

УДК 574.3

Особенности структуры популяции *Fucus vesiculosus* L. (Phaeophyceae) в разных районах Мурманского берега Баренцева моря в 2021 г.

С. В. Малавенда*, В. Д. Никулина

*Мурманский морской биологический институт РАН, г. Мурманск, Россия;
e-mail: malavenda@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8314-3255>

Информация о статье

Реферат

Поступила в редакцию 06.04.2023; получена после доработки 25.04.2023; принята к публикации 26.04.2023

Ключевые слова:

фукусовые водоросли, температура воды, антропогенное загрязнение, возраст, длина и масса талломов

Возрастная, размерно-массовая и репродуктивная структура популяции *Fucus vesiculosus* в районах Мурманского берега изучена на валунных грунтах среднего горизонта литорали при ослабленном прибое. В исследованных районах, характеризующихся различными температурными условиями и степенью антропогенного воздействия, биомасса *F. vesiculosus* статистически достоверно не различается. Минимальная численность популяции выявлена в среднем колене Кольского залива, максимальная – в восточных районах. В более теплых губах Печенга и Ретинская рецептакулы образуются на талломах с большим количеством ветвлений, чем в губах Зеленецкая и Ярнышная; талломы на западном Мурмане имеют меньший возраст появления рецептакулов. Линейные размеры талломов и их масса не различаются на исследованных участках. Начало прорастания зигот, судя по размерам проростков, одинаково на всем побережье. Максимальная фертильность наблюдается в возрасте 2,5–3 лет. Различия между ценопопуляциями *F. vesiculosus* Западного и Восточного Мурмана свидетельствуют о важной роли климата в формировании облика литоральной растительности. Существующий уровень загрязнения в Кольском заливе оказывает негативное воздействие на выживаемость проростков фукуса, однако можно сделать вывод о том, что продолжительность жизни талломов высокая и состояние популяции является устойчивым.

Для цитирования

Малавенда С. В. и др. Особенности структуры популяции *Fucus vesiculosus* L. (Phaeophyceae) в разных районах Мурманского берега Баренцева моря в 2021 г. Вестник МГТУ. 2023. Т. 26, № 2. С. 112–120. DOI: 10.21443/1560-9278-2023-26-2-112-120

Features of the population structure of *Fucus vesiculosus* L. (Phaeophyceae) in different areas of the Murmansk coast of the Barents Sea, 2021

Svetlana V. Malavenda*, Viktoria D. Nikulina

*Murmansk Marine Biological Institute of the Russian Academy of Sciences, Murmansk, Russia;
e-mail: malavenda@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8314-3255>

Article info

Abstract

Received 06.04.2023;

received in revised 25.04.2023;

accepted 26.04.2023

Key words:

fucus algae, water temperature, anthropogenic pollution, age, length and mass of thalli

The age, size-mass and reproductive structure of the *Fucus vesiculosus* population in the areas of the Murmansk coast has been studied on boulder soils of the middle horizon of the littoral with weakened surf. In the studied areas characterized by different temperature conditions and the degree of anthropogenic impact the biomass of *F. vesiculosus* does not differ statistically significantly. The minimum population size has been found in the middle knee of the Kola Bay, the maximum – at the eastern stations. In the warmer Pechenga and Retinskaya Bays, receptacles form on thalli with more branching than in the Zelenetskaya and Yarnyshnaya Bays; thalli in western Murman have a lower age of appearance of receptacles. The linear dimensions of thalli and their mass do not differ in the studied areas. The beginning of zygote germination judging by the size of seedlings is the same on the entire coast. Maximum fertility is observed at the age of 2.5–3 years. Differences between the coenopopulations of *F. vesiculosus* in Western and Eastern Murman indicate the important role of climate in shaping the appearance of littoral vegetation. The current level of pollution in the Kola Bay has a negative impact on the survival of fucus seedlings, however, it can be concluded that the life span of thalli is high and the population is stable.

For citation

Malavenda, S. V. et al. 2023. Features of the population structure of *Fucus vesiculosus* L. (Phaeophyceae) in different areas of the Murmansk coast of the Barents Sea, 2021. *Vestnik of MSTU*, 26(2), pp. 112–120. (In Russ.) DOI: 10.21443/1560-9278-2023-26-2-112-120

Введение

Значимость изучения *Fucus vesiculosus* обусловлена его колоссальной биомассой – данный вид формирует примерно половину от общей биомассы водорослей-макрофитов на литорали Мурмана (Малавенда и др., 2015). Фукусовые многолетние размножаются только половым путем; рост строго апикальный. Биомасса фукусовых водорослей может существенно изменяться в связи с климатическими сдвигами (Krause-Jensen et al., 2020; Thyrring et al., 2021; Preston et al., 2023). Все перечисленные факторы оказывают влияние на фукусовые и вслед за ними на фитоценозы в целом (Harley et al., 2012).

