

УДК 594.185-15(268.45.04)

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИИ
И ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ *MYA ARENARIA* LINNAEUS, 1758
В КОЛЬСКОМ ЗАЛИВЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ**

© 2024 г. **О. В. Смолькова**

Мурманский морской биологический институт РАН, Мурманск, Российская Федерация

E-mail: sm.olj@mail.ru

Поступила в редакцию 11.04.2023; после доработки 27.10.2023;
принята к публикации 27.08.2024; опубликована онлайн 09.09.2024.

Mya arenaria Linnaeus, 1758 (мия) — двустворчатый моллюск бореального происхождения. Ареал вида охватывает прибрежные умеренные воды Атлантического океана и северо-восточную часть Тихого океана, а также моря Северного Ледовитого океана — Баренцево и Белое. Поселения мии могут занимать обширные пространства в прибрежной полосе, где моллюски образуют большие скопления и являются доминирующим по биомассе видом среди представителей литорального макрозообентоса. *M. arenaria* способны выдерживать флуктуации факторов среды, а также оказывать влияние на процессы детритообразования и осадконакопления. Молодь моллюсков, заселяющая верхние слои грунта, представляет собой важный кормовой объект для морских птиц и промысловых видов рыб. Высокая эврибионтность позволяет рассматривать мию в качестве индикатора для оценки влияния климатических изменений на природную среду Арктики. Получение новых данных об особенностях биологии *M. arenaria* необходимо как для выявления общих закономерностей развития бентосных организмов в динамичных условиях морской среды, так и для понимания адаптивных особенностей отдельных видов долгоживущих эврибионтных моллюсков и оценки влияния на них различных экологических факторов. Изучение биологии *M. arenaria* может иметь практическое значение: не исключено, что мия станет перспективным объектом марикультуры в Арктическом регионе. В работе представлены результаты исследования современного состояния популяции и особенностей распространения моллюсков в Кольском заливе Баренцева моря. Материал собран в ходе экспедиции ММБИ РАН в 2021 г. Изучены количественные характеристики и размерно-возрастной состав поселений мии. Скопления *M. arenaria* зафиксированы на литорали западного и восточного берегов среднего и южного колен залива. Впервые за весь период исследований Кольского залива (1921–2021 гг.) моллюски обнаружены в эстуарной его части — на литорали у мыса Еловый (устье реки Тулома). Наибольшие показатели обилия отмечены на восточном берегу среднего колена залива — в губе Хлебная ($67,1 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-2}$), наименьшие зарегистрированы на западном берегу — в губе Белокаменная ($5,0 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-2}$). На мелководных участках в районе Абрамыса и в губе Ваенга мия плотных скоплений не образует. Исследованные поселения залива представлены особями в возрасте от 4 до 14 лет с вариацией размеров от 17,5 до 91,2 мм. Распространение *M. arenaria*, а также количественные и морфометрические характеристики её поселений связаны, вероятно, с гидрологическими особенностями залива (с интенсивностью движения водных масс в губах и бухтах, а также с циклоническим перемещением водных масс в южном колене). Отмеченные увеличение численности моллюсков и расширение ареала можно, по-видимому, интерпретировать как отклик вида на климатические изменения, происходящие в Арктическом регионе, и показатель снижения антропогенной нагрузки на прибрежные сообщества залива в целом.

Ключевые слова: двустворчатый моллюск *Mya arenaria*, распространение, состояние популяции, плотность, биомасса, размерно-возрастная структура, литораль, Кольский залив

Mya arenaria Linnaeus, 1758 — двустворчатый моллюск бореального происхождения, зарывающийся в грунт на глубину до 40 см [Свешников, 1963; Pfitzenmeyer, Drobeck, 1963, 1967]. Ареал охватывает прибрежные умеренные воды северной части Атлантического океана и северо-восточную часть Тихого океана, а также моря Северного Ледовитого океана — Баренцево и Белое. Вид встречается на атлантическом и тихоокеанском побережье Северной Америки, в Балтийском, Чёрном и Средиземном морях Восточной Атлантики [Голиков и др., 1985; Федяков, 1986; Carlton, 1992; Strasser, 1999; Wheaton et al., 2008; Zhang et al., 2018]. Поселения *M. arenaria* (далее — мия) могут занимать обширные пространства в прибрежной полосе, где моллюски образуют большие скопления и являются доминирующим по биомассе видом среди литорального макрозообентоса. Мия способна выдерживать изменения факторов среды в широких диапазонах [Федяков, 1986]. Вид устойчив к колебаниям солёности в пределах от 1 до 30 ‰ [Бергер, 1986; Хлебович, Станкявичюс, 1979]; благоприятная для него температура — от +4 до +16 °C [GISD, 2023]. *M. arenaria* обладает высокой устойчивостью к содержанию в воде сероводорода и к дефициту кислорода [Свешников, 1963; Thumdrup, 1935]. Эврибионтность позволяет рассматривать этих моллюсков в качестве индикатора для оценки влияния долговременных климатических изменений на природную среду Арктики.

M. arenaria — один из ключевых компонентов прибрежных сообществ. Её скопления оказывают влияние на процессы детритообразования и осадконакопления, что определяет её роль в качестве вида-эдификатора. Молодь мии, заселяющая верхние слои илистого грунта, относится к числу важных кормовых объектов для морских птиц и для промысловых видов рыб [Marshall, Elliott, 1997; Piersma et al., 1998; Sutherland et al., 2000]. Моллюски отфильтровывают взвешенное органическое вещество водной толщи, улучшая качество воды [Forster, Zettler, 2004]. Как и другие двустворчатые моллюски-фильтраторы, *M. arenaria* служит индикатором состояния водной среды. Фильтруя воду, моллюски способны аккумулировать различные токсины, окислять органическое вещество и в некоторой степени регулировать трофность водоёмов [Loo, Rosenberg, 1996].

Получение новых данных об особенностях биологии мии необходимо как для выявления общих закономерностей развития бентосных организмов в динамичных условиях морской среды, так и для понимания адаптивных особенностей отдельных видов долгоживущих эврибионтных моллюсков и оценки влияния на них различных экологических факторов. Изучение биологии *M. arenaria* может иметь практическое значение. В Северной Америке мия является важным промысловым видом [Beal, 2002; Brousseau, 1979; Connell et al., 2007; Newcombe, 1935, 1936]. В Европе коммерческая эксплуатация моллюска практически не ведётся. Между тем имеются работы, посвящённые изучению особенностей роста мии. Так, датским учёным рассмотрена возможность использования этого вида в качестве промыслового объекта [Munch-Petersen, 1973]. Не исключено, что *M. arenaria* станет одним из перспективных объектов марикультуры и в Арктическом регионе.

В России исследования данного вида сосредоточены главным образом в Белом и Балтийском морях [Максимович, 1978; Cardoso et al., 2009; Gerasimova et al., 2016]. Имеются работы по изучению мии из Азово-Черноморского бассейна [Золотницкий, Сытник, 2020; Савикин, 2020; Савчук, 1970], где она является инвазивным видом. В дальневосточных морях проводится комплексный таксономический анализ *Mya japonica* Jay, 1857 — близкородственного для *M. arenaria* вида [Zhang et al., 2018]. Исследования сконцентрированы на уточнении таксономического статуса и географического ареала мии. Они показали, что ареал *M. arenaria* охватывает северо-восточную часть Тихого океана, а близкородственная *M. japonica* распространена в северной его части.

Сведения о биологии и особенностях распространения *M. arenaria* в Кольском заливе фрагментарны. Первые описания моллюсков мелководной части Кольского залива даны К. М. Дерюгиным [1915]. В 1921–1925 гг. сотрудниками Мурманской биологической станции проведены

исследования отдельных прибрежных участков, по результатам которых мия отмечена от губы Оленьей в северной части залива до устья реки Лавна в южном колене [Гурьянова и др., 1929]. В последующие 40 лет регулярного изучения донных сообществ залива не было. Мониторинг был возобновлён лишь в 1970-е гг. В 1984 г. сотрудники ПИНРО изучили центральную часть залива. В 1989 г. экспедиция ММБИ повторила эту съёмку. Данные исследования были проведены с судна с помощью дночерпателя Ван Вина и охватили донные сообщества глубоководной части залива. В 1991–1993 гг. выполнена бентосная съёмка литорали эстуария реки Тулома, по результатам которой моллюски отмечены не были [Гудимов, Фролов, 1997]. В 2005–2007 гг. в ходе береговых экспедиций ММБИ *M. arenaria* зарегистрирована в верхней сублиторали Кольского залива от посёлка Ретинское до Абрам-мыса на глубинах от 4 до 12 м [Фролов, 2009]; на литорали моллюски не встречены [Любина и др., 2009].

Кольский залив — крупнейший залив российской части Баренцева моря. Это типичный фьорд тектонно-эрозионно-ледникового происхождения [Берера, 1991]. Глубина залива постепенно убывает от входа в северном колене к вершине в южном колене. В берега залива вдаётся много губ, в его вершину впадают реки Тулома и Кола. Протяжённость по створным линиям составляет 58,7 км, расстояние по прямой от входа до вершины — 51 км. Общая площадь акватории залива — около 180 км². На его гидрологический режим оказывает влияние тёплое Мурманское прибрежное течение, при этом в кутовой части наиболее значительно воздействуют метеорологические условия примыкающей суши и пресноводный сток.

