

## ЛАМИНАРИЕВЫЕ ВОДОРОСЛИ ЗАПАДНОЙ КАМЧАТКИ

Клочкова Н.Г., Климова А.В., Клочкова Т.А.

Камчатский государственный технический университет, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35.

Западная Камчатка до сих пор слабо изучена в альгофлористическом и альгопромысловом отношении, и точных представлений о границах распространения здесь разных видов ламинариевых не существует. Авторы в ходе их изучения в районе побережья, расположенном от мыса Амбон до устья реки Утхолок, в том числе у о. Птичий, в 2020 г. обнаружили пять видов ламинариевых: *Phyllariella ochotensis*, *Pseudolessonia laminarioides*, *Laminaria inclinatorhiza*, *Saccharina latissima* и *Alaria esculenta* sensu lato. Три первых вида являются эндемиками материкового побережья Охотского моря. Специальный поиск у побережья юго-западной Камчатки еще одного охотоморского эндема *Laminaria appressirhiza* показал, что он здесь отсутствует. Представитель беринговоморской ламинариевой флоры *Hedophyllum bongardianum* севернее 51° с. ш. у западной Камчатки не встречается. В статье приводятся морфометрические характеристики разновозрастных представителей пяти указанных выше видов, описаны присущие западнокамчатским популяциям этих видов морфологические признаки. Дополнительно приведены данные по молекулярной филогении собранных в Охотском море *L. appressirhiza* и *H. bongardianum* и показано, что первый принадлежит к роду *Laminaria*. В промысловом отношении данный район оценен как неперспективный для организации добычи ламинариевых традиционным ручным способом\*.

**Ключевые слова:** западная Камчатка, ламинариевые водоросли, молекулярная филогения, COI, *Hedophyllum bongardianum*, *Laminaria appressirhiza*, *Laminaria inclinatorhiza*, *Phyllariella*, *Pseudolessonia*.

## THE KELP SPECIES OF WESTERN KAMCHATKA

Klochkova N.G., Klimova A.V., Klochkova T.A.

Kamchatka State Technical University, Petropavlovsk-Kamchatsky, Klyuchevskaya Str. 35.

Western Kamchatka is still poorly studied in floristic and fishing aspects and there is no accurate understanding on the boundaries of different kelp species distribution in the area. During the 2020 field study in the coastal area located from Cape Ambon to the mouth of Utholok river, including the area proximate to Ptichiy Island, we found 5 kelp species, including *Phyllariella ochotensis*, *Pseudolessonia laminarioides*, *Laminaria inclinatorhiza*, *Saccharina latissima*, and *Alaria esculenta* sensu lato. The first 3 species are endemic to the mainland coast of the Sea of Okhotsk. A special search off the coast of southwestern Kamchatka for another Okhotsk endemic species, *Laminaria appressirhiza*, showed that it was absent. A representative of the Bering Sea kelp flora *Hedophyllum bongardianum* does not occur on western Kamchatka north of 51°N. The morphometric characteristics of plants belonging to different age groups and morphological features typical for Western Kamchatka's populations of these species are discussed. Additionally, the molecular

---

\* Исследование выполнено при поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-04-00285 А (This study was supported by the grant from Russian Foundation for Basic Research (RFBR) (project № 19-04-00285 A)).

phylogeny of *L. appressirhiza* and *H. bongardianum* collected from the Sea of Okhotsk are discussed. As shown, the first species belongs to the genus *Laminaria*. From a commercial point of view, this coastal area was estimated as unpromising for the organization of kelp collection by a traditional manual method.

**Key words:** western Kamchatka, Laminariales, molecular phylogeny, COI, *Hedophyllum bongardianum*, *Laminaria appressirhiza*, *Laminaria inclinatorhiza*, *Phyllariella*, *Pseudolessonia*.

## ВВЕДЕНИЕ

Западная Камчатка имеет значительную протяженность береговой линии. В высокобореальных широтах в общей длине морских берегов ее доля составляет более одной четверти приазиатского побережья. Существенной особенностью геоморфологии этого района является спрямленность берегов, отсутствие здесь глубоких заливов и бухт, наличие пологих многокилометровых песчаных пляжей, особенно в средней трети побережья. Западная часть камчатского полуострова имеет обширную гидрографическую сеть. Благодаря этому в омывающие его прибрежные воды со стоком многочисленных рек и ручьев выносятся большое количество терригенного материала в виде минеральной взвеси. Морскими течениями и волнением она разносится вдоль побережья и оседает на морское дно в виде ила. У песчаных берегов он в больших количествах присутствует даже во втором и третьем горизонтах литорали. Это является препятствием для поселения эктокарповых и ульвовых водорослей на обычных для песчаных мелководий одиноко разбросанных камнях.

Участки берега с неподвижными жесткими грунтами у западной Камчатки распространены только на юге и на достаточно ограниченном участке берега в северной половине ее побережья. Они приурочены к мысам, обрамленным рифами и кекурами, или представлены пологими скалистыми платформами. В центральной части западного берега Камчатки находится небольшой далеко отстоящий от

берега гористый остров Птичий. Почти по всему периметру его окружает пологая скалистая платформа с неглубокими литоральными ваннами и валунно-глыбовыми россыпями. Именно такие участки берега удобны для развития макрофитобентоса.

В гидрологическом отношении описываемый район интересен тем, что здесь хорошо выражен широтный температурный градиент, поскольку самые южные районы западной Камчатки испытывают тепляющее влияние тихоокеанской водной массы, а северные – охлаждающее воздействие материка. Близость к азиатскому полюсу холода обуславливает высокую ледовитость северных районов западной Камчатки и наличие здесь условий существования макрофитобентоса, близких к таковым в арктической зоне. Не менее интересной чертой гидрологического режима района является высокая амплитуда приливно-отливных колебаний и ее постепенное нарастание от 2 м на юге полуострова до 12 м на севере. У острова Птичий высота сизигийных приливов достигает 6 м.

В фитогеографическом отношении западная Камчатка интересна тем, что занимает пограничное положение между островным и материковым берегами Охотского моря. Ее южная половина является зоной соприкосновения альгофлор восточной Камчатки, северных Курильских островов и материкового берега Охотского моря. Каждая из альгофлор имеет свойственный ей перечень ламинариевых водорослей, образующих основной пространственный каркас сублиторальных растительных сообществ. Однако северные границы рас-

пространения вдоль западной Камчатки берингоморско-курильских видов и южные границы для охотоморских видов до сих пор не установлены из-за крайне низкой альгофлористической изученности района.

