

13. Драган Л.П. Влияние вируса инфекционного панкреатического некроза на процессы перекисного окисления липидов в печени рыб // Актуальные вопросы рыбного хозяйства и аквакультуры бассейнов южных морей России: материалы Междунар. конф. – Ростов/н/Д., 2014. – С. 28–31.

14. Зенков Н.К., Ланкин В.З., Меньшикова Е.Б. Окислительный стресс. Биохимический и патологический аспекты. – М.: МАИК, 2001. – 343 с.

15. Тушницька Н.Й. Имунний статус коропа при захворюванні асоційованою формою краснухи // Біологія тварин. – 2006. – Т. 8, № 1–2. – С. 251–254.

16. Тушницька Н.Й., Янович В.Г., Матвієнко Н.М. Антиоксидантний статус коропа при захворюванні асоційованою формою краснухи // Наук.-техн. бюл. Інст. біол. твар. та ДНДКІ ветп. реп. і корм. доб. – 2006. – Вип. 7, № 1, 2. – С. 182–186.

УДК 582.533(265.52)

А.В. Климова<sup>1</sup>, Р.С. Ключкина<sup>1</sup>, А.А. Бонк<sup>1,2</sup>, Н.Г. Клочкова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003;

<sup>2</sup>Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства  
и океанографии (КамчатНИРО),  
Петропавловск-Камчатский, 683000  
e-mail: annaklimovae@mail.ru

## УЧАСТИЕ МОРСКИХ ТРАВ В ФОРМИРОВАНИИ НЕРЕСТОВОГО СУБСТРАТА КОРФО-КАРАГИНСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ ТИХООКЕАНСКОЙ СЕЛЬДИ

Приводятся результаты изучения сезонного развития и распределения морской травы *Zostera marina* в заливе Корфа (в гаванях Сибирь и Скобелева). Впервые представлены данные по размерным характеристикам ее берингоморской популяции в весеннее время. На основе использования спутниковых аэрофотоснимков даны экспертная оценка запасов *Zostera* и площадь ее зарослей в мелководной зоне залива. В северной его части общая площадь дна, занимаемого морскими травами, равна 11,19 км<sup>2</sup>, суммарная сухая масса – более 5 тыс. тонн. Показано, что общая поверхность растительного субстрата, формируемого *Zostera*, полезная для нереста корфо-карагинской популяции тихоокеанской сельди, составляет не менее 28,86 км<sup>2</sup>.

**Ключевые слова:** *Zostera marina*, *Zosteraceae*, морские травы, тихоокеанская сельдь, кладки икры, нерестовый субстрат, залив Корфа, восточная Камчатка.

A.V. Klimova<sup>1</sup>, R.C. Klyukina<sup>1</sup>, A.A. Bonk<sup>1,2</sup>, N.G. Klochkova<sup>1</sup> (<sup>1</sup>Kamchatka State Technical University, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003; <sup>2</sup>Kamchatka Research Institute of Fishery and Oceanography (KamchatNIRO), Petropavlovsk-Kamchatsky, 683000) **The role of sea weeds in formation of spawning substrate of Pacific herring**

The observations of seasonal development and distribution of sea weed *Zostera marina* in the bay of Korf (in the bays Sibir' and Scobeleva) were presented. The information about dimensional characteristics of its Bering Sea population in spring time was submitted for the first time. The expert estimation of *Zostera* reserves and area of its growth in shallow zone of the bay using satellite aero-photographs were given. In its northern part the total bottom square covered with sea weeds is 11,19 km<sup>2</sup>, the total dry solid matter is more than 5000 tons. It was detected that the total surface of vegetative substrate formed by *Zostera*, good for spawning of Korf-Karaginskiy population of Pacific herring is not less than 28,86 km<sup>2</sup>.

**Key words:** *Zostera marina*, *Zosteraceae*, sea weeds, Pacific herring, eggs laying, spawning substrate, the bay of Korf, eastern Kamchatka.

