламинарий — это углеводы (62–83%), белки (5–16%), витамины С, В₁, А, РР, В₁₂, пигменты и липиды (1–3%). В состав углеводов входят полисахариды — альгиновые кислоты, сульфатированные гетерогликаны (фукоиданы), ламинараны и низкомолекулярные углеводы, представленные в основном D-маннитом. По опубликованным данным фукусовые содержат фукоиданов значитель-

но больше, чем ламинариевые [Подкорытова, 2005].

Для полного представления о бурых водорослях Сахалино-Курильского региона и обсуждения результатов были привлечены данные, полученные нами ранее [Усов и др., 2002], включающие исследования промысловых и потенциально промысловых бурых водорослей Северо-Курильских о-вов (табл. 3). В настоящее время в Северо-Курильской зоне основной промысловый вид — это *S. bongardiana*. Общий запас ламинарии Бонгарда у побережья о. Парамушир определен в 7,5 тыс. т, из них промысловые заросли обладают биомассой в 2,1 тыс. т. У побережья о. Шумшу общий запас ламинарии Бонгарда составлял около 15,3 тыс. т, из них промысловый — 4,5 тыс. т. Её общая биомасса во Втором Курильском проливе у побережья о. Парамушир и о. Шумшу составляет 22,8 тыс. т, из них промысловая — 6,6 тыс. т. В настоящее время РВ ламинарии Бонгарда во Втором Курильском проливе составляет 2,6 тыс. т [Прогноз 2017; 2018]. Однако, по данным Сахалино-Курильского территориального управления вылов ламинарии в Северо-Курильской зоне практически не проводится, что вероятнее всего связано с проблемой реализации её на месте, отсутствием перерабатывающей базы на островах, а также в связи с невозможностью законсервировать (высушить) сырьё

Таблица 3. Химический состав бурых водорослей прибрежных зон о-вов Северных Курил, собранных в июле-августе 2001 г. [Усов и др., 2002].

Наименование водоросли, место сбора	Содержание на сухое вещество, %							
	Сумма веществ		Азотистых веществ (Nx6,25)	Сумма углеводов	в том числе			
	минеральных	органических			AlgH*/M/G	фукоидан	маннит	йод
<i>S. bongardiana</i>	30,8	69,2	13,4	55,8	29,7/(2,0)	4,7	13,0	0,2
<i>A. angusta</i>	33,2	66,8	11,7	55,1	28,6/(1,4)	1,0	11,3	0,01
<i>A. bifidus</i>	27,9–43,3	56,7–72,1	12,5	59,6–44,2	18,1/(1,6)	1,9	21,3–29,9	0,1
<i>L. longipes</i>	25,6–49,5	50,5–74,4	13,2	61,3–37,3	25,7/(1,0)	4,4	11,5	0,07
<i>D. intermedia</i>	30,1	69,9	16,4	53,5	—	—	—	0,16
<i>A. fistulosa</i>	30,3	69,7	21,3	48,4	21,4/(1,0)	1,9	6,7	0,01
<i>T. clathrus</i>	—	—	—	—	22,2/(1,1)	1,3	8,1	0,003

Примечание: * — AlgH — альгиновая кислота; ** — M/G — соотношение D-маннуроновой кислоты к L-гулууроновой кислоте.

и транспортировать на материковые предприятия.

При оценке общего химического состава бурых водорослей СК региона (табл. 3), было установлено, что отдельные виды мало отличаются друг от друга по содержанию воды в талломах, причём, этот показатель менялся в пределах 83,4–85,1% от мая к августу. Содержание минеральных веществ, определяемых в виде золы, колебалось в очень широком интервале 27,9–49,5%. Главные компоненты органической части биомассы водорослей представлены углеводами. Их содержание, как и следовало ожидать, существенно зависит не только от вида водоросли, но и от места её сбора (табл. 3). Артротамнус двураздельный накапливает особенно большие количества маннита (почти треть от массы сухого вещества). Наибольшее содержание альгината отмечено у ламинарии Бонгарда, хотя и другие виды, за исключением артротамнуса, практически не уступают ей по этому показателю. Для альгината этой же водоросли характерно и наибольшее значение коэффициента M/G, тогда как наименьшие его значения (и, следовательно, потенциально более сильно выраженная склонность к образованию гелей) найдены для альгинатов из алярии полой и ламинарии длинночерешковой. Содержание фукоидана в целом у всех видов невелико, но наибольшие значения характерны для

S. bongardiana и *L. longipes* (табл. 3). Аналогичные результаты были получены при анализе углеводного состава тех же видов бурых водорослей, собранных в прибрежной зоне Камчатки [Усов, 1999; Усов и др., 2001; Усов и др., 2002].

У западного побережья о. Сахалин промыслом осваивается один вид бурых водорослей — *S. japonica*. В Западно-Сахалинской (ЗС) подзоне в 2018 г. РВ ламинарии был 4,52 тыс. т. В течение промыслового периода 2018 г. было выловлено 4,95 тыс. т морской капусты, что составило 109,4% от годового объёма РВ. По данным водолазной съёмки 2018 г. состояние ресурсов ламинарии здесь оценивалось как стабильное. Общий запас сахарины определён в 17,8 тыс. т, из них промысловый запас — 12,0 тыс. т. В настоящее время по ЗС подзоне величина РВ ламинарии составляет около 4,8 тыс. т [Состояние промысловых ..., 2020].

Исследования химического состава ламинарий добытых в Татарском проливе, подзона ЗС и, обработанных промышленным способом на РПГ «БИНОМ», показали, что в промысловый период, т. е. в летние месяцы (от мая к августу) в водорослях наблюдается накопление органических веществ (до 70%), в том числе альгиновой кислоты до 33,4% (табл. 4), что важно учитывать при производстве альгинатов для их использования как полимеров медико-биологического на-

Таблица 4. Химический состав бурых водорослей рода *Saccharina*, заготовленных, обработанных и высушенных промышленным способом на ООО РПГ «БИНОМ»

Наименование водоросли, место добычи		Содержание, % на сухое вещество								Йод	
		Сумма веществ		Азотистые вещества (Nx6,25)	липиды	Углеводы					
		минеральные	органические			AlgH*/M/G	фукоидан	маннит	клетчатка		
о. Сахалин, западное побережье, Татарский пролив и о-ва малой Курильской гряды (август 2015 г.)											
<i>S. japonica</i>	западное побережье о. Сахалин	Тихий Океан	32,29	67,71	7,74	0,25	33,44	2,06±0,82	12, ±5,4	7,5±2,1	0,316
	о. Полонского		40,90	59,1	7,11	0,21	29,05	–	–	7,5±2,1	0,243
	о. Зелёный		26,30	73,70	6,24	0,18	29,93	–	–	7,5±2,1	0,282
<i>S. angustata</i>	о. Зелёный		26,18	73,82	7,05	0,29	28,67	–	4,7±1,1**	7,2±2,0	0,228
<i>S. kurilensis</i>	о. Полонского		26,52	73,48	7,09	0,29	27,59	–	–	8,3±1,1	0,265

Примечание: * — AlgH — альгиновая кислота; ** — M/G — соотношение D-маннуроновой кислоты к L-гулууроновой кислоте.