Активное исследование фукусовых водорослей Мурмана велось с самого начала альгологических работ на Баренцевом море, но популяционные исследования начались сравнительно недавно. Первое описание популяции *F. vesiculosus* было сделано для южной части Кольского залива (Завалко и др., 2008). Впоследствии были описаны размерно-массовая и возрастная структура популяции *F. vesiculosus* для районов южного и среднего колен Кольского залива (Гончарова и др., 2013; Малавенда и др., 2010; Малавенда, 2016; Канищева и др., 2020), Ура-губы (Евсеева, 2015) и Восточного Мурмана (Малавенда и др., 2008). Актуальность регулярного мониторинга состояния мурманской популяции *F. vesiculosus* обусловлена наличием антропогенной нагрузки на биоту Мурмана¹ (Кольский залив и нефть..., 2018), которая уменьшает видовое разнообразие, изменяет распределение некоторых видов. Однако ранее исследования на Мурмане проводились в основном точно, охватывая лишь небольшой район (одну-две губы, расположенные рядом).

Цель данного исследования – сравнение плотности и структуры популяции *F. vesiculosus* из разных районов Мурманского побережья в летний период. Предположительно, климатическая разница между Западным и Восточным Мурманом, прежде всего в температуре воды, должна оказывать влияние на рост и биомассу *F. vesiculosus*. Антропогенное загрязнение также может негативно сказаться на плотности популяции. Для проверки данного предположения было важно собрать материал в максимально сжатые сроки. Полученные данные отражают текущее состояние зарослей *F. vesiculosus* Мурманского берега и свидетельствуют о важной роли климата и антропогенной нагрузки в формировании облика литоральной растительности.

Материалы и методы

Район исследования включает семь участков Мурманского побережья (рис. 1). Пробы были отобраны в 2021 г. в губах Печенга, Териберская, Кольском заливе (25–30 июля) и в губах Ярнышная и Зеленецкая (14–17 августа) на среднем горизонте литорали, примерно в центральной части пояса произрастания вида. Также были использованы данные, полученные в Печенге (2012 г.), губе Ретинская (2009 и 2013 гг.), губе Завалишина (2013 г.).

Отбор проб осуществляли по стандартной методике учетных площадей (Изучение экосистем..., 2005). На площадке с проективным покрытием более 80 % рамкой со сторонами 0,5 м отбирали по три пробы водорослей. В пробу относили все талломы, основание которых попало внутрь рамки. У талломов определяли массу (точностью до 0,01 г) и общую длину (точностью до 1 мм) от подошвы до кончика апексов; отмечали наличие рецептакул и степень их зрелости. Возраст талломов определяли по числу дихотомических ветвлений лидирующей ветви. У талломов *F. vesiculosus*, произрастающих в западной части побережья, в среднем формируется 4 ветвления за год, в восточной части – 3,5 ветвления, что использовали для расчета абсолютного возраста исследованных экземпляров (Malavenda et al., 2022).

В качестве показателя плотности популяции оценивали биомассу (B , г/м²) и численность (N , экз./м²) талломов. Возрастную структуру популяции описывали как по числу дихотомий, так и абсолютному возрасту талломов. Статистический анализ данных включал в себя расчет средних значений морфологических параметров (длины и массы талломов) и плотности, а также доверительных интервалов к ним при 95%-м уровне значимости. Сравнение средних проводили методом ANOVA в пакете PAST (Hammer et al., 2001).

¹ Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2021 г. Министерство природных ресурсов, экологии и рыбного хозяйства Мурманской области. Мурманск, 2022. URL: file:///C:/Users/inyukinamv/Downloads/2022.06.29-Doklad_za-2021-god.pdf.