DOI: 10.17217/2079-0333-2015-31-60-66

Виды рода *Zostera* являются морскими травами семейства взморниковых высших цветковых растений. Они относятся к гидрофитам, у которых вся жизнь, в том числе и период размножения, проходит под водой. Представители рода широко распространены в холодных и умеренных водах

Мирового океана. Все они – многолетние растения с хорошо развитыми ползучими корневищами и отходящими от них дерновинами. Их вертикальные вегетативные и генеративные побеги в тепло-умеренных районах достигают 2–2,2 м и редко превышают 3 м в длину [1]. На мелководьях, опресняемых впадающими в морские акватории реками, они обычно формируют монодоминантные сообщества с высоким, до 80%, проективным покрытием. Обширные пояса zostеры приурочены, как правило, к аккумулятивным участкам побережья, слагаемым мягкими грунтами (песками, алевритами, пелитами). В местах с ровным пологим дном их ширина может достигать 2 км [2]. В некоторых районах побережья морские травы поднимаются в литоральную зону. Нижняя граница их распространения в дальневосточных морях отмечена на глубине 21 м [1]. Основным же местом произрастания взморниковых являются глубины 1–5 м, где они формирует обширные подводные луга.

У северо-западного побережья Тихого океана указывают 4 вида zostер – *Zostera asiatica*, *Z. japonica*, *Z. noltei* (= *Z. nana*) и *Z. marina* [1–3; и др.]. Два первых имеют достаточно узкие приазиатские ареалы [1, 2, 4]. *Z. noltei*, к синонимам которой не так давно была отнесена *Z. nana*, имеет тихоокеанско-атлантический ареал [4–6]. Самым распространенным видом рода является *Z. marina*. Она населяет холодные и умеренные воды Тихого и Атлантического океанов. В российских морях встречается в Азовском, Черном, Балтийском, Белом, Японском, Охотском и Беринговом морях, у берегов Курильских и Командорских островов, Сахалина и юго-восточной Камчатки. Среди всех известных представителей рода *Zostera* она является, пожалуй, наиболее изученным видом морских трав.

В российских морях наиболее активно изучались япономорская и беломорская популяции морских трав. При этом основные усилия исследователей были направлены на оценку их запасов и получение сведений о биологии их развития [7–9; и др.]. Интерес к видам рода *Zostera* определялся их высокой экологической и продукционной ролью и возможностью получения из них уникального пектиноподобного полисахарида – zostерина [10, 11].

В настоящее время наблюдается сокращение запасов морских трав в водах Атлантики. Поэтому особый интерес у исследователей вызывает выяснение причин этого негативного явления и возможностей восстановления естественных зарослей [12]. Морские травы, как известно, образуют сплошные равномерные скопления, вблизи которых среда обогащена органическим веществом (отмершие побеги и листья растений). Благодаря этому они формируют условия, благоприятные для развития и обитания в их зарослях многочисленных видов беспозвоночных и рыб. Сокращение или исчезновение зарослей zostеры из прибрежных экосистем приводит к снижению их биоразнообразия и продуктивности. Так, в 30-х гг. прошлого столетия массовая гибель обширных зарослей *Z. marina* в северной части Атлантического океана привела к вымиранию питавшегося ею моллюска *Lottia alveus* [13]. Сокращение площади полей морских трав в Белом море привело к ухудшению условий обитания и других гидробионтов, в первую очередь, снижению численности популяций беломорской сельди *Clupea pallasii marisalbi* и трехиглой колюшки *Gasterosteus aculeatus*. Причины исчезновения zostеры в морских прибрежных районах объясняют воздействием на нее как биотических [13, 14], так и абиотических факторов среды [15, 16].

Сведения о морских травах восточной Камчатки весьма ограничены. Специальное изучение распространения и функционирования сообществ *Zostera* в прикамчатских водах до сих пор не велось. Для этого района в разное время указывали *Z. angustifolia*, *Z. japonica*, *Z. marina* и *Z. nana* [3, 17–19]. Поскольку таксономическая ревизия этого рода в пределах Дальнего Востока не проводилась, то судить о достоверности этих сведений трудно. В настоящее время считается, что у восточной Камчатки произрастают 3 вида: *Z. japonica*, *Z. marina* и *Z. noltei* [3, 5]. В работах, посвященных изучению растительных субстратов для кладки икры тихоокеанской сельди [19, 20], содержатся сведения по распределению *Z. marina* в ряде заливов и бухт северо-восточной Камчатки и обсуждается ее участие в нересте корфо-карагинской популяции тихоокеанской сельди (*Clupea pallasii*). Однако эти сведения предельно скудные, не дают представлений по распространению, сезонному развитию морских трав и не позволяют оценить их роль в ее воспроизводстве. Целью настоящей работы является экспертная оценка площади поверхности растительного субстрата, формируемого *Zostera*, пригодного для кладки сельдевой икры в зал. Корфа, и определение роли морских трав в воспроизводстве сельди.