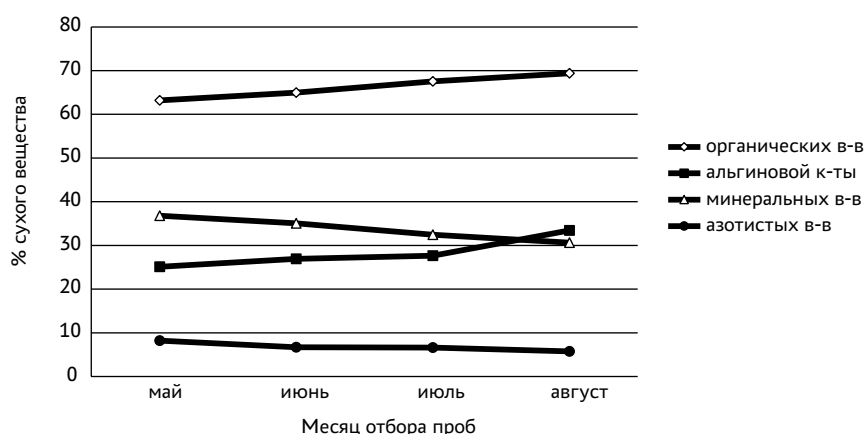


Рис. 1. Изменения химического состава промысловой *S. japonica* естественной популяции в зависимости от периода заготовки

значения [Штильман и др., 2015] и альгинат-содержащих продуктов, например, специализированных пищевых продуктов, таких как биогели из ламинариевых водорослей [Podkorytova et al., 2007].

Содержание азотистых соединений в бурых водорослях Сахалино-Курильской зоны колеблется в широких интервалах от 4,2 до 14,6% (табл. 2). В водорослях Северных Курил содержание азотистых веществ изменяется от 11,7 в *S. bongardiana* до 21,3% в *A. fistulosa* (табл. 3). При этом их содержание в *S. japonica* уменьшается от мая к августу (от 9 до 5%) (рис. 1). Аналогичная динамика азотистых веществ в ламинарии была описана ранее [Подкорытова, Вишневская, 2003]. В составе азотистых веществ бурых водоро-

слей разные авторы обнаруживали от 15 до 23 индивидуальных аминокислот (АК) [Барашков, 1972; Подкорытова, 2005].

В протеинах промысловой *S. japonica* добытой в июле в прибрежной зоне Западного Сахалина обнаружено 18 аминокислот, 8 из них — незаменимые. Среди аминокислот, определяемых после гидролиза биомассы, преобладает глутаминовая кислота — 2100 мг/100 г. Аспарагиновой кислоты содержится 1300 мг/100 г, около 0,3–0,4% — лейцина, пролина и аланина, 0,2–0,3% треонина, 0,1% гистидина (табл. 5).

Количество незаменимых АК, содержащихся в протеинах ламинарии, не велико — лизина, валина, метионина, фенилаланина, лейцина и содержится от 0,1 до 0,6 г/100 г, но

Таблица 5. Аминокислотный состав белка сушёной биомассы *S. japonica*

Наименование аминокислоты	Символ	Содержание аминокислоты, г/100 г продукта			
		Слоевища 26.05.15 г.	Шинкованная		
			10.05.16 г.	20.07.16 г.	20.08.15 г.
Незаменимые аминокислоты (НАК)					
Фенилаланин	Phe	0,2	0,3	0,2	0,3
Лизин	Lys	0,2	0,3	0,3	0,4
Валин	Val	0,1	0,1	0,1	0,1
Метионин	Met	0,1	0,1	0,1	0,1
Изолейцин	Ile	0,2	0,2	0,2	0,3
Лейцин	Leu	0,4	0,4	0,4	0,6
Треонин	Tre	0,2	0,3	0,2	0,3
Σ НАК		1,4	1,7	1,5	2,1

Наименование аминокислоты	Символ	Содержание аминокислоты, г/100 г продукта			
		Слоевища 26.05.15 г.	Шинкованная		
			10.05.16 г.	20.07.16 г.	20.08.15 г.
Заменимые аминокислоты (ЗАК)					
Аспарагиновая к-та	Asp	0,8	0,8	1,3	0,9
Глутаминовая к-та	Glu	1,7	1,4	2,1	1,4
Аргинин	Arg	0,2	0,3	0,2	0,4
Гистидин*	His	0,1	0,1	0,1	0,1
Серин	Ser	0,3	0,3	0,2	0,3
Цистин	Cys	0,3	0,3	0,3	0,4
Пролин	Pro	0,3	0,4	0,3	0,3
Глицин	Gly	0,3	0,3	0,3	0,4
Аланин	Ala	0,5	0,6	0,5	0,5
Тирозин	Tyr	0,2	0,2	0,2	0,2
Σ ЗАК		4,7	4,7	5,5	4,9
Σ АК		6,1	6,4	7,0	7,0

Примечание: Гистидин* — незаменимая аминокислота для детей до 5-летнего возраста.

для нормального функционирования организма человека их присутствие в ламинарии, как в пищевом продукте, вполне достаточно. При этом они играют важную роль дополнительного источника этих аминокислот при формировании рациона человека. Данные аминокислотного состава белков *S. japonica*, добытой в прибрежной зоне ЗП о. Сахалин, демонстрируют их несомненную биологическую ценность.

Более ранними исследованиями было показано, что азотистые вещества ламинарии на 50% состоят из свободных аминокислот (АК), среди которых преобладают глутаминовая кислота, аспарагиновая кислота, треонин, цистин, аланин [Подкорытова, 2005]. Свободные АК, особенно глутаминовая кислота вместе маннитом, формируют вкусовые качества ламинарии. Глутаминовая кислота или её соль глутаминат натрия придают специфический вкус, напоминающий вкус белка наземных животных и птиц. Маннит с глутаминовой кислотой придаёт ламинариям сладковато-грибной вкус. Кроме того, глутаминовая кислота выполняет определённые физиологические функции в ламинарии, участвуя в развитии репродуктивных органов растения. С другой стороны, известно лечебное действие глутаминовой

кислоты, как химически чистого вещества, основанное на её участии в процессах регуляции деятельности центральной нервной системы человека в качестве нейромедиатора, способствующего развитию головного мозга и интеллекта во всех его проявлениях. В данной работе определение свободных аминокислот отдельно не проводилось, но можно предполагать, о чем свидетельствуют и опубликованные данные [Подкорытова, 1980], что преобладание глутаминовой и аспарагиновой кислот обусловлено их накоплением в водорослях в свободном виде. Повышенное содержание глутаминовой кислоты имеет особо важное значение при использовании бурых водорослей для получения пищевых продуктов и производства медицинских препаратов [Кизеветтер и др., 1981].