Имеющаяся для западной Камчатки оригинальная альгофлористическая информация крайне запутанна. Опубликована она была в основном в позапрошлом или прошлом столетиях и содержит некоторые весьма сомнительные сведения. Так, например, в работе П.В. Ушакова [1953] на основании данных А.Д. Зиновой у западной Камчатки указаны *Alaria marginata*, *A. ochotensis*, В.Б. Возжинская и Е.И. Блинова [1970] для всей южной половины западной Камчатки указывают *Laminaria appressirhiza*, а для северо-западной – *L. taeniata*, считающуюся ныне синонимом *Hedophyllum bongardianum*. Ю.Е. Петров и В.Б. Возжинская [1970] указывают *L. inclinatorhiza* для центральной части западной Камчатки. Е.С. Зинова [1954] в качестве южной границы распространения *Phyllaria dermatodea* указала южную оконечность западной Камчатки. В настоящее время в альгофлоре Охотского моря она считается синонимом *Phyllariella ochotensis*. Ю.Е. Петров [1975], давая информацию по распространению *Pseudolessonia laminarioides*, указал как район ее распространения всю юго-западную Камчатку, не обозначив здесь южную границу ее ареала.

Изучение литературных данных по водорослям северной части Охотского моря показывает, что здесь разными исследователями указывался атлантический вид *L. digitata* [Ruprecht, 1850; Ушаков, 1953; Зинова, 1954; Возжинская, 1966; и др.] и такие тихоокеанско-берингоморские виды, как *Arthrothamnus bifidus* [Белый, 2001], *Eualaria fistulosa* (как *Alaria fistulosa*) [Возжинская и др., 1970]. Имеют ли, действительно, два последних вида ра-

зорванные ареалы, или указания на их находки у материкового берега Охотского моря неверны? Подтвердить это может только ревизия материалов, изученных указанными выше авторами, или проведение повторных альгофлористических исследований. С учетом недостаточности данных по распространению и видовому составу ламинариевых у западной Камчатки любые сведения по их нахождению в том или ином районе имеют ценность.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Летом 2020 г. авторы изучали ламинариевые водоросли в районе, расположенном от м. Амбон до устья р. Утхолок, в том числе у о. Птичий. Период сбора материала, 15–21 августа, пришелся на суточные приливы, что позволило провести полное обследование литоральных водорослей вокруг о. Птичий и у каменистой гряды, расположенной к северу от устья р. Утхолок. Значительный объем изученного материала представлял собой свежие береговые выбросы.

Возраст растений, взятых для морфометрических исследований, определяли по внешним признакам, у представителей родов *Saccharina* с этой целью использовали толщину, состояние фертильности и огрубелость пластин, цвет, размеры и текстуру черешков. Каждая возрастная группа водорослей включала не менее 15–20 образцов. У *S. latissima* выборки для морфометрической обработки включали все одновозрастные растения, собранные в пучки, состоящие из переплетенных ризоидов. Учитывая очень широкий размах колебаний отдельных размерных признаков у представителей всех изученных видов, ниже, в разделе «Результаты и обсуждение», авторы сочли целесообразным представить не их средние показатели, а весь диапазон изменчивости морфометрических признаков.

Выше упоминалось [Возжинская, Блинова, 1970] о нахождении у юго-западной Камчатки *Laminaria appressirhiza*. Для выяснения достоверности этих указаний нами дополнительно было проведено сравнительное молекулярно-генетическое изучение образцов этого вида, собранных в Туйской губе, и ламинарии с рассеченной пластиной, собранной у мыса Озерной (юго-западная Камчатка).

Для выделения ДНК использовали набор реактивов Invisorb Spin Plant Mini Kit (Invitek, Berlin-Buch, Германия). В качестве ДНК-маркеров были выбраны rDNA (включая ITS1 и ITS2), Rubisco (включая rbcL и rbcS) и цитохромоксидаза субъединица 1 (COI). Поиск гомологичных сиквенсов осуществляли с помощью программы Geneious (ver. 11.0.4, Biomatters, Auckland), имеющей автоматическое подключение к Генбанку NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>). Полученные нами новые нуклеотидные последовательности и сиквенсы из NCBI автоматически выравнивали в программе Geneious, используя алгоритм MUSCLE Alignment. Автоматическое выравнивание после этого проверяли вручную. Молекулярно-филогенетические деревья выстраивали методом байесовского вывода (Bayesian analysis; MrBayes 3.2.6) [Huelsenbeck, Ronquist, 2001] с использованием следующих параметров: модель замещения GTR, 2 000 000 поколений, количество генераций (burn-in) – 200 000 поколений. Анализ максимального правдоподобия (Maximum likelihood) проводили в программе RAxML 8 [Stamatakis, 2014] с использованием модели замещения GTR+gamma. Статистический бутстрэп (bootstrap support values, %) вычисляли на основании 500 повторов. Новые сиквенсы ламинариевых водорослей из Охотского моря были зарегистрированы в базе данных NCBI: под номерами MN778278,

MN778280-MN778283, MN778285, MN778287 и MN778288.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе изучения водорослей в районе исследования было обнаружено пять видов ламинариевых: *Phyllariella ochotensis*, *Pseudolessonia laminarioides*, *Saccharina latissima*, *Laminaria inclinatorhiza* и *Alaria esculenta* sensu lato. Таксономический статус sensu lato присвоен последнему виду в связи с тем, что его систематическое положение требует более детального изучения. Наши ранние исследования показали, что у юго-восточной и юго-западной Камчатки встречаются не *A. angusta* и *A. marginata*, как это считалось ранее [Петров, 1975; Ключкова, 1998], а разные формы вида, близкого по молекулярно-генетическим характеристикам к комплексу *A. esculenta*. Согласно нашим филогенетическим данным [Климова, 2018] и данным канадских ученых [Bringloe et al, 2019], этот комплекс включает ее атлантических представителей и ряд близких к ней в генетическом отношении азиатских видов. В камчатской и охотоморской флорах они были известны ранее как *A. marginata* и *A. angusta*, во флоре о. Святого Лаврентия и одноименной бухты – как *A. crispa*, в хоккайдской флоре – как *A. praelonga* [Т. Ключкова и др., 2019].

Данные изучения видов, обнаруженных нами в период проведения указанных выше полевых исследований, приводятся ниже.