Со второй половины XX в. происходит увеличение средней глобальной температуры воздуха [Жилина, 2021]. Арктика — один из наиболее уязвимых для изменения климата регионов Земли: здесь потепление происходит быстрее, чем на планете в целом [Жилина, 2021; Пономарев и др., 2005]. Экологическая обстановка в арктических морях в настоящее время является напряжённой; основные проблемы — загрязнение окружающей среды, влияние последствий от происходящих глобальных изменений климата, снижение биоразнообразия и сокращение морских биологических ресурсов [Нерсесов, Римский-Корсаков, 2021; Стишов и др., 2013; Якименко, Иваненко, 2021]. В течение последних 30 лет температура увеличивалась во всех регионах северной полярной области. В целом линейный рост среднегодовой температуры составил около 2,43 °C за 30 лет (<http://www.aari.ru>). В арктических морях для 1936–2019 гг. всюду знак тренда положительный. За последний 30-летний период вода Баренцева моря потеплела примерно на 2,2 °C. С 1990-х гг. последствия климатических изменений неоднократно регистрировали в акватории и прибрежной зоне Кольского залива [Анциферова, Давыдов, 2009; Давыдов, 2001; Дженюк и др., 1997]. Климатические изменения сказываются на состоянии экосистем, и особенно чувствительны к потеплению бореальные виды; они реагируют на повышение температуры расширением ареала и увеличением численности [Матишов и др., 2014]. Для мониторинга изменений, происходящих в прибрежье, крайне важны исследования биологии и условий существования гидробионтов.

Цель данной работы — изучение распространения двустворчатого моллюска *Mya arenaria* в Кольском заливе Баренцева моря, оценка современного состояния популяции, описание и анализ морфометрических показателей и выделение факторов, оказывающих ключевое влияние на распространение мии в заливе.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Данные о распространении *M. arenaria* в Кольском заливе получены в ходе комплексной береговой экспедиции ММБИ РАН в 2021 г. Исследования проведены на литорали среднего и южного колена залива, от губы Ретинская до мыса Усов в устьевой части реки Тулома на западном берегу залива и от губы Ваенга до ручья Фадеев на восточном берегу. В южной части

залива (от мыса Усов до Абрам-мыса) отбор проб произведён в июне — после полного схода ледового покрова и припая, образующихся здесь в зимний период. На участках литорали среднего колена (губы Белокаменная, Ретинская, Хлебная и Ваенга), доступ к которым возможен круглый год, пробы отобраны в марте. Всего за период исследований собрано 234 экз. *M. arenaria*.

Количественный учёт мии проводили на литорали во время отлива рамкой площадью 0,1 м²; грунт изымали на глубину до 30–40 см и промывали через сито с размером ячеек 0,5 мм. В каждом районе отбирали по 10 проб. Солёность и температуру воды измеряли одновременно с отбором проб с помощью портативного рефрактометра и термометра с точностью до 1 ‰ и 1 °С соответственно. При морфометрическом анализе у каждого моллюска определяли штангенциркулем длину (L, мм), высоту (H, мм) и толщину раковины (D, мм) с точностью до 0,01 мм (рис. 1). Измеряли общую массу моллюска (W, г), массу раковины (W_r, г) и мягких тканей (W_m, г). Массу мантийной жидкости (W_w, г) рассчитывали как разницу между общей массой *M. arenaria* и массой раковины и мягких тканей. Для этого перед взвешиванием моллюсков содержали в ёмкостях с морской водой. Взвешивание производили на электронных весах с точностью до 0,01 г. Массу мягких тканей определяли после просушивания на фильтровальной бумаге. Оценивали долю массы раковины и мягких тканей в общей массе моллюсков (W_r/W и W_m/W соответственно). При описании размерно-весовых характеристик для каждого района исследования рассчитывали средние значения признаков (M, мм) и стандартное отклонение ($\pm SD$). Возраст мии определяли путём подсчёта годичных колец на раковине, которые образуются при зимней остановке роста и представляют собой утолщённые линии нарастания [Методы изучения двустворчатых моллюсков, 1990; Haskin, 1954].

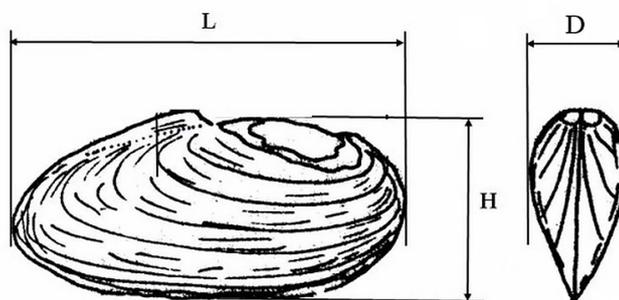


Рис. 1. Схема измерений раковины двустворчатых моллюсков [Наумов, 2006]: L — длина; H — высота; D — толщина

Fig. 1. Scheme of measurements of a bivalve shell [Naumov, 2006]: L, length; H, height; D, convexity

Характер распределения количественных и размерных показателей оценивали по критерию Колмогорова — Смирнова. Достоверность различий определяли с использованием индекса Уилкоксона — Манна — Уитни. Различия считали недостоверными при $p \geq 0,05$. Математические расчёты и классификацию данных проводили с помощью программного пакета STATISTICA 10.0 и электронных таблиц MS Office Excel 2010. Наличие связей внутри всей совокупности морфометрических признаков моллюсков определяли с применением кластерного анализа. Многомерный анализ проводили, используя значения морфометрических параметров моллюсков (размеров и массы тела). В качестве основных процедур были выбраны иерархический анализ и кластеризация методом k -средних. Оценку расстояний между группами признаков проводили методом Варда с указанием евклидовых расстояний между ними. Значимость различий между средними в группах проверяли с помощью дисперсионного анализа при уровне значимости $p \geq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В Кольском заливе поселения двустворчатого моллюска *M. arenaria* отмечены на литорали в губах Ретинская, Белокаменная и Хлебная, а также на литорали около мыса Еловый (рис. 2). В указанных районах мия образует скопления преимущественно в среднем горизонте литорали. Встречаемость в пробах — 70–100 %.

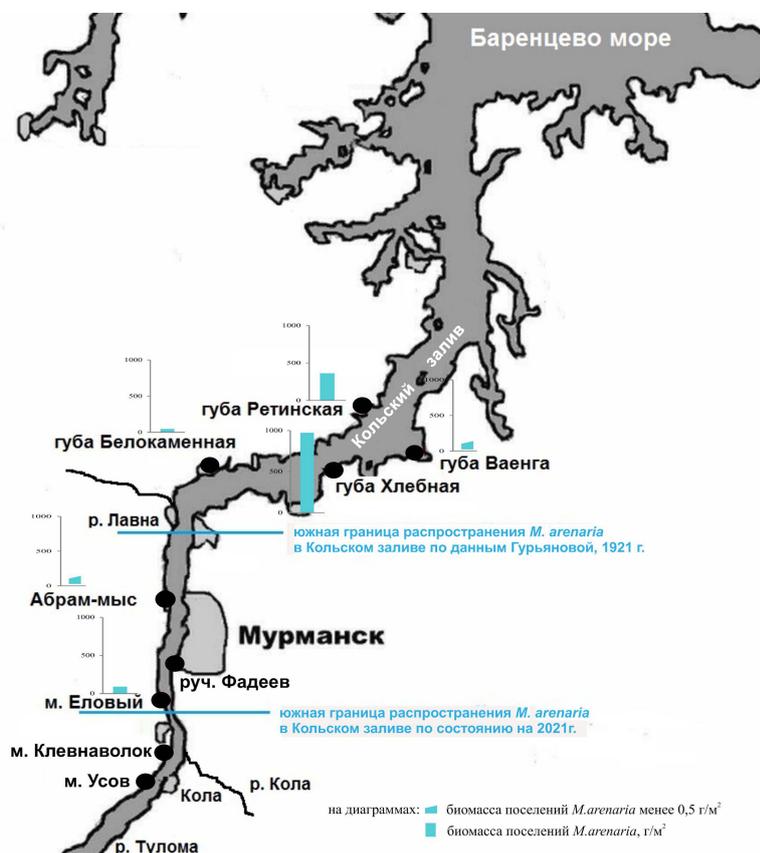


Рис. 2. Распространение и количественные характеристики поселений двустворчатых моллюсков *Mya arenaria* в Кольском заливе Баренцева моря

Fig. 2. Distribution and quantitative characteristics of the bivalve *Mya arenaria* settlements in the Kola Bay of the Barents Sea

M. arenaria встречена также на литорали в районе Абрам-мыса и в губе Ваенга, однако плотных скоплений в данных биотопах моллюски не формируют. Встречаемость мии в этих биотопах — 10–30 %. Южнее мыса Еловый (мыс Клевनावолок и мыс Усов) *M. arenaria* не обнаружена. Самой северной точкой, охваченной исследованиями, являлась губа Ретинская. Средние размеры моллюсков в изученных районах варьировали от $(32,8 \pm 5,11)$ мм на литорали губы Ваенга до $(55,6 \pm 13,4)$ мм в губе Ретинская при средней массе тела $(7,0 \pm 1,5)$ г и $(18,2 \pm 9,6)$ г соответственно. Наибольшие размеры и массу тела имели особи, собранные в губах Хлебная и Ретинская и около мыса Еловый, наименьшие — в губе Ваенга и на литорали Абрам-мыса. Максимальные размеры составили $91,2 \times 51,5 \times 36,8$ мм при массе тела 36,8 г (этот моллюск был обнаружен на литорали губы Хлебная).

Отдельные поселения мии в значительной степени различаются по размерно-возрастному составу. Наиболее крупное скопление расположено на восточном берегу среднего колена Кольского залива в биотопе заиленного мелкого песка губы Хлебная. Поселение занимает юго-восточную часть губы вблизи ручья и представлено особями в возрасте от 4 до 14 лет с длиной раковины от 30,0 до 91,2 мм. Моллюски сосредоточены преимущественно в среднем и нижнем

горизонтах литорали. Плотность поселения — $67,1 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-2}$, биомасса — $974 \text{ г}\cdot\text{м}^{-2}$. Основную долю (40 %) в поселении составляют *M. arenaria* в возрасте 7–8 лет с длиной раковины 50,0–59,9 мм (рис. 3). Литораль губы пологая, представлена разными типами грунтов. Солёность воды в губе около уреза — 16–31 ‰, температура воды — от +1 °С в марте до +16 °С в августе.