На рис. 2 показана динамика изменения содержания йода в ламинарии, добытой и обработанной промышленным способом из естественных зарослей в Татарском проливе. Результаты показали, что в ламинариях содержится йода от 0,1 до 0,39%. Фукусы содержат йода на порядок меньше (табл. 2, рис. 2). Ранее было установлено, йод в бурых водорослях содержится в органической и минеральной формах и что в ламинарии

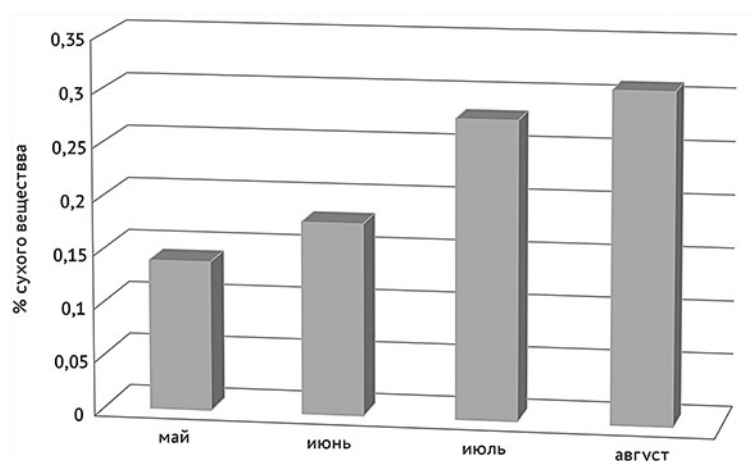


Рис. 2. Изменения содержания йода в *S. japonica*, добытой и обработанной промышленным способом из естественных зарослей в Татарском проливе (зона Западного Сахалина) в зависимости от периода заготовки

евого его на 1–2 порядка больше, чем в фукусовых [Вишневская, Подкорытова, 2005; Подкорытова, Вафина, 2013]. Результаты наших исследований показали, что содержание йода в ламинарии увеличивается от мая к августу (от 0,1 до 0,28%).

В организме человека для синтеза гормонов щитовидной железы — тироксина и тиронина необходимо наличие аминокислот тирозина и фенилаланина. Тирозин не является незаменимой АК, однако синтез его происходит при наличии другой АК — фенилаланина. В организме человека синтез гормонов щитовидной железы невозможен при отсутствии этих АК даже при достаточном поступлении йода с пищей, водой, из воздуха. Йод входит в состав органических и минеральных веществ ламинарии. Также она содержит в своём составе необходимые аминокислоты и микроэлементы и поэтому по праву считается полноценным источником природного йода и сопутствующих компонентов, необходимых для обеспечения нормального функционирования эндокринной системы человека. В связи с этим ламинариевые водоросли имеют явные преимущества перед искусственно созданными йодсодержащими препаратами, прежде всего доступностью для его усвоения. При этом риск передозировки йода, поступающего в организм человека с ламинарией, практически отсутствует. Физиологическая потребность в йоде для взрослых составляет 150–200 мкг/

сут, для детей — от 60 до 150 мкг/сут [Подкорытова, 2004].

Наши исследования показали, что в *S. japonica* общее содержание минеральных веществ уменьшается от мая к августу с 37 до 28% (рис. 2, табл. 7). Исследования состава микро- и макро-элементов в ламинарии (табл. 6) показали, что в них содержится достаточно большое количество таких ионов, как кальций, натрий, калий, магний, железо, хром, селен, медь, йод и др., являющихся необходимыми для нормальной жизнедеятельности человека. Рекомендуемые нормы суточного потребления макро- и микроэлементов, согласно [МР 2.3.1.2432–08, 2009], а также их количественное содержание в сушёной биомассе *S. japonica* представлены в табл. 6.

В связи с высоким содержанием жизненно необходимых минеральных элементов в ламинарии, очевидно, что с помощью применения *S. japonica* непосредственно и продукцией из неё можно регулировать и обогащать рацион человека практически всеми макро- и микроэлементами и обеспечивать организм человека в их суточной потребности.

При этом необходимо учитывать, что концентрация каждого БАВ, и минеральных элементов также, не должна превышать 50% от предельно допустимой суточной нормы потребления. При необходимости уменьшения концентрации водорастворимых мине-

Таблица 6. Микро- и макроэлементный состав сушёной биомассы *S. japonica*

Наименование элемента	Символ	Суточная норма по МР 2.3.1.2432–08	Содержание, мг/100 г сушёного продукта			
			Слоевица 26.05.15 г.	Шинкованная		
				10.05.16 г.	20.07.16 г.	20.08.15 г.
Макроэлементы						
Кальций *	Ca	1000 мг	1013,4	949,8	772,3	1747,7
Магний *	Mg	400 мг	651,0	596,7	500,6	224,5
Натрий *	Na	1300 мг	2020,1	1974,1	1819,1	3846,2
Калий *	K	2500 мг	6809,1	9670,3	7138,2	2623,2
Фосфор *	P	800 мг	219,7	252,7	173,1	105,6
Микроэлементы						
Кобальт*	Co	0,01 мг	0,005	0,005	0,006	0,008
Никель	Ni		0,053	0,051	0,047	0,19
Кремний	Si	30 мг	8,49	9,37	8,12	7,45
Хром*	Cr	0,05 мг	0,078	0,088	0,080	0,072
Алюминий	Al		0,586	0,509	0,429	0,719
Олово	Sn		0,027	0,00092	0,00023	0,0017
Бор	B		14,7	10,9	17,2	5,2
Медь*	Cu	1 мг	0,051	0,048	0,049	0,069
Литий	Li		0,071	0,069	0,055	0,030
Железо*	Fe	10 мг (муж.) / 18 мг (жен.)	11,6	15,5	13,9	23,4
Цинк	Zn	12 мг	1,184	1,282	0,977	1,649
Ванадий	V		0,09	0,10	0,13	0,12
Марганец	Mn	2 мг	0,246	0,306	0,222	0,242
Селен*	Se	0,075 мг (муж.) / 0,055 мг (жен.)	0,159	0,144	0,283	0,103

Примечание: * — жизненно необходимые микро- и макроэлементы.

ральных солей в пищевых водорослях, особенно если их общее содержание превышает 30%, сушёные водоросли нужно тщательно промывать в пресной воде с настаиванием, промывочную воду удалять.

При промышленной добыче ламинарии в настоящее время применяют практически на всех предприятиях России современный и распространённый способ консервирования — сушку. В процессе исследований физико-химических показателей в сушёной ламинарии, заготовленной РПГ «БИНОМ», в зависимости от разных условий сушки, каких-либо заметных изменений в содержании биоактивных веществ обнаружено не было (табл. 7).

Содержание остаточной воды в слоевищах ламинарии естественной сушки в соответствии с требованиями ТУ 9284–046–33620410–

04 должно быть не более 18%. После тепловой сушки калориферами этот показатель составляет 9–11%, после ИК сушки шинкованной ламинарии — около 6–8% (табл. 7). При этом, состояния сушёных слоевищ по внешнему виду были оценены как твёрдые, жёсткие и трудно ломающиеся, имеющие чистую гладкую поверхность тёмно-оливкового цвета, без белого налёта и загрязнений различного характера. Кусочки сушёной шинкованной ламинарии тёмно-бурого цвета были в россыпь. При восстановлении кусочков слоевищ в процессе набухания КГ составляет 7 ± 1 , что соответствует показателю набухаемости двухгодичной ламинарии, выросшей в естественной природной среде, высушенной без задержки сырья и применения каких-либо дополнительных технологических обработок. В процессе набухания сушёной шинко-

Таблица 7. Влияние способов сушки *S. japonica*, добытой в прибрежной зоне Западного Сахалина, Татарский пролив, на её физико-химические показатели