## Материалы

Известно, что в настоящее время основные районы нереста сельди у восточной Камчатки расположены в западной части Берингова моря, в заливах Корфа и Карагинский, последний

включает в себя мелководные заливы Уала, Анапка и Кичигинский. До 90% всех нерестилищ корфо-карагинской сельди приходится на заливы Уала, Анапка и Корф [21, 22]. Экспертная оценка площади зарослей *Z. marina* в зал. Корфа и определение ее нерестовой емкости выполнены авторами настоящей работы для участков, расположенных в северной части залива: районе устья р. Култучная, гавани Сибирь и гавани Скобелева (рис. 1).

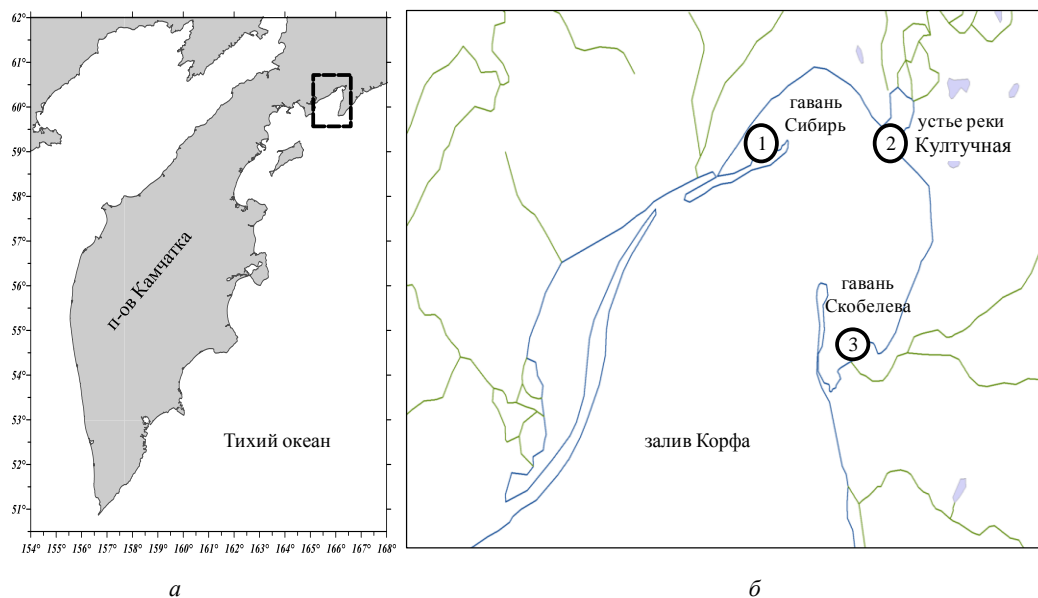


Рис. 1. Район исследования (а) и места сбора изученного материала (б):  
1 – гавань Сибирь, 2 – устье реки Култучная, 3 – гавань Скобелева

Материал для настоящей работы, представляющий собой количественные пробы с площади 0,04 м<sup>2</sup>, был собран во время проведения икорной съемки тихоокеанской сельди в мае 2014 г. в Корфо-Карагинском районе. В ходе обработки проб в каждой пробе подсчитывали количество вегетативных побегов. Размерные характеристики растений определяли по методике А.А. Стародубцевой [12] (рис. 2), при этом измеряли от 10 до 15 растений.

Всего для морфометрического анализа было измерено 172 растения.