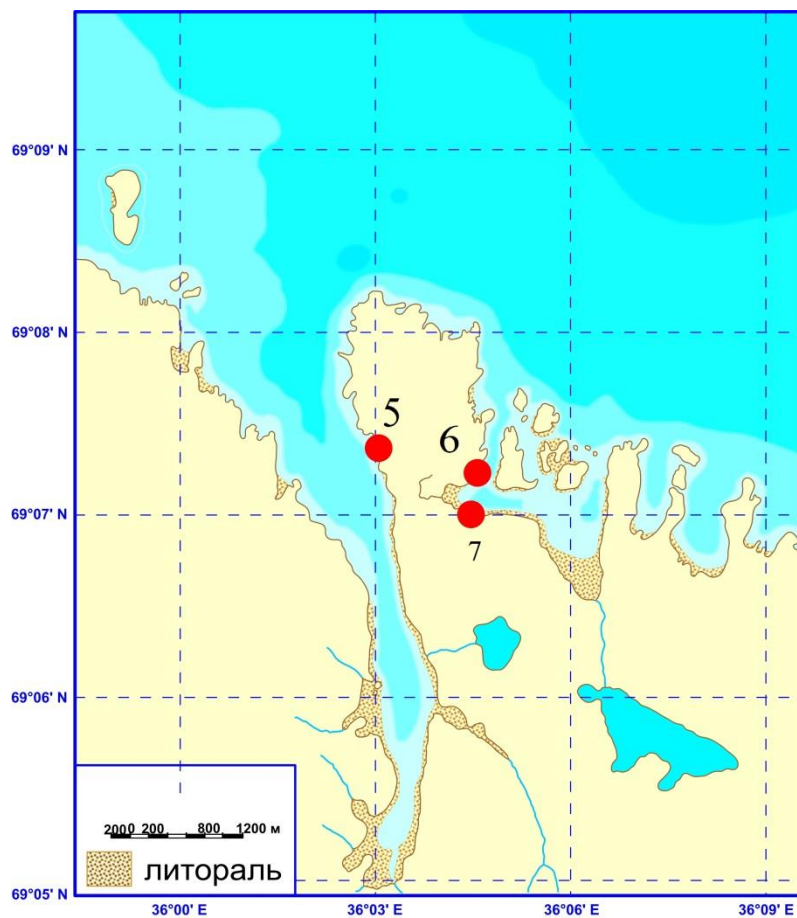
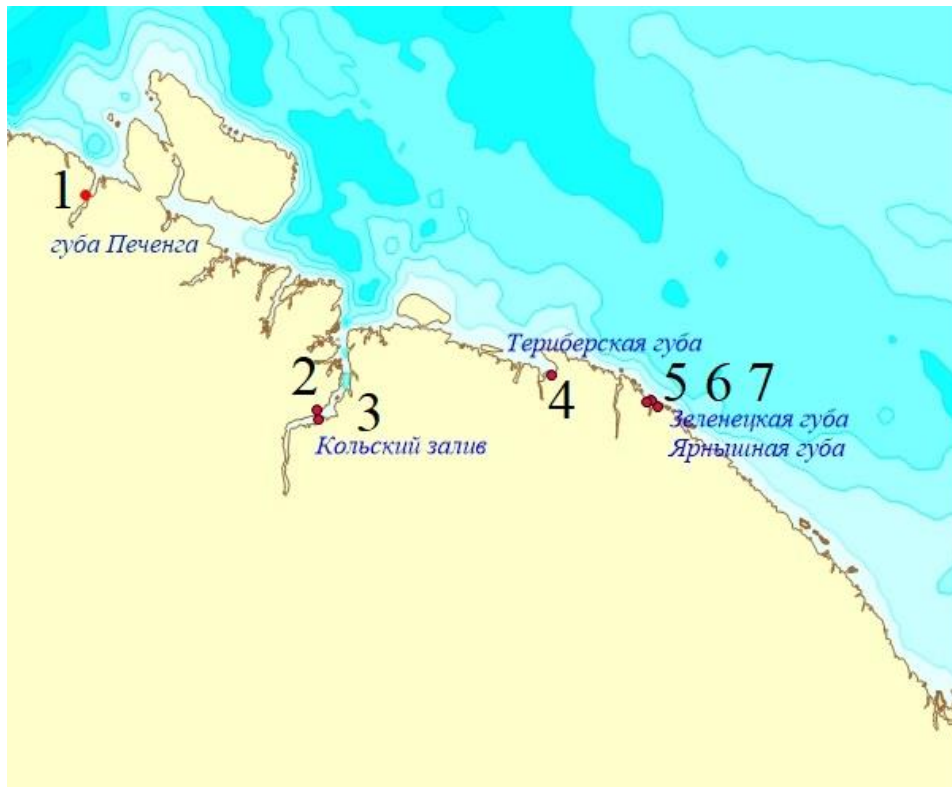


Рис. 1. Районы сбора проб: 1 – губа Печенга; 2 – губа Ретинская; 3 – губа Хлебная; 4 – губа Териберская; 5 – губа Ярнышная; 6 и 7 – губа Зеленецкая
Fig. 1. Sample collection areas: 1 – Pechenga Bay; 2 – Retinskaya Bay; 3 – Khlebnaya Bay; 4 – Teriberskaya Bay; 5 – Yarnyshnaya Bay; 6 and 7 – Zelenetskaya Bay

Результаты и обсуждение

Плотность популяции

Плотность популяции *F. vesiculosus* на участках отбора проб значительно различалась. Максимальная биомасса (12 981 г/м²) выявлена в губе Печенга (станция 1), минимальная (493 г/м²) – в губе Ярнышная (станция 5). Максимальная численность талломов (2 140 на 1 м²) обнаружена в губе Зеленецкая (станция 6), минимальная (190 талломов на 1 м²) – в губе Ретинская (станция 2). Средние значения биомассы в поселениях *F. vesiculosus* снижались с запада на восток, однако достоверных различий не выявлено (рис. 2, а). Статистический анализ данных биомассы популяции подтвердил различия между участками; критерий $F = 97,14$, $df = 5,914$, $p = 0,0001$. Парное сравнение выявило, что различия между станциями 5, 6 и другими станциями достоверны. Также проверка различий данных по численности показала, что станции 5 и 6 имеют отличия: критерий $F = 9,991$, $df = 5,654$, $p = 0,0079$ (рис. 2, б).

