

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАКРОВОДОРОСЛЕЙ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ САМБИЙСКОГО ПОЛУОСТРОВА В РАЙОНЕ МЫСА ТАРАН (БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ)

А. А. Володина, А. Ю. Шартон, Е. Е. Ежова

Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН,
Россия, 117997, Москва, Нахимовский проспект, д. 36,
e-mail: volodina.aa@atlantic.ocean.ru

Представлены результаты исследования видового состава и распределения макроводорослей в районе мыса Таран в 2009–2012 гг. В этом районе акватории находится единственное в пределах российского сектора Юго-Восточной Балтики (ЮВБ) местообитание многовидовых сообществ водорослей-макрофитов с доминированием многолетних видов, характерное для открытых побережий. По видовому богатству и обилию многолетних и редких для ЮВБ видов, этот район отличается от других участков побережья Самбийского полуострова, что обусловлено распространением валунно-глыбовых субстратов в горизонте, пригодном для произрастания макроводорослей. Отмечена наибольшая частота встречаемости макроводорослей на глубине 2–3 м, их мозаичное размещение, а также низкое обилие большинства видов глубже 6-метровой изобаты. Всего обнаружено 13 видов макрофитов, из которых 3 (*Furcellaria lumbricalis*, *Coccotylus truncatus*, *Battersia arctica*) считаются редкими или находящимися под угрозой исчезновения в восточной и юго-восточной части Балтийского моря. На основе летних данных 2009–2012 гг. построена карта распределения биомассы многолетних видов водорослей в прибрежной зоне Самбийского полуострова в районе мыса Таран.

Ключевые слова: сообщества макроводорослей, Юго-Восточная Балтика, уязвимые виды, *Furcellaria lumbricalis*, *Coccotylus truncatus*

Введение

Возрастающая актуальность исследования прибрежных морских экосистем связана со все более активным использованием их природных ресурсов. Направления экономического развития Калининградской области России включают активное освоение прибрежных морских акваторий для развития портовой инфраструктуры, нефтяной индустрии, добычи полезных ископаемых, что существенно увеличивает антропогенное воздействие на водные биоресурсы и экосистемы в целом. Макроводоросли как первичные продуценты – важнейший компонент морских прибрежных экосистем, их сообщества формируют нерестовые и нагульные биотопы для многих видов рыб, они являются также индикаторными организмами, реагируя на изменения трофического статуса и химического состава вод (Blomqvist et al., 2012).

Несмотря на экосистемную значимость макроводорослей, исследования макрофитов в российском секторе Юго-Восточной Балтики (ЮВБ) остаются недостаточными, региональные Красные книги не учитывают виды морских водорослей из-за неполноты сведений об их видовом составе, встречаемости, пространственном распределении (Ежова, Володина, 2012; Володина, Герб, 2013, 2018; Esiukova et al., 2021). Первые данные о видовом составе и распределении сообществ макроводорослей в регионе были получены только в 2007–2012 гг. в рамках экологического мониторинга нефтяного морского месторождения Кравцовское (Д-6) (Обзор результатов, 2007). Было показано присутствие редких и уязвимых видов макроводорослей, а также их локализацию в районе мыса Таран и вдоль северного побережья Самбийского полуострова. Такое распределение водорослевых сообществ обусловлено типом донных отложений и их гранулометрическим составом: здесь находятся выходы коренных пород, валуны и галечники (Жамойда, Сивков, 2012; Ezhova et al., 2012). На других участках прибрежной зоны (вдоль западного берега Самбийского полуострова, Куршской и Балтийской косы) донные отложения представлены песками различного гранулометрического состава. Однолетние водоросли встречаются и на песчаных субстратах с примесью гравия, однако их массовое развитие происходит только на твердых субстратах.

Цель настоящей работы – характеристика пространственного распределения и структуры сообществ макроводорослей в прибрежной зоне Самбийского полуострова в районе мыса Таран.

Методика

Пробы макрофитов были собраны в летние месяцы 2009–2012 гг. вдоль северного побережья Самбийского полуострова в районе мыса Таран, в территориальных водах Российской Федерации в южной части Балтийского моря на 44 станциях (рисунк 1). Точки отбора проб макроводорослей выбирали с учетом рельефа дна, типа донных отложений, на глубинах до 15 м, в границах фотической зоны. Количественные пробы отбирали в трех–четыре повторностях с использованием металлической рамки площадью 0.25 (2009 г.) или 0.06 м² (2010–2012 гг.). Объекты снимали ножом или шпателем с поверхности субстрата.

Вдоль разрезов выполняли видеорегистрацию, в местах отбора проб – фотосъемку и фиксацию на планшете особенностей места сбора (глубина, субстрат). Позиционирование на станциях выполняли прибором спутниковой навигации Garmin-72, глубину, наличие подводных поднятий и крупных валунов определяли по эхолоту.

В лабораторных условиях водоросли идентифицировали и определяли сырую и абсолютно сухую массу всей пробы и каждого вида в отдельности. Абсолютно сухую массу получали высушиванием до постоянного значения при температуре 50–60 °С в течение 6–8 часов. Среднюю биомассу (г/м²) на станции получали, усредняя данные по повторностям и приводя значение к квадратному метру.

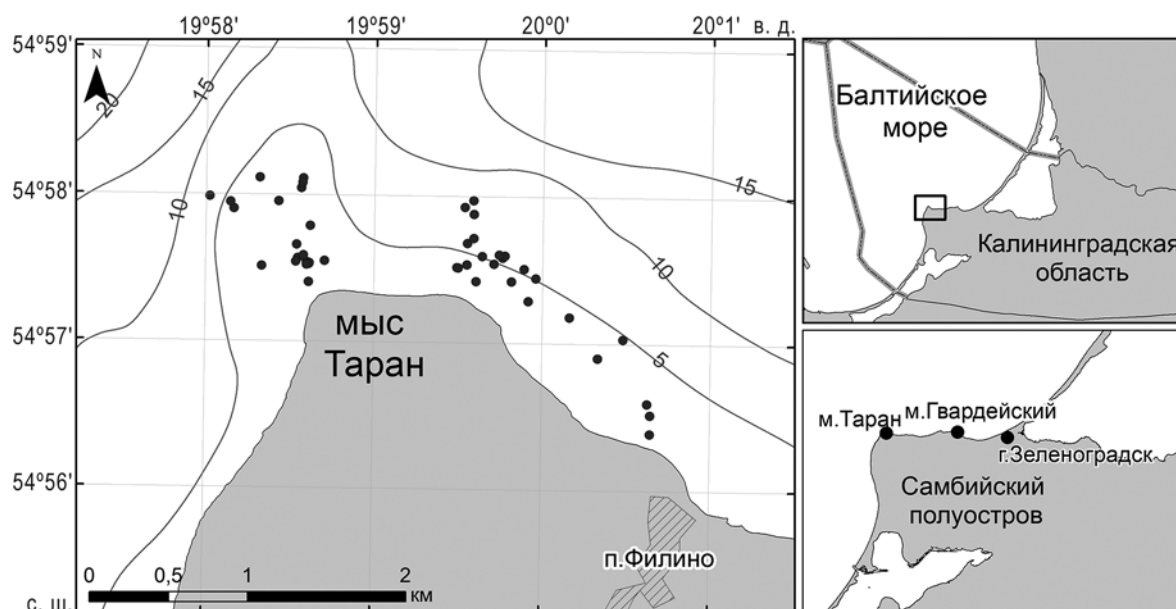


Рис. 1 – Карта-схема расположения точек отбора проб

Жизненные формы определяли как на основе литературных данных (Blomqvist et al., 2014), так и материалов полевых исследований.

Данные о батиметрическом распределении макроводорослей в районе мыса Гвардейский указаны согласно работе (Ezhova, Sharton, Volodina, 2013).