Схема промеров zostеры представлена на рис. 2. В ходе изучения растений измеряли длину основного осевого побега (от шейки корневища до вершины последнего листа, отходящего от осевого побега). Кроме этого подсчитывали количество листьев на одном растении (*n*) и определяли их длину (*l*) и ширину (*d*) (рис. 2). Измерения проводили с точностью до 0,1 см. Площадь листа (*S<sub>л</sub>*) вычисляли как произведение длины листа на ширину. Поскольку тихоокеанская сельдь использует для нереста обе стороны листа растения, то общую площадь его поверхности вычисляли как *S<sub>ср.л</sub> · 2*. Среднюю площадь поверхности листьев одного растения рассчитывали как произведение средней площади поверхности листа на количество листьев. Зная плотность произрастания zostеры (*N*), с помощью указанной ниже формулы вычисляли площадь растительного субстрата, пригодного для кладки икры на 1 м<sup>2</sup> морского дна

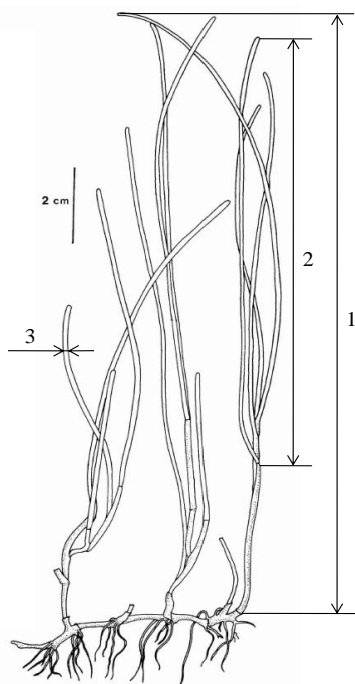


Рис. 2. Схема измерений побегов zostеры (по Phillips, Menez, 1988 [4] с дополнениями автора): 1 – длина растения, 2 – длина листа, 3 – ширина листа

$$S_{\text{субстрата}} = \frac{(S_{\text{ср.л}} \cdot 2) \cdot n_{\text{ср}} \cdot N}{100\,000}$$

где *S<sub>ср.л</sub>* – средняя площадь листа; *n<sub>ср</sub>* – среднее количество листьев на 1 растении; *N* – среднее количество растений на 1 м<sup>2</sup>.

Для расчета площади зарослей zostеры в исследуемом районе использовали спутниковые аэрофотоснимки и его географические координаты. Общее изображение прибрежных участков с зарослями zostеры, полученное в результате совмещения фотоснимков, интегрировали в карту района (рис. 3) и далее использовали ее для определения площадей дна, занятых зарослями *Zostera* в разных районах зал. Корфа. Затем, зная эти площади и общую площадь поверхности морской травы на площади 1 м<sup>2</sup>, вычисляли общую поверхность растительного субстрата для разных полей zostеры.

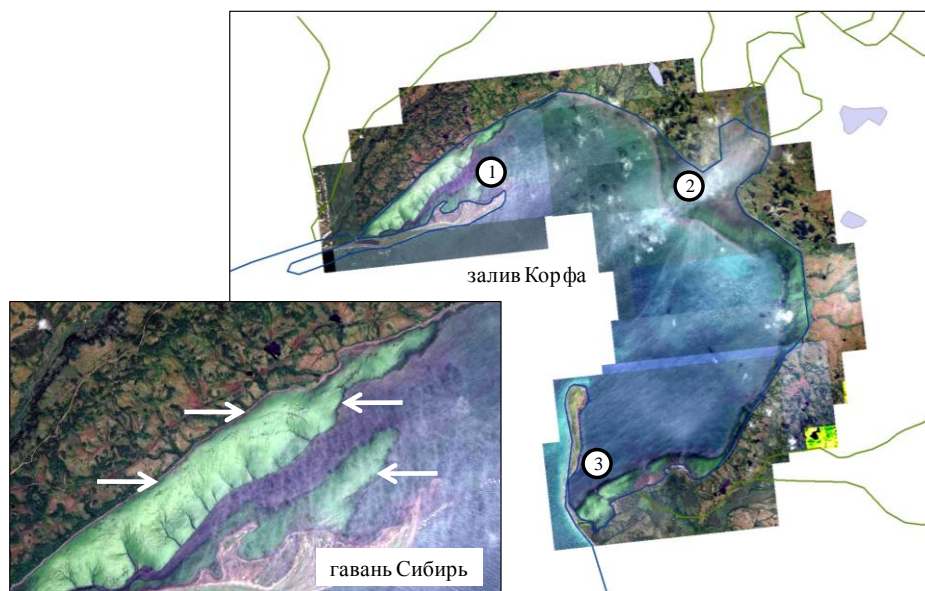


Рис. 3. Интеграция совмещенных спутниковых аэрофотоснимков на карту-схему района исследования (зал. Корфа); гавань Сибирь с мощными прибрежными зарослями *Zostera marina* (показаны стрелками)

Для обработки и анализа изображений прибрежных районов использовали программное обеспечение – SAS.Планета v110418 (Группа SAS, Россия).