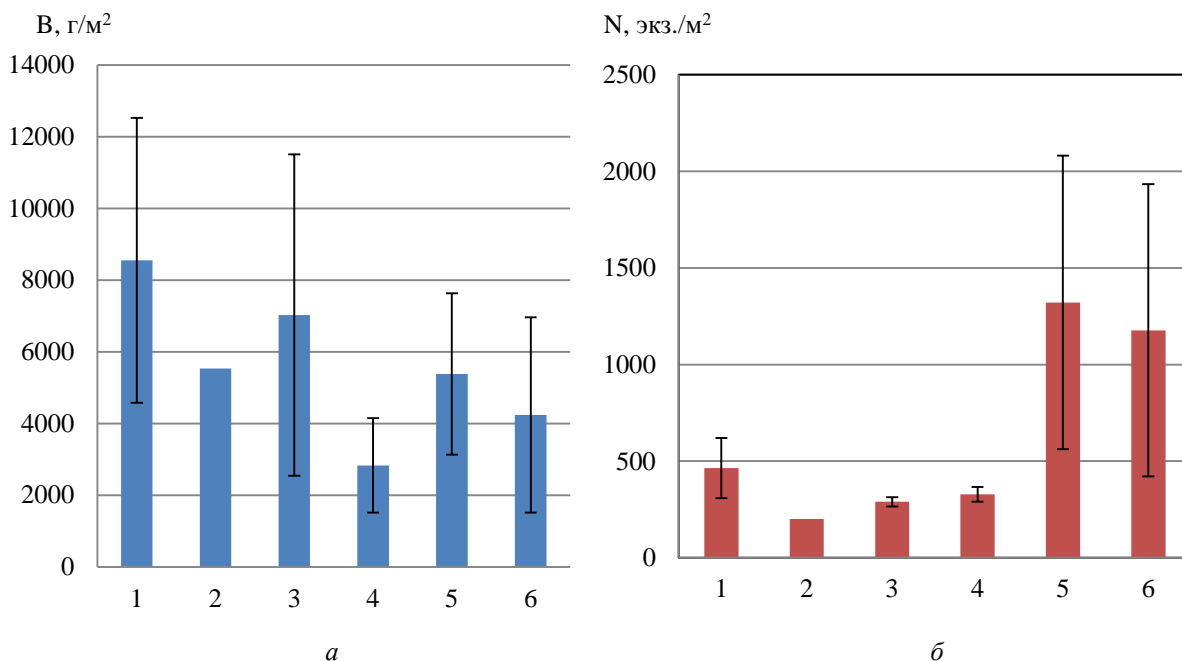


Рис. 2. Плотность популяции *F. vesiculosus* в разных точках Мурманского берега в 2021 г.: а – биомасса, г/м²; б – численность, экз./м². На оси абсцисс указаны районы отбора проб.

Районы исследования обозначены согласно карто-схеме (рис. 1)

Fig. 2. Population density of *F. vesiculosus* at different points of the Murmansk coast in 2021: а – biomass, g/m²; б – abundance, ind./m². The sampling areas are indicated on the abscissa axis. Numbering as in Fig. 1

Согласно ранее полученным данным в губе Печенга (станция 1) в 2012 г. биомасса *F. vesiculosus* составляла $7\,269 \pm 2\,640$ г/м², в губе Ретинская Кольского залива (станция 2) в 2009 г. – $2\,600 \pm 1\,100$ г/м², в 2013 г. – $5\,600 \pm 4\,780$ г/м², в губе Завалишина (станция 4) – 562 ± 279 г/м². Парное сравнение данных для одного района с применением критерия Стьюдента дало значения t -критерия 0,3796 для губы Печенга, 1,969 и 0,0174 – для губы Ретинская (2009, 2013 и 2021 гг.), 2,3846 – для губы Завалишина. Для выборки из трех проб с вероятностью 0,05 все отличия статистически не достоверны. Если анализировать только средние арифметические, то биомасса *F. vesiculosus* растет в последние годы, но разницу доказать сложно из-за очень неравномерного распределения биомассы на литорали.

Возрастная структура популяции

Возрастная структура популяции в разных районах Мурмана различалась по продолжительности жизни и распределению численности одновозрастных талломов, но имела несколько общих черт: 1) очень низкое количество талломов с одним-двумя ветвлениями в губах Печенга и Териберская и постепенное увеличение числа талломов возрастом до 5–6 ветвлений; 2) неравномерное распределение численности талломов по возрастам в губе Ретинская Кольского залива (рис. 3, а).

Размерно-массовая структура

Размерно-массовая структура популяции *F. vesiculosus* в целом типична для данного вида: с увеличением возраста талломов их масса возрастает по экспоненте (рис. 3, б), а длина – линейно (рис. 3, в).