Сообщества выделяли на основании данных о видовом составе и биомассе водорослей, согласно доминантному принципу выделения растительных ассоциаций. Считается, что для маловидовых сообществ доминантно-физиономический подход является более подходящим, чем принятый флоро-ценотический подход Браун Бланке (Афанасьев, Рубан, 2013). При этом доминанты олигодоминантных сообществ являются также и характерными видами, поэтому названия сообществ, выделенных согласно эколого-доминантной системе, будут совпадать с названиями по Браун-Бланке (Миркин, Наумова, 2009; Дуленин, 2021).

К широко распространенным видам относили водоросли, встречаемые в большинстве изученных участков акватории региона (Володина, Герб, 2018; Sub-regional risk, 2011). К редким – виды, обнаруженные в одном или двух локалитетах в течение ряда лет.

Для визуализации пространственного распределения средней биомассы многолетних видов водорослей была построена непрерывная поверхность по усредненным летним значениям за 2009–2012 гг. с помощью приложения ArcMap программного обеспечения ArcGIS 10.8. Две точки отбора проб, значительно удаленные от основного облака точек, были исключены из набора данных для минимизации ошибки интерполяции. Оставшиеся данные предварительно анализировались с помощью модуля Geostatistical Analyst (Explore Data) (Лебедев и др., 2015). Так как водоросли произрастают на случайно расположенных субстратах (валуны и т. д.), полученные данные не предполагают пространственной автокорреляции и могут быть интерполированы

только с помощью детерминированных методов. Ранжирование наиболее оптимального метода проводилось путем удаления нескольких точек из выборки данных и последующего сравнения интерполированных значений с реальными значениями в этих точках (Шавнина и др., 2007; Eldrandaly, Abu-Zaid, 2011; Лебедев и др., 2015). Самые близкие к реальным данным интерполированные значения в удаленных точках были получены с помощью инструмента “Spline with Barriers” модуля Spatial Analyst Tools, который и был использован для построения непрерывной поверхности распределения биомассы по данным всех опорных точек.

Результаты

В период с 2009 по 2012 гг. на северном побережье Самбийского полуострова на участке от мыса Таран до г. Зеленоградска были обнаружены преимущественно распространенные в Балтийском море 13 видов макроводорослей, принадлежащие к трем отделам: Rhodophyta, Chlorophyta, Ochrophyta. В восточной и юго-восточной частях Балтийского моря многолетние виды *Furcellaria lumbricalis* (Hudson) J.V. Lamouroux, *Coccotylus truncatus* (Pallas) M.J. Wynne & J.N. Heine и *Battersia arctica* (Harvey) Draisma, Prud’homme & H.Kawai считаются редкими или находящимися под угрозой исчезновения (Sub-regional risk, 2011; Bučas, Alberte, 2015). Эти виды встречаются чаще на участке побережья п. Филино – мыс Таран. На других участках прибрежной зоны Самбийского полуострова они либо редки, либо представлены единичными экземплярами (таблица 1).

В районе мыса Гвардейский из многолетних видов встречались лишь *H. rubra* и *C. truncatus*, биомасса последнего всего 4.4 г/м². Суммарная биомасса макроводорослей в районе мыса Гвардейский – 31.4 г/м².

Табл. 1 – Особенности распространения макроводорослей в российской части Юго-Восточной Балтики на глубинах 1.5–12 м в 2009–2012 гг.

Вид	Распространение в ЮВБ	Распространение в районе мыса Таран	Максимальная глубина, м
Многолетние виды			
<i>Furcellaria lumbricalis</i> (Hudson) J.V. Lamouroux	Р	Ш	9.0
<i>Vertebrata fucoides</i> (Hudson) Kuntze	Ш	Ш	11 (12)
<i>Coccotylus truncatus</i> (Pallas) M.J. Wynne & J.N. Heine	Р	Р	9 (11.3)
<i>Hildenbrandia rubra</i> (Sommerfelt) Meneghini	Р	Ш	9.7
<i>Battersia arctica</i> (Harvey) Draisma, Prud’homme & H.Kawai	Р	Р	9.0
<i>Cladophora rupestris</i> (L.) Kützting	Р	Ш	9.0

Продолжение таблицы 1

Вид	Распространение в ЮВБ	Распространение в районе мыса Таран	Максимальная глубина, м
Однолетние виды			
<i>Ceramium tenuicorne</i> (Kützinger) Waern	Р	Ш	9.0
<i>Ceramium virgatum</i> Roth	Р	Р	9.0
<i>Ectocarpus siliculosus</i> (Dillwyn) Lyngbye	Ш	Ш	9
<i>Pylaiella littoralis</i> (Linnaeus) Kjellman	Ш	Ш	8
<i>Cladophora glomerata</i> (Linnaeus) Kützinger	Ш	Ш	5
<i>Ulva intestinalis</i> Linnaeus	Ш	Ш	5
<i>Ulva prolifera</i> O.F. Müller	Ш	Ш	1.5

Условные обозначения: Р – редкий, Ш – широко распространенный, обычный. В скобках приведены максимальные глубины обитания в районе мыса Гвардейский.

Как и во многих регионах Балтийского моря на глубинах от 1.5 м и глубже, наибольшей частотой встречаемости характеризовались многолетние виды красных водорослей – *F. lumbricalis*, *Vertebrata fucoides* (Hudson) Kuntze (рисунок 2).

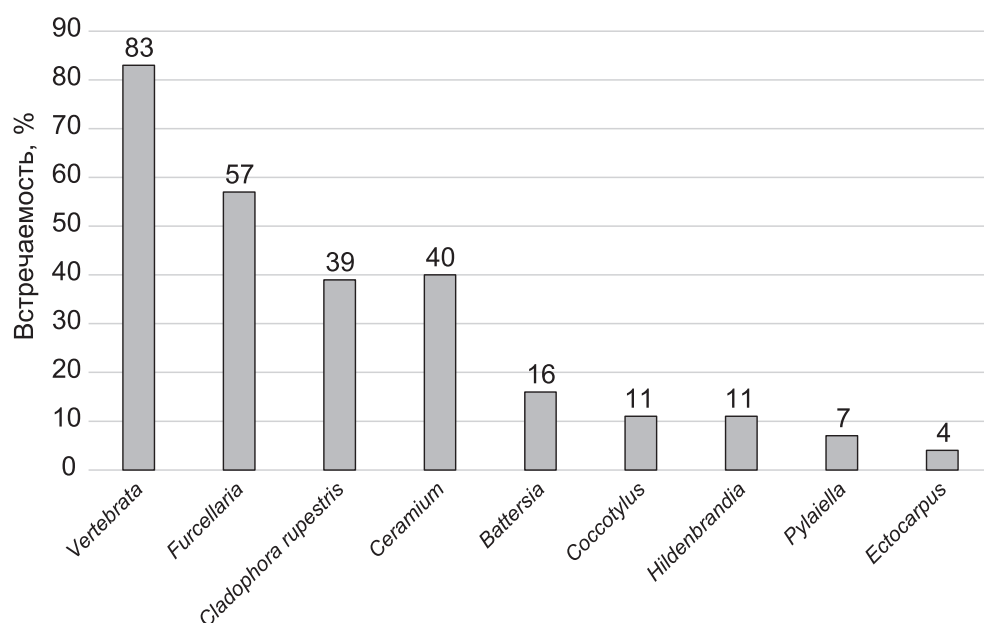


Рис. 2 – Частота встречаемости макроводорослей в районе м. Таран, 2009–2012 гг.

Наименьшая частота встречаемости была характерна для бурых водорослей, что связано не только с общим низким видовым разнообразием и обилием многолетних бурых водорослей в Балтийском море, но и со сроками полевых исследований, так как часть видов (*P. littoralis* и *E. siliculosus*) встречаются летом редко, с низкими показателями обилия.