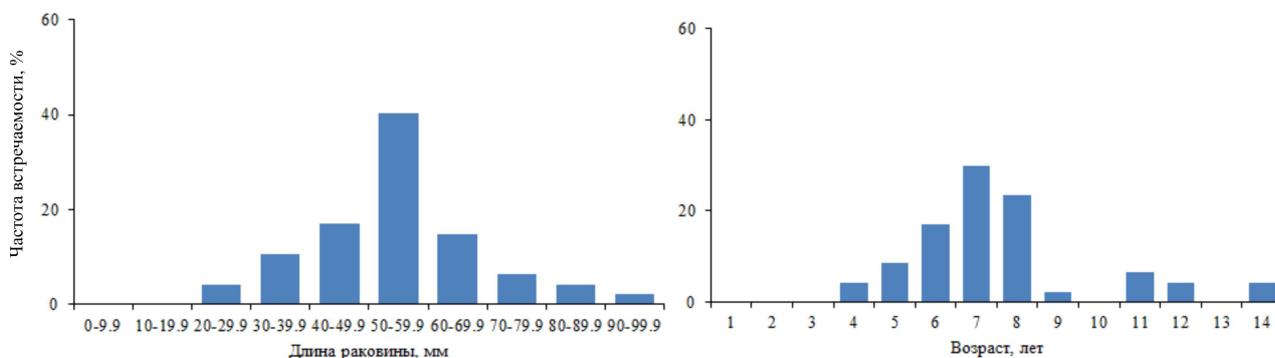


Рис. 3. Частотное распределение моллюсков *Mya arenaria* губы Хлебная по размеру и возрасту

Fig. 3. Frequency distribution of the size and age structure of the molluscs *Mya arenaria* in the Khlebnaya Bay

Южной границей распространения *M. arenaria* в Кольском заливе является небольшой участок литорали южного колена около мыса Еловый (эстуарий реки Тулома). Плотность поселения мии здесь составляет $8,2 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-2}$, биомасса — $92,3 \text{ г}\cdot\text{м}^{-2}$ (рис. 2). Размеры моллюсков варьируют от 23,4 до 68,2 мм. Возрастной ряд представлен особями от 4 до 11 лет. Наиболее часто встречаются *M. arenaria* в возрасте 6–7 лет (56 %) с длиной раковины от 40,0 до 70,0 мм (рис. 4). Доля особей старших возрастных групп (9–10 лет) составляет в поселении 17,4 %. Единично встречены моллюски 4 и 11 лет. По данным выборки можно прийти к выводу, что 2015 г. был наиболее благоприятным для пополнения этого поселения молодью. Биотоп литорали эстуария реки Тулома характеризуется наличием многочисленных литоральных ванн. Друг от друга они отделены грядами камней и песка. Наиболее крупные литоральные ванны имеют стоки. Литораль около мыса Еловый имеет протяжённость 150 м и представлена илисто-песчаным грунтом с валунными фракциями с фукоидами. Биотоп характеризуется высокой степенью распреснения. Солёность у уреза воды в отлив может составлять всего 7 ‰; температура воды в литоральных лужах в июне — +7 °С.

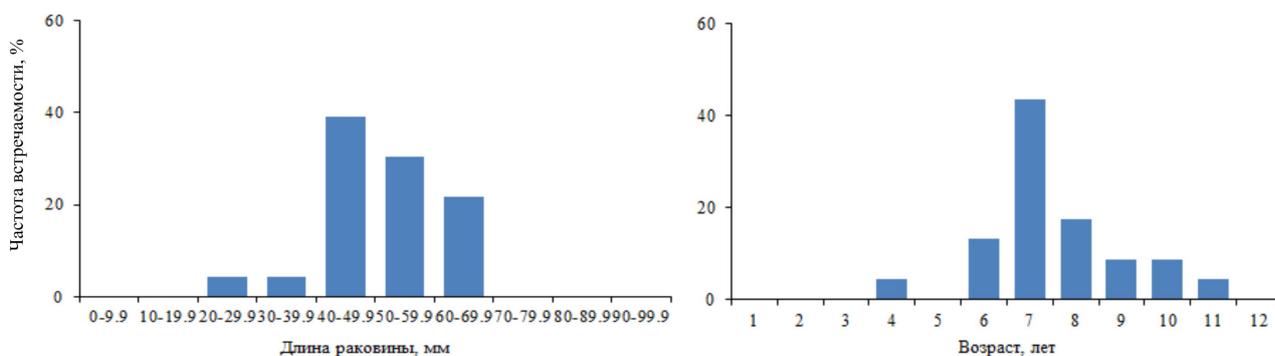


Рис. 4. Частотное распределение моллюсков *Mya arenaria* на литорали у мыса Еловый по размеру и возрасту

Fig. 4. Frequency distribution of the size and age structure of the molluscs *Mya arenaria* off the Elovoyi Cape

В губе Ретинская поселение мии расположено в устье впадающего ручья. Оно представлено особями в возрасте от 5 до 10 лет с длиной раковины от 30,5 до 80,0 мм. Плотность поселения — $35,0 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-2}$, биомасса — $364,0 \text{ г}\cdot\text{м}^{-2}$. Основную долю ($> 60 \%$) составляют *M. arenaria* 6, 7 и 8 лет с длиной раковины 50 мм и более. Солёность воды в губе в течение года — 10–25 ‰, в мае в устье ручья значение снижается до 3 ‰. Ширина литорали — 30–50 м. Грунт — преимущественно илистый песок.

Скопление мии в губе Белокаменная расположено вблизи вытекающего на литораль ручья. Поселение моллюсков на литорали губы находится в угнетённом состоянии. Здесь отмечены самые низкие значения плотности и биомассы — $5 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-2}$ и $48 \text{ г}\cdot\text{м}^{-2}$ соответственно (рис. 2). Размерное распределение характеризуется наличием двух групп *M. arenaria* — возрастом от 3 до 5 лет с длиной раковины 10–30 мм (39 %) и возрастом от 6 до 8 лет с длиной раковины более 50 мм (47,7 %). Средний размер особей составляет $(43,4 \pm 15,2)$ мм, масса тела — $(10,0 \pm 8,9)$ г. Губа отделена от залива не резко и представляет собой небольшую бухту на его западном берегу, расположенную к северу от мыса Белокаменный. Литораль широкая (протяжённость от берега до уреза воды в отлив — 130 м), с многочисленными валунными фракциями и поясом бурых водорослей в нижнем горизонте. Солёность воды в отлив около уреза воды колеблется от 14 до 22 ‰.

Моллюски в губе Ваенга встречаются единично, плотность распределения не превышает $(0,3 \pm 0,04) \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-2}$ при биомассе $0,13 \text{ г}\cdot\text{м}^{-2}$ (рис. 2). Губа расположена на восточном берегу Кольского залива и образует широкую открытую бухту. В кут губы впадает крупная река Ваенга, опресняющая исследуемый район до 16 ‰. Грунт в губе представлен в основном каменистыми россыпями, которые лишь изредка сменяются небольшими илистыми участками. Их фауна чрезвычайно бедна [Гурьянова и др., 1929]. На участке литорали около Абрам-мыса *M. arenaria* отмечена единично, плотность распределения не превышает $(0,1 \pm 0,03) \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-2}$ при биомассе $0,47 \text{ г}\cdot\text{м}^{-2}$. Биотоп характеризуется интенсивным движением воды и значительными колебаниями солёности за счёт стока крупных рек Кола и Тулома. Солёность во время прилива составляет 34 ‰, во время отлива — 10 ‰ [Малавенда, Малавенда, 2012]. Ширина приливно-отливной зоны — около 100 м, уклон литорали не превышает 5° [Кольский залив, 2009]. Размерно-весовые характеристики мии, отмеченной на литорали губы Ваенга и Абрам-мыса, представлены в табл. 1.

Таблица 1. Размерно-весовые показатели моллюсков *Mya arenaria*, обитающих на литорали губы Ваенга и Абрам-мыса

Table 1. Size and weight indicators of the molluscs *Mya arenaria* inhabiting the intertidal zone of the Vayenga Bay and cape Abram-mys

Район исследования	L, мм	H, мм	D, мм	W, г	W _г , г	W _м , г	W _в , г
Губа Ваенга (N = 6)	$32,8 \pm 5,1$	$24,9 \pm 4,5$	$15,0 \pm 4,2$	$7,0 \pm 1,5$	$2,7 \pm 1,0$	$3,9 \pm 0,9$	$1,5 \pm 0,03$
Абрам-мыс (N = 3)	$34,3 \pm 10,5$	$16,3 \pm 1,8$	$8,4 \pm 1,3$	$12,1 \pm 0,2$	$4,6 \pm 0,1$	$3,8 \pm 0,2$	$1,2 \pm 0,03$

Примечание: N — количество моллюсков. Использованные сокращения расшифрованы в разделе «Материал и методы».

Note: N, the number of molluscs. The abbreviations used are explained in “Material and Methods” section.

В исследуемых районах относительная масса раковины варьирует от 38 до 61 % от общей массы тела моллюска (рис. 5). Наибольшие показатели выявлены для губы Хлебная, наименьшие — для губы Белокаменная. Доля массы раковины (W_r/W) *M. arenaria* в губе Ретинская и в районе Абрам-мыса составила 55 %, на литорали мыса Еловый — 48 %, в губе Ваенга — 39 %. Относительная масса мягких тканей максимальна у мии в губе Ваенга (56 %) и минимальна у моллюсков

в губе Белокаменная (33 %). Среднее количество мантийной жидкости — 6,5 %, с колебанием от 2 % (губа Хлебная) до 29 % (губа Белокаменная). Соотношение массы раковины и массы мягких тканей у особей на литорали около Абрам-мыса и у мыса Еловый составляло практически 1 : 1, доля мантийной жидкости не превышала 0,5 %.