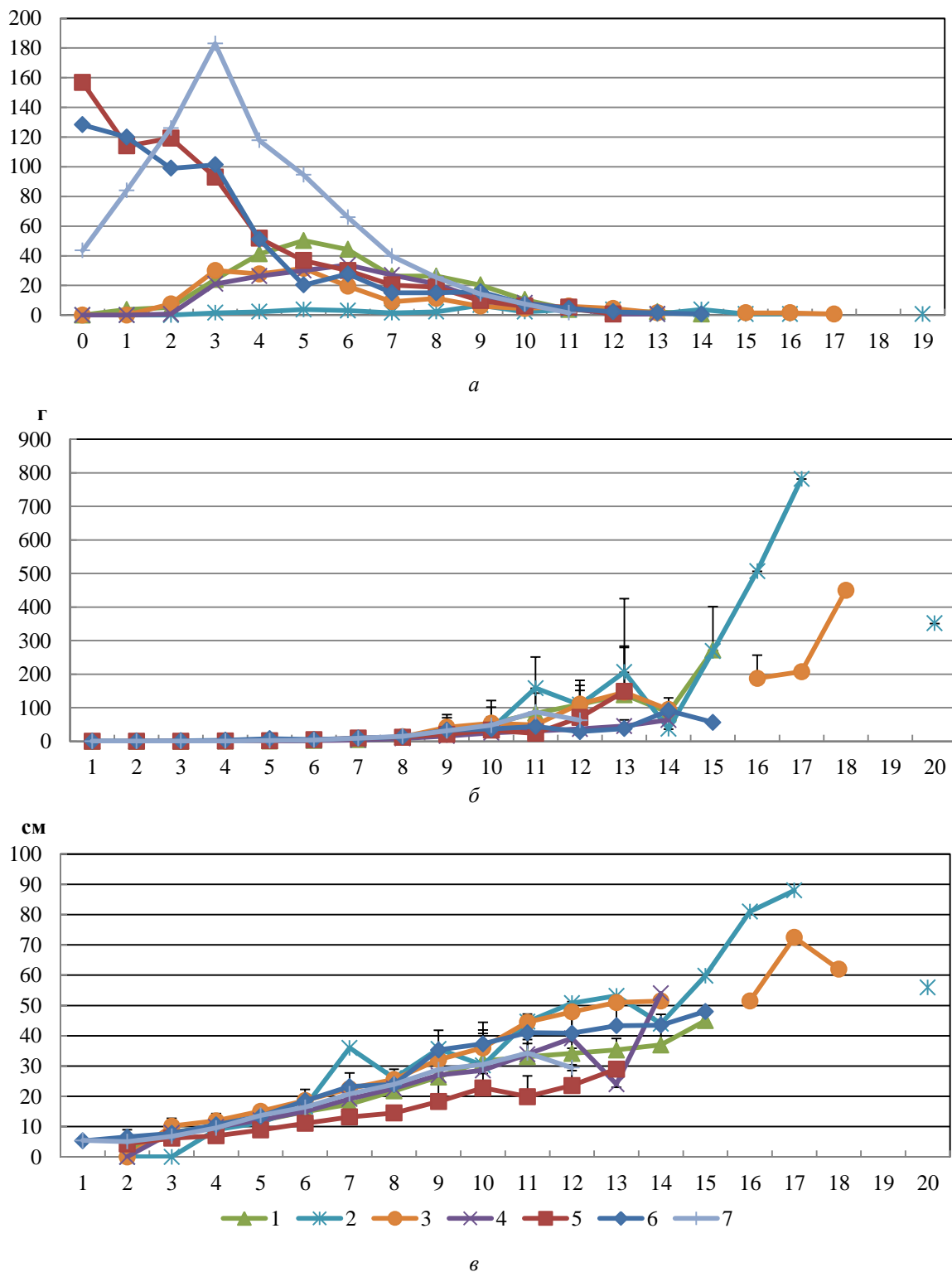


Рис. 3. Структура популяции *F. vesiculosus* на Мурманском побережье в 2021 г.: а – число талломов с определенным числом ветвлений (на 1 м²); б – средняя масса талломов с определенным числом ветвлений, г; в – средняя длина талломов с определенным числом ветвлений, см.

По оси абсцисс – число дихотомических ветвлений на лидирующей ветви таллома.

Районы исследования обозначены согласно карто-схеме (рис. 1)

Fig. 3. Population structure of *F. vesiculosus* on the Murmansk coast in 2021:

a – the number of thalli with a certain number of branches (per 1 m²); б – the average mass of thalli with a certain number of branches, g; в – the average length of thalli with a certain number of branches, sm.

Along the abscissa axis – the number of dichotomous branches on the leading branch of the thallus.