В среднем, наибольшая частота встречаемости и биомасса большинства видов в 2009–2012 гг. были отмечены на глубинах 2–5.5 м (рисунки 3, 4). Биомасса и встречаемость *C. truncatus* увеличивались с глубиной (6–9 м) (рисунок 5).

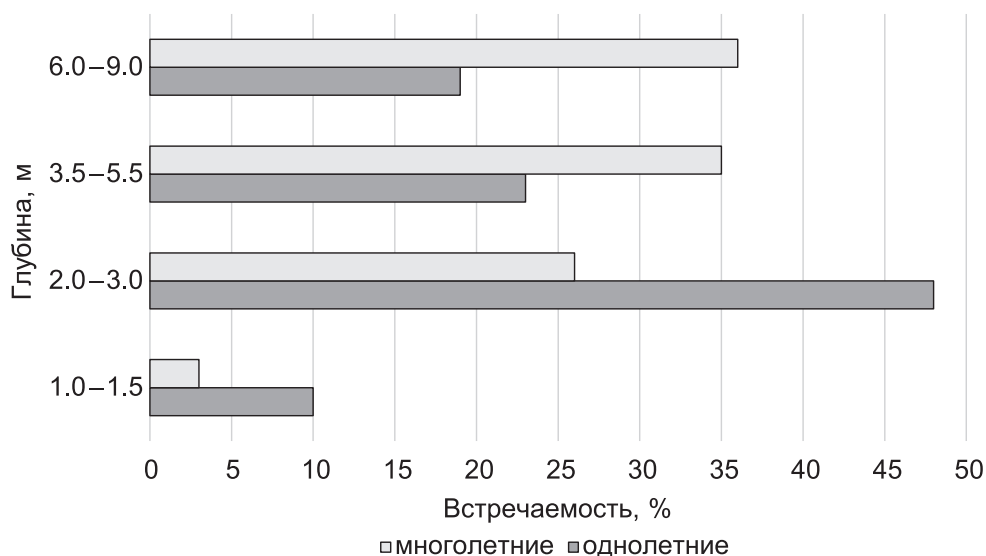


Рис. 3 – Встречаемость макроводорослей разной продолжительности жизни на разных глубинах, район мыс Таран – п. Филино, 2009–2012 гг.

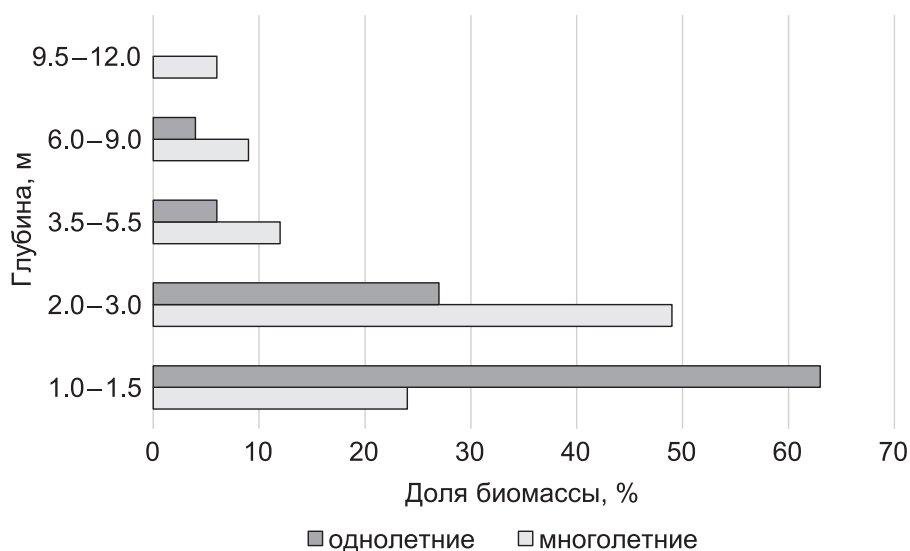


Рис. 4 – Вклад однолетних и многолетних макроводорослей (абс.-сух. масса, г/м²) в общую биомассу на разных глубинах, район мыс Таран – п. Филино, 2009–2012 гг.

Анализ встречаемости различных видов макроводорослей на станциях, а также данных по биомассе, показал, что пояс многолетних водорослей простирается на глубинах 2–9 м, с максимумом биомассы на глубине 2–3 м (рисунки 3, 4). Однолетние макроводоросли наиболее обильны на глубинах 1–1.5 м, хотя обитают вплоть до 8–9 м с максимумом частоты встречаемости на глубине 2–3 м (рисунок 4).

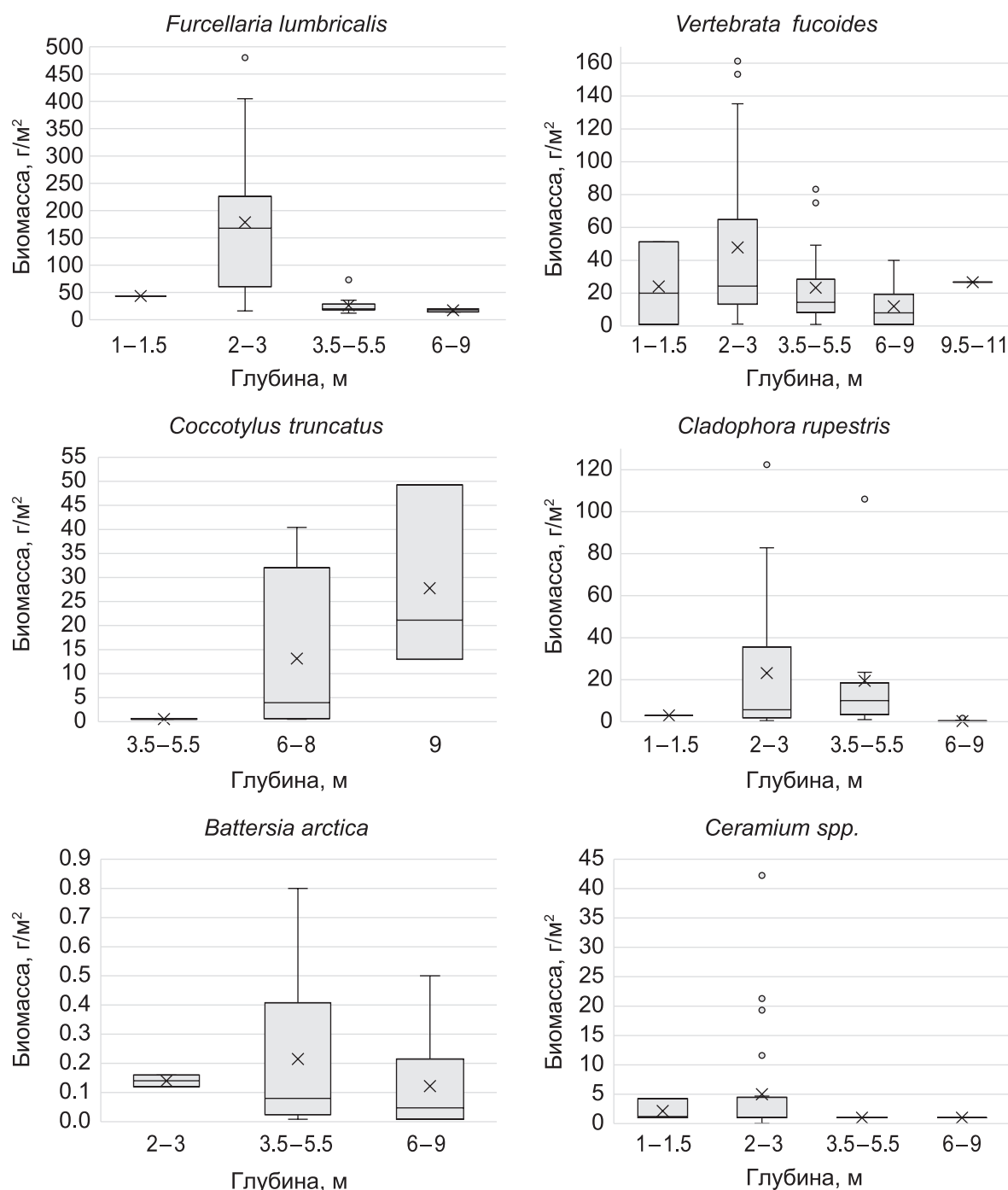


Рис. 5 – Батиметрическое распределение биомассы макроводорослей (абс.-сух. масса, г/м²), район мыс Таран – п. Филино, 2009–2012 гг.
Указаны максимальные и минимальные значения выборки, средние и медианные значения