Дата заготовки	КТ*	Воды, %	Содержание, % на сухое вещество						
			сумма		йод	азотистые, (Nx6,25)	AlgH** / M/G***	фукоидан	маннит
			органические	минеральные					
Слоевища. Естественная сушка									
15.06.15	7,60	11,70	69,17	30,83	0,26	7,38	25,94	—	—
Слоевища. Тепловая сушка (калориферы)									
15.05.15	7,90	9,30	68,42	32,58	0,15	6,05	24,43/ (2,23)	1,28	7,32
05.06.16	7,00	9,90	67,44	32,56	0,16	7,40	25,31/ (1,92)	—	—
15.07.16	6,40	9,70	67,80	32,20	0,17	6,88	27,42	—	—
16.08.16	6,90	11,10	69,10	30,92	0,26	5,23	29,35/ (1,58)	—	—
22.08.16	6,10	10,70	69,60	30,40	0,23	5,48	28,96/ (1,40)	—	—
20.08.15	9,70	10,05	69,38	30,62	0,28	5,07	28,36/1,76	1,56	16,90
Шинкованная. Тепловая сушка (калориферы)									
20.08.15	10,7	13,92	71,53	28,47	0,13	4,76	31,44	1,68	18,00
Шинкованная. Тепловая (ИК) сушка									
10.05.16	7,30	8,13	62,80	37,20	0,12	8,73	27,79	1,76	8,73
10.06.16	7,70	8,43	63,45	36,55	0,14	6,82	28,99	—	—
20.07.16	6,60	8,09	67,12	32,88	0,15	5,88	30,39	2,88	18,06
07.08.16	7,40	8,32	67,45	32,55	0,16	7,07	36,17	—	—

Примечания: * — КГ — коэффициент гидратации (набухаемость); ** — AlgH — альгиновая кислота; *** — M/G — соотношение D-маннуроновой кислоты к L-гулурановой кислоте.

ванной ламинарии коэффициент гидратации (КГ) составляет 9 ± 1 кусочки ламинарии полностью восстанавливаются, консистенция плотная, упругая, хрустящая, с солоновато-сладковатым грибным вкусом, цвет тёмно-оливковый, что так же свойственно данному виду сырья (рис. 3).

Результаты исследований химического состава ламинарии промышленной обработки показали, что они содержат комплекс БАВ: альгиновую кислоту (24–36%), фукоидан (1–3%), маннит (7–18%), йод (0,1–3%) и комплекс минеральных микро- и макро-элементов (табл. 6), а также протеины, содержащие эссенциальные аминокислоты (табл. 5). Колебания в содержании минеральных и органических компонентов в их составе связаны с периодом добычи ламинарии и не зависят от способа сушки. Так,

например, количество альгиновой кислоты, маннита, йода увеличивается от мая к августу. Общее содержание минеральных веществ — уменьшается (рис. 1). Очевидно, что все обнаруженные изменения носят только сезонный характер. Было установлено, что сушка ламинарии принудительным способом в тепловых сушилках при температуре 60–80 °С в течение 8–10 ч не приводит к потере йода (рис. 3, табл. 7). Достаточно высокое содержание этого элемента в сушёных слоевищах ламинарии свидетельствует о возможности их использования при приготовлении различной йодсодержащей продукции и применении в качестве эффективного средства для ликвидации дефицита йода в организме человека.

В табл. 8 представлены данные исследований моносахаридного состава *S. japonica*,

добытой в прибрежной зоне Западного Сахалина, обработанной и высушенной способом тепловой сушки в сушилках, оснащённых газовыми воздухонагревателями, и в ИК-сушилке.

Общий моносахаридный состав ламинарий, определённый после гидролиза навесок биомассы, представлен фукозой (0,64–1,44%), ксилозой (0,24–0,57%), глюкозой (0,30–0,45%), галактозой (0,48–0,71%) (табл. 8) При сравнении данных по содержанию моносахаридов в биомассе сахаринны каких-либо существенных отличий в зависимости условий сушки не обнаружено. Данные о содержании фукозы дают возможность рассчитать содержание полисахарида фукоидана в сушёных продуктах из ламинарии (табл. 3, 4, 7). В последнее десятилетие учёные, главным образом, биохимики, химики, технологи и учёные-медики особое внимание уделяют морским полисахаридам. При этом чаще всего обращаются к фукоиданам, поскольку эти сульфатированные полисахариды обладают биологическими активностями, включая антикоагулянтную и антиопухолевую [Bo Li et al., 2008; Вищук и др., 2009; Moghadamtousi et al., 2014], что свидетельствует о высокой биологической ценности сушёной ламинарии, используемой как пищевой продукт и как сырьё для получения БАД. При этом многие учёные считают, что за сульфатированными полисахаридами будущее.

В состав ламинарий (*S. japonica*) входят и другие не менее ценные биологически активные вещества, например, витамины. Это важнейший класс БАВ, которые организм человека не синтезирует или синтезирует в недостаточном количестве. Поэтому ви-



Рис. 3. *S. japonica* шинкованная сушёная и восстановленная в воде

тамины человек должен получать в готовом виде, в основном с пищей, а также с БАД. Витамины обладают исключительно высокой биологической активностью и требуются организму в очень небольших количествах — от нескольких мкг до нескольких мг или десятков мг в день. В отличие от других незаменимых пищевых веществ (незаменимых аминокислот, полиненасыщенных жирных кислот и др.) витамины не являются пластическим материалом или источником энергии, а участвуют в обмене веществ, преимущественно, как необходимые компоненты регуляции отдельных биохимических и физиологических процессов в организме человека. Данные о содержании витаминов в морских водорослях Вакаме (ундария перистонадрезанная) и Комбу (ламинария японская) представлены Kolb с соавторами [Kolb et al., 2004] (табл. 9).

В этих двух съедобных бурых водорослях (Phaeophyceae) — Вакамэ (*U. pinnatifida*)

Таблица 8. Моносахаридный состав биомассы сушёной *S. japonica*, добытой в прибрежной зоне Западного Сахалина

Внешний вид образца	Дата добычи	Содержание, г/ 100 г продукта			
		Фукоза	Ксилоза	Глюкоза	Галактоза
Слоевица	26.05.15	0,64	0,24	0,37	0,50
	10.05.16	0,88	0,24	0,36	0,58
Шинкованная	20.07.16	1,44	0,31	0,30	0,71
	20.08.15	0,84	0,57	0,45	0,48

Таблица 9. Содержание витаминов в морских водорослях Вакаме (ундария перистонадрезанная) и Комбу (ламинария японская), мг/100 г сыр. массы

Витамины	Содержание в мг/100 г	
	Wakame (<i>Undaria pinnatifida</i>)	Kombu (<i>Laminaria japonica</i>)
В —каротин	1,3±0,12	2,99±0,09
(эквивалент ретинола)	0,217±0,006	0,481±0,015
Витамин В ₁	0,30±0,04	0,24±0,02
Витамин В ₂	1,35±0,09	0,85±0,08
Витамин В ₆	0,18±0,02	0,09±0,01
Витамин В ₃ (Ниацин)	2,56±0,11	1,58±0,14

и Комбу (*L. (=S.) japonica*) Nada Kolb с соавторами были определены бета-каротин, витамины В₁, В₂, В₆, ниацин (табл. 9) и минеральные элементы. Также было определено содержание йода, как одного из самых важных компонентов ламинарий, присутствующего в больших количествах. В этой же работе авторами были представлены данные по содержанию сырого протеина и его аминокислотный состав. Результаты показали, что в протеинах водорослей Вакаме и Комбу присутствуют все незаменимые аминокислоты, что не противоречит данным полученным нами, представленным в табл. 5.