The study areas are indicated by numbers according to the cartographic diagram, Fig. 1

Репродуктивная структура

Репродуктивная структура популяции оценивалась только по числу фертильных талломов (талломов с рецептакулами). В губах Печенга и Ретинская 100%-я фертильность наступала у талломов с 10 ветвлениями, в губе Териберская – с 8 ветвлениями. В то же время возраст, с которого талломы приступали к размножению в 2021 г., значительно варьировал: в губе Печенга рецептакулы обнаруживались у талломов с 2 ветвлениями, в губе Ретинская – с 8, Териберская – с 5 ветвлениями.

Западный и Восточный Мурман относятся к разным климатическим провинциям Баренцева моря, поскольку температуры воды и воздуха здесь достоверно различаются, что подтверждается многолетними данными метеостанций, расположенных в районах исследования: в губах Печенга и Териберская, в Кольском заливе (порт Мурманск), на острове Харлов². Полученные данные свидетельствуют о том, что температура снижается в направлении с запада на восток, поскольку теплое Мурманское прибрежное течение постепенно ослабевает и отходит от берега (таблица).

Таблица. Средняя температура воды в районах исследования³
Table. The water average temperature in the study areas

Месяц	Губа Печенга (пос. Лиинахамари)	Кольский залив (г. Мурманск)	Губа Териберская (пос. Териберка)	Остров Харлов (вблизи губ Ярнышная и Зеленецкая)
Июнь	8,16	6,99	5,94	4,47
Июль	11,02	9,67	9,52	6,82
Август	10,71	9,79	9,71	7,88
Сентябрь	8,28	8,05	8,05	7,36
Февраль	1,04	0,72	0,14	-0,25
Март	0,91	0,67	0,16	0,0

Предыдущие исследования показали, что у талломов с 6 ветвлениями в губе Печенга за год формируется в среднем 4 ветвления, а в губе Зеленецкая – 3,5 ветвлений. (*Malavenda et al.*, 2022). Данное исследование выявило, что в более теплых губах Печенга и Ретинская рецептакулы образуются на талломах с большим количеством ветвлений, чем в губах Зеленецкая и Ярнышная, но возраст талломов, способных формировать рецептакулы, составляет 2,5–3 года. В губе Печенга обнаружено больше талломов, на которых сформировались рецептакулы при меньшем числе дихотомий. Точные причины размножения талломов разного возраста и значительного разброса в скорости роста предстоит выяснить в ходе дальнейших исследований.

Начало прорастания зигот, судя по размерам проростков, одинаково на всем Мурмане. Однако выявлено принципиальное различие в доле молодых талломов в поселениях фукусов на западе и на востоке Мурманского побережья (рис. 2, а).

Работы на Западном и Восточном Мурмане проводились с разрывом в две недели. За это время появились молодые талломы с 1 ветвлением (или без ветвлений). Возможно, поэтому так существенно различается доля таких талломов в разных районах (рис. 2, а). Длина и масса одного таллома незначительно различаются в разных местообитаниях; различия статистически недостоверны. В возрасте 4–5 лет в сообществе выявляются единичные талломы, у которых есть оборванные ветви.

Отмеченная в 2021 г. очень низкая доля талломов *F. vesiculosus* 1-го года жизни в Кольском заливе согласуется с литературными данными. В 1999 и 2009 гг. доля молодых талломов также была очень мала (*Канищева (Гончарова)*, 2015). Исследователи указали в качестве основной причины наличие нефтяной пленки в заливе, которая препятствует выживанию проростков водорослей. В 2021 г. загрязнение тяжелыми металлами и нефтепродуктами в Кольском заливе сохранялось⁴. Поселение в заливе самоподдерживается, но ситуация внушает опасение, что может быть нарушено воспроизводство фукусов под влиянием антропогенного загрязнения.

² Климат морей России и ключевых районов Мирового океана: Электронный атлас [входит в Единую систему информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО)] / ВНИИГМИ МЦД. Обнинск, [Б. г.] (http://www.esimo.ru/atlas/Var/2_watertemp.html). Дата обращения 31.01.2023.

³ Там же.

⁴ Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2021 г. Министерство природных ресурсов, экологии и рыбного хозяйства Мурманской области. Мурманск, 2022. URL: file:///C:/Users/inuyukinamv/Downloads/2022.06.29-Doklad_za-2021-god.pdf.

Заключение

Популяция *F. vesiculosus* Мурмана находится в устойчивом состоянии, идет естественное воспроизводство, биомасса стабильна. На скорость линейного роста талломов и образование дихотомических ветвлений влияет средняя температура воды, но срок появления проростков, средняя длина и масса талломов с одинаковым числом ветвлений на всех обследованных районах Мурманского берега достоверно не различаются. В Кольском заливе, несмотря на очевидное негативное влияние загрязнений, популяция не исчезает и имеет высокую продолжительность жизни, однако следует отметить низкие значения биомассы и численности талломов первого года жизни.

Благодарности

Работа выполнена в рамках госзадания ММБИ РАН 9-22-01 "Донные биоценозы Баренцева моря, его водосборного бассейна и сопредельных вод в современных условиях".