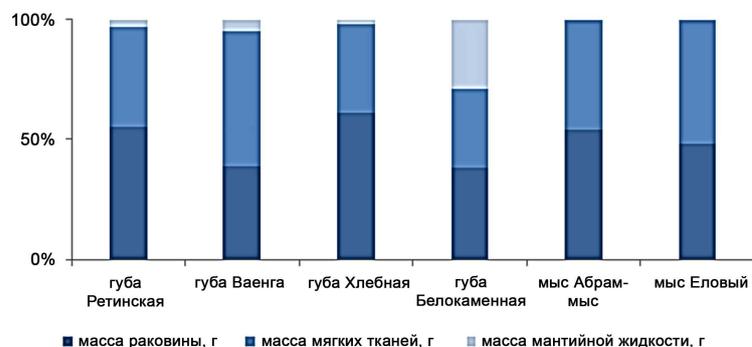


Рис. 5. Процентное соотношение весовых показателей моллюсков *Mya arenaria* в исследованных районах Кольского залива

Fig. 5. The ratio between weight parameters of the molluscs *Mya arenaria* in the studied areas of the Kola Bay

Изменение размеров и массы тела мии в зависимости от широтного расположения исследуемых районов выявить не удалось, поэтому для установления связей в пределах всей совокупности морфологических признаков особей, собранных на литорали Кольского залива, использован кластерный анализ (рис. 6).

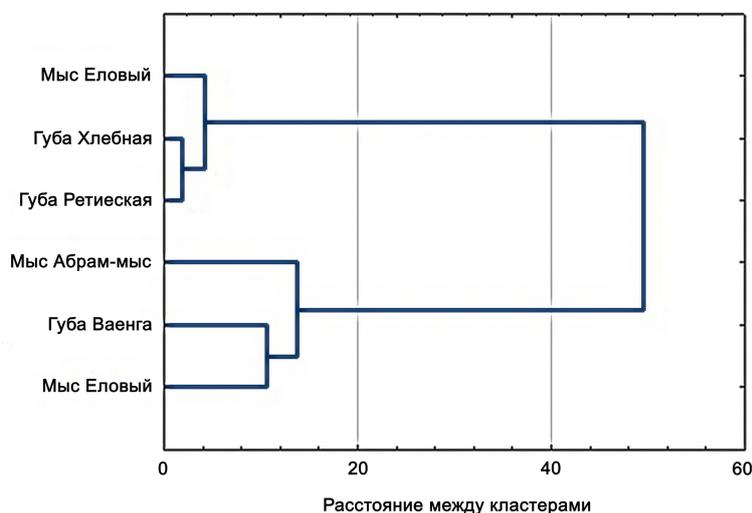


Рис. 6. Дендрограмма сходства морфометрических характеристик поселений моллюсков *Mya arenaria* на литорали исследованных районов Кольского залива

Fig. 6. Dendrogram of similarity of morphometric characters for settlements of the molluscs *Mya arenaria* in the intertidal zone in the studied areas of the Kola Bay

Анализируемую совокупность разделили на две группы. Группу 1 составили моллюски, обитающие в биотопах губ Ретинская и Хлебная, а также мыса Еловый. Поселения имели наибольшие показатели плотности и биомассы; *M. arenaria* характеризовалась максимальными средними значениями длины, высоты и толщины раковины. Группу 2 составляли моллюски из поселений в губах Ваенга и Белокаменная и в районе Абрам-мыса. В этих биотопах поселения имели наименьшие показатели плотности и биомассы, а *M. arenaria* характеризовалась более низкими значениями морфометрических признаков, чем у первой группы (табл. 2).

Таблица 2. Классификация морфометрических характеристик моллюсков *Mya arenaria* (метод *k*-средних) и оценка значимости различий (критерий Фишера)

Table 2. Classification of morphometric characters of the molluscs *Mya arenaria* (*k*-means clustering) and assessment of the significance of differences (*F*-test)

Параметр	Группа 1, $M \pm SD$	Группа 2, $M \pm SD$	Дисперсионный анализ	
			<i>F</i> -критерий	уровень значимости (<i>p</i>)
Длина раковины (L, мм)	54,0 ± 1,83	36,8 ± 5,74	24,37953	0,007830
Высота раковины (H, мм)	32,6 ± 0,87	22,3 ± 5,18	11,61329	0,027081
Толщина раковины (D, мм)	20,3 ± 1,03	13,1 ± 4,13	8,43078	0,043960

Примечание: *M* — среднее значение; *SD* — стандартное отклонение.

Note: *M*, the mean value; *SD*, the standard deviation.

Дополнение полученных данных проведено методом *k*-средних. Дисперсионный анализ показал достоверность различий между двумя группами ($p < 0,05$). Наибольшим сходством размерных характеристик в группе 1 обладают особи в губах Хлебная и Ретинская (евклидово расстояние 0,82), в группе 2 — в губах Ваенга и Белокаменная (евклидово расстояние 1,58).

ОБСУЖДЕНИЕ

Распространение *M. arenaria* и количественные и морфометрические характеристики поселений в различных районах Кольского залива весьма разнообразны. Наибольшая плотность поселения отмечена в губе Хлебная. Сравнительно высокие показатели обилия получены в губе Ретинская. Наименьшая плотность поселений моллюсков зафиксирована на литорали губы Белокаменная. На мелководных участках в районе Абрам-мыса и губы Ваенга мия плотных скоплений не образует. Показатели обилия моллюсков сопоставимы с количественными характеристиками этого вида из других районов. Схожие значения численности отмечены в Белом море [Smolkova, 2021] и в Керченском проливе Чёрного моря [Иванов, Синегуб, 2007]. Количественные характеристики поселения *M. arenaria* губы Хлебная, относящейся к умеренно загрязнённым районам Кольского залива [Информационный бюллетень, 2012], близки к показателям обилия моллюсков в юго-восточной части Онежского залива Белого моря [Smolkova, 2021] и превышают показатели поселений мелководных и более чистых районов Восточного Мурмана [Смолькова, Мещеряков, 2023]. Размерно-возрастной состав исследованных поселений Кольского залива представлен особями размером от 30,0 до 91,2 мм в возрасте от 4 до 14 лет, с превалированием средних возрастных групп, от 6 до 8 лет (частота встречаемости — от 47 до 69 %). Отмечено отсутствие в пробах моллюсков в возрасте 1–2 лет и сеголетов, что для поселений этого вида является вполне закономерным и описанным ранее явлением [Максимович, 2004]. Неоднородность размерно-возрастных характеристик поселений мии возникает из-за различий режима пополнения молодью, внутривидовой и межвидовой конкуренции, а также гибели *M. arenaria* на ранних стадиях развития.

Ведущими факторами, оказывающими влияние на распределение моллюсков в заливе и на количественные показатели поселений, являются, скорее всего, гидрологические процессы (динамика вод, течения и водообмен). Суммарный перенос вод в заливе складывается из приливных, стоковых и ветровых течений. Основную роль играют приливные течения, вызванные баренцевоморской приливной волной. Приливные течения здесь правильные полусуточные, они изменяются в зависимости от площади поперечного сечения залива. Скорость течения уменьшается от поверхностного горизонта к придонному и на горизонте менее 10 м не превышает 5–10 см·с⁻¹

в среднем колене и $5 \text{ см}\cdot\text{с}^{-1}$ в северном. Наибольшая скорость течений характерна для южной части залива: здесь значения достигают $100 \text{ см}\cdot\text{с}^{-1}$ [Кольский залив, 1997]. Приливно-отливные течения в Кольском заливе захватывают практически всю водную массу в губах и заливах и служат основным источником поступления органических веществ и кислорода, необходимых для жизнедеятельности моллюсков. Однако в условиях интенсивного движения водных масс молодые, недавно осевшие особи могут быть подвержены постларвальному пассивному переносу в толще воды [Roegner et al., 1995].

Для юго-восточной части Северного моря показано, что при интенсивном движении водных масс вместе с донными отложениями возможно перемещение большого количества молодежи мии с длиной раковины до 15 мм [Emerson, Grant, 1991]. В Балтийском море пассивный перенос в толще воды отмечен для моллюсков с длиной раковины до 25 мм [Kube, 1996]. Прибрежные акватории у мыса Еловый и Абрам-мыса характеризуются наибольшей динамикой движения водных масс, поэтому молодые особи, обитающие в поверхностных слоях грунта, могут быть снесены течением в более закрытые акватории залива с менее динамичным гидрологическим режимом. Кутовые участки губ Ретинская и Хлебная — закрытые от основной части залива акватории, имеющие пологую литораль и характеризующиеся слабой интенсивностью приливно-отливных течений. Ручьи, впадающие в кутовые части этих губ, оказывают умеренное распределяющее воздействие и обеспечивают вынос органического вещества, пригодного для питания моллюсков. Условия существования здесь вполне благоприятны для *M. arenaria*, что отражается в сравнительно высоких показателях плотности и биомассы поселений.

Помимо гидрологических условий, на распространение мии в Кольском заливе могут влиять климатические изменения и связанные с ними процессы образования первичной продукции и переноса взвешенного вещества. Рост средней годовой температуры воды и воздуха привёл к тому, что прибрежные акватории залива стали более подвержены распреднению за счёт интенсивного таяния снега весной. Увеличение пресного стока в кутовой части определяет повышение интенсивности движения воды [Кравец, 2012]. В зоне смешения морских и пресных вод отмечено высокое содержание взвешенного вещества [Митяев, Герасимова, 2009]; здесь происходит интенсивное образование первичной продукции за счёт продукционной деятельности фитопланктона [Макаревич и др., 2004]. Распределение взвеси связано с циклоническим перемещением водных масс в заливе. С юга опреснённые водные массы распространяются вдоль восточного берега южного колена, в зоне сопряжения южного и среднего колен они сталкиваются с морскими водами, которые движутся с севера, и, совершая разворот, возвращаются вдоль западного берега южного колена. Восточный берег южной части залива — зона транзита взвешенного вещества, а западный — зона его концентрации и, возможно, аккумуляции [Митяев, Герасимова, 2009].