Как правило, перед производством пищевой продукции или её приготовлением в домашних условиях шинкованную сушёную ламинарию необходимо восстановить замачиванием в воде в соотношении 1:2 на 6–8 ч при температуре 18–20 °С. В водные экстракты (ВЭ) при этом переходит значительное количество растворимых органических и минеральных компонентов, таких как йод (0,165%), азотистые вещества (3,4%), в основном свободные аминокислоты, низкомолекулярный альгинат (2%), минеральные микро- и макроэлементы (40,73%), маннит, фукоидан, водорастворимые витамины. В ВЭ переходит около 20% сухих веществ от сушёных водорослей, значительная часть из которых — минеральные соли. При необходимости удаления из экстракта избытка минеральных элементов, в том числе обладающих токсическим действием, необходимо применить ультрафильтрацию экстракта на мембране ПЭС (полиэфирсульфоновой) с порогом отсека 0,1 мкм [Орлов, 2014].

Очищенный, сконцентрированный и обезвоженный лиофилизацией ВЭ или высушиванием на распылительной сушилке и в виде порошка кремового цвета можно использовать в качестве пищевой добавки в связи с наличием биологически ценных компонентов [Подкорытова, 2005].

Не менее ценным продуктом является водорослевая мука, получаемая производственным способом при измельчении сушёной шинкованной ламинарии до мелкодисперсного состояния на РПГ «БИНОМ». Крупность помола для водорослевой муки, определяемая просеиванием на сите с диаметром 3 мм (остаток частиц на сите не более 5%). Внешний вид продукта — это рассыпчатый порошок, зеленовато-бурого цвета, без плотных комочков. Запах специфический, водорослевый, приятный. Содержание воды в сушёном продукте около 7,0%, минеральных веществ — 32,9%, азотистых веществ — 9,9%, йода — 0,1%, общее содержание углеводов 57,2%, в том числе альгиновой кислоты — 20,83%. КГ (набухаемость) составляет 17±2. Полученные данные химического состава и физических показателей позволяют рекомендовать к применению водорослевую муку в качестве белково-минеральной пищевой добавки, а также йод- и альгинатсодержащего продукта в рецептурах пищевых продуктов при соответствии требованиям по безопасности ТР ЕАЭС 021/2011.

В образцах ламинарий Сахалино-Курильского региона, заготовленных в производственных условиях для промышленной переработки, согласно НД превышений до-



Рис. 4. Направления использования ламинарии и продуктов её переработки

пустимых уровней по микробиологическим показателям, токсичных элементов, радионуклидов обнаружено не было, и поэтому они могут быть использованы в качестве основы пищевых продуктов, а также для производства медицинской, технической, биоактивных веществ, БАД и другой разнообразной продукции (рис. 4).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Прибрежные зоны Северо-Курильских, Южно-Курильских островов, Западного и Восточного побережий о. Сахалин обладают самыми крупными запасами промысловых и потенциально промысловых бурых водорослей порядков Laminariales и Fuciales. Рекомендуемый вылов (РВ) ламинарий в этих рыбопромысловых зонах составляет около 116 тыс. т. Наиболее облавливаемая зона — это Западно-Сахалинская, где за последние годы изъятие ламинарии достигает 100% и более. Такая активизация добычи ламинарии связана с интенсивным развитием предприятий, перерабатывающих водоросли на о. Сахалин и материковой части России.

Ламинарии, добываемые в прибрежных зонах Сахалино-Курильского региона, содержат комплекс биологически активных веществ — это минеральные, органические

вещества. В состав органических веществ входят углеводы, в том числе альгинаты, фукоиданы, маннит, ламинаран, а также белки, липиды. Биогенные микро- и макроэлементы и йод представлены в виде минеральных соединений, а также в виде органических. Такое многообразие биологически активных компонентов демонстрирует широкие возможности использования этого природного, ежегодно возобновляемого сырья.

Исследования физико-химических характеристик ламинарии показали, что при применении и соблюдении всех требований к проведению различных способов сушки (тепловая калориферами и ИК сушка), значительных потерь биоактивных веществ не наблюдается, в частности, таких как альгиновая кислота, фукоидан, маннит и йод.

Применение ИК-сушилки для высушивания шинкованной ламинарии на ООО РПГ «БИНОМ», г. Анива, было инновационным технологическим решением. Продукция, производимая на этом предприятии, в частности, сушёная шинкованная ламинария (ИК сушка), а также сушёная в слоевищах (сушка в тепловых сушилках, оснащённых газовыми воздухонагревателями) — это безопасная, высококачественная продукция, содержащая все биологически активные ком-

поненты природной ламинарии. Очевидно, что применение ИК-сушки для шинкованных водорослей способствует снижению общего микробного числа и оказывает бактерицидное действие на продукцию. Применение инфракрасной сушилки (ИК) для высушивания ламинарии может быть альтернативным и экономически более эффективным способом консервирования водорослей, позволяющим сохранить пищевую и биологическую ценность ламинарии и рекомендовать её использовать непосредственно в пищу и для получения лечебно-профилактической и медицинской продукции.

Содержание альгиновой кислоты в ламинариях Сахалино-Курильского региона находится на высоком уровне (до 30%), вследствие чего это сырьё можно рекомендовать для производства полисахаридов (альгината натрия и других солей альгиновой кислоты). Выход альгината из *S. japonica* составляет до 27,8% в зависимости от периода сбора ламинарии и технологии его получения. Физико-химические характеристики альгината натрия соответствуют требованиям на альгинат натрия пищевой.

Содержание йода от 0,1 до 0,39% свидетельствует о возможности использования сушёной ламинарии и продукции из неё для обогащения традиционных продуктов питания природным йодом для ликвидации йододефицита. Регулярно употребляемые в пищу морские пищевые бурые водоросли являются лучшим источником природного йода, для введения в рацион человека с целью удовлетворения суточной потребности в этом элементе.

Высокие значения соотношения незаменимых аминокислот, за исключением триптофана, первой лимитирующей аминокислоты в ламинариях, свидетельствуют о хорошем качестве растительного белка, которым можно дополнять белок в составе других овощей, например, зерновых и бобовых. В сочетании с другими продуктами питания ламинарии могут повысить содержание витаминов особенно, каротиноидов и витамина В2, достигая при этом рекомендуемых суточных норм по минеральным элементам и других БАВ.

На основании проведённых исследований рекомендуется использовать промысловые и потенциально промысловые бурые водоросли Сахалино-Курильского региона в качестве сырья при производстве пищевой продукции, а также функционального (ФПП) и специализированного (СПП) назначения, пищевых добавок — гидроколлоидов (альгината натрия, альгината калия, альгината магния и других солей альгиновой кислоты), для производства альгинатов как биополимеров медико-биологического назначения, биологически активного фукоидана, медицинских препаратов и для применения в биотехнологии пищевых продуктов, кормовых добавок и др.