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

- Гончарова О. В., Шошина Е. В. Морфофункциональные параметры *Fucus vesiculosus* в условиях Кольского залива // Вестник МГТУ. 2013. Т. 16, № 3. С. 437–448. EDN: RJVILN.
- Евсеева Н. В. Структура ценопопуляций промысловых фукусовых водорослей на литорали Западного Мурмана // Труды ВНИРО. 2015. Т. 154. С. 70–79. EDN: UADJVV.
- Завалко С. Е., Шошина Е. В. Многоуровневая морфофизиологическая оценка состояния фукусовых водорослей в условиях антропогенного загрязнения (Кольский залив, Баренцево море) // Вестник МГТУ. 2008. Т. 11, № 3. С. 423–431. EDN: JRGMD.
- Изучение экосистем рыбохозяйственных водоемов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки. Выпуск 3. Методы ландшафтных исследований и оценки запасов донных беспозвоночных и водорослей морской прибрежной зоны / авт.-сост.: Е. И. Блинова, О. Ю. Вилкова, Д. М. Милютин [и др.]. М. : ВНИРО, 2005. 135 с.
- Канищева (Гончарова) О. В., Шошина Е. В. Возрастная структура поселений *Fucus vesiculosus* на литорали Кольского залива // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2015. Т. 25, № 1. С. 40–47. EDN: TNCVZT.
- Канищева О. В., Канищев А. А., Шошина Е. В. Многолетняя изменчивость возрастной структуры ценопопуляции фукуса пузырчатого (*Fucus vesiculosus* L.) на литорали Кольского залива в условиях антропогенного воздействия // Вестник МГТУ. 2020. Т. 23, № 2. С. 139–149. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2020-23-2-139-149>. EDN: HJVDSH.
- Кольский залив и нефть: биота, карты уязвимости, загрязнение / под ред. А. А. Шавыкина. РАН. СПб. : Реноме, 2018. 520 с.
- Малавенда С. В., Воскобойников Г. М. Влияние абиотических факторов на структуру популяции бурой водоросли *Fucus vesiculosus* Восточного Мурмана (Баренцево море) // Биология моря. 2008. Т. 34, № 1. С. 30–34. EDN: OWNVYF.
- Малавенда С. В., Шавыкин А. А., Ващенко П. С. Биомасса макрофитобентоса и районы его наибольшей уязвимости от разливов нефти в Кольском заливе // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2015. № 12. С. 5–12. EDN: UYHJVX.
- Малавенда С. С. Динамика биомассы и численности фукусовых водорослей Кольского залива Баренцева моря // Вестник МГТУ. 2016. Т. 19, № 1/2. С. 296–301. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2016-1/2-296-301>. EDN: VXPVFT.
- Малавенда С. С., Кравец П. П., Шошина Е. В. Исследование фитобентосных сообществ литорали губы Тюва Кольского залива // Рыбное хозяйство. 2010. № 5. С. 62–65. EDN: NBICHD.
- Hammer Ø., Harper D. A. T., Ryan P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis // Palaeontologia Electronica. 2001. Vol. 4, Iss. 1. Article number 9. URL: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.
- Harley C. D. G., Anderson K. M., Demes K. W., Jorve J. [et al.]. Effects of climate change on global seaweed communities // Journal of Phycology. 2012. Vol. 48, Iss. 5. P. 1064–1078. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2012.01224.x>.
- Krause-Jensen D., Archambault P., Assis J., Bartsch I. [et al.]. Imprint of climate change on pan-Arctic marine vegetation // Frontiers in Marine Science. 2020. Vol. 7. Article number 617324. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.617324>

- Malavenda S. S., Malavenda S. V. Growth rate of Fucales on the Murman Coast, the Barents Sea // *BIO Web of Conferences*. 2022. Vol. 52. Article number 00077. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20225200077>.
- Preston R., Rodil I. F. Genetic characteristics influence the phenotype of marine macroalga *Fucus vesiculosus* (Phaeophyceae) // *Ecology and Evolution*. 2023. Vol. 13, № 2. Article number e9788. <https://doi.org/10.1002/ece3.9788>.
- Thyrring J., Wegeberg S., Blicher M. E., Krause-Jensen D. [et al.]. Latitudinal patterns in intertidal ecosystem structure in West Greenland suggest resilience to climate change // *Ecography*. 2021. Vol. 44, Iss. 8. P. 1156–1168. DOI: <https://doi.org/10.1111/ecog.05381>.