*Phyllariella ochotensis* (рис. 1, 1 и 2) является эндемом Охотского моря. Согласно литературным данным, она распространена только у его материкового побережья и имеет здесь, судя по всему, разорванный ареал. У юго-западного берега моря этот вид под другим названием указывался у Шантарских островов [Ушаков, 1953;

Е. Зинова, 1954]. Позже В.Б. Возжинская [1966] указала для него более широкий ареал: от Гижигинского залива до Шантарского моря. Однако более поздние многолетние легководолазные флористические и альгопромысловые исследования [Белый, 2011] показали, что *P. ochotensis* в Гижигинском заливе, Тайской губе и более южных районах материкового берега Охотского моря, вплоть до бух. Тунгусская (район пос. Охотск), в настоящее время

отсутствует. У восточного берега Охотского моря Е.С. Зинова [1954], Ю.Е. Петров и В.Б. Возжинская [1966] указывали *Phyllariella* для юго-западной Камчатки, а Е.И. Блинова [1968] – для Пенжинского залива. В научной литературе имеется указание на нахождение этого вида в выбросах на юге восточной Камчатки в акватории Южно-Камчатского заказника [Селиванова, 2002]. Однако оно, на наш взгляд, весьма сомнительно.



Рис. 1. Внешний вид свежесобранных ламинариевых водорослей западной Камчатки: 1 – групповое произрастание *Phyllariella ochotensis* на крупной гальке; 2 – одиночное растение *Phyllariella ochotensis*; 3 – *Pseudolessonia laminarioides*; 4, 5 – *Alaria esculenta* sensu lato; 6 – разновозрастные слоевища *Saccharina latissima*

Fig. 1. Kelp species collected from Western Kamchatka in 2020: 1 – group of *Phyllariella ochotensis* plants attached to large pebble; 2 – single specimen of *Phyllariella ochotensis*; 3 – *Pseudolessonia laminarioides*; 4, 5 – *Alaria esculenta* sensu lato; 6 – *Saccharina latissima*

Нами *P. ochotensis* была обнаружена у о. Птичий. Изучение большого объема собранного там материала, наблюдения за распределением вида и частотой его встречаемости в сублиторальных выбросах дают нам основание судить о некоторых деталях биологии его развития. Определенно можно говорить о том, что данный вид является многолетним. В разные годы жизни он имеет разную форму пластин. У его сеголетных растений основание узкоклиновидное, оттянутое, пластина плоская с ровными краями (табл. 1). Криптостомы, углубления в пластине с выходящими из них однорядными многоклеточными волосками, начинают закладываться близко к основанию пластины. Все просмотренные нами сеголетные образцы были стерильными.

Примечательно то, что ювенильные проростки у *Phyllariella* не были обнаружены. Это косвенно свидетельствует о том, что по типу спороношения она относится к видам, имеющим сжатый период размножения, как, например, *Hedophyllum dentigerum*, имеющая только один осенний пик размножения [Кусиди, 2007]. Растения разных возрастных групп, как это видно из приведенной выше таблицы 1, различались размерами пластин и череш-

ков. Диапазон перекрытия признаков у них был незначительным.

Спороносящими в августе были только растения второго года жизни (2+). Все они имели ширококлиновидные основания пластин, и часть из них имела складчатые края. Среди растений первого года жизни (1+) только единичные образцы были фертильными. При этом площадь сорусов спорангиев у них была небольшой. Подавляющее большинство фертильных образцов *P. ochotensis* было собрано в сублиторальной кайме. В литоральных ваннах встречались в основном разноразмерные сеголетки.

*Pseudolessonia laminarioides* была обнаружена также только на о. Птичий в сублиторальной кайме и в глубоких литоральных ваннах (рис. 1, 3). Биология развития этого вида изучена недостаточно. Сравнение разных растений показывает, что популяция *P. laminarioides* здесь сложена разновозрастными растениями, поскольку она включает образцы, черешки которых имеют разное количество дихотомических ветвлений – от 1-2 до 6, и разные по размерам и яркости ризоиды. Однако скорость деления черешков у данного вида до сих пор неизвестна, поэтому использовать их в качестве структур, регистрирующих возраст растений, пока невозможно.

Таблица 1. Размах изменчивости размерных морфологических признаков у фертильных разновозрастных западнокамчатских представителей *Phyllariella ochotensis* в августе

Table 1. Range of variability (cm) of the size morphological features in fertile plants of *Phyllariella ochotensis* from Western Kamchatka (plants of different age groups, collected in August)

Морфологические признаки, см	Возраст растений		
	Сеголетки (0+)	Однолетние (1+)	Двухлетние (2+)
Длина пластины	24–57 (87)	78–141,5	83–175
Ширина пластины	5–8,5	7–11	12,5–16
Длина черешка	2,5–7,5 (11)	6–15	(6) 9–21
Толщина черешка	0,1–0,2	0,1–0,2	0,2–0,25
Форма основания пластины	Оттянутое узкоклиновидное	Узкоклиновидное	Ширококлиновидное, округлоклиновидное
Максимальный поперечник подошвы	0,6–1,0	0,6–1,3	0,6–1,4
Процент зрелых слоевищ в изученной выборке	0	2	100

В целом отметим, что западнокамчатская *P. laminarioides* значительно уступает в размерах представителям этого вида из Тауйской губы и Шантарских островов. У о. Птичий общая длина ее слоевищ не превышала 75 см. Длина самых крупных пластин составляла не более 45 см, а ширина у нерассеченных пластин – 7 см. После деления она уменьшается до 3,6 см. Отметим также, что в зависимости от условий произрастания у данного вида меняются размеры пластин и длина дихотомий у черешков. В прибойных местах черешки более короткие и толстые. Длины у первого, второго, третьего и четвертого порядков их ветвлений могут составлять соответственно 0,4; 1,0; 1,2; 1,3 см. У других растений разветвленные черешки, напротив, демонстрируют высокую скорость роста. У них средняя длина первых четырех дихотомий черешка составляет 0,8; 3; 11; 4 см. Отметим также, что размеры однопорядковых дихотомий и пластин в результате асинхронного роста у всех изученных растений были разными. Неравномерный рост у данного вида, судя по всему, позволяет ему лучшим образом использовать объем полезного водного пространства, занимаемый группой растений, имеющих сплетенные между собой черешки. Сорусы спорангиев имела только часть собранных растений, что также свидетельствует о разновозрастном составе изученной популяции этого вида.

В научной литературе этот вид для Охотского моря упоминается более 50 раз в подавляющем большинстве случаев под названием *Lessonia laminarioides*. Судя по имеющимся данным, он широко распространен вдоль всего охотоморского материкового берега. В кутовых частях Гижигинского и Пенжинского заливов он никем не указывался. Южная граница его распространения у западной Камчатки до сих пор

неизвестна, поскольку альгофлора района, расположенная от залива Камбальный до Усть-Хайрюзово, практически не изучена. На самом юге западной Камчатки *P. laminarioides* отсутствует.