Взвешенное вещество играет большую роль в жизнедеятельности литоральных организмов. По способу питания *M. arenaria* является малоподвижным сестонофагом, фильтрующим седиментатором [Бескупская, 1963; Методы изучения двустворчатых моллюсков, 1990]; для её питания требуется постоянный приток взвешенного вещества. Мия профильтровывает придонную воду, отбирая из неё питательные частицы. Основную часть пищи этого вида составляет взвешенный детрит, а также диатомовые водоросли рода *Coscinodiscus* и частицы макрофита *Ascophyllum nodosum* [Бескупская, 1963]. Кроме того, малоподвижный образ жизни снижает способность этих моллюсков конкурировать за благоприятные участки литорали с более подвижными представителями беспозвоночных, обитающими в схожих условиях (другими видами *Bivalvia*, многощетинковыми червями и пр.) [Свешников, 1963]. В силу этого *M. arenaria* приспособилась к обитанию в биотопах, которые недоступны для многих других видов (кутовые сильно распреднённые участки губ и заливов, с солёностью от 10 ‰), где моллюски имеют возможность получать достаточное количество пищи, снижая при этом затраты на конкуренцию [Смолькова, 2012].

Известно, что в начале XX в. южной границей распространения *M. arenaria* в Кольском заливе был предустьевый участок реки Лавна на западном берегу [Гурьянова и др., 1929]. Далее, при продвижении на юг вдоль устья реки Тулома до острова Немецкий, моллюски встречены не были; начиная от острова Немецкий, исследователи наблюдали постепенный переход от морской фауны к пресноводной. По данным наших работ, проведённых в 2021 г., южной границей распространения мии в заливе является участок литорали около мыса Еловый, что на 15 км южнее участка реки Лавна. Литораль около мыса Еловый, где нами отмечены моллюски *M. arenaria* (впервые за весь период исследований литорали Кольского залива), располагается на западном берегу южного колена, в зоне концентрации и аккумуляции взвеси.

Различия количественных показателей поселений мии в заливе могут также быть связаны с влиянием антропогенных факторов на среду обитания. Даже при высоком пороге устойчивости к изменению факторов среды *M. arenaria* находится в угнетённом состоянии в биотопах, подверженных значительному антропогенному влиянию и представляющих собой заиленные эвтрофированные участки литорали. Сильное заиление негативно отражается на жизнедеятельности мии [Winther, Gray, 1985]. Наличие подвижных слоёв грунта препятствует формированию неоплывающих норок, что приводит к гибели моллюсков [Свешников, 1963]. Ранее при описании скоплений мии на литорали губы Хлебная была отмечена сильная обратная зависимость между содержанием в грунте мелких алевритовых и пелитовых фракций и плотностью поселения моллюсков [Смолькова, Мещеряков, 2023]. В районах, акватории которых подвержены большему антропогенному прессу и характеризуются более интенсивной эвтрофикацией (губы Ваенга и Белокаменная, Абрам-мыс), поселения *M. arenaria* находятся в угнетённом состоянии, их количественные показатели имеют низкие значения. В районах с меньшей антропогенной нагрузкой (губы Ретинская и Хлебная) скопления имеют более высокую плотность и биомассу. А присутствие мии в южной части Кольского залива может быть связано не только с влиянием климатических изменений, но и с улучшением качества вод, а также со снижением антропогенного пресса.

Кольский залив отнесён к умеренно загрязнённым участкам морской акватории на мурманском побережье Баренцева моря [Информационный бюллетень, 2012]. Современный уровень фонового загрязнения вод и особенно донных осадков Кольского залива ещё достаточно высок, однако фиксируемое с 1980-х гг. постепенное снижение, несомненно, ведёт к улучшению состояния донной фауны [Павлова и др., 2019]. По данным ежегодного мониторинга ГОИН [2021], качество вод в районе водопоста в торговом порту города Мурманска в 2021 г. значительно улучшилось. Индекс загрязнённости вод (ИЗВ = 0,70) снизился до II класса («чистые»). В 2018–2020 гг. ИЗВ составлял 0,93–1,13 и относился к III классу («умеренно загрязнённые»). Содержание фосфатов в 2021 г. сократилось в среднем в 1,5 раза по сравнению с таковым в предыдущем году. Приоритетными загрязняющими веществами остаются нефтяные углеводороды, медь и железо. Концентрация нефтяных углеводородов в 2021 г. впервые была ниже уровня ПДК и составила 0,034 мг·дм⁻³. Максимальное значение зафиксировано в мае — 1,3 ПДК. Средняя концентрация меди стала меньше и немного превысила норму (5,2 мкг·дм⁻³). Среднегодовое содержание железа также стало ниже прошлогоднего, значение составило 0,46 ПДК. Концентрация кислорода в поверхностном слое вод в районе водопоста города Мурманска (станция отбора воды, наиболее близкая к южной границе распространения моллюсков в заливе) уменьшилась: среднегодовое содержание составило 9,3 мг О₂·дм⁻³ против 11,8 мг О₂·дм⁻³ в 2020 г.

Выводы. Получена новая информация о распространении двустворчатого моллюска *Mya arenaria* на литорали Кольского залива Баренцева моря. Впервые за период исследований залива (1921–2021 гг.) моллюски обнаружены в его эстуарной части, на литорали у мыса Еловый, что является, по-видимому, откликом на климатические изменения, происходящие в Арктическом регионе, и свидетельствует о формировании благоприятных условий обитания в районах,

ранее непригодных для этого. Наиболее крупное поселение мии расположено на юго-восточном берегу среднего колена залива в биотопе заиленного мелкого песка губы Хлебная. Южной границей распространения вида в Кольском заливе определён участок литорали западного берега около мыса Еловый (устье реки Тулома). Распространение моллюсков, вероятнее всего, определяется гидрологическими особенностями Кольского залива (интенсивностью движения водных масс в губах и заливах, циклоническим перемещением водных масс в южном колене и степенью заиления и эвтрофикации исследованных районов). Полученные данные о биологии и распространении двустворчатого моллюска *M. arenaria* в Кольском заливе Баренцева моря в дальнейшем послужат базой для мониторинга возможных изменений, вызванных антропогенным воздействием или климатическими флуктуациями.

Работа выполнена в рамках темы НИР ММБИ РАН № 9-22-01 (1.6.16) «Донные биоценозы Баренцева моря, его водосборного бассейна и сопредельных вод в современных условиях», № гос. регистрации 122020900044-2 (FMEE-2022-0001).

Благодарность. Выражаю большую благодарность сотрудникам ММБИ РАН к. б. н. М. М. Куклиной за помощь в работе над статьёй и к. б. н. Т. И. Широколовой за консультацию и помощь в поиске литературы по гидрологии Кольского залива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Анциферова А. Р., Давыдов А. А. Современные климатические изменения // *Кольский залив: освоение и рациональное природопользование* / отв. ред. Г. Г. Матишов. Москва : Наука, 2009. С. 13–20. [Antsiferova A. R., Davydov A. A. Sovremennye klimaticheskie izmeneniya. In: *Kol'skii zaliv: osvoenie i ratsional'noe prirodopol'zovanie* / G. G. Matishov (Ed.). Moscow : Nauka, 2009, pp. 13–20. (in Russ.)]
2. Бергер В. Я. *Адаптации морских моллюсков к изменениям солёности среды*. Ленинград : Наука, Ленингр. отд-ние, 1986. 216 с. (Исследование фауны морей ; т. 32 (40)). [Berger V. Ya. *Adaptations of Marine Molluscs to Environmental Salinity Changes*. Leningrad : Nauka, Leningr. otd-nie, 1986, 216 p. (Explorations of the Fauna of the Sea ; vol. 32 (40)). (in Russ.)]
3. *Берега* / П. А. Каплин, О. К. Леонтьев, С. А. Лукьянова, Л. Г. Никифоров. Москва : Мысль, 1991. 479 с. (Природа мира). [Berega / P. A. Kaplin, O. K. Leont'ev, S. A. Luk'yanova, L. G. Nikiforov. Moscow : Mysl', 1991, 479 p. (Priroda mira). (in Russ.)]
4. Бескупская Т. И. Питание некоторых массовых литоральных беспозвоночных Белого моря // *Труды Кандалакшского государственного заповедника*. 1963. Вып. 4. С. 135–158. [Beskupskaia T. I. Pitaniye nekotorykh massovykh litoral'nykh bespozvonochnykh Belogo morya. *Trudy Kandalakshskogo gosudarstvennogo zapovednika*, 1963, iss. 4, pp. 135–158. (in Russ.)]
5. Голиков А. Н., Скарлато О. А., Максимович Н. В., Матвеева Т. А., Федяков В. В. Фауна и экология раковинных моллюсков губы Чупа Белого моря // *Биоценозы губы Чупа Белого моря и их сезонная динамика*. Ленинград : Наука, Ленингр. отд-ние, 1985. С. 185–229. (Исследования фауны морей ; т. 31 (39)). [Golikov A. N., Skarlato O. A., Maksimovich N. V., Matveeva T. A., Fedyaev V. V. Composition and ecology of shell-bearing molluscs of the Chupa inlet (White Sea). In: *Biocenoses of the Chupa Inlet of the White Sea and Their Seasonal Dynamics*. Leningrad : Nauka, Leningr. otd-nie, 1985, pp. 185–229. (Explorations of the Fauna of the Sea ; vol. 31 (39)). (in Russ.)]
6. Гудимов А. В., Фролов А. А. Литоральные донные сообщества эстуария р. Тулома и кута залива // *Кольский залив: океанография, биология, экосистемы, поллютанты*. Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 1997. С. 123–133. [Gudimov A. V., Frolov A. A. Litoral'nye donnye soobshchestva estuariya r. Tuloma i kuta zaliva. In: *Kol'skii zaliv: okeanografiya, biologiya, ekosistemy, pollyutanty*. Apatity : Izd-vo KNTs RAN, 1997, pp. 123–133. (in Russ.)]
7. Гурьянова Е. Ф., Закс И. Г., Ушаков П. В. Литораль Кольского залива. Часть II // *Труды Ленинградского общества естествоиспытателей*.