В районе моря от мыса Таран до п. Филино, где почти от уреза простираются каменистые субстраты (Жамойда, Сивков, 2012; Ezhova et al., 2012), наблюдается нерегулярная поясная структура вертикального распределения сообществ макроводорослей. На основе количественных данных и визуальных наблюдений

было определено несколько поясов донных фитоценозов по доминирующим видам:

1 – пояс доминирования зеленых водорослей на валунах, гальке и волноломах: *Cladophora glomerata* + *Ulva prolifera* или *Ulva intestinalis* + *U. prolifera* (глубина 0–1.5 м). Встречались также монодоминантные сообщества с участием данных видов. Сопутствующие виды: красные нитчатки (*B. atropurpurea*, *Ceramium* spp., *V. fucoides*) и бурые сезонно обильные нитчатки (*P. littoralis*, *E. siliculosus*). Суммарная биомасса водорослей – 456.9 ± 64.3 г/м². Средние значения воздушно-сухой биомассы доминантов на глубине 0–0.5 м – *C. glomerata* 185.5 ± 98.4 г/м²; *U. prolifera* – 132.4 ± 72.8 г/м², *U. intestinalis* – 129.3 ± 104.8 г/м². Прочих видов – *C. tenuicorne* – 9.7 ± 25.6 г/м², *P. littoralis* – 25.2 ± 17.9 г/м².

2 – пояс нитчатых водорослей на гальке и валунах (глубина 1–2 м), образованный преимущественно *V. fucoides*, однако встречаются двудоминантные сообщества (*C. glomerata* и *V. fucoides*). Суммарная биомасса – 202.3 г/м², нитчатых водорослей – 107.5 ± 13.5 г/м². Средняя биомасса *V. fucoides* – 45.9 ± 47.0 г/м², *C. glomerata* – 30.6 ± 41.7 г/м². В поясе также в незначительном количестве произрастали и другие виды нитчатых водорослей (*Ceramium* spp. – 8.7 ± 11.3 г/м², *C. rupestris* – 22.1 ± 32.4 г/м²).

3 – пояс доминирования красных водорослей: *Furcellaria lumbricalis* – *Vertebrata fucoides* (глубина 2–9 м) на валунах. Суммарная биомасса многолетних водорослей – 183.4 ± 46.7 г/м². Распределение *F. lumbricalis* в пределах пояса неоднородно (рисунок 5) вследствие мозаичного расположения пригодных для произрастания макроводорослей твердых субстратов (валунов) и разной экспозиции. В верхней части пояса (2–3 м) наибольших значений воздушно-сухой биомассы достигали *F. lumbricalis* (480 г/м²), *V. fucoides* (161 г/м²), *C. rupestris* (122 г/м²). Остальные виды макрофитов имели небольшие значения биомассы. Средние значения биомассы видов: *F. lumbricalis* – 120.3 ± 123.4 г/м², *V. fucoides* – 31.7 ± 38.5 г/м², *C. truncatus* – 14.8 ± 16.9 г/м², *C. rupestris* – 16.4 ± 28.9 г/м², *B. arctica* – 0.2 ± 0.2 г/м², *P. littoralis* – 0.01 ± 0.01 г/м². При этом средние и медианные значения биомассы *B. arctica* мало отличаются на всем диапазоне глубин 2.0–9.0 м.

На больших глубинах (3.5–9 м) сообщество с преобладанием фурцеллярии по биомассе сменялось нитчатыми багрянками (*V. fucoides*), а *F. lumbricalis* встречалась реже и с меньшей биомассой (рисунок 5) – 23.2 ± 14.4 г/м².

4 – пояс глубоководных красных водорослей: *C. truncatus* (8–12 м), так как *C. truncatus* имел тенденцию увеличения биомассы и частоты встречаемости на этих глубинах. Биомасса водоросли – 21.9 ± 17.5 г/м².

На всех глубинах от 0 до 12 м отмечалась корковая водоросль *H. rubra* на каменистом субстрате.

Чтобы определить район вероятного нахождения сообществ макроводорослей, с помощью приложения ArcMap программной среды ArcGIS была составлена карта распределения биомассы многолетних видов водорослей в прибрежной зоне мыса Таран, основанная на натурных данных (рисунок 6).

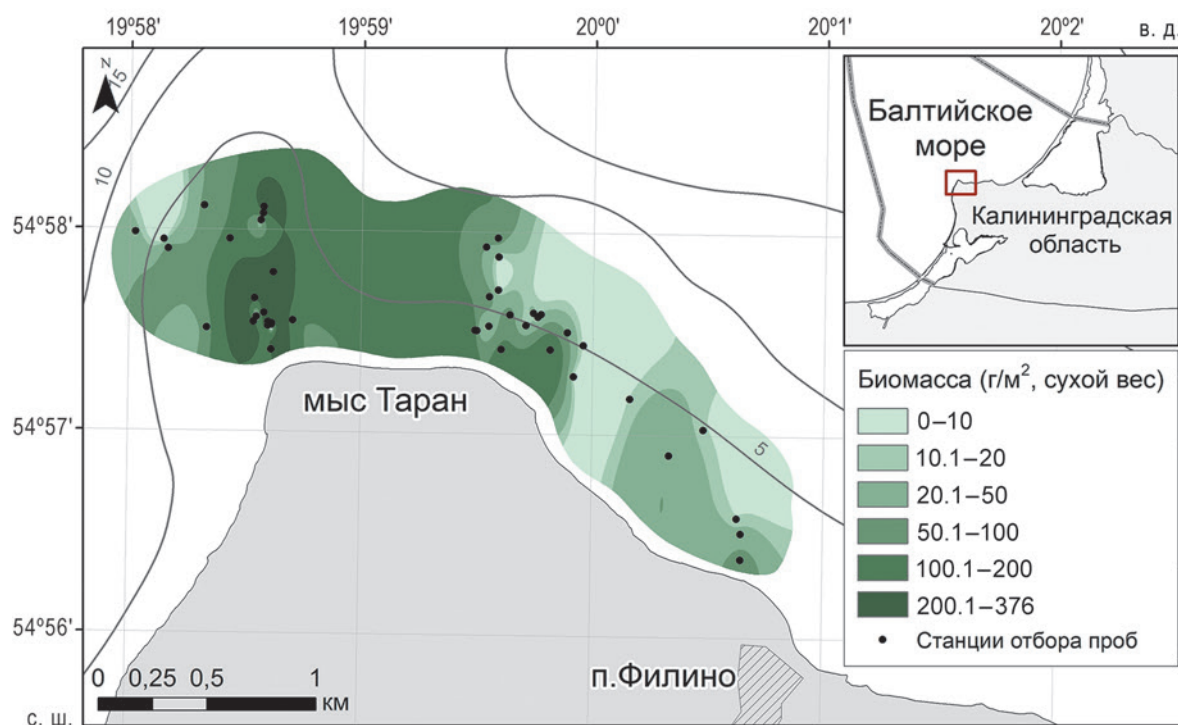


Рис. 6 – Распределение биомассы многолетних водорослей (абс.-сух. масса, г/м²) в районе мыс Таран – поселок Филино, 2009–2012 гг.
Точками обозначены места отбора проб

В пределах изученного местообитания многолетние виды произрастали на глубинах до 10 м, на многих участках – до 5 м.