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 26185–84.2018. Водоросли морские, травы морские и продукты их переработки. Методы анализа (с Изменением № 1). М.: Стандартинформ. 32 с.
- Барашков Г.К. 1972. Сравнительная биохимия водорослей. М.: Пищ. Промышленность. 335 с.
- Вишневская Т.И., Подкорытова А.В. 2005. Химический состав экстрактов, содержащих йод и другие биологически активные компоненты бурых водорослей // Мат. II межд. конф. «Морские прибрежные экосистемы: водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки». М.: Изд-во: ВНИРО. С. 278–283.
- Вишук О.С., Ермакова С.П., Фам Дюк Тин, Шевченко Н.М., Буи Мин Ли, Звягинцева Т.Н. 2009. Противоопухолевая активность фукоиданов бурых водорослей // Тихоокеанский медицинский журнал. № 3. С. 92–95.
- Евсеева Н.В. 2016. Современное состояние ресурсов ламинариевых водорослей Сахалино-Курильского региона и рекомендации по их эксплуатации // Мат. IV межд. науч.-техн. конф. «Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана». Владивосток: Дальрыбвтуз. Ч. 1 С. 88–92.
- Кадникова И.А., Аминина Н.М., Щербакова Н.С. 2013. Качество и безопасность промысловых водорослей Японского моря // Известия ТИНРО. Т. 175. С. 314–320.
- Кизеветтер И.В., Суховеева М.В., Шмелькова Л.П. 1981. Промысловые морские водоросли и травы дальневосточных морей. М.: Лёгкая и пищевая промышленность. 113 с.
- МР 2.3.1.2432–08.2009. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. 36 с.

- Орлов Н.С. 2014. Ультра- и микрофильтрация. М.: РХТУ им. Менделеева. 117с.
- Подкорытова А.В. 1980. Динамика некоторых свободных аминокислот ламинарии японской в процессе роста и созревания репродуктивной ткани // Исследования по технологии новых объектов промысла. Владивосток: Изд. ТИНРО. С. 53–57.
- Подкорытова А.В. 2004. Обоснование использования морских бурых водорослей в качестве источника йода и других биологически активных веществ // Труды ВНИРО. Т. 143. С. 136–142.
- Подкорытова А.В. 2005. Морские водоросли-макрофиты и травы. М.: Изд-во ВНИРО. 174 с.
- Подкорытова А.В., Вафина Л.Х. 2013. Химический состав бурых водорослей Чёрного моря: род *Cystoseira*, перспектива их использования // Труды ВНИРО. Т. 150. С. 100–107.
- Подкорытова А.В., Вишневская Т.И. 2003. Морские бурые водоросли — естественный источник йода // Парафармацевтика. № 2. С. 22–23; № 3. С. 18–20.
- Подкорытова А.В., Аветисян А.А., Шашкина И.А., Фирсакова В.Ю., Дорохова О.В. 2019. Витальгар Кардио — новый специализированный продукт для применения в комплексной терапии больных при нарушениях сердечного ритма // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. Вып. 2. С. 130–131.
- Подкорытова А.В., Кадникова И.А. 2009. Качество, безопасность и методы анализа продуктов из гидробионтов. Руководство по современным методам исследований морских водорослей, трав и продуктов их переработки. Вып. 3. М.: ВНИРО. 108 с.
- Правила рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна. Доступно через: http://fish.gov.ru/files/documents/otraslevaya_deyatelnost/lubitelskoe_rybolovstvo/Pravila_Dalnevostochnogo_2.pdf. 22.06.2020.
- Состояние промысловых ресурсов (2020) Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна. Материалы к прогнозу общего вылова гидробионтов на 2020 год. Владивосток: Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» (ТИНРО). 180 с.
- Суховеева М.В., Подкорытова А.В. 2006. Промысловые водоросли и травы морей Дальнего Востока: биология, распространение, запасы, технология переработки. Владивосток: ТИНРО-центр. 243 с.
- ТР ЕАЭС 021/2011.2016. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции». СПб.: ГИОРД. 265 с. Доступно через: https://mskstandart.ru/upload/file/021_2011_o_bezopasnosti_pishevoy_produkcii.pdf. 22.06.2020.
- Штильман М.И., Подкорытова А.В., Немцев С.В., Кряжев В.Н., Пешехонова А.Л., Сдобникова О.А., Панов А.В., Свитцов А.А., Фрумин Л.Е., Иванкин А.Н., Волова Т.Г., Жила Н.О., Шишацкая Е.И., Истранов Л.П., Истранова Е.В., Саква-релидзе М.А., Гусаров Д.А., Берковский А.Л., Подгорский В.С., Коваленко Э.А. 2015. Технология биополимеров медико-биологического назначения. Полимеры природного происхождения. М.: Изд. БИНОМ Лаборатория знаний. 328 с.
- Усов А.И. 1999. Альгиновые кислоты и альгинаты: Методы анализа, определения состава и установление строения // Успехи химии. Т. 68. № 11. С. 1051–1061.
- Усов А.И., Клочкова Н.Г. 1994. Бурые водоросли Камчатки как источник маннита // Биоорганическая химия. Т. 20 № 11. С. 1236–1241.
- Усов А.И., Смирнова Г.П., Клочкова Н.Г. 2001. Полисахариды водорослей. Полисахаридный состав некоторых бурых водорослей Камчатки // Биоорганическая химия. Т. 27. № 6. С. 444–448.
- Усов А.И., Смирнова Г.П., Огородников В.С., Подкорытова А.В., Кушева О.А. 2002. Распространение, запасы и химический состав некоторых видов бурых водорослей Северных Курил // Мат. I межд. науч.-практ. конф. «Морские прибрежные экосистемы: водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки». С. 225–229.
- Bo Li, Fei Lu, Xinjun Wei and Ruixiang Zhao. 2008. Fucoidan: Structure and Bioactivity // Molecules. V. 13. P. 1671–1695.
- Zhang Jiwei. 2018. Seaweed Industry in China, Beijing. 31 p. Accessible via: https://yandex.ru/search/?text=Seaweed_Industry_in_China-1.pdf&lr=213 22.06.2020.
- Kolb N., Vallorani L., Milanovi N., Stocch V. 2004. Evaluation of Marine Algae Wakame (*Undaria pinnatifida*) and Kombu (*Laminaria (digitate) japonica*) as Food Supplements // Food Technol. Biotechnol. 42 (1). P. 57–61.
- Moghadamtousi S.Z., Karimian H., Khanabdalil R., Razavi M., Firoozinia M., Zandi K., Kadir H.A. 2014. Anticancer and Antitumor Potential of Fucoidan and Fucoxanthin, Two Main Metabolites Isolated from Brown Algae // Hindawi Publishing Corporation. Scientific World Journal, Vol. 2014, Article ID 768323. 10 p. Accessible via: <https://doi.org/10.1155/2014/768323>. 22.06.2020.
- Podkorytova A.V., Vafina L.H., Kovaleva E.A., Mikhailov V.I. 2007. Production of algal gel from the brown alga *Laminaria japonica* Aresch., and their biotechnological applications // J. of Applied Phycology. T. 19. № 6. С. 827–830.
- Wu C. 1998. The Seaweed resources of China // Seaweed Resources of The World / Ed. A.T. Critchly, M. Ohno. Kanagawa International Fisheries Centre. Jap. Int. Coop. Agency. P. 34–46.