1929. Т. 59, вып. 2. С. 17–107. [Gur'yanova E. F., Zaks I. G., Ushakov P. V. Litoral' Kol'skogo zaliva. Chast' II. *Trudy Leningradskogo obshchestva estestvoispytatelei*, 1929, vol. 59, iss. 2, pp. 17–107. (in Russ.)]
8. Давыдов А. А. Изменения температуры воздуха на Кольском полуострове и ледовитости Баренцева моря во второй половине XX века // *Вековые изменения морских экосистем Арктики. Климат, морской перигляциал, биопродуктивность*. Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 2001. С. 291–297. [Davydov A. A. Izmeneniya temperatury vozdukhа na Kol'skom poluostrove i ledovitosti Barentseva moryа vo vtoroi polovine XX veka. In: *Vekovye izmeneniya morskikh ekosistem Arktiki. Klimat, morskoi periglyatsial, bioproduktivnost'*. Apatity : Izd-vo KNTs RAN, 2001, pp. 291–297. (in Russ.)]
 9. Дерюгин К. М. *Фауна Кольского залива и условия её существования*. Петроград : Типография Императорской академии наук, 1915. 929 с. (Записки Императорской академии наук. Сер. 8. 1915. Т. 34, № 1). [Deryugin K. M. *Fauna Kol'skogo zaliva i usloviya ee sushchestvovaniya*. Petrograd : Tipografiya Imperatorskoi akademii nauk, 1915, 929 p. (Zapiski Imperatorskoi akademii nauk, ser. 8, 1915, vol. 34, no. 1). (in Russ.)]
 10. Дженюк С. Л., Коротков С. В., Савельев С. П. Динамика вод // *Кольский залив: океанография, биология, экосистемы, поллютанты*. Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 1997. Гл. 3.2. С. 59–67. [Dzhenyuk S. L., Korotkov S. V., Savel'ev S. P. Dinamika vod. In: *Kol'skii zaliv: okeanografiya, biologiya, ekosistemy, pollyutanty*. Apatity : Izd-vo KNTs RAN, 1997, chap. 3.2, pp. 59–67. (in Russ.)]
 11. Жилина И. Ю. Потепление в Арктике: возможности и риски // *Экономические и социальные проблемы России*. 2021. № 1 (45). С. 66–87. [Zhilina I. Yu. Warming in the Arctic: Opportunities and risks. *Ekonomicheskie i sotsial'nye problemy Rossii*, 2021, no. 1 (45), pp. 66–87. (in Russ.)]. <https://doi.org/10.31249/espr/2021.01.04>
 12. Золотницкий А. П., Сытник Н. А. Характеристика аллометрического роста песчаной ракушки мии (*Mya arenaria* Linnaeus, 1758) Южной части Азовского моря // *Водные биоресурсы и среда обитания*. 2020. Т. 3, № 3. С. 56–66. [Zolotnitskiy A. P., Sytnik N. A. Characterization of the allometric growth of soft-shell clam (*Mya arenaria* Linnaeus, 1758) in the southern Azov Sea. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya*, 2020, vol. 3, no. 3, pp. 56–66. (in Russ.)]. https://doi.org/10.47921/2619-1024_2020_3_3_56
 13. Иванов Д. А., Синегуб И. А. Трансформация биоценозов Керченского пролива после вселения хищного моллюска *Rapana thomasiаna* и двустворчатых *Mya arenaria* и *Cunearca cornea* // *Современные проблемы экологии Азово-Черноморского региона : материалы III Международной конференции* (Керчь, 10–11 октября 2007 г.). Керчь : Изд-во ЮГНИРО, 2007. С. 45–51. [Ivanov D. A., Sinegub I. A. Transformation of the Kerch Strait biocenoses after invasion of predatory mollusc *Rapana thomasiаna* and bivalves *Mya arenaria* and *Cunearca cornea*. In: *Current Problems of the Azov–Black Sea Region Ecology : materials of the III International Conference* (Kerch, 10–11 October, 2007). Kerch : YugNIRO Publishers', 2007, pp. 45–51. (in Russ.)]
 14. *Информационный бюллетень о состоянии геологической среды прибрежно-шельфовых зон Баренцева, Белого и Балтийского морей в 2012 г.* Санкт-Петербург : Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2013. 111 с. [*Informatsionnyi byulleten' o sostoyanii geologicheskoi sredy pribrezhno-shel'fovyykh zon Barentseva, Belogo i Baltiiskogo morei v 2012 g.* Saint Petersburg : Kartografi-cheskaya fabrika VSEGEI, 2013, 111 p. (in Russ.)]
 15. *Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2021*. Москва : Наука, 2022. С. 115–123. [*Kachestvo morskikh vod po gidrokhimicheskim pokazatelyam. Ezhegodnik 2021*. Moscow : Nauka, 2022, pp. 115–123. (in Russ.)]
 16. *Кольский залив: океанография, биология, экосистемы, поллютанты*. Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 1997. 256 с. [*Kol'skii zaliv: okeanografiya, biologiya, ekosistemy, pollyutanty*. Apatity : Izd-vo KNTs RAN, 1997, 256 p. (in Russ.)]
 17. *Кольский залив: освоение и рациональное природопользование* / отв. ред. Г. Г. Матишов. Москва : Наука, 2009. 381 с. [*Kol'skii zaliv: osvoenie i ratsional'noe prirodopol'zovanie* / G. G. Matishov (Ed.). Moscow : Nauka, 2009, 381 p. (in Russ.)]

18. Кравец П. П. Состояние поселений *Mytilus edulis* L. Мурманского побережья Баренцева моря // *Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета*. 2012. Т. 15, № 3. С. 526–532. [Kravets P. P. Sostoyanie poselenii *Mytilus edulis* L. Murmanskogo poberezh'ya Barentseva morya. *Vestnik MGTU. Trudy Murmanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2012, vol. 15, no. 3, pp. 526–532. (in Russ.)]
19. Любина О. С., Ахметчина О. Ю., Фролова Е. А., Фролов А. А., Дикаева Д. Р., Гарбуль Е. А. Зообентос литорали и sublиторали. Количественное распределение, пространственно-временная изменчивость // *Кольский залив: освоение и рациональное природопользование* / отв. ред. Г. Г. Матишов. Москва : Наука, 2009. С. 161–182. [Lyubina O. S., Akhmetchina O. Yu., Frolova E. A., Frolov A. A., Dikaeva D. R., Garbul E. A. Zoobentos litorali i sublitorali. Kolichestvennoe raspredelenie, prostranstvenno-vremennaya izmenchivost'. In: *Kol'skii zaliv: osvoenie i ratsional'noe prirodopol'zovanie* / G. G. Matishov (Ed.). Moscow : Nauka, 2009, pp. 161–182. (in Russ.)]
20. Макаревич П. Р., Ларионов В. В., Дружкова Е. И. Динамика фитопланктона в эстуарных областях северных морей в период полярной ночи // *Альгология*. 2004. Т. 14, № 2. С. 137–142. [Makarevich P. R., Larionov V. V., Druzhkova E. I. Phytoplankton dynamics in estuary areas of northern seas in the polar night period. *Al'gologiya*, 2004, vol. 14, no. 2, pp. 137–142. (in Russ.)]
21. Максимович Н. В. *О закономерностях организации популяций морских двустворчатых моллюсков* : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 00.03.18. Санкт-Петербург, 2004. 48 с. [Maksimovich N. V. *O zakonomernostyakh organizatsii populyatsii morskikh dvustvorchatykh molluskov* : avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk : 00.03.18. Saint Petersburg, 2004, 48 p.]
22. Максимович Н. В. Особенности экологии и биоэнергетические свойства популяций *Mya arenaria* L. (Bivalvia) в губе Чупа // *Вестник Ленинградского государственного университета. Серия 3: Биология*. 1978. № 21. С. 28–36. [Maksimovich N. V. Osobennosti ekologii i bioenergeticheskie svoystva populyatsii *Mya arenaria* L. (Bivalvia) v gube Chupa. *Vestnik Leningradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 3: Biologiya*. 1978. № 21. С. 28–36. (in Russ.)]
23. Малавенда С. С., Малавенда С. В. Черты деградации в фитоценозах южного и среднего колен Кольского залива Баренцева моря // *Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета*. 2012. Т. 15, № 4. С. 794–802. [Malavenda S. S., Malavenda S. V. Cherty degradatsii v fitotsenozakh yuzhnogo i srednego kolen Kol'skogo zaliva Barentseva morya. *Vestnik MGTU. Trudy Murmanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2012, vol. 15, no. 4, pp. 794–802. (in Russ.)]
24. Матишов Г. Г., Дженюк С. Л., Жичкин А. П., Моисеев Д. В. Экосистемы арктического шельфа в условиях современных климатических изменений // *Состояние арктических морей и территорий в условиях изменения климата* : сборник тезисов Всероссийской конференции с международным участием / сост. С. В. Рябченко ; Северный Арктический федеральный университет имени М. В. Ломоносова. Архангельск : ИД САФУ, 2014. С. 86–87. [Matishov G. G., Dzhenyuk S. L., Zhichkin A. P., Moiseev D. V. Ekosistemy arkticheskogo shel'fa v usloviyakh sovremennykh klimaticheskikh izmenenii. In: *Sostoyanie arkticheskikh morei i territorii v usloviyakh izmeneniya klimata* : sbornik tezisov Vserossiiskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem / S. V. Ryabchenko (Contr.) ; Severnyi Arkticheskii federal'nyi universitet imeni M. V. Lomonosova. Arkhangelsk : ID SAFU, 2014, pp. 86–87. (in Russ.)]
25. *Методы изучения двустворчатых моллюсков* / под ред. Г. Л. Шкорбатова, Я. И. Старобогатова. Ленинград : Зоологический институт, 1990. 208 с. (Труды Зоологического института АН СССР ; т. 219). [Metody izucheniya dvustvorchatykh molluskov / G. L. Shkorbatov, Ya. I. Starobogatov (Eds). Leningrad : Zoologicheskii institut, 1990, 208 p. (Trudy Zoologicheskogo instituta AN SSSR ; vol. 219). (in Russ.)]
26. Митяев М. В., Герасимова М. В. Взвешенное вещество в южном и среднем коленах залива // *Кольский залив: освоение и рациональное природопользование* / отв. ред. Г. Г. Матишов. Москва : Наука, 2009. С. 52–55. [Mityaev M. V., Gerasimova M. V. Vzveshennoe veshchestvo v yuzhnom i srednem kolenakh zaliva. In: *Kol'skii*