References

- Goncharova, O. V., Shoshina, E. V. 2013. Morphofunctional parameters of *Fucus vesiculosus* in the conditions of the Kola Bay. *Vestnik of MSTU*, 16(3), pp. 437–448. EDN: RJVILN. (In Russ.)
- Evseeva, N. V. 2015. Structure of cenopopulations of commercial fucus algae on the littoral of Western Murmansk. *Trudy VNIRO*, 154, pp. 70–79. EDN: UADJVV. (In Russ.)
- Zavalko, S. E., Shoshina, E. V. 2008. Multilevel morphophysiological assessment of the state of fucus algae in conditions of anthropogenic pollution (Kola Bay, Barents Sea). *Vestnik of MSTU*, 11(3), pp. 423–431. EDN: JRGMD. (In Russ.)
- Study of ecosystems of fishery reservoirs, collection and processing of data on aquatic biological resources, equipment and technology for their extraction and processing. 2005. Iss. 3. In *Methods of landscape research and assessment of stocks of benthic invertebrates and algae of the marine coastal zone*. Eds.: E. I. Blinova et al. Moscow. (In Russ.)
- Kanishcheva (Goncharova), O. V., Shoshina, E. V. 2015. Age structure of *Fucus vesiculosus* settlements in the littoral of the Kola Bay. *Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*, 25(1), pp. 40–47. EDN: TNCVZT. (In Russ.)
- Kanishcheva, O. V., Kanishchev, A. A., Shoshina, E. V. 2020. Long-term variability of the age structure of the coenopopulation of *Fucus vesiculosus* L. on the littoral of the Kola Bay under anthropogenic impact. *Vestnik of MSTU*, 23(2), pp. 139–149. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2020-23-2-139-149>. EDN: HJVDSH. (In Russ.)
- Kola Bay and oil: Biota, vulnerability maps, pollution. 2018. Ed. A. A. Shavykin. Saint Petersburg. (In Russ.)
- Malavenda, S. V., Voskoboynikov, G. M. 2008. Influence of abiotic factors on the structure of the population of the brown algae *Fucus vesiculosus* of the Eastern Murmansk (the Barents Sea). *Biologiya moray*, 34(1), pp. 30–34. EDN: OWNVYF. (In Russ.)
- Malavenda, S. V., Shavykin, A. A., Vashchenko, P. S. 2015. Biomass of macrophytobenthos and areas of its greatest vulnerability to oil spills in the Kola Bay. *Zashchita okruzhayushchey sredy v neftegazovom komplekse*, 12, pp. 5–12. EDN: UYHJVX. (In Russ.)
- Malavenda, S. S. 2016. Dynamics of biomass and abundance of fucus algae of the Kola Bay of the Barents Sea. *Vestnik of MSTU*, 19(1/2), pp. 296–301. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2016-1/2-296-301>. EDN: VXPFT. (In Russ.)
- Malavenda, S. S., Kravets, P. P., Shoshina, E. V. 2010. Investigation of phytobenthic communities of the littoral of the Tyuva Bay of the Kola Bay. *Fisheries*, 5, pp. 62–65. EDN: NBICH. (In Russ.)
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., Ryan, P. D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1). Article number 9. URL: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.
- Harley, C. D. G., Anderson, K. M., Demes, K. W., Jorve, J. et al. 2012. Effects of climate change on global seaweed communities. *Journal of Phycology*, 48(5), pp. 1064–1078. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2012.01224.x>.
- Krause-Jensen, D., Archambault, P., Assis, J., Bartsch, I. et al. 2020. Imprint of climate change on pan-Arctic marine vegetation. *Frontiers in Marine Science*, 7. Article number 617324. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.617324>
- Malavenda, S. S., Malavenda, S. V. 2022. Growth rate of Fucales on the Murman Coast, the Barents Sea. *BIO Web of Conferences*, 52. Article number 00077. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20225200077>.
- Preston, R., Rodil, I. F. 2023. Genetic characteristics influence the phenotype of marine macroalga *Fucus vesiculosus* (Phaeophyceae). *Ecology and Evolution*, 13(2). Article number e9788. <https://doi.org/10.1002/ece3.9788>.
- Thyrring, J., Wegeberg, S., Blicher, M. E., Krause-Jensen, D. et al. 2021. Latitudinal patterns in intertidal ecosystem structure in West Greenland suggest resilience to climate change. *Ecography*, 44(8), pp. 1156–1168. DOI: <https://doi.org/10.1111/ecog.05381>.

Сведения об авторах

Малавенда Светлана Владимировна – ул. Владимирская, 17, г. Мурманск, Россия, 183010;
Мурманский морской биологический институт РАН, канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник;
e-mail: malavenda@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8314-3255>

Svetlana V. Malavenda – 17, Vladimirskaya Str., Murmansk, Russia, 183010; Murmansk Marine
Biological Institute RAS, Cand. Sci. (Biology), Senior Scientist;
e-mail: malavenda@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8314-3255>

Никулина Виктория Дмитриевна – ул. Спортивная, 13, г. Мурманск, Россия, 183010;
Мурманский государственный технический университет, лаборант; e-mail: vika.nikulina.2000@mail.ru

Victoria D. Nikulina – 13 Sportivnaya Str., Murmansk, Russia, 183010;
Murmansk State Technical University, Laboratory Assistant; e-mail: vika.nikulina.2000@mail.ru