Обсуждение

Для макроводорослей участок Филино – мыс Таран является наиболее продуктивным, где экологически ценные и чувствительные к эвтрофированию многолетние водоросли с низкой скоростью роста составляли более 70 % общей биомассы, в отличие от других участков прибрежной зоны, где 50–100 % составляли однолетние нитчатые водоросли. Средняя биомасса видов в районе мыса Таран была значительно выше, чем вблизи п. Филино и по сравнению с другими участками северного побережья Самбийского полуострова (Ezhova, Sharton, Volodina, 2013). Наибольшая биомасса выявлена у *F. lumbricalis*. Биомасса нитчатых водорослей (*V. fucoides*, *C. rupestris*, *C. tenuicorne*) была значительно меньше (рисунок 7).

Выяснено, что в условиях Филинской бухты растения фуцеллярии чаще всего встречались на боковых поверхностях валунов, а не на верхних. В работах по сопредельному побережью Литвы (Bučas et al., 2007) указывается также, что талломы фуцеллярии населяли сторону валунов, обращенную к берегу, либо нижнюю часть валуна, либо другую, более защищенную от волнового воздействия его часть, а не

обращенную к открытой части моря. Это свидетельствует о значительном воздействии штормовых волн, засыпающих субстрат песком в местах обитания водорослей (Visakavicius et al., 2012).

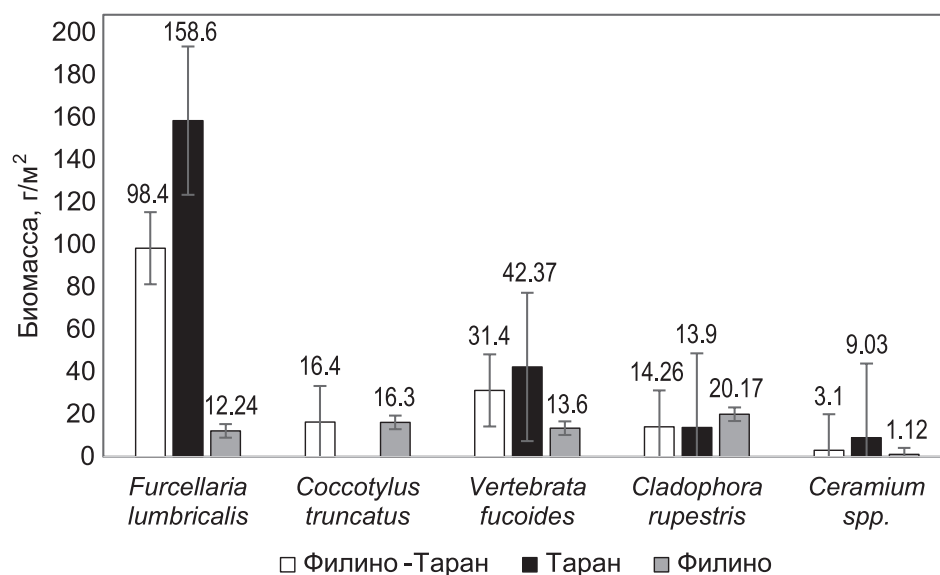


Рис. 7 – Средние значения биомассы макроводорослей (абс-сух. масса, г/м²) в районе мыса Таран в 2009–2012 гг. Указаны стандартные отклонения

Согласно данным, приведенным в ряде работ (Bučas et al., 2007; Bučas, 2009; Daunys et al., 2007; Bučas et al., 2009), неблагоприятный статус для ценопопуляции фуруцеллярии определяется при максимальных глубинах водоросли на 3–9 м, когда происходит потеря большей части зарослей из-за сильного волнового эффекта. В районе мыса Таран в 2009–2012 гг. высокие значения биомассы фуруцеллярии отмечались на глубинах до 3.5 м. В районе Паланги (Литва) в 2003–2008 гг. наибольшие значения наблюдались на 4 м, а наибольшая плотность проективного покрытия в диапазоне глубин 5–10 м. Таким образом, батиметрическое распределение многолетних водорослей на участке мыс Таран – Филино и в целом в ЮВБ характеризуются сосредоточением красных и бурых водорослей на глубинах, где они подвержены действию штормов, что подтверждает статус уязвимости таких видов, как *F. lumbricalis*, *C. truncatus*, *B. arctica* в ЮВБ.

Смещение нижней границы обитания глубоководных красных (*F. lumbricalis*, *C. truncatus*) и бурых (*Fucus vesiculosus*, *B. arctica*) водорослей на меньшие глубины, которые являются местом обитания нитчатых однолетних и многолетних водорослей, отмечалось во многих регионах Балтийского моря, вследствие низкой прозрачности воды (Kovtun et al., 2009). В районе мыса Таран *F. lumbricalis*, *C. truncatus* в указанный период встречались не глубже 12 м.

Последующие ландшафтные и экологические исследования в 2014 и 2019 гг. посредством подводной видеосъемки и отбора проб макроводорослей подтвердили правомерность экстраполяции полученных данных на неохваченный в этой работе

исследованиями участков в районе мыса Таран, сильную мозаичность распределения сообществ, связанную с расположением элементов ландшафта, произрастание макроводорослей в пределах валунно-глыбовой отмостки, сосредоточение большинства видов до глубин 8 м (Esiukova et al., 2021; Сивков и др., 2024), а также наличие комплекса видов, образующих редкие талломы глубже остальных водорослей вплоть до 13 м (*C. truncatus*, *F. lumbricalis*, *B. arctica*, *V. fucoides*). На галечниках встречались только нитчатые и корковые водоросли.

Разнообразные и многоаспектные работы по картографированию в границах российского сектора Юго-Восточной Балтики редко затрагивают биологические аспекты. Сведений о локализации экологически значимых, редких, уязвимых бентосных растительных или животных сообществ, или популяций отдельных видов, недостаточно, что в условиях интенсивной морской деятельности может привести к возможной потере как α -разнообразия (видового), так и β -биоразнообразия – на уровне экологически значимых местообитаний и биотопов.

На сегодняшний день район мыса Таран не относится к охранным зонам, поскольку единственная охранная зона акватории моря в пределах российского сектора ЮВБ расположена вдоль территории национального парка «Куршская коса» (Приказ № 306...). Однако, согласно списку ХЕЛКОМ, подводные луга и заросли макрофитов (Macrophyte meadows and beds) относятся к биотопам, нуждающимся в охране, в каком бы районе Балтийского моря они ни находились, а следовательно, эти участки должны быть включены в список угрожаемых или сокращающихся местообитаний и биотопов Балтийского моря (HELCOM..., 2007).

В районе мыса Таран зафиксировано максимальное разнообразие водорослей (13 видов в 2009–2012 гг.) в ЮВБ, в том числе редких видов, а также высокая биомасса многолетней средообразующей красной водоросли *F. lumbricalis* (средн. 159 ± 41.9 г/м², макс. 480 г/м²). В прибрежной зоне Литвы среднее значение биомассы *F. lumbricalis* в этот период составляло 110.4 ± 103.8 г/м² (Vučas et al., 2009). Таким образом, этот участок единственный, где сосредоточены сообщества многолетних макроводорослей вдоль северного побережья Самбийского полуострова в российской части ЮВБ (ИЭЗРФ).

Заключение

В акватории вблизи мыса Таран сосредоточены сообщества макроводорослей, отличающиеся богатым видовым составом, высоким вкладом многолетних видов макроводорослей и их обширным распространением, поэтому он относится к одному из наиболее экологически ценных типов мелководных морских ландшафтов российской акватории юго-восточной части Балтийского моря.