### Результаты

Выбранные для исследования северные районы зал. Корфа характеризуются преобладанием в составе мягких грунтов мелкозернистых донных осадков (песков, ила) и относятся к так называемым лагунным нерестилищам. Именно этот тип нерестилищ играет ключевую роль в воспроизводстве корфо-карагинской популяции тихоокеанской сельди [22]. Северная часть залива характеризуется обширными мелководьями и значительным опреснением прибрежных вод впадающими в нее реками. Основу донной растительности здесь формируют *Z. marina* и *Z. nana*. На их долю приходится более 90% общей площади мелководной зоны, занятой растительным покровом. Редко здесь встречаются бурые водоросли *Laminaria sp.* и *Saccharina bongardiana*.

Распределение зарослей морских трав, как это показали наши исследования, достаточно точно можно оценить с помощью спутниковых аэрофотоснимков, на которых они отчетливо видны. Использование координат границ растительности позволило вычислить занятую ею площадь. Проведенные нами расчеты показали, что общая площадь зарослей zostеры в северной части зал. Корфа составляет 11,19 км<sup>2</sup> (рис. 4). Наибольшие ее запасы сконцентрированы в гавани Сибирь (3,72 км<sup>2</sup>) и районе устья р. Култучная (4,98 км<sup>2</sup>). Гавань Скобелева имеет наименьшую площадь покрытия морскими травами – 2,49 км<sup>2</sup>. Это, скорее всего, можно объяснить особенностями рельефа, в частности большей приглубостью берега. Так, глубина в ее центральной части достигает 10 м, на выходе увеличивается до 12 м. Для участка, расположенного у устья р. Култучная, характерны более разреженные поля zostеры, чем в других районах исследования, где они имеют почти 80%-ное проективное покрытие. Это объясняется тем, что этот район не защищен песчаными косами от воздействия ветра и сильных приливно-отливных волнений, как это наблюдается в гаванях Сибирь и Скобелева.

