
**БИОРАЗНООБРАЗИЕ ЭКОСИСТЕМ
И ЕГО СОХРАНЕНИЕ**

УДК 574.587(265.54)

DOI: [10.21072/eco.2023.25.01](https://doi.org/10.21072/eco.2023.25.01)

**ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ О БИОМОРФНЫХ ОБЪЕКТАХ (ПРЕДПОЛОЖИТЕЛЬНО
«ТРИХОМАХ» НАЗЕМНЫХ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ) В ДОННЫХ ОСАДКАХ
ЗОНЫ ПРИМОРЬЯ (ЯПОНСКОЕ МОРЕ) ***

Сергеева Н. Г., МIRONЮК О. А.

*ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,
г. Севастополь, Российская Федерация,
e-mail: nserg05@mail.ru*

Аннотация: Приведены сведения о морфологическом разнообразии биоморфных объектов или «трихом» наземных сосудистых растений (предположительно), впервые обнаруженных в донных отложениях при изучении мейобентоса шельфовой зоны Приморья (Японское море, диапазон глубин 0.3–86.0 м). Обсуждается морфологическое сходство «трихом» изученной акватории Японского моря с некоторыми проблемными глубоководными морфотипами Чёрного моря. Высказано предположение о возможном значительном вкладе «трихом» в некоторые суммарные химические показатели вертикальных потоков органического вещества в водной толще и в донных осадках этих морей, который в настоящее время еще не оценён.

Ключевые слова: биоморфные объекты, «трихомы», морфология, донные осадки, распределение, Японское море.

Введение

Изучение мейобентоса шельфа Приморья (Японское море, глубины 0.3–86.0 м) неожиданно привело к неординарным результатам. В исследованном диапазоне глубин в донных осадках обнаружены биологические объекты неопределённой систематической принадлежности, при этом некоторые из них морфологически идентичны ранее описанным проблемным морфотипам из глубоководных сероводородных илов континентального шельфа и котловины Чёрного моря [Сергеева, 2000; Сергеева, 2001; Сергеева, 2018; Сергеева, Смирнова, 2019; Sergeeva, 2003; Sergeeva, Smirnova, 2020; Sergeeva, Burkatsky, 2021].

Донные отложения шельфа Японского моря всесторонне изучены (биология, гидрология, химия водных масс и донных осадков, палинология, микропалеонтология, седиментология и др.), результаты исследований представлены в многочисленных публикациях [Белогурова, Масленников, 2016; Павлюк, Преображенская, Тарасова, 2001; Пивкин и др., 2005; Полохин, 2015; Тарасова и др., 2016; Matsuzaki et al., 2021]. Тем не менее авторам данного сообщения не удалось найти в научной литературе упоминаний о подобных объектах в донных осадках не только Японского моря, но и других морей Дальнего Востока России [Сергеева, 2022].

Цель данного сообщения: обратить внимание исследователей на ранее неизвестное присутствие в донных осадках Японского моря биоморфных объектов — (предположительно) «трихом» наземных сосудистых растений; показать разнообразие морфотипов, предоставить краткую морфологическую характеристику некоторых из них; акцентируя внимание на обилии «трихом» и их

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Фундаментальные исследования популяционной биологии морских животных, их морфологического и генетического разнообразия», номер госзадания 121040500247-0.

широком пространственном и батиметрическом распространении в водоёме, показать возможную роль этих биологических объектов в процессах седиментации и круговороте органического вещества в морских экосистемах.

Необходимо заметить, что авторы не ставили задачи на основе морфологических признаков «трихом» идентифицировать наземную растительность до какого-то систематического таксона.

Материалы и методы

Материалом для изучения мейобентоса Приморского шельфа Японского моря послужили сборы донных осадков, полученные в течение 64-го рейса НИС «Академик Опарин» (с 17 июня по 08 июля 2021 г.). Отбор донных осадков выполнен на 17 станциях (34 пробы) в диапазоне глубин 0.3–86.0 м (рис. 1, табл. 1). Для изучения мейобентоса на мелководных станциях колонки донных осадков высотой 5 см водолазы вырезали в двух повторностях трубками площадью 10 см²; на значительных глубинах такие же образцы грунта получали с поверхности монолитов донных отложений, принесённых дночерпателем Ван Вина на борт НИС.

Полученные колонки донных осадков на борту НИС фиксировали 75%-ным спиртом. Предварительная обработка образцов грунта для микроскопического анализа мейобентоса проведена в лаборатории ФИЦ ИнБЮМ (г. Севастополь). Пробы первой серии (17) промывали через геологические сита, верхнее из которых имело диаметр ячеек 1 мм, нижнее — 63 мкм. Для промывания второй серии проб использовано нижнее сито с диаметром ячеек 32 мкм. Как показали данные, использование сит с ячейками 32 и 63 мкм не принесло заметных и достоверных различий в составе мейобентоса.

Полученный сконцентрированный осадок на ситах окрашивали Бенгальским розовым. Идентификация таксономического состава мейофауны до высокого уровня (тип, класс, отряд) и условная классификация встреченных биоморфных объектов в донных осадках, а также учёт их количества выполнены с помощью бинокля МСП-2. Детальный морфологический анализ и измерения этих объектов при увеличении 1000–1300 выполнены с помощью микроскопов Olympus CX41 и Nikon, оснащённым фотокамерой E200, сопряжённой с ПК.

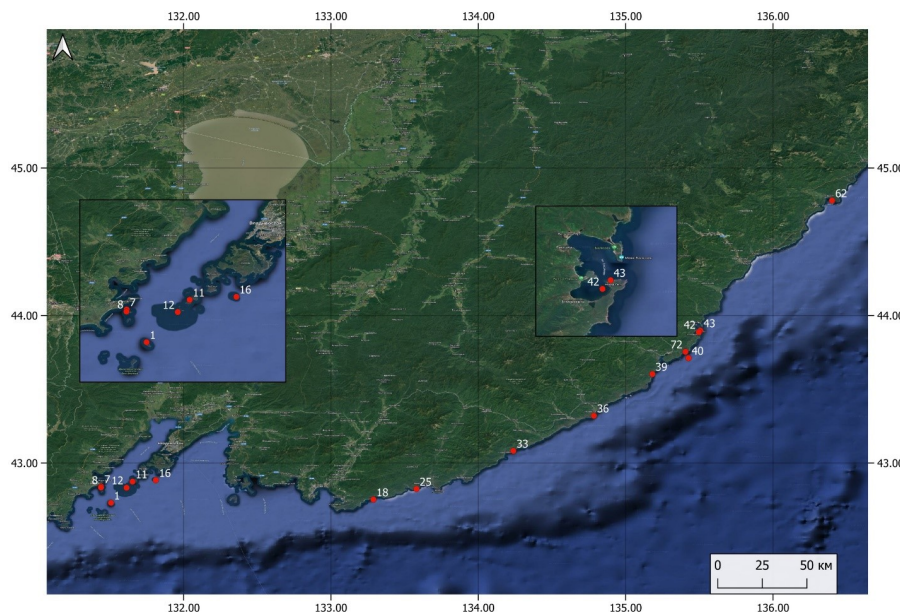


Рис. 1. Станции отбора мейобентоса в 64-м рейсе НИС «