- zaliv: osvoenie i ratsional'noe prirodopol'zovanie* / G. G. Matishov (Ed.). Moscow : Nauka, 2009, pp. 52–55. (in Russ.)
27. Наумов А. Д. *Двустворчатые моллюски Белого моря. Опыт эколого-фаунистического анализа*. Санкт-Петербург : Зоол. ин-т РАН, 2006. 351 с. (Исследования фауны морей ; т. 59 (67)). [Naumov A. D. *Clams of the White Sea. Ecological and Faunistic Analysis*. Saint Petersburg : Zool. in-t RAN, 2006, 351 p. (Explorations of the Fauna of the Sea ; vol. 59 (67)). (in Russ.)]
 28. Нерсесов Б. А., Римский-Корсаков Н. А. Результаты экологических исследований российских арктических морей // *Российская Арктика*. 2021. № 2 (13). С. 14–25. [Nersesov B. A., Rimsky-Korsakov N. A. Results of ecological studies of the Russian Arctic sea. *Rossiiskaya Arktika*, 2021, no. 2 (13), pp. 14–25. (in Russ.)]
 29. Павлова Л. В., Ахметчина О. Ю., Гарбуль Е. А., Дикаева Д. Р., Зимина О. Л., Носкович А. Э., Фролов А. А., Фролова Е. А. Современное состояние зообентоса сублиторали Кольского залива (Баренцево море) // *Труды Кольского научного центра РАН*. 2019. Т. 10, № 3–6. С. 35–75. [Pavlova L. V., Akhmetchina O. Yu., Garbul E. A., Dikaeva D. R., Zimina O. L., Noskovich A. E., Frolov A. A., Frolova E. A. The new data on the benthos condition of the Kola Bay (Barents Sea). *Trudy Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN*, 2019, vol. 10, no. 3–6, pp. 35–75. (in Russ.)]. <https://doi.org/10.25702/KSC.2307-5252.2019.10.3.35-75>
 30. Пономарев В. И., Каплуненко Д. Д., Крохин В. В. Тенденции изменений климата во второй половине XX века в Северо-Восточной Азии, на Аляске и северо-западе Тихого океана // *Метеорология и гидрология*. 2005. № 2. С. 15–26. [Ponomarev V. I., Kaplunenko D. D., Krokhin V. V. Tendentsii izmenenii klimata vo vtoroi polovine XX veka v Severo-Vostochnoi Azii, na Alyaske i severo-zapade Tikhogo okeana. *Meteorologiya i gidrologiya*, 2005, no. 2, pp. 15–26. (in Russ.)]
 31. Савикин А. И. Новые данные о распространении *Mya arenaria* Linnaeus, 1758 в Таганрогском заливе Азовского моря // *Наука Юга России*. 2020. Т. 16, № 4. С. 84–87. [Savikin A. I. New data on the distribution of *Mya arenaria* Linnaeus, 1758 in the Taganrog Bay of the Sea of Azov. *Nauka Yuga Rossii*, 2020, vol. 16, no. 4, pp. 84–87. (in Russ.)]. <https://doi.org/10.7868/S25000640200409>
 32. Савчук М. Я. Распространение и некоторые особенности биологии двустворчатого моллюска *Mya arenaria* L. в прибрежном мелководье северо-западной части Чёрного моря и в лиманах // *Океанология*. 1970. Т. 10, вып. 3. С. 521–528. [Savchuk M. Ya. Distribution and some peculiarities of the bivalved mollusc *Mya arenaria* L. in the coastal shallow water of the northwestern Black Sea and in limans. *Okeanologiya*, 1970, vol. 10, iss. 3, pp. 521–528. (in Russ.)]
 33. Свешников В. А. Биоценотипические связи и условия существования некоторых кормовых беспозвоночных инфавны литорали Кандалакшского залива Белого моря // *Труды Кандалакшского государственного заповедника*. 1963. Вып. 4. С. 114–134. [Sveshnikov V. A. Biotsenotipicheskie svyazi i usloviya sushchestvovaniya nekotorykh kormovoykh bespozvonochnykh infauny litoral'noy Kandalakshskogo zaliva Belogo morya. *Trudy Kandalakshskogo gosudarstvennogo zapovednika*, 1963, iss. 4, pp. 114–134. (in Russ.)]
 34. Смолькова О. В., Мещеряков Н. И. Двустворчатый моллюск *Mya arenaria* Linnaeus, 1758 (Myidae) на мелководных участках губ Зеленецкая и Ярнышная Баренцева моря: особенности аллометрического роста // *Зоологический журнал*. 2023. Т. 102, № 2. С. 141–152. [Smolkova O. V., Meshcheryakov N. I. The soft-shell clam, *Mya arenaria* Linnaeus, 1758 (Myidae), in the shallow waters of Zelenetskaya and Yarnyshnaya inlets of the Barents Sea: Allometric growth. *Zoologicheskii zhurnal*, 2023, vol. 102, no. 2, pp. 141–152. (in Russ.)]. <https://doi.org/10.31857/S0044513423010099>
 35. Смолькова О. В. *Биология двустворчатого моллюска *Mya arenaria* в экосистемах литорали Белого моря* : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.04. Петрозаводск, 2012. 20 с. [Smolkova O. V. *Biologiya dvustvorchatogo mollyuska Mya arenaria v ekosistemakh litoral'noy Belogo morya* : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk : 03.02.04. Petrozavodsk, 2012, 20 p. (in Russ.)]
 36. Стишов М. С., Липка О. Н., Постнова А. И., Кокорин А. О., Суткайтис О. К., Никифоров В. В., Элиас В. В., Шварц Е. А., Жбанова П. И., Краснопольский В. Г., Згуровский К. А., Уваров С. А. Воздействие

- изменений климата и антропогенной нагрузки на экосистемы острова Вайгач // *Вестник Пермского университета. Серия: Биология*. 2013. № 2. С. 53–58. [Stishov M. S., Lipka O. N., Postnova A. I., Kokorin A. O., Sutkaitis O. K., Nikiforov V. V., Elias V. V., Shvarts E. A., Zhdanova P. I., Krasnopolsky V. G., Zgurovsky K. A., Uvarov S. A. Impacts of climate changes and anthropogenic pressures on Vaigach Island ecosystems. *Vestnik Permskogo universiteta. Seriya: Biologiya*, 2013, no. 2, pp. 53–58. (in Russ.)]
37. Федяков В. В. *Закономерности распределения моллюсков Белого моря*. Ленинград : Зоологический институт АН СССР, 1986. 125 с. [Fedyakov V. V. *White Sea's Molluscs. Objective Laws of Distribution*. Leningrad : Zoologicheskii institut AN SSSR, 1986, 125 p. (in Russ.)]
 38. Фролов А. А. Двустворчатые моллюски верхней сублиторали среднего и южного колена залива // *Кольский залив: освоение и рациональное природопользование* / отв. ред. Г. Г. Матишов. Москва : Наука, 2009. С. 182–202. [Frolov A. A. Dvustvorchatye molluski verkhnei sublitorali srednego i yuzhnogo kolena zaliva. In: *Kol'skii zaliv: osvoenie i ratsional'noe prirodopol'zovanie* / G. G. Matishov (Ed.). Moscow : Nauka, 2009, pp. 182–202. (in Russ.)]
 39. Хлебович В. В., Станкявичюс А. Б. Пределы ступенчатой адаптации *Macoma balthica*, *Mytilus edulis* и *Mya arenaria* из восточной части Балтийского моря // *Моллюски. Основные результаты их изучения* : авторефераты докладов. Ленинград : Наука, Ленингр. отд-ние, 1979. С. 42–43. (АН СССР, Зоологический институт ; Шестое совещание по изучению моллюсков. Научный совет по проблеме «Биологические основы освоения, реконструкции и охраны животного мира» ; сб. 6). [Khlebovich V. V., Stankyavichyus A. B. Predely stupenchatoi adaptatsii *Macoma balthica*, *Mytilus edulis* i *Mya arenaria* iz vostochnoi chasti Baltiiskogo morya. In: *Mollyuski. Osnovnye rezul'taty ikh izucheniya* : avtoreferaty докладov. Leningrad : Nauka, Leningr. otd-nie, 1979, pp. 42–43. (AN SSSR, Zoologicheskii institut ; Shestoe soveshchanie po izucheniyu molluskov. Nauchnyi sovet po probleme “Biologicheskie osnovy osvoeniya, rekonstruktsii i okhrany zhitvnogo mira” ; sb. 6). (in Russ.)]
 40. Якименко Л. В., Иваненко Н. В. Арктическое природопользование: новая парадигма // *Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса*. 2021. Т. 13, № 2. С. 109–119. [Yakimenko L. V., Ivanenko N. V. Arctic nature management. A new paradigm. *Territoriya novykh vozmozhnostei. Vestnik Vladivostokskogo gosudarstvennogo universiteta ekonomiki i servisa*, 2021, vol. 13, no. 2, pp. 109–119. (in Russ.)]. <https://doi.org/10.24866/VVSU/2073-3984/2021-2/109-119>
 41. Beal B. F. Adding value to live, commercial size soft-shell clams (*Mya arenaria* L.) in Maine, USA: Results from repeated, small-scale, field impoundment trials. *Aquaculture*, 2002, vol. 210, iss. 1–4, pp. 119–135. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00016-9](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00016-9)
 42. Brousseau D. J. Analysis of growth rate in *Mya arenaria* using the von Bertalanffy equation. *Marine Biology*, 1979, vol. 51, iss. 3, pp. 221–227. <https://doi.org/10.1007/BF00386801>
 43. Cardoso J. F. M. F., Witte J. I., van der Veer H. W. Differential reproductive strategies of two bivalves in the Dutch Wadden Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2009, vol. 84, iss. 1, pp. 37–44. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2009.05.026>
 44. Carlton G. T. Introduced marine and estuarine mollusks of North America: An end-of-the-20th-century perspective. *Journal of Shellfish Research*, 1992, vol. 11, no. 2, pp. 489–505.
 45. Connell L. B., MacQuarrie S. P., Twarog B. M., Iszard M., Bricelj V. M. Population differences in nerve resistance to paralytic shellfish toxins in softshell clam, *Mya arenaria*, associated with sodium channel mutations. *Marine Biology*, 2007, vol. 150, iss. 6, pp. 1227–1236. <https://doi.org/10.1007/s00227-006-0432-z>
 46. Emerson C. W., Grant J. The control of soft-shell clam (*Mya arenaria*) recruitment on intertidal sandflats by bedload sediment transport. *Limnology and Oceanography*, 1991, vol. 36, iss. 7, pp. 1288–1300. <https://doi.org/10.4319/lo.1991.36.7.1288>
 47. Forster S., Zettler M. L. The capacity of the filter-feeding bivalve *Mya arenaria* L. to affect water transport in sandy beds. *Marine Biology*, 2004, vol. 144, iss. 6, pp. 1183–1189. <https://doi.org/10.1007/s00227-003-1278-2>