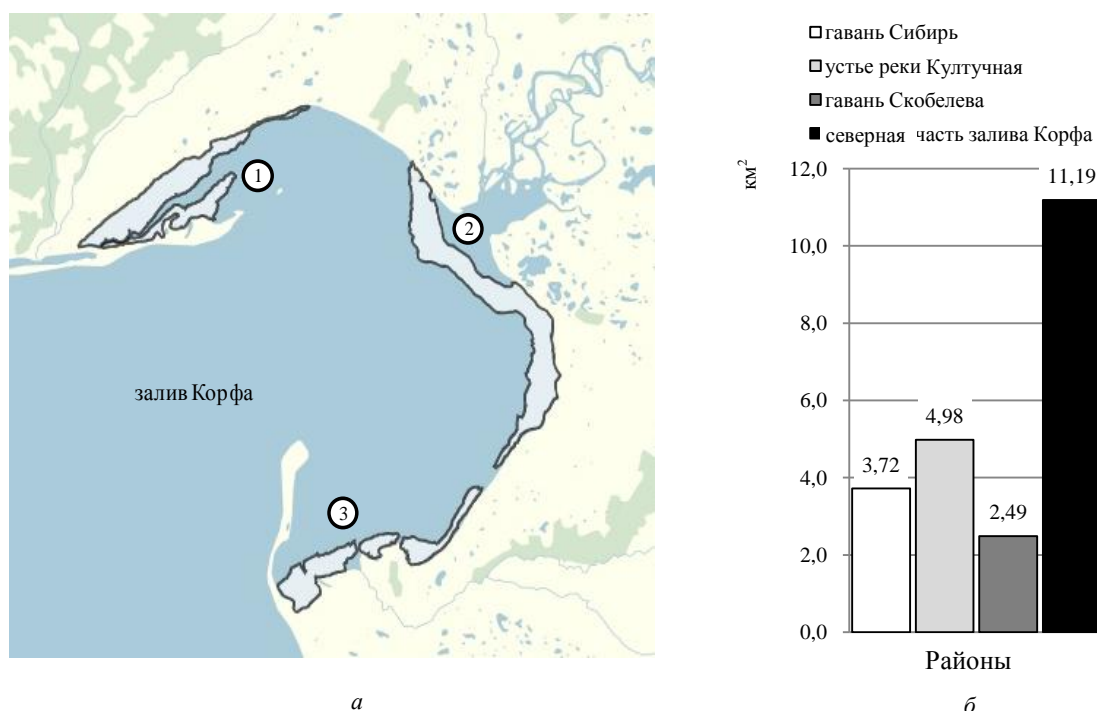


Рис. 4. Распределение (а) и площадь (б) зарослей *Zostera marina* в разных районах зал. Корфа: 1 – гавань Сибирь, 2 – устье р. Култучная, 3 – гавань Скобелева

Морфометрические характеристики *Z. marina*, полученные в ходе обработки проб, представлены в таблице. Следует отметить, что сбор изученных проб zostеры пришелся на конец весны – период нереста корфо-карагинской сельди. В это время растения еще не достигли видоспецифических линейных размеров и находились в начальной стадии активного линейного роста. Их максимальные размеры в зал. Корфа составляли 33,2 см. Довольно часто их длина едва превышала 20 см. Ширина листьев изменялась в пределах от 0,3 до 0,7 см, что несколько меньше средних размеров взрослых растений. Среднее количество листьев на вегетативных побегах соответствовало видоспецифичным показателям. Плотность произрастания zostеры в разных районах исследуемого залива варьировала от 100 до 1175 экз./м². На участках с самыми плотными зарослями она превышала минимальные значения почти в 12 раз (см. табл.).

**Основные морфометрические характеристики растений *Zostera marina* в заливе Корфа в середине мая**

Длина растения (надземная часть), см	Длина листа, см	Ширина листа, см	Площадь 1 листа, см²	Количество листьев у 1 побега	Площадь листовой поверхности растения, см²	Плотность произрастания, экз/м²	Площадь поверхности надземной части растений на 1 м², м²
$\frac{9-33,2}{21,6}$	$\frac{4,2-26}{14,7}$	$\frac{0,3-0,7}{0,4}$	$\frac{4-24,8}{12,2}$	$\frac{3-10}{6}$	$\frac{15,8-164,8}{68,9}$	$\frac{100-1175}{375}$	$\frac{0,16-19,36}{2,58}$

Примечание. В числителе приведены минимальные и максимальные значения изученных признаков, в знаменателе – их средние значения.

Особенно важным показателем нерестовой емкости растительного субстрата для кладки икры тихоокеанской сельди является площадь, создаваемая поверхностью всех надземных побегов [23]. Так, известно, что *Z. marina* у восточной Камчатки является единственным видом растительного субстрата, на который сельдь может откладывать до 10 слоев икры [24]. В зал. Корфа у *Z. marina* среднее значение площади поверхности вегетативных побегов на 1 м² составило 2,58 м². Площадь растительного субстрата, полезная для кладки икры в каждом из указанных выше нерестилищ сельди, была определена как произведение площадей дна, занятых зарослями zostеры, на среднюю площадь поверхности надземной части растений на 1 м².

Выполненные расчеты показали, что в северной части зал. Корфа она в целом составляет 28,86 км<sup>2</sup>. Емкость нерестилищ в разных районах залива при этом прямо пропорционально связана с площадью полей зостеры (рис. 3). Максимальную нерестовую площадь в северной части зал. Корфа имеет район устья р. Култучная (12,85 км<sup>2</sup>). Вдвое меньшей нерестовой емкостью характеризуется гавань Сибирь (рис. 5, а).

Масса зостеры, выраженная в сухом весе, в отдельных районах зал. Корфа вычислялась как произведение площади ее прибрежных зарослей и средней для вида сухой массы *Z. marina* – 448,1 г на площади 1 м<sup>2</sup> [12]. Результаты экспертной оценки ее массы в сухом весе для всего района исследований представлены на рис. 5, б. Она, как показывают наши расчеты, в целом для зал. Корфа составляет 5 012,67 т.