*A. esculenta*, как и *S. latissima*, является массовым видом и широко распространена в пределах исследованного района. Однако, если *L. inclinatorhiza* и *S. latissima* на больших глубинах могут развиваться в местах с доминированием мягких грунтов, то алария формирует заросли только в местах с каменистыми и скалистыми грунтами.

Выше упоминалось, что *A. esculenta* имеет широкое арктическо-бореальное распространение и встречается в атлантическом и тихоокеанском секторах Арктики, северной Атлантике и северной Пацифике. Наличие у данного вида широкого ареала, в пределах которого существуют районы, имевшие в ходе исторического развития земли длительную географическую изоляцию, предполагает наличие в генофонде вида гетерозиготных популяций и, следовательно, присутствие у его представителей устойчивых, свойственных им морфологических характеристик. Геологическая история Охотского моря, по мнению П.В. Ушакова [1953], обеспечивала ему такую изоляцию. Этому же способствовала в прошлом и способствует в настоящем геоморфология западной Камчатки, абиотические условия существования вдоль которой препятствуют активному смешению охотоморской альгофлоры с альгофлорами соседних районов и обогащению местных популяций ламинариевых водорослей сторонним генетическим материалом.

В морфологическом отношении западнокамчатская популяция *A. esculenta* заметно отличается от парамуширской и восточнокамчатской. Ее характерной особенностью является наличие у растений более узких слоевищ с более темным цве-

том основания пластин. Главным же отличием этих растений является строение спорофиллов и форма спороносных листочков (рис. 1, 4 и 5). Последние у данного вида плотные, обычно темнее, чем пластина, иногда почти черные. Вся их поверхность занята спороносной тканью. У большинства растений спорофиллы прикрепляются к черешку узкой длинной ножкой – петиолем. У курильских и камчатско-командорских популяций *A. esculenta* подобные хорошо развитые петиолы практически не встречаются. Еще одной морфологической особенностью этого вида является тип формирования спорофиллов и вариация размеров рахиса. Рахисом у аларий называют участок черешка, несущий спорофиллы. От его соседних участков он отличается хорошо заметной уплотненностью, особенно при наличии плотного пучка спорофиллов.

Из представленной ниже таблицы 2 видно, что у сеголетних растений *A. esculenta* рахис имеет самые заметные вариации длины, от 2,5 до 11 см (табл. 2). У растений с вытянутым рахисом спорофиллы расставленные (рис. 1, 5) и, как правило, немногочисленные. С возрастом пределы колебаний длины рахиса уменьшаются, и пучки спорофиллов становятся более плотными. Вместе с тем тенденция формирования расставленных пучков спорофиллов с длинными петиолями у некоторых растений сохраняется вплоть до конца жизни.

Период вегетации у западнокамчатской аларии растянутый, занимает около четырех лет (табл. 2). В спороношение растения вступают уже на первом году жизни. Период закладки и созревания спор, как и в других районах распространения обсуждаемого вида, растянут с связи с неравномерным развитием спорофиллов. Самыми длинными в популяции *A. escul-*

*lenta* являются растения второго года жизни. Их слоевища, даже сильно обтрепанные в верхней части, могут достигать почти двухметровой длины. При этом ширина их пластин составляет в среднем 7–8, редко 11 см.

*S. latissima* в районе проведения исследований является самым массовым видом и встречается здесь повсеместно. Ей, как и большинству широкоареальных представителей ламинариевых водорослей, свойственна исключительная морфологическая изменчивость. Неудивительно, что синонимия этого вида весьма и весьма обширна. В альгофлоре дальневосточных морей, и Охотского моря в частности, он фигурировал под разными названиями: как *Laminaria saccharina* [Зинова, 1954; Ruprecht, 1850; и др.], как *L. gurjanovae* [Возжинская, 1965; Блинова 1968; и др.] и *L. lanciformis* [Белый, 2013]. Проведенный нами молекулярно-генетический анализ образцов вида, собранных в разных районах юго-восточной Камчатки и Охотского моря (неопубликованные данные), показал, что вид, определявшийся в указанных районах как *L. gurjanovae* и *L. lanciformis*, на самом деле принадлежит к ранее описанному для Атлантики виду *S. latissima*. До исследований, проведенных канадскими учеными [Lane et al., 2006], он был известен как *L. saccharina*.

В Охотском море вид *S. latissima* представлен разными формами, они характеризуются разными очертаниями основания и нижней части пластины, разной ее шириной и складчатостью, разным уровнем перепада толщины пластины в пределах всего слоевища, разными размерами черешков и расположением сорусов спорангиев. У молодых и ювенильных представителей этого вида могут отсутствовать или развиваться разные по размерам були. У западного побережья Охотского моря

и в северных заливах восточной Камчатки авторы настоящей работы неоднократно наблюдали большое разнообразие форм вида в пределах небольшой акватории, характеризующейся быстрой сменой условий произрастания ламинариевых.

У западной Камчатки нами была встречена только одна форма вида *S. latissima* (рис. 1, б). У разновозрастных образцов она несколько разная, но в целом для нее свойственно наличие даже у сеголетних растений более темного утолщенного основания, заметно более узкого, чем основная пластина. У растений всех возрастов, кроме ювенилов, в основании оно округлой формы. Изученные нами растения *S. latissima* наиболее близки по морфологии к описанному А.Д. Зиновой [1964] виду *L. gurjanovae*. Последний вид характеризуется наличием длинного, до 50–70 см, узкого темного, грубого на ощупь основания, постепенно становящегося тоньше и переходящего в более светлую широкую пластину. Растения с такой морфологией встречаются на больших глубинах на небольших участках побережья у южного и западного Сахалина, северо-восточного берега Охотского моря. Отметим, что у западнокамчатских образцов *S. latissima*, при их некотором сходстве с описанной

А.Д. Зиновой типовой формой *L. gurjanovae*, утолщенное основание не столь узкое и длинное, как у последней.

В ходе проведения исследований нами было обнаружено несколько растений третьего года жизни этого вида. Все они были сильно обтрепанными и не имели либо черешков, либо верхней части пластин. Достоверно определить размах колебания их размерных характеристик не удалось. Изученные растения возраста 0+ и 1+ имели практически один неперекрывающийся присущий возрасту признак – ширину пластины в ее верхней самой широкой части (табл. 3). Также отмечено большое перекрывание размерных характеристик черешков у сеголетних и однолетних растений. У некоторых из сеголеток они весьма длинные. Но, как показывают исследования популяционного развития *Hedophyllum bongardianum* [Кусиди, 2007], именно длинночерешковые растения подвергаются активному весеннему выкашиванию и весенними штормами выбрасываются на берег, в связи с чем средние размерные показатели длины черешков у более взрослых растений уменьшаются. Можно предполагать, что подобное явление характерно и для *S. latissima*.