Функциональная значимость данного местообитания обусловлена прежде всего его ролью в обеспечении кормовой базы и нерестовой среды для рыб, а также в сохранении биоразнообразия. Экологическая уязвимость же связана с тем, что сообщества

многолетних водорослей, описанные выше, зависят от «специфической подводной морфологии, включая топографические особенности» твердых субстратов (Baker, Harris, 2012), необходимых для развития макрофитов, и одновременно подвержены воздействию низкой освещенности и разрушающему действию волн.

Для этого района морской акватории площадью около 2.5 км² характерны и уникальность самого места обитания, играющего важную роль в поддержании биоразнообразия, и редкость видов и сообществ, а также уязвимость, связанная с восстановительными процессами из-за медленной скорости роста многолетних водорослей, в сочетании с высоким литофациальным разнообразием морского дна. Все перечисленное является основанием, чтобы придать этому участку акватории охраняемый статус путем создания Морского охраняемого района (МОР), основываясь на критериях выделения уязвимых морских экосистем Продовольственной и Сельскохозяйственной Организации Объединенных Наций (FAO) (Ezhova et al., 2013; Володина, Ежова, 2019; Сивков и др., 2024).

Благодарности. Авторы благодарят ООО «Морское венчурное бюро» за предоставленные пробы водорослей. Анализ данных выполнен в рамках государственного задания Минобрнауки России для ИО РАН (тема № FMWE-2024-0025). Авторы благодарны рецензентам за ценные замечания.

Список литературы

1. Атлас геологических и эколого-геологических карт Российского сектора Балтийского моря / Гл. ред. О. В. Петров (Авторы: А. В. Амантов, М. Г. Амантова, Т. В. Бодряков, В. Л. Болдырев, А. Г. Григорьев, Д. В. Дорохов, В. А. Жамойда, В. А. Загородных, Ю. П. Кропачев, Т. А. Кунаева, С. М. Ликсуценков, С. Ф. Мануйлов, А. Ф. Морозов, Б. Н. Морозов, П. Е. Москаленко, Е. Н. Нестерова, О. В. Петров, Д. В. Рябчук, А. Ю. Сергеев, В. В. Сивков, Е. А. Синькова, М. А. Спиридонов, В. А. Шахвердов). СПб.: ВСЕГЕИ, 2010. 78 с. ISBN: 978-5-93761-165-9.
2. *Афанасьев Д. Ф., Рубан Д. А.* Актуальные вопросы эколого-флористической классификации и происхождения макрофитобентоса Черного моря // Вопросы современной альгологии. 2012. № 2 (2). <http://algology.ru/115>.
3. *Володина А. А., Герб М. А.* Водоросли, рекомендуемые для включения в новое издание Красной книги Калининградской области // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2018. № 3. С. 74–85.
4. *Володина А. А., Герб М. А.* Макрофиты прибрежной зоны российского сектора юго-восточной части Балтийского моря (Калининградская область) // Известия КГТУ. Серия «Биологические и сельскохозяйственные науки». 2013. № 28. С. 129–135.
5. *Володина А. А., Ежова Е. Е.* Картирование сообществ макрофитобентоса в Юго-Восточной Балтике // XII Съезд Гидробиологического общества при РАН: тез. докл., г. Петрозаводск, 16 сентября – 20 сентября 2019 г. / Отв. ред. Н. В. Ильмаст. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2019. С. 89–91.
6. *Дуленин А. А.* О выделении ассоциаций морских донных макрофитов северо-западной части Татарского пролива // Вопросы современной альгологии. 2021. № 3 (27). С. 1–17. <http://algology.ru/1664>.

7. Ежова Е. Е., Володина А. А. Водоросли-макрофиты // Нефть и окружающая среда Калининградской области. Калининград: Изд-во Терра Балтика, 2012. Т. 2. С. 449–459.
8. Жамойда В. А., Сивков В. В. Донный рельеф и поверхностные осадки // Нефть и окружающая среда Калининградской области. Калининград: Изд-во Терра Балтика, 2012. Т. 2. С. 59–68.
9. Лебедев С. В., Нестеров Е. М., Кулькова М. А., Зарина Л. М. Цифровые геоэкологические карты и некоторые приемы их построения в среде ГИС ARCGIS // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2015. № 21. С. 540–547. DOI: [10.24057/2414-9179-2015-1-21-540-547](https://doi.org/10.24057/2414-9179-2015-1-21-540-547).
10. Миркин Б. М., Наумова Л. Г. Метод классификации растительности по Браун-Бланке в России // Журнал общей биологии. 2009. Т. 70. № 1. С. 66–77.
11. Обзор результатов мониторинга морского месторождения «Кравцовское (Д-6)»: 2006 год. Калининград: ООО «Лукойл-КМН», 2007. С. 36–37.
12. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 27.04.2022 № 306 «Об установлении границ охранной зоны национального парка «Куршская коса» по границе с акваторией Балтийского моря, а также об утверждении Положения о данной охранной зоне» (Зарегистрирован 02.09.2022 № 69921).
13. Сивков В. В., Гущин А. В., Данченков А. Р., Шаламов А. Ю. Донные ландшафты на подводном береговом склоне у мыса Таран (юго-восточное побережье Балтийского моря) // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. 2024. № 3. С. 58–68. <https://doi.org/10.5922/vestniknat-2024-3-4>.
14. Шавнина Ю. Н., Максимович Н. Г., Пьянков С. В. Моделирование сработки водохранилища и расчет мощности донных отложений // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. 2007. № 10. С. 87–93.
15. Baker E. K., Harris P. T. Habitat Mapping and Marine Management. In: Seafloor Geomorphology as Benthic Habitat. GeoHAB Atlas of Seafloor Geomorphic Features and Benthic Habitats. Elsevier. 2012. P. 23–39. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814960-7.0002-6>.
16. Blomqvist M., Krause-Jensen D., Olsson P., Qvarfordt S., Wikstrom S. A. Potential eutrophication indicators based on Swedish coastal macrophytes. Deliverable 3.2-1. WATERS. 2012. Report No. 2. Havsmiljöinstitutet. Sweden. 72 p.
17. Blomqvist M., Wikstrom S. A., Carstensen J., Qvarfordt S., Krause-Sensen D. Response of coastal macrophytes to pressures. WATERS. 2014. Report No. 2.
18. Bučas M., Daunys D. & Olenin S. Overgrowth patterns of the red algae *Furcellaria lumbricalis* at an exposed Baltic Sea coast: The results of a remote underwater video data analysis // Estuarine and Coastal Marine Science. 2007. Vol. 75. No. 3. P. 308–316. <https://doi.org/10.1016/j.ecs.2007.04.038>.
19. Bučas M., Daunys D., Olenin S. Recent distribution and stock assessment of the red alga *Furcellaria lumbricalis* on an exposed Baltic Sea coast: combines use of field survey and modeling methods // Oceanology. 2009. Vol. 51. No. 3. P. 341–359. <http://dx.doi.org/10.5697/oc.51-3.359>.
20. Bučas M. Distribution patterns and ecological role of the red algae *Furcellaria lumbricalis* (Hudson) J. V. Lamourax off the exposed Baltic Sea coast of Lithuania. Doctoral degree theses of Ph. D. in ecology and environmental studies, Klaipeda University. Klaipeda. 2009. P. 129.
21. Bučas M., Alberte M. Validation of the red macroalga *Furcellaria lumbricalis* maximum depth limit against the eutrophication pressure in the SE Baltic Sea // Scientific symposium, 2015: “Tools for assessing status of European aquatic ecosystems”, Malmö, Sweden, May 6–7, 2015.
22. Daunys D., Olenin S., Paškauskas R., Zemlys P., Olenina I., Bučas M. Typology and classification of ecological status of Lithuanian coastal and transitional waters: an update of