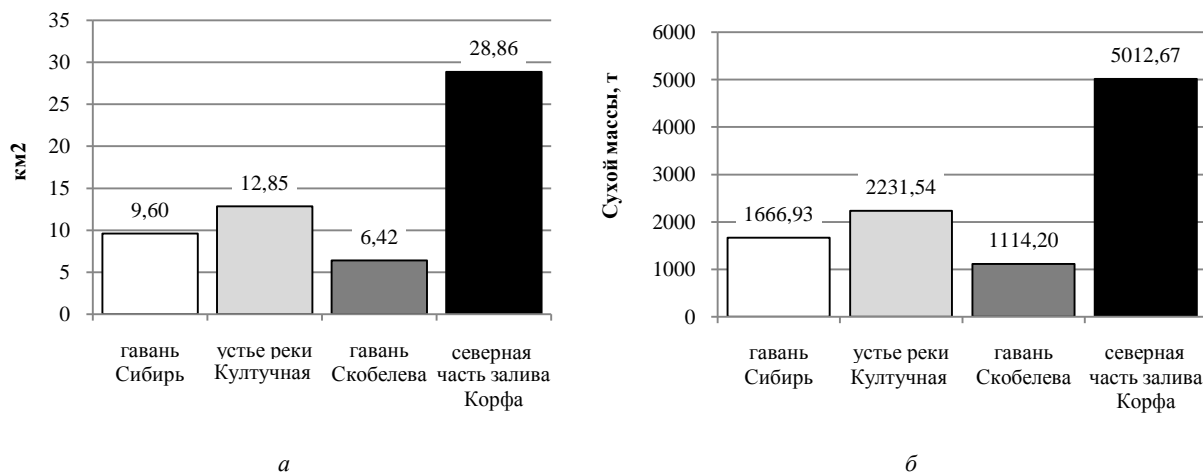


Рис. 5. Площадь поверхности надземной части растений (а) и биомасса (б) *Zostera marina* для отдельных районов и в целом для северной части зал. Корфа

Оценивая роль *Z. marina* в воспроизводстве тихоокеанской сельди, отметим следующее. В зал. Корфа в весенний период для нее свойственны колебания размерных характеристик: длина побегов от 9 до 33,2 см, длина листьев от 4,2 до 26 см и их ширина от 0,3 до 0,7 см. Общая нерестовая площадь прибрежных акваторий, когда-либо регистрируемая для корфо-карагинской популяции сельди, оценивается в 130 км<sup>2</sup> [22]. Наши исследования показывают, что северная часть зал. Корфа способна обеспечить 8,6% от всей необходимой для ее нереста площади. Основными районами концентрации зарослей *Z. marina* в северной части зал. Корфа являются гавань Сибирь и участок устья р. Култучная. Общая площадь, занимаемая зарослями *Z. marina*, составляет здесь 11,19 км<sup>2</sup>.

### Литература

1. Суховеева М.В., Подкорытова А.В. Промысловые водоросли и травы морей Дальнего Востока: биология, распространение, запасы, технология переработки. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2006. – 243 с.
2. Паймеева Л.Г. Распределение зарослей зостеры в заливе Петра Великого // Известия ТИНРО. – 1973. – Т. 87. – С. 145–148.
3. Якубов В.В., Чернягина О.А. Каталог флоры Камчатки (сосудистые растения). – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2004. – 165 с.
4. Phillips P.J., Meñez E.G. Seagrasses. – Washington: Smithsonian Institution Press, 1988. – 104 p.
5. Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. – 2014. – URL: <http://www.algaebase.org>.
6. Перестенко Л.П. К биологии литоральной и sublиторальной зон материкового побережья Японского моря // Ботанический журнал. – 1969. – Т. 54, вып. 10. – С. 1545–1557.
7. Кардакова Е.А., Кизеветтер И.В. Морские травы Дальнего Востока. – Владивосток: Дальиздат, 1953. – 89 с.
8. Паймеева Л.Г. Характеристика зарослей и состояние запасов зостеры в юго-западной части залива Петра Великого от бухты Бойсмана до бухты Сивучей // Известия ТИНРО. – 1974. – Т. 92. – С. 153–157.