Таблица 2. Размах изменчивости размерных морфологических признаков у фертильных разновозрастных западнокамчатских представителей рода *Alaria esculenta* в августе

Table 2. Range of variability (cm) of the size morphological features in fertile plants of *Alaria esculenta* from Western Kamchatka (plants of different age groups, collected in August)

Морфологические признаки, см	Возраст растений			
	Сеголетки (0+)	Однолетние (1+)	Двухлетние (2+)	Трехлетние (3+)
Длина пластины	36–92	70–180	128–150	58–94
Ширина пластины	4–8	6–11	8–12	9,5–13
Ширина жилки	0,4–0,6 (0,8)	0,5–0,7	0,6–0,7	0,5–0,8
Длина черешка	3,5–14 (20)	7–18	14–18	13–21,1
Толщина черешка	0,3–0,4 (6)	0,5–0,7	0,6–0,9	0,4–0,6
Длина рахиса	2,5–11	2–7,5	4–5	2,6–4,2
Максимальная длина спорофиллов	5–9,5	8–11	9,5–14	11–15

Таблица 3. Размах изменчивости (см) размерных морфологических признаков у фертильных разновозрастных западнокамчатских представителей *Saccharina latissima* в августеTable 3. Range of variability (cm) of the size morphological features in fertile plants of *Saccharina latissima* from Western Kamchatka (plants of different age groups, collected in August)

Возраст растений	Длина пластины	Ширина пластины у основания	Ширина пластины в верхней самой широкой части	Длина черешка	Толщина черешка
Сеголетки (0+)	74–154	5–7	3,3–6,5	6,5–12,5	2,5–0,6
Однолетние (1+)	120–260	5,5–7,8	8–13,5	10–15	0,6–0,8

Вид *L. inclinatorhiza* (рис. 2, 1), как и описанные выше *P. ochotensis* и *P. laminarioides*, является эндемом Охотского моря, встречающимся в его северной части. Особенно широко он распространен у западного континентального побережья. Здесь он часто образует смешанные сообщества с другим эндемичным дигитатным видом рода *Laminaria* – *L. appressirhiza* (рис. 2, 2). Последний хорошо отличается от *L. inclinatorhiza* строением ризоидов, особенностями развития сорусов спорангиев, скрученностью лопастей и рядом других признаков. Сравнение размерных характеристик у представителей *L. inclinatorhiza*, распространенных у западного и восточного берегов Охотского моря, показывает, что камчатские растения имеют типичный для этого вида облик, но значительно меньшие размеры слоевищ. Их морфометрические характеристики для представителей разных возрастных групп приведены ниже в таблице 4. Анализ представленных в ней данных показывает, что самые крупные его образцы не превышают 70 см длины.

Все камчатские растения *L. inclinatorhiza* имели по несколько глубоких разрывов пластины. Выше основные лопасти имели дополнительные разрывы. У растений второго года жизни некоторые из них были узкими, 1–3 см ширины. Сеголетние растения имеют более рассеченные и более длинные пластины (табл. 4). У растений второго года они более широкие и более толстые, но сильнее обтрепаны у верхней части.

Данному виду свойственно раннее спороношение. Небольшие спороносные пятна были обнаружены у молодых слоевищ с пластинами, едва достигающими 27 см длины. Сорусы спорангиев у всех растений *L. inclinatorhiza* располагаются в основании пластины с обеих ее сторон. Редко пятна линейной формы образуются на лопастях пластины. Наличие у ламинариевых непропорционально крупных ризоидов – показатель произрастания растений в условиях постоянного сильного движения воды. Все встреченные нами в районе исследования образцы обсуждаемого вида имели мощные ризоидальные пучки с многократно разветвленными терминальными отростками, обеспечивающими прочное сцепление растений с грунтом.

У западной Камчатки, как это было сказано выше, В.Б. Возжинская и Е.И. Блинова [1970] указывали дигитатный вид *L. appressirhiza*. Морфолого-анатомические характеристики и изменчивость этого вида и его отличия от *L. inclinatorhiza* были подробно рассмотрены в нашей работе [Klochkova et al., 2012]. В ходе проведения настоящего исследования обнаружить его нам не удалось. Об отсутствии этого вида у западной Камчатки писала в своей работе А.А. Емельянова [2005]. В то же время в траловых съемках, выполненных в 2018–2020 гг. в районе, расположенном от м. Южный до м. Лопатка, неоднократно попадались отдельные фрагменты пластин дигитатных ламинарий [Климова, Матвеев,

2020]. Проба, собранная у м. Озерного в 2018 г., была использована нами для проведения молекулярно-генетического анализа. В него также были включены образцы *L. appressirhiza*, собранные в Тауйской губе в 2008 г.

Ниже представлена филогенетическая реконструкция по гену цитохромоксидаза субъединица 1 (рис. 3), в которую включены данные указанных в разделе «Материалы и методы» сиквенсов изученных дигитатных видов. Анализ представленных данных позволяет говорить о том, что широко распространенный на юге западного побережья Камчатки дигитатный вид имеет практически абсолютное сходство (99,6%) с образцами вида *Hedophyllum bongardianum* (GU097729), собранными

у восточного побережья Камчатского полуострова в бух. Тихирка.

К. Лэйн с соавторами [Lane et al., 2006] еще в прошлом десятилетии на основании филогенетических исследований разделил род *Laminaria* на два самостоятельных рода *Laminaria* и *Saccharina*. При этом для эндемичных видов ламинарий дальневосточных морей России родовая принадлежность до сих пор оставалась неуточненной, поскольку они еще никем не исследовались. Результаты анализа генетического сходства одного из видов-эндемиков – *L. appressirhiza* – с другими представителями ламинариевых показывают, что она относится к роду *Laminaria* и наиболее близка к его типовому виду *L. digitata* (рис. 3).