Поступила в редакцию 18.09.2020 г.
Принята после рецензии 28.09.2020 г.

Aquatic bioresources
processing technologies**Brown algae of the orders Laminariales and Fucales from
the Sakhalin-Kuril region: stocks, extraction, use**A. V. Podkorytova¹, A. N. Roshchina¹, N. V. Evseeva¹, A. I. Usov², G. Yu. Golovin³, A. M. Popov³¹ Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI «VNIRO»), Moscow, Russia² N.D. Zelinsky Institut of Organic Chemistry RAS (FSBIS «IOC RAS»), Moscow, Russia³ LLC FIG «BINOM», Aniva, Sakhalin, Russia

Data on distribution, stocks of commercial and potentially commercial brown algae in the Sakhalin-Kuril region, their extraction, industrial processing, and chemical composition are presented. It is shown that for the preservation of biologically active substances and technically valuable components of laminaria, the use of an IR dryer for its preservation at LLC FIG «BINOM», Aniva, Island Sakhalin was an innovative technological solution. The products that are produced at this enterprise, in particular, dried shredded laminaria (IR drying), dried thalloms in heat dryers equipped with gas air heaters with forced air circulation are high — quality products containing all the biologically active components of natural brown alga. Expanded quality indicators of dried products from the laminaria of Sakhalin-Kuril region are presented. Based on the obtained data, recommendations were developed for the integrated use of algae as an annually renewable aquatic biological resource, traditionally extracted and used as raw materials in the production of food products and biologically active substances. It is shown that, despite the significant reserves of kelp in the far Eastern seas of Russia, they are currently poorly developed by fishing, with the exception of the coastal zone of Western Sakhalin.

Keywords: Sakhalin-Kuril region, Laminariales, Fucales, commercial algae, RE, extraction, IR-, heat drying, chemical and technological indicators.

DOI: 10.36038/2307-3497-2020-181-202-223

REFERENCES

- GOST 26185–84.2018. Vodorosli morskie, travy morskie i produkty ih pererabotki [Seaweeds, sea-grasses and its processed products. Methods of physical and chemical analysis]. Metody analiza (s Izmeneniem № 1). M.: Standartinform. 32 s.
- Barashkov G. K. 1972. Sravnitel'naya biohimiya vodoroslej [Comparative algae biochemistry]. M.: Pishch. Promyshlennost'. 335 s.
- Vishnevskaya T. I., Podkorytova A. V. 2005. Himicheskij sostav ekstraktov, soderzhashchih jod i drugie biologicheski aktivnye komponenty buryh vodoroslej [Chemical composition of the extracts containing iodine and other biologically active components of brown seaweeds] // Mat. II mezhd. konf. «Morskie pribrezhnye ekosistemy: vodorosli, bespozvonochnye i produkty ih pererabotki». M.: Izd-vo: VNIRO. S. 273–278.
- Vishchuk O. S., Ermakova S. P., Fam Dyuk Tin, Shevchenko N. M., Bui Min Li, Zvyaginceva T. N. 2009. Protivopuholevaya aktivnost' fukoidanov buryh vodoroslej [Antitumor activity of brown algae fucoidans] // Tihookeanskij medicinskij zhurnal. № 3. S. 92–95.
- Evseeva N. V. 2016. Sovremennoe sostoyanie resursov laminariyeh vodoroslej Sahalino-Kuril'skogo

- regiona i rekomendacii po ih ekspluatatsii [Current state of laminaria resources in the Sakhalin-Kuril region and recommendations for their exploitation] // Mat. IV mezhd. nauch.-tekhn. konf. «Aktual'nye problemy osvoeniya biologicheskikh resursov Mirovogo okeana». Vladivostok: Dal'rybtuz. Ch. 1 S. 88–92.
- Kadnikova I.A., Aminina N.M., Shcherbakova N.S. 2013. Kachestvo i bezopasnost' promyslovykh vodoroslej Yaponskogo moraya [Quality and safety of commercial algae from the Japan Sea] // Izvestiya TINRO. T.175. S. 314–320.
- Kizevetter I.V., Suhoveeva M.V., Shmel'kova L.P. 1981. Promyslovye morskije vodorosli i travy dal'nevostochnykh morej [Fishing Seaweed and Grasses of the Far Eastern Seas]. M.: Legkaya i pishchevaya promyshlennost'. 113 s.
- MR 2.3.1.2432–08. 2009. Normy fiziologicheskikh potrebnostej v energii i pishchevykh veshchestvakh dlya razlichnykh grupp naseleniya Rossijskoj Federacii [Norms of physiological needs for energy and food substances for various population groups of the Russian Federation]. M.: Federal'nyj tsentr gigieny i ehpidemiologii Rospotrebnadzora. 36 s.
- Orlov N.S. 2014. Ul'tra- i mikrofil'traciya [Ultra — and microfiltration]. M.: RHTU im. Mendeleeva. 117s.
- Podkorytova A.V. 1980. Dinamika nekotorykh svobodnykh aminokislot laminarii yaponskoj v processe rosta i sozrevaniya reproduktivnoj tkani [Dynamics of some free amino acids of Laminaria japonica during growth and maturation of reproductive tissue] // Issledovaniya po tekhnologii novykh ob'ektov promysla. Vladivostok: Izd. TINRO. S. 53–57.
- Podkorytova A.V. 2004. Obosnovanie ispol'zovaniya morskikh burykh vodoroslej v kachestve istochnika joda i drugih biologicheskikh aktivnykh veshchestv [Substantiation for the use of marine brown seaweeds as the source of iodine and other biologically active substances] // Trudy VNIRO. T. 143. S. 136–142.
- Podkorytova A.V. 2005. Morskije vodorosli-makrofity i travy. [Marine Macrophytic Algae and Grasses]. M.: Izd-vo VNIRO. 174 s.
- Podkorytova A.V., Vafina L.H. 2013. Himicheskij sostav burykh vodoroslej Chyornogo morya: rod *Cystoseira*, perspektiva ih ispol'zovaniya [Chemical composition of brown algae from the Black Sea: genus *Cystoseira*, perspectives for their use] // Trudy VNIRO. T. 150. S. 100–107.
- Podkorytova A.V., Vishnevskaya T.I. 2003. Morskije burye vodorosli — estestvennyj istochnik joda [Brown seaweed is a natural source of iodine] // Parafarmaceutika. № 2. S. 22–23; № 3. S. 18–20.
- Podkorytova A.V., Avetisyan A.A., Shashkina I.A., Firsakova V. Yu., Dorohova O.V. 2019. Vital'gar Kardio — novyj specializirovannyj produkt dlya primeneniya v kompleksnoj terapii bol'nykh pri narusheniyah serdechnogo ritma [Vitalgar Cardio — a new specialized product for use in comprehensive therapy of patients with heart rhythm disorders] // Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoj fizicheskoy kul'tury 2. Vyp.2. s. 130–131.
- Podkorytova A.V., Kadnikova I.A. 2009. Kachestvo, bezopasnost' i metody analiza produktov iz gidrobiontov [Quality, safety and methods of analysis of hydrobiont products]. Rukovodstvo po sovremennym metodam issledovaniy morskikh vodoroslej, trav i produktov ih pererabotki. Vyp. 3. M.: VNIRO. 108 s.
- Pravila rybolovstva dlya Dal'nevostochnogo rybohozyajstvennogo bassejna [Fishing Regulations for the Far Eastern Fisheries Basin]. Accessible via: http://fish.gov.ru/files/documents/otraslevaya_deyatelnost/lubitelskoe_rybolovstvo/Pravila_Dalnevostochnogo_2.pdf. 22.06.2020.
- Sostoyaniye promyslovykh resursov Dal'nevostochnogo rybohozyajstvennogo bassejna. 2020. [State of fishing resources of the Far Eastern fisheries basin] Materialy k prognozu obshchego vylova gidrobiontov na 2020 god. Vladivostok: Tihoookeanskij filial FGBNU «VNIRO» (TINRO). 180 s.
- Suhoveeva M.V., Podkorytova A.V. 2006. Promyslovye vodorosli i travy morej Dal'nego Vostoka: biologiya, rasprostraneniye, zapasy, tekhnologiya pererabotki: monografiya [Commercial algae and grasses of the Far East Seas: biology, distribution, reserves, processing technology]. Vladivostok: TINRO-centr. 243 s.
- TR EAES 021/2011.2016. Tekhnicheskij reglament Tamozhennogo soyuza «O bezopasnosti pishchevoj produkcii» [Technical regulations of the Customs Union «On safety of food products»]. SPb.: GIORO. 265 s. Accessible via: https://mskstandart.ru/upload/file/021_2011_o_bezopasnosti_pishevoy_produkcii.pdf. 22.06.2020.
- Shtil'man M.I., Podkorytova A.V., Nemcev S.V., Kryazhev V.N., Peshekhonova A.L., Sdobnikova O.A., Panov A.V., Svitcov A.A., Frumin L.E., Ivankin A.N., Volova T.G., Zhila N.O., Shishackaya E.I., Istranov L.P., Istranova E.V., Sakvarelidze M.A., Gusarov D.A., Berkovskij A.L., Podgorskij V.S., Kovalenko E.A. 2015. Tekhnologiya biopolimerov mediko-biologicheskogo naznacheniya. Polimery prirodnoho proiskhozhdeniya [Biomedical biopolymer technology. Polymers of natural genesis]. M.: BINOM Laboratoriya znaniy. 328 s.
- Usov A.I. 1999. Al'ginovyie kisloty i al'ginaty: Metody analiza, opredeleniya sostava i ustanovleniye stroeniya [Alginic acids and alginates: methods of analysis, determination of composition and structure] // Uspekhi himii. T. 68. № 11. S. 1051–1061.
- Usov A.I., Klochkova N.G. 1994. Burye vodorosli Kamchatki kak istochnik mannita [Kamchatka brown algae as a source of mannitol] // Bioorganicheskaya himiya. T. 20. № 11. S.1236–1241.
- Usov A.I., Smirnova G.P., Klochkova N.G. 2001. Polisaharidy vodoroslej. Polisaharidnyj sostav