- existing system, procurement of services for the institutional building for the Nemunas River basin management, Tech. Rep. Transit. Fac. Proj. No. 2004/016-925-04-06: Procurement of services for the Institutional building for the Nemunas River Basin management. 2007. P. 1–66.
23. *Eldrandaly K. A., Abu-Zaid M. S.* Comparison of six GIS-based spatial interpolation methods for estimating air temperature in Western Saudi Arabia // *Journal of Environmental Informatics*. 2011. Vol. 18. No. 1. P. 60–67. <https://doi.org/10.3808/jei.201100197>.
 24. *Esiukova E. E., Lobchuk O. I., Volodina A. A., Chubarenko I. P.* Marine macrophytes retain microplastics // *Marine Pollution Bulletin*. 2021. Vol. 71. P. 112738. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112738>.
 25. *Ezhova E., Dorokhov D., Sivkov V., Zhamoida V., Ryabchuk D., Kocheshkova O.* Benthic habitats and benthic communities in Southeastern Baltic Sea, Russian sector. In: *Seafloor Geomorphology as Benthic Habitat: GeoHab Atlas of seafloor geomorphic features and benthic habitats*, Elsevier. 2012. P. 613–621. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-385140-6.00043-8>.
 26. *Ezhova E., Sharton A., Volodina A.* Mapping of macrophyte species and communities' distribution in South-Eastern Baltic Sea (Russian EEZ) for conservation purposes / Abstr. volume of the GeoHab. 2013. Conference, Italy, Roma. 2013. P. 35.
 27. HELCOM 2007: HELCOM lists of threatened and/or declining species and biotopes/habitats in the Baltic Sea area. *Baltic Sea Environmental Proceedings*. No. 113. 17 p.
 28. *Kovtun A., Torn K., Kotta J.* Long term changes in a northern Baltic macrophyte community // *Estonian Journal Ecology*. 2009. Vol. 58. No. 4. P. 270–285. <https://doi.org/10.3176/eco.2009.4.03>.
 29. Sub-regional risk of spill of oil and hazardous substances in the Baltic Sea // *Additional Study – Polish marine areas*. 2011. *Baltic Sea Region Programme 2007–2013*. January, 2011. 76 p.
 30. *Visakavicius E., Bucas M., Kelpsaite-Rimkiene L., Figoras A.* Unexpected experiment of sediment transport and its effect on the benthic habitat on the Baltic Sea nearshore area of Lithuania. *Ocean: Past Present and Future – 2012 // IEEE/OES Baltic International Symposium, Baltic*, 2012. 1–6. Conference paper, 2012. <https://doi.org/10.1109/BALTIC.2012.6249204>.

Статья поступила в редакцию 16.04.2025, одобрена к печати 06.08.2025.

Для цитирования: Володина А. А., Шартон А. Ю., Ежова Е. Е. Распределение макроводорослей в прибрежной зоне Самбийского полуострова в районе мыса Таран (Балтийское море) // *Океанологические исследования*. 2025. № 53 (3). С. 66–82. [https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53\(3\).4](https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53(3).4).

DISTRIBUTION OF MACROALGAE IN THE COASTAL ZONE OF THE SAMBIAN PENINSULA IN THE AREA OF CAPE TARAN (BALTIC SEA)

A. A. Volodina, A. Yu. Sharton, E. E. Ezhova

*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences,
36, Nakhimovskiy prospekt, Moscow, 117997, Russia,
e-mail: volodina.aa@atlantic.ocean.ru*

The article presents the results of the study of the species composition and distribution of macroalgae in the area of the Cape Taran in 2009–2012. This section of the water area contains the only habitat in the Russian sector of the South-East Baltic (SEB) of multi-species communities of macrophyte algae with a predominance of perennial species, typical of open coasts. In terms of species richness and abundance of perennial and rare species for the SEB, this area differs from other sections of the coast of the Sambian Peninsula, which is due to the distribution of boulder-block substrates in the horizon suitable for the growth of macroalgae. The highest frequency of occurrence of macroalgae at a depth of 2–3 m, a mosaic distribution of algae, as well as a scanty low abundance of most species deeper than 6 m isobaths are noted. A total of 13 species of macrophytes were found, of which 3 species (*Furcellaria lumbricalis*, *Coccotylus truncatus*, *Battersia arctica*) are considered rare or endangered in the eastern and southeastern parts of the Baltic Sea. Based on summer data from 2009–2012, a map of the distribution of biomass of perennial algae species in the coastal zone of the Sambian Peninsula in the area of the Cape Taran was constructed.

Keywords: macroalgal communities, South-East Baltic, vulnerable species, *Furcellaria lumbricalis*, *Coccotylus truncatus*

Acknowledgment: The authors thank “Sea venture bureau, LTD” for providing algae samples. The analysis of the distribution of macroalgae was carried out within the framework of the state assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation for IO RAS (theme No. FMWE-2024-0025).

References

1. Afanas'yev, D. F. and D. A. Ruban, 2012: Urgent questions of the ecological-floristic classification and origin of the Black Sea macrophytobenthos. *Voprosy sovremennoi algologii (Issues of modern algology)*, 2 (2), <http://algology.ru/115>.
2. *Atlas of geological and environmental-geological maps of the Russian sector of the Baltic Sea*, 2010. Ch. ed. O. V. Petrov (Authors: A. V. Amantov, M. G. Amantova, T. V. Bodryakov, V. L. Boldyrev, A. G. Grigoriev, D. V. Dorokhov, V. A. Zhamoida, V. A. Zagorodnykh, Yu. P. Kropachev, T. A. Kunaeva, S. M. Liksushchenkov, S. F. Manuylov, A. F. Morozov, B. N. Morozov, P. E. Moskalenko, E. N. Nesterova, O. V. Petrov, D. V. Ryabchuk, A. Yu. Sergeev, V. V. Sivkov, E. A. Sinkova, M. A. Spiridonov, V. A. Shakhverdov). Saint Petersburg, VSEGEI, 78 p., ISBN: 978-5-93761-165-9.
3. Baker, E. K. and P. T. Harris, 2012: Habitat Mapping and Marine Management. *Seafloor Geomorphology as Benthic Habitat. GeoHAB Atlas of Seafloor Geomorphic Features and Benthic Habitats*. Elsevier, 23–39, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814960-7.0002-6>.