Рис. 2. Внешний вид охотоморских ламинарий: 1 – *Laminaria inclinatorhiza*; 2 – *Laminaria appressirhiza*

Fig. 2. Morphology of *Laminaria* spp. from the Sea of Okhotsk: 1 – *Laminaria inclinatorhiza*; 2 – *Laminaria appressirhiza*

Таблица 4. Размах изменчивости (см) размерных морфологических признаков у фертильных разновозрастных западнокамчатских представителей *Laminaria inclinatorhiza* в августе

Table 4. Range of variability (cm) of the size morphological features in fertile plants of *Laminaria inclinatorhiza* from Western Kamchatka (plants of different age groups, collected in August)

Возраст растений	Длина пластины	Количество самых глубоких лопастей	Ширина лопастей, min – max	Длина черешка	Толщина черешка
Сеголетки (0+)	55–61	4–8	0,6–4,5	4,5–7	6–10
Однолетние (1+)	27–42	4–5	(1) 3–6,5	4,5–6	7–10

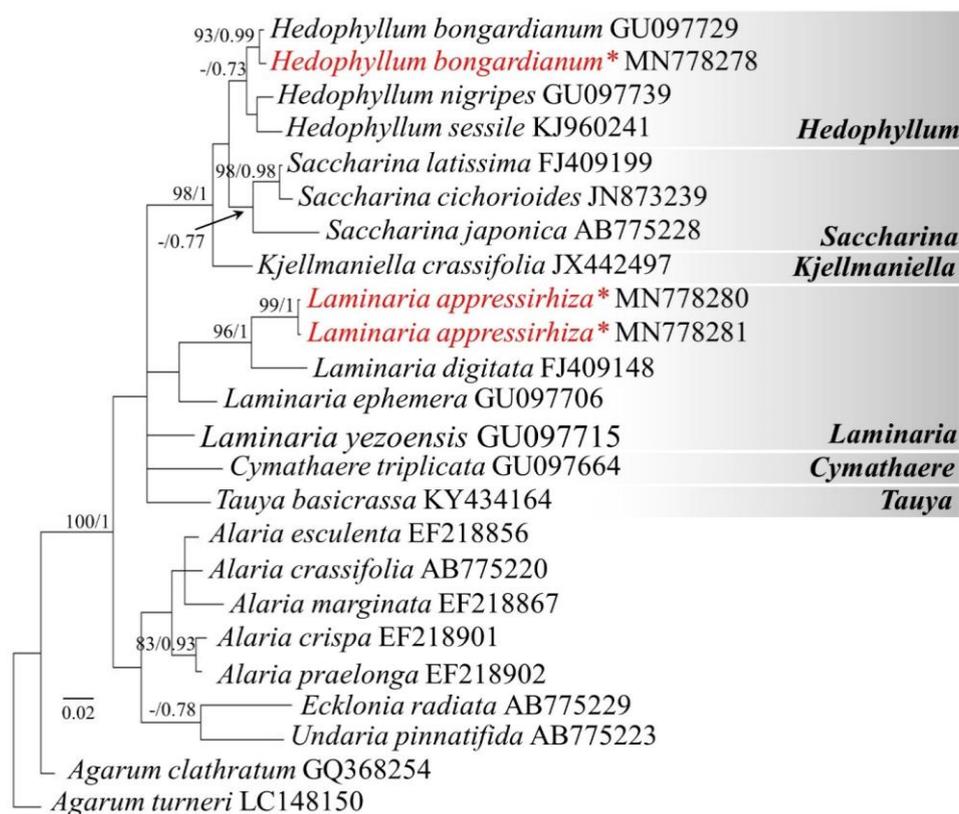


Рис. 3. Филогенетическое дерево представителей ламинариевых водорослей по COI. Значения напротив ветвей дерева – статистический бутстрэп/апостериорная вероятность сходства (учитывались только значения выше 75; в случаях, когда статистический бутстрэп был ниже 75, ставился прочерк «-»). Исследованные нами образцы отмечены звездочкой (\*)

Fig. 3. Phylogenetic tree of different kelp species based on COI analysis. Consensus support (%) and posterior probabilities are shown (only the values above 75 were included; dashes “-” present consensus support values below 75). Asterisks “\*” indicate our new sequences

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование, проведенное на достаточно протяженном участке побережья западной Камчатки, показало, что его ламинариевую флору слагают представители пяти родов, каждый из которых представлен одним видом. Три из них – *Phyllariella ochotensis*, *Pseudolessonia laminarioides*, *Laminaria inclinatorhiza* – являются охотоморскими эндемиками, два – *Saccharina latissima* и *Alaria esculenta* – широкоареальными аркто-тихоокеанско-атлантическими видами. Ранее указывавшаяся здесь *L. appressirhiza* не обнаружена, что позволяет предполагать, что южная граница ее распространения у западной Камчатки

проходит севернее или что этот вид указывался в районе проведения наших исследований ошибочно.

В настоящей работе впервые на основе данных филогенетического анализа показано, что данный вид принадлежит роду *Laminaria*. Систематическое положение другого охотоморского вида-эндема *Laminaria inclinatorhiza* нуждается в уточнении. Наряду с указанными выше видами на больших глубинах в глубоководных выбросах у юга западной Камчатки может встречаться *Hedophyllum bongardianum*. Он попадает сюда с придонными течениями из более южных районов. На участке побережья от м. Амбон до м. Южный (устье р. Утхолок) в береговых выбросах этот вид

не встречается. Таким образом, указание на нахождение его у северо-западного побережья Камчатки [Возжинская, Блинова, 1970] следует считать ошибочным. Скорее всего, эти авторы принимали за *Laminaria taeniata* гладкие, цельнолистные растения *Saccharina latissima*.

Представленные в работе результаты морфометрической обработки собранных проб позволяют говорить о том, что морфология ламинариевых в районе исследования отражает постоянное воздействие на них гидродинамического фактора, что неудивительно в связи с отсутствием в пределах изученного побережья защищенных или полузащищенных участков. Постоянное однообразное воздействие волнения ограничивает у ламинариевых формообразовательные процессы и обуславливает наличие у них устойчивых морфотипов: узколинейных утолщенных в нижней части пластин у *S. latissima* и длиннорахисовых слоевищ у *A. esculenta*, наличие у последнего вида узких, достаточно длинных, толстых, расставленных вдоль черешка спорофиллов.

Оценивая перспективы организации в изученном районе побережья промысла водорослей, следует признать, что их размещение здесь весьма неудобно для использования обычных методов сбора ламинариевых. Вместе с тем местные рыбопромышленники сообщили нам, что весной, в начале лета и осенью на пологих песчаных берегах скапливается большое количество выброшенных ламинариевых и что иногда они настолько забивают устья рек, что в течение многих дней препятствуют миграциям идущих на нерест лососевых.

#### ЛИТЕРАТУРА

Белый М.Н. 2001. Промысловые водоросли северной части Охотского моря: видо-

вой состав, биологическая характеристика, распределение и оценка запасов. *Состояние и перспективы рыбохозяйственных исследований в бассейне северной части Охотского моря*. Сб. науч. тр. Под ред. И.Е. Хованского. Магадан: МагаданНИРО. Вып. 1. С. 255–262.

Белый М.Н. 2011. Видовой состав, особенности распределения водорослей-макрофитов в северной части Охотского моря и их значение как нерестового субстрата в районах размножения сельди. *Автореферат дис. ... канд. биол. наук*. Магадан. 24 с.