9. *Паймева Л.Г.* Биология *Zostera marina* L. и *Zostera asiatica* Miki: дис. ... канд. биол. наук. – Владивосток, 1984. – 183 с.
10. *Мирошников В.И.* Зостера как промышленное сырье // Журнал прикладной химии. – 1940. – Т. 13, вып. 10. – С. 1477–1490.
11. Зостерин / Ю.Н. Лоенко, А.А. Артюков, Э.П. Козловская, В.А. Мирошниченко, Г.Б. Еляков. – Владивосток: Дальнаука, 1997. – 212 с.
12. *Стародубцева А.А.* Экология, физиология и продуктивность зостеры морской *Zostr marina* L. на Белом море: дис. ... канд. биол. наук. – Петрозаводск, 2011. – 180 с.
13. *Ralph P.J., Short F.T.* Impact of the wasting disease pathogen, *Labyrinthula zosterae*, on the photobiology of eelgrass *Zostera marina* // Mar. Ecol. Prog. Ser. – 2002. – Vol. 226. – P. 265–271.
14. *Садогурский С.Е.* Отмирание зарослей *Zostera marina* L. у Сары-Булатских островов (Каркинитский залив, Черное море) // Заповідна справа в Україні. – 1999. – Т. 5, вып. 2. – С. 17–22.
15. *Вехов В.Н.* Зостера морская (*Zostera marina* L.) Белого моря. – М.: МГУ, 1992. – 143 с.
16. *Rivers D.O.* Assessing the suitability of the eelgrass (*Zostera marina* L.) deep edge as an indicator of water clarity in estuarine systems: thesis of MSc. – New Hampshire: University of New Hampshire, 2006. – 103 p.
17. *Толмачев А.И.* Арктическая флора СССР (Критический обзор сосудистых растений, встречающихся в арктических морях СССР). – М.; Л.: Академия наук СССР, 1960. – Вып. 1. – 103 с.
18. Определитель сосудистых растений Камчатской области. – М.: Наука, 1981. – 409 с.
19. *Клочкова Н.Г., Бонк А.А., Клочкова Т.А.* Макрофитобентос районов воспроизводства корфо-карагинской сельди и значение отдельных видов растений в ее размножении // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: докл. IV науч. конф. (17–18 ноября 2003 г.). – Петропавловск-Камчатский, 2004. – С. 57–70.
20. *Клочкова Н.Г., Бонк А.А.* Современный видовой состав альгофлоры в разных районах воспроизводства корфо-карагинской сельди // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: тез. докл. науч. конф. (17–18 ноября 2003 г.). – Петропавловск-Камчатский, 2003. – С. 201–203.
21. *Шубкин С.В., Бонк А.А.* Применение глобальной системы позиционирования при оценке площадей нереста корфо-карагинской сельди // материалы Всерос. науч. конф., посвященной 80-летию ФГУП «КамчатНИРО». – Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2012. – С. 378–382.
22. *Бонк А.А.* Условия воспроизводства корфо-карагинской сельди на нерестилищах лагунного типа // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование: материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. (25–27 марта 2013 г.). – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2014. – С. 11–20.
23. *Белый М.Н.* Водоросли-макрофиты северной части Охотского моря и их значение как нерестового субстрата сельди. – Магадан: МагаданНИРО, 2013. – 194 с.
24. *Бонк А.А.* Влияние некоторых биотических и абиотических факторов на выживание корфо-карагинской сельди: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Петропавловск-Камчатский, 2004. – 24 с.

УДК 593.96(265.5)

**Е.Г. Панина, В.Г. Степанов**

*Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН,  
Петропавловск-Камчатский, 683000  
e-mail: panina1968@mail.ru*

## **ВИДОВОЙ СОСТАВ ГОЛОТУРИЙ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ РОССИИ. II: ОТРЯД ASPIDOCHIROTIDA GRUBE, 1840 (ECHIDODERMATA: HOLOTHUROIDEA)**

В статье приведен список видового состава щитовидношупальцевых голотурий отряда Aspidochirotida дальневосточных морей России. Для каждого вида дается современное название, синонимия, информация