4. Blomqvist, M., D. Krause-Jensen, P. Olsson, S. Qvarfordt, and S. A. Wikstrom, 2012: Potential eutrophication indicators based on Swedish coastal macrophytes. Deliverable 3.2-1, *WATERS*, Report 2, Havsmiljöinstitutet, Sweden, 72 p.
5. Blomqvist, M., S. A. Wikstrom, J. Carstensen, S. Qvarfordt, and D. Krause-Sensen, 2014: Response of coastal macrophytes to pressures. *WATERS*, Report 2.
6. Bučas, M., D. Daunys, and S. Olenin, 2009: Recent distribution and stock assessment of the red algae *Furcellaria lumbricalis* on an exposed Baltic Sea coast: combined use of field survey and modelling methods. *Oceanology*, **51** (3), 341–359, <http://dx.doi.org/10.5697/oc.51-3.359>.
7. Bučas, M., D. Daunys, and S. Olenin, 2007: Overgrowth patterns of the red algae *Furcellaria lumbricalis* at an exposed Baltic Sea coast: The results of a remote underwater video data analysis. *Estuarine and Coastal Marine Science*, **75** (3), 308–316, <https://doi.org/10.1016/j.ecs.2007.04.038>.
8. Bučas, M., 2009: *Distribution patterns and ecological role of the red algae Furcellaria lumbricalis (Hudson) J. V. Lamourax off the exposed Baltic Sea coast of Lithuania*, Klaipeda, 129 p.
9. Bučas, M. and M. Alberte, 2015: Validation of the red macroalga *Furcellaria lumbricalis* maximum depth limit against the eutrophication pressure in the SE Baltic Sea. *Scientific symposium, 2015: "Tools for assessing status of European aquatic ecosystems"*, Malmö, Sweden, May, 6–7.
10. Daunys, D., S. Olenin, R. Paškauskas, P. Zemlys, I. Olenina, and M. Bučas, 2007: Typology and classification of ecological status of Lithuanian coastal and transitional waters: an update of existing system, procurement of services for the institutional building for the Nemunas River basin management. *Tech. Rep. Transit. Fac. Proj.*, 2004/016-925-04-06, Procurement of services for the Institutional building for the Nemunas River Basin management, 1–66.
11. Dulenin, A. A., 2021: On the identification of marine bottom macrophyte associations in the north-western Tatar Strait. *Voprosy sovremennoi algologii (Issues of modern algology)*, **3** (27), 1–17, <http://algology.ru/1664>.
12. Eldrandaly, K. A. and M. S. Abu-Zaid, 2011: Comparison of six GIS-based spatial interpolation methods for estimating air temperature in Western Saudi Arabia. *Journal of Environmental Informatics*, **18** (1), 60–67, <https://doi.org/10.3808/jei.201100197>.
13. Esiukova, E. E., O. I. Lobchuk., A. A. Volodina, and I. P. Chubarenko, 2021: Marine macrophytes retain microplastics. *Marine Pollution Bulletin*, **71**, 112738, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112738>.
14. Ezhova, E., D. Dorokhov, V. Sivkov, V. Zhamoida, D. Ryabchuk, and O. Kocheshkova, 2012: Benthic habitats and benthic communities in Southeastern Baltic Sea, Russian sector. In: *Seafloor Geomorphology as Benthic Habitat: GeoHab Atlas of seafloor geomorphic features and benthic habitats*, Elsevier, 613–621, <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-385140-6.00043-8>.
15. Ezhova, E. E. and A. A. Volodina, 2012: Vodorosli-makrofity (Macrophyte algae). *Oil and environment of the Kaliningrad region, II: The Sea*, Kaliningrad, Terra Baltica, 449–460.
16. Ezhova, E., A. Sharton, and A. Volodina, 2013: Mapping of macrophyte species and communities distribution in South-Eastern Baltic Sea (Russian EEZ) for conservation purposes. *Abstr. volume of the GeoHab 2013 Conference*, Italy, Roma. **35**.
17. HELCOM, 2007: HELCOM lists of threatened and/or declining species and biotopes/habitats in the Baltic Sea area. *Baltic Sea Environmental Proceedings*, **113**, 17 p.
18. Kovtun, A., K. Torn, and J. Kotta, 2009: Long term changes in a northern Baltic macrophyte community. *Estonian Journal Ecology*, **58** (4), 270–285, <https://doi.org/10.3176/eco.2009.4.03>.
19. Lebedev, S. V., E. M. Nesterov, M. A. Kulakova, and L. M. Zarina, 2015: Cifrovye geoeologicheskie karty i nekotorye priemy ih paostroeniya v srede GIS ARCGIS (Digital geoeological maps and several methods of its constructing in a GIS ArcGIS). *InterCarto, InterGIS*, **21**, 540–547, <https://doi.org/10.24057/2414-9179-2015-1-21-540-547>.

20. Mirkin, B. M. and L. G. Naumova, 2009: Metod klassifikatsii rastitelnosti po Braunu-Blanke v Rossii (Braun-Blanquet method of vegetation classification in Russia). *Zhurnal obshchey biologii*, 2009, **70** (1), 66–77.
21. *Obzor rezul'tatov monitoringa morskogo mestorozhdeniya "Kravcovskoe (D-6)": 2006 god, 2007* (Review of ecological monitoring of the "Kravtsovskoye" (D-6) offshore oilfield: 2006). Kaliningrad, Lukoil-KMN, 2007, 36–37.
22. *Prikaz Ministerstva prirodných resursov i ekologii Rossijskoy Federatsii ot 27.04.2022 № 306 "Ob ustanovlenii granic ohrannoy zony natsionalnogo parka "Kurshskaya kosa" po granitse s akvatoriei Baltiyskogo morya, a takze ob utverzdenii Polozeniya o dannoy ohrannoy zone (Zaregistririvan 02.09.2022 No. 69921).* (Order of the Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation dated 04/27/2022 No. 306 "On the establishment of the boundaries of the protected zone of the Curonian Spit National Park along the border with the Baltic Sea, as well as on the approval of the Regulation on this protected zone", Registered 02.09.2022 No. 69921)
23. Shavnina, Y. N., N. G. Maksimovich, and S. V. Pyankov, 2007: Modelirovanie srobotki vodohranilisha i raschet moshhnosti donnyh otlozhenij (Modeling of Water Basin Usage and Estimation of Bottom Sedimentation). *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki, Universitet im. V. I. Vernadskogo*, 1, **4** (10), 87–93.
24. Sivkov, V. V., A. V. Guschin, A. R. Danchenkov, and A. J. Shalamov, 2024: Donnye landshafty na podvodnom beregovom sklone u mysa Taran (jugo-vostochnoe poberezh'e Baltijskogo morja) (Bottom landscapes on underwater coastal slope at cape Taran (South-Eastern Coast of the Baltic Sea)). *Vestnik Baltiiskogo Federal'nogo universiteta im. I. Kanta. Seriya: Estestvennye i meditsinskie nauki*, **3**, 58–68, <https://doi.org/10.5922/vestniknat-2024-3-4>.
25. Sub-regional risk of spill of oil and hazardous substances in the Baltic Sea, 2011. *Additional Study – Polish marine areas*, 2011. *Baltic Sea Region Programme 2007–2013*, January, 76 p.
26. Visakavicius, E., M. Bucas, L. Kelpsaite-Rimkiene, and A. Figoras, 2012: Unexpected experiment of sediment transport and its effect on the benthic habitat on the Baltic Sea nearshore area of Lithuania. *Ocean: Past Present and Future–2012, IEEE/OES Baltic International Symposium, Baltic 2012, Conference paper*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/BALTIC.2012.6249204>.
27. Volodina, A. A. and M. A. Gerb, 2018: Vodorosli, rekomenduemye dlya vklucheniya v novoe izdanie Krasnoj knigi Kaliningradskoj oblasti (Macroalgae suggested for inclusion in the new edition of the Red Book of the Kaliningrad region). *Vestnik Baltiiskogo Federal'nogo universiteta im. I. Kanta. Seriya: Estestvennye i meditsinskie nauki*, **3**, 74–85.
28. Volodina, A. A. and M. A. Gerb, 2013: Makrofity pribrezhnoj zony rossijskogo sektora jugo-vostochnoj chasti Baltijskogo morja (Kaliningradsckaja oblast') (Macrophytes of the seacoast of the south-eastern part of the Baltic Sea (Kaliningrad region)). *Izvestija KGTU, Seriya "Biologicheskie i sel'skohozjajstvennye nauki"*, Kaliningrad, **28**, 129–135.
29. Volodina A. A. and Ezhova E. E., 2019: *Kartirovanie soobshchestv makrofitobentosa v Yugo-Vostochnoj Baltike (Mapping of macrophytobenthos communities in the South-East Baltic)*. XII S'ezd Gidrobiologicheskogo obshchestva pri RAN: tez. dokl., g. Petrozavodsk, 16 sentyabrya – 20 sentyabrya 2019 g. Otv. red. N. V. Il'mast. Petrozavodsk, KarNC RAN, 89–91.
30. Zhamoida, V. A. and V. V. Sivkov, 2012: Donnyj rel'ef i poverhnostnye osadki (Bottom relief and sediments). *Oil and environment of the Kaliningrad Region*, **2**, *The Sea*, Kaliningrad, Terra Baltica, 59–68.

Submitted 16.04.2025, accepted 06.08.2025.

For citation: Volodina, A. A., A. Yu. Sharton, and E. E. Ezhova, 2025: Distribution of macroalgae in the coastal zone of the Sambian Peninsula in the area of Cape Taran (Baltic Sea). *Journal of Oceanological Research*, **53** (3), 66–82, [https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53\(3\).4](https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53(3).4).