Белый М.Н. 2013. Водоросли-макрофиты северной части Охотского моря и их значение как нерестового субстрата сельди. Магадан: Новая полиграфия. 194 с.

Блинова Е.И. 1968. Морские водоросли северо-восточной части Охотского моря. *Новости систематики низших растений*. Вып. 5. С. 33–38.

Возжинская В.Б. 1965а. Морские водоросли западного побережья Камчатки. *Новости систематики низших растений*. Т. 2. С. 73–78.

Возжинская В.Б. 1965б. Распределение водорослей у берегов западной Камчатки. *Океанология*. Т. 5, №. 2. С. 17–23.

Возжинская В.Б. 1966. Экология и распределение водорослей материкового побережья Охотского моря. *Экология и распределение морской донной фауны и флоры*. Т. 81. С. 153–176.

Возжинская В.Б., Блинова Е.И. 1970. Материалы по распределению и составу водорослей Камчатки (Охотское море). *Труды института океанологии АН СССР*. Т. 88. С. 298–307.

Возжинская В.Б., Цапко А.С., Блинова Е.И. и др. 1971. Промысловые водоросли СССР. Справочник. Москва: Пищевая промышленность. 270 с.

- Емельянова А.А. 2005. Флора водорослей-макрофитов северных районов Охотского моря, юга Камчатки и северных Курильских островов. *Автореферат дис. ... канд. биол. наук.* Петропавловск-Камчатский. 25 с.
- Зинова А.Д. 1964. Новый вид *Laminaria* у берегов Сахалина. *Новости систематики низших растений.* Т. 1. С. 125–126.
- Зинова Е.С. 1954. Водоросли Охотского моря. *Труды Ботанического института АН СССР.* Сер. II. Вып. 9. С. 259–307.
- Климова А.В. 2018. Род *Alaria* Greville (Phaeophyceae, Laminariales) в прикамчатских водах: видовой состав, экология и биология развития. *Диссертация ... канд. биол. наук.* Петропавловск-Камчатский. 162 с.
- Климова А.В., Матвеев А.А. 2020. Находки ламинариевых водорослей в уловах донных тралений у юго-западной Камчатки. *Вестник Камчатского государственного технического университета.* № 51. С. 46–54. (DOI: 10.17217/2079-0333-2020-51-46-54).
- Клочкова Т.А., Климова А.В., Клочкова Н.Г. 2019. Распространение *Alaria esculenta* (Phaeophyceae, Laminariales) в Охотском море. *Вестник Камчатского государственного технического университета.* № 50. С. 46–56 (DOI: 10.17217/2079-0333-2019-50-46-56).
- Кусиди А.Э. 2007. Биология развития некоторых видов рода *Laminaria* в прикамчатских водах. *Диссертация ... канд. биол. наук.* Петропавловск-Камчатский. 206 с.
- Петров Ю.Е. 1975. Ламинариевые и фукусовые водоросли морей СССР. *Автореферат дис. ... д-ра биол. наук.* Ленинград. 54 с.
- Петров Ю.Е., Возжинская В.В. 1966. Новый род и вид ламинариевых водорослей из Охотского моря. *Новости систематики низших растений.* Т. 3. С. 100–102.
- Петров Ю.Е., Возжинская В.В. 1970. Новые виды рода *Laminaria* из Охотского моря. *Новости систематики низших растений.* Т. 7. С. 81–86.
- Селиванова О.Н. 2002. Морские водоросли охраняемой прибрежной акватории Южно-Камчатского заказника. В кн.: *Флора и растительность южной Камчатки.* Труды Камчатского филиала ТИГ ДВО РАН. Вып. III. С. 104–128.
- Ушаков П.В. 1953. Фауна Охотского моря и условия ее существования. Москва: Наука. 462 с.
- Bringloe T.T., Saunders G.W. 2019. DNA barcoding of the marine macroalgae from Nome, Alaska (Northern Bering Sea) reveals many trans-Arctic species. *Polar Biology.* Vol. 42. P. 851–864.
- Huelsenbeck J.P., Ronquist F. 2001. MRBAYES: Bayesian inference of phylogenetic trees. *Bioinformatics.* Vol. 17. P. 754–755.
- Klochkova N.G. 1998. An annotated bibliography of marine macroalgae on northwest coast of the Bering Sea and the Southern Kamchatka: the first revision of flora. *Algae.* Vol. 13, № 4. P. 375–418.
- Klochkova T.A., Kim G.H., Belij M.N., Klochkova N.G. 2012. Morphology and phytogeography of *Laminaria appressirhiza* and *L. inclinatorhiza* (Phaeophyceae) from the Sea of Okhotsk. *Algae.* Vol. 27, № 3. P. 139–153.
- Lane C.E., Mayes C., Druehl L.D., Saunders G.W. 2006. A multi-gene molecular investigation of the kelp (Laminariales, Phaeophyceae) supports substantial taxonomic re-organization. *Journal of Phycology.* Vol. 42, Issue 2. P. 493–512.
- Ruprecht F.I. 1850. *Algae Ochotensis: Die erstensicheren Nachrichtenuuber die Tange des Ochotskischen Meeres.* St.-Peterburg. 243 p.

Stamatakis A. 2014. RAxML version 8: a tool for phylogenetic analysis and post-analysis of large phylogenies. *Bioinformatics*. Vol. 30. P. 1312–1313.