- nekotoryh buryh vodoroslej Kamchatki [Polysaccharides of algae. Polysaccharide composition of some brown algae in Kamchatka] // Bioorganicheskaya himiya. T. 27. № 6. S. 444–448
- Usov A. I., Smirnova G. P., Ogorodnikov V. S., Podkorytova A. V., Kusheva O. A. 2002. Rasprostranenie, zapasy i himicheskij sostav nekotoryh vidov buryh vodoroslej Severnyh Kuril [Distribution, stocks and chemical composition of brown algae some species in the Northern Kuril Islands] // Mat. I mezhd. nauch.-prakt. konf. «Morskie pribrezhnye ekosistemy: vodorosli, bespozvonochnye i produkty ih pererabotki». S. 225–229.
- Bo Li, Fei Lu, Xinjun Wei and Ruixiang Zhao. 2008. Fucoidan: Structure and Bioactivity // *Molecules*. V. 13. P. 1671–1695.
- Zhang Jiwu. 2018. Seaweed Industry in China, Beijing. 31 p. Accessible via: https://yandex.ru/search/?text=Seaweed_Industry_in_China-1.pdf&lr=213 22.06.2020.
- Kolb N., Vallorani L., Milanovi N., Stocch V. 2004. Evaluation of Marine Algae Wakame (*Undaria pinnatifida*) and Kombu (*Laminaria (digitate) japonica*) as Food Supplements // *Food Technol. Biotechnol.* 42 (1). P. 57–61.
- Moghadamtousi S.Z., Karimian H., Khanabdali R., Razavi M., Firoozinia M., Zandi K., Kadir H.A. 2014. Anticancer and Antitumor Potential of Fucoidan and Fucoxanthin, Two Main Metabolites Isolated from Brown Algae // *Hindawi Publishing Corporation. Scientific World Journal*, Vol. 2014, Article ID 768323. 10 p. Accessible via: <https://doi.org/10.1155/2014/768323>. 22.06.2020.
- Podkorytova A. V., Vafina L. H., Kovaleva E. A., Mikhailov V. I. 2007. Production of algal gel from the brown alga *Laminaria japonica* Aresch., and their biotechnological applications // *J. of Applied Phycology*. T. 19. № 6. C. 827–830.
- Wu C. 1998. The Seaweed resources of China // *Seaweed Resources of The World* / Ed. A.T. Critchly, M. Ohno. Kanagawa International Fisheries Centre. Jap. Int. Coop. Agency. P. 34–46.

TABLE CAPTIONS

- Table 1.** Sites of collection and characteristics of brown algae of the Sakhalin-Kuril region extracted during the 2014 expedition
- Table 2.** Chemical composition of brown algae collected in the littoral of the South Kuril Islands coastal zones and the coast of Eastern Sakhalin, in July-August 2014
- Table 3.** Chemical composition of brown algae from the coastal zones of the Northern Kuril Islands collected in July-August 2001 [Usov et al., 2002].
- Table 4.** Chemical composition of brown algae of the genus *Saccharina* harvested, processed and dried industrially LLC FIG «BINOM»
- Table 5.** The amino acid composition of dried biomass protein of *S. japonica*
- Table 6.** Micro- and macro-element composition of dried biomass *S. japonica*
- Table 7.** Influence of drying methods of *S. japonica* extracted in the coastal zone of Western Sakhalin, Tatar Strait on its physicochemical indices
- Table 8.** Composition of monosaccharides of dried biomass *S. japonica* extracted in the coastal zone of Western Sakhalin
- Table 9.** Vitamin contents in seaweed Wakame (*Undaria pinnatifida*) and Kombu (*Laminaria japonica*) in mg/100 g d. w. Vitamin Wakame Kombu w/(mg/100 g) [Kolb et al., 2004].

FIGURE CAPTIONS

- Fig. 1.** Changes in the chemical composition of the commercial *S. japonica* natural population depending on the harvesting period
- Fig. 2.** Changes in the iodine content in *S. japonica* extracted and processed industrially from natural thickets in the Tatar Strait depending on the harvesting period
- Fig. 3.** *S. japonica* shredded, dried and reconstituted in water
- Fig. 4.** Directions of laminaria use and products of its processing