48. Gerasimova A. V., Martynov F. M., Filipova N. A., Maximovich N. V. Growth of *Mya arenaria* L. at the northern edge of the range: Heterogeneity of soft-shell clam growth characteristics in the White Sea. *Helgoland Marine Research*, 2016, vol. 70, art. no. 6 (14 p.). <https://doi.org/10.1186/s10152-016-0457-8>
49. *Global Invasive Species Database (GISD)*. Species profile: *Mya arenaria*. URL: <https://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=1159> [accessed: 19.03.2023].
50. Haskin H. H. Age determination in molluscs. *Transactions of the New York Academy of Sciences*, 1954, vol. 6, iss. 6, ser. II, pp. 300–304. <https://doi.org/10.1111/j.2164-0947.1954.tb00390.x>
51. Kube J. Spatial and temporal variations in the population structure of the soft-shell clam *Mya arenaria* in the Pomeranian Bay (southern Baltic Sea). *Journal of Sea Research*, 1996, vol. 35, iss. 4, pp. 335–344. [https://doi.org/10.1016/S1385-1101\(96\)90760-1](https://doi.org/10.1016/S1385-1101(96)90760-1)
52. Loo L.-O., Rosenberg R. Production and energy budget in marine suspension feeding populations: *Mytilus edulis*, *Cerastoderma edule*, *Mya arenaria* and *Amphiura filiformis*. *Journal of Sea Research*, 1996, vol. 35, iss. 1–3, pp. 199–207. [https://doi.org/10.1016/S1385-1101\(96\)90747-9](https://doi.org/10.1016/S1385-1101(96)90747-9)
53. Marshall S., Elliott M. A comparison of univariate and multivariate numerical and graphical techniques for determining inter- and intraspecific feeding relationships in estuarine fish. *Journal of Fish Biology*, 1997, vol. 51, iss. 3, pp. 526–545. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1997.tb01510.x>
54. Munch-Petersen S. An investigation of a population of the soft clam (*Mya arenaria* L.) in a Danish estuary. *Meddelelser fra Kommissionen for Danmarks Fiskeri -og Havundersøgelser, New Serie*, 1973, bind 7, pp. 47–73.
55. Newcombe C. L. Growth of *Mya arenaria* L. in the Bay of Fundy region. *Canadian Journal of Research*, 1935, vol. 13d, no. 6, pp. 97–137. <https://doi.org/10.1139/cjr35d-009>
56. Newcombe C. L. Validity of concentric rings of *Mya arenaria*, L. for determining age. *Nature*, 1936, vol. 137, pp. 191–192. <https://doi.org/10.1038/137191a0>
57. Piersma T., van Aelst R., Kurk K., Berkhoudt H., Maas L. R. M. A new pressure sensory mechanism for prey detection in birds: The use of principles of seabed dynamics? *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 1998, vol. 265, iss. 1404, pp. 1377–1383. <https://doi.org/10.1098/rspb.1998.0445>
58. Pfitzenmeyer H. T., Drobeck K. G. Benthic survey for populations of soft-shelled clams, *Mya arenaria*, in the lower Potomac River, Maryland. *Chesapeake Science*, 1963, vol. 4, iss. 2, pp. 67–74. <https://doi.org/10.2307/1350824>
59. Pfitzenmeyer H. T., Drobeck K. G. Some factors influencing reburrowing activity of soft-shell clam, *Mya arenaria*. *Chesapeake Science*, 1967, vol. 8, iss. 3, pp. 195–199. <https://doi.org/10.2307/1351384>
60. Roegner C., André C., Lindegarth M., Eckman J. E., Grant J. Transport of recently settled soft-shell clams (*Mya arenaria* L.) in laboratory flume flow. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 1995, vol. 187, iss. 1, pp. 13–26. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(94\)00166-B](https://doi.org/10.1016/0022-0981(94)00166-B)
61. Smolkova O. V. Linear growth and yield of bivalve mollusks *Mya arenaria* Linnaeus, 1758 in the conditions of the littoral of the Barents and White seas. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, vol. 937, art. no. 022078 (10 p.). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/937/2/022078>
62. Strasser M. *Mya arenaria* – an ancient invader of the North Sea coast. *Helgoländer Meeresuntersuchungen*, 1999, vol. 52, no. 3–4, pp. 309–324. <https://doi.org/10.1007/BF02908905>
63. Sutherland T. F., Shepherd P. C. F., Elnor R. W. Predation on meiofaunal and macrofaunal invertebrates by western sandpipers (*Calidris mauri*): Evidence for dual foraging modes. *Marine Biology*, 2000, vol. 137, iss. 5–6, pp. 983–993. <https://doi.org/10.1007/s002270000406>
64. Thumdrup H. M. Beiträge zur Ökologie der Wattenfauna auf experimenteller Grundlage. *Meddelelser fra Kommissionen for Danmarks Fiskeri -og Havundersøgelser. Serie: Fiskeri*, 1935, bind X, nr. 2, pp. 62–65.
65. Zhang J. L., Yurchenko O. V., Lutaenko K. A., Kalachev A. V., Nekhaev I. O., Aguilar R., Zhan Z. F., Ogburn M. B. A tale of two soft-shell clams: An integrative taxonomic analysis confirms *Mya japonica* as a valid species distinct from *Mya arenaria* (Bivalvia:

- Myidae). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 2018, vol. 184, iss. 3, pp. 605–622. <https://doi.org/10.1093/zoolinlean/zlx107>
66. Wheaton F. W., Schaffer G. U., Ingling A. L., Douglass L. W. Physical properties of soft shell clams, *Mya arenaria*. *Aquacultural Engineering*, 2008, vol. 38, iss. 3, pp. 181–188. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2008.03.002>
67. Winther U., Gray J. S. The biology of *Mya arenaria* (Bivalvia) in the eutrophic inner Oslofjord. *Sarsia*, 1985, vol. 70, iss. 1, pp. 1–9. <https://doi.org/10.1080/00364827.1985.10420613>

CURRENT STATE OF THE POPULATION AND FEATURES OF THE DISTRIBUTION OF THE SOFT-SHELL CLAMS *MYA ARENARIA* LINNAEUS, 1758 IN THE KOLA BAY OF THE BARENTS SEA

O. Smolkova

Murmansk Marine Biological Institute of the Russian Academy of Sciences, Murmansk, Russian Federation
E-mail: sm.olj@mail.ru

The soft-shell clam *Mya arenaria* Linnaeus, 1758 is a boreal bivalve. The range of this species covers coastal waters of the Atlantic Ocean, the northeastern Pacific Ocean, and seas of the Arctic Ocean (the Barents and White seas). *M. arenaria* settlements can occupy vast areas along the coasts, where the molluscs form large aggregations and prevail in biomass among representatives of littoral macrozoobenthos. This species can withstand fluctuations in environmental factors and affect detritus formation and sedimentation. The mollusc juveniles inhabiting upper layers of the sediment are an important food object for seabirds and commercial fish species. High tolerance allows considering *M. arenaria* as an indicator of the effect of climate change on the Arctic ecosystem. Obtaining new data on peculiarities of the species biology is necessary to identify general patterns of development of benthic organisms under varying conditions of the marine environment, to understand adaptive characteristics of certain long-lived high-tolerant molluscs, and to assess the effect of environmental factors on them. The investigation of *M. arenaria* biology may be of practical significance as well: this species may become one of promising objects of mariculture in the Arctic region. The paper provides the results of a study of the current state of the soft-shell clam population and features of its distribution in the Kola Bay of the Barents Sea. Material was sampled during MMBI RAS coastal expedition in 2021. Quantitative characteristics and size and age structure of the mollusc settlements were analyzed. *M. arenaria* aggregations were recorded in the intertidal zone of the western and eastern shores of the middle and southern bay areas. The mollusc settlements in the intertidal zone off the Elovyi Cape (the Tuloma River mouth) were found for the first time during the entire period of research in the Kola Bay (1921–2021). The highest abundance was registered in the Khlebnaya Bay (67.1 ind.·m⁻²), and the lowest one was noted in the Belokamennaya Bay (5.0 ind.·m⁻²). There were no abundant aggregations in the intertidal zone off the cape Abram-mys and in the Vayenga Bay. Settlements in the Kola Bay are represented by the soft-shell clams aged 4 to 14 years, with the size varying 17.5 to 91.2 mm. Apparently, *M. arenaria* distribution and quantitative and morphometric characters of its settlements are related to hydrological features of the bay (the intensity of movement of water masses in small bights and cyclonic movement of water masses in the southern bay area). An increase in the mollusc abundance and an expansion of its range may be interpreted as a response to climate change in the Arctic region and an indicator of reduction of anthropogenic load on coastal communities throughout the Kola Bay.

Keywords: *Mya arenaria*, distribution, state of the population, density, biomass, size and age structure, intertidal zone, Kola Bay