## REFERENCES

- Belij M.N. 2001. Commercial seaweeds of the northern part of the Sea of Okhotsk: species composition, biological characteristics, distribution and stock assessment. *Current state and prospects of fisheries research in the Northern part of the sea of Okhotsk*. Magadan: MagadanNIRO. Issue 1. P. 255–262.
- Belij M.N. 2011. Species composition, distribution features of macrophyte algae in the Northern part of the sea of Okhotsk and their significance as a spawning substrate in herring breeding areas. *Abstract of the candidacy dissertation for biological sciences*. Magadan. 24 p.
- Belij M.N. 2013. Seaweeds of the northern part of the Sea of Okhotsk and their role as a substrate for the herring spawning. Magadan: Novaja tipografija. 194 p.
- Blinova E.I. 1968. Marine algae of the northeastern part of the Sea of Okhotsk. *Novosti Sistematiki Nizshih Rastenii (News on Systematics of Non-vascular Plants)*. Vol. 5. P. 33–38.
- Vozzhinskaja V.B. 1965a. Seaweed on the west coast of Kamchatka. *Novosti Sistematiki Nizshih Rastenii (News on Systematics of Non-vascular Plants)*. Vol. 2. P. 73–78.
- Vozzhinskaja V.B. 1965b. Distribution of algae of the coast of western Kamchatka. *Okeanologia (Oceanology)*. Vol. 5, Issue. 2. P. 17–23.
- Vozzhinskaja V.B. 1966. Ecology and distribution of algae on the mainland coast of the Sea of Okhotsk. *Ekologiya i raspredeleniye morskoy donnoy fauny i flory (Ecology and distribution of marine benthic fauna and flora)*. Vol. 81. P. 153–176.
- Vozzhinskaja V.B., Blinova E.I. 1970. Materials on the distribution and composition of seaweed in Kamchatka (Sea of Okhotsk). *Trudy Instituta okeanologii AN SSSR. (Proceedings of institute of oceanology AS USSR)* Vol. 88. P. 298–307.
- Vozzhinskaja V.B., Tsapko A.S., Blinova E.I. et al. 1971. Processed marine algae of the USSR. Manual. Moscow, Food industry. 270 p.
- Emelyanova A.A. 2005. Macrophyte algae in the northern regions of the Sea of Okhotsk, southern Kamchatka and the Northern Kuril Islands. *Abstract of the candidacy dissertation for biological sciences*. Petropavlovsk-Kamchatsky. 25 p.
- Zinova A.D. 1964. New species of *Laminaria* from the coast of Sakhalin Island. *Novosti Sistematiki Nizshih Rastenii (News on Systematics of Non-vascular Plants)*. Vol. 1. P. 125–126.
- Zinova E.S. 1954. Algae of the Sea of Okhotsk. *Trudy Botanicheskogo Instituta AN SSSR (Proceedings of Botanical Institute AS USSR)*. Ser. II. Issue 9. P. 259–307.
- Klimova A.V. 2018. Genus *Alaria* Greville (Phaeophyceae, Laminariales) in the coast of Kamchatka: species composition, ecology and developmental biology. *Candidacy dissertation for biological sciences*. Petropavlovsk-Kamchatsky. 162 p.
- Klimova A.V., Matveev A.A. 2020. Kelp and other macrophytes finds in bottom trawl catches at the western coast of Kamchatka during 2018–2019. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 51. P. 46–54. (DOI: 10.17217/2079-0333-2020-51-46-54).
- Klochkova T.A., Klimova A.V., Klochkova N.G. 2019. Distribution of *Alaria esculenta* (Phaeophyceae, Laminariales) in

- the sea of Okhotsk. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 50. P. 46–56 (DOI: 10.17217/2079-0333-2019-50-46-56).
- Kusidi A.E. 2007. Developmental biology of some species of the genus *Laminaria* from coastal waters of Kamchatka. *Candidacy dissertation for biological sciences*. Petropavlovsk-Kamchatsky. 206 p.
- Petrov Ju.E. 1975. Laminariacean and Fucacean algae of the USSR's seas. *Abstract of doctoral dissertation for biological sciences*. Leningrad. 54 p.
- Petrov Ju.E., Vozzhinskaja V.B. 1966. A new genus and species of kelps from the Sea of Okhotsk. *Novosti Sistematiki Nizshih Rastenii (News on Systematics of Non-vascular Plants)*. Vol. 3. P. 100–102.
- Petrov Ju.E., Vozzhinskaja V.B. 1970. New species of *Laminaria* from the Sea of Okhotsk. *Novosti Sistematiki Nizshih Rastenii (News on Systematics of Non-vascular Plants)*. Vol. 7. C. 81–86.
- Selivanova O.N. 2002. Marine algae of the protected coastal area of the South-Kamchatka Nature Reserve. *In: Flora and vegetation of Southern Kamchatka. The South-Kamchatka Nature Reserve. Proceedings of Kamchatka Institute of Ecology and Nature Management*. Vol. 3. P. 104–128.
- Ushakov P.V. 1953. Fauna of the Sea of Okhotsk and Conditions of Its Existence. Moscow: Akademya Nauk SSSR. 462 p.
- Bringloe T.T., Saunders G.W. 2019. DNA barcoding of the marine macroalgae from Nome, Alaska (Northern Bering Sea) reveals many trans-Arctic species. *Polar Biology*. Vol. 42. P. 851–864.
- Huelsenbeck J.P., Ronquist F. 2001. MRBAYES: Bayesian inference of phylogenetic trees. *Bioinformatics*. Vol. 17. P. 754–755.
- Klochkova N.G. 1998. An annotated bibliography of marine macroalgae on northwest coast of the Bering Sea and the Southern Kamchatka: the first revision of flora. *Algae*. Vol. 13, № 4. P. 375–418.
- Lane C.E., Mayes C., Druehl L.D., Saunders G.W. 2006. A multi-gene molecular investigation of the kelp (Laminariales, Phaeophyceae) supports substantial taxonomic re-organization. *Journal of Phycology*. Vol. 42, Issue 2. P. 493–512.
- Ruprecht F.I. 1850. *Algae Ochotensis: Die erstensicheren Nachrichtenuber die Tange des Ochotskischen Meeres*. St.-Peterburg. 243 p.
- Stamatakis A. 2014. RAxML version 8: a tool for phylogenetic analysis and post-analysis of large phylogenies. *Bioinformatics*. Vol. 30. P. 1312–1313.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Клочкова Нина Григорьевна** – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор биологических наук; научный сотрудник; ninakl@mail.ru. SPIN-код: 4701-2618, Author ID: 344281; Scopus ID: 6602583957.

**Klochkova Nina Grigorievna** – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Biological Sciences; Scientific Researcher; ninakl@mail.ru. SPIN-код: 4701-2618, Author ID: 344281; Scopus ID: 6602583957.

**Климова Анна Валерьевна** – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук; заведующий сектором коллективного использования научного оборудования; annaklimovae@mail.ru. SPIN-код: 3188-5428, Author ID: 732623; Scopus ID: 56711736100.

**Klimova Anna Valereevna** – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences; Head of the Center for Collective Use of Scientific Equipment; annaklimovae@mail.ru. SPIN-код: 3188-5428, Author ID: 732623; Scopus ID: 56711736100.

**Клочкова Татьяна Андреевна** – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор биологических наук, проректор по научной работе и международной деятельности, профессор кафедры «Экология и природопользование»; tatyana\_algae@mail.ru. SPIN-код: 7534-7736, Author ID: 664379; Scopus ID: 12792241800.

**Klochkova Tatyana Andreevna** – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Biological Sciences; Vice-rector for Scientific Work and International Communications, Professor of Ecology and nature management Chair; tatyana\_algae@mail.ru. SPIN-код: 7534-7736, Author ID: 664379; Scopus ID: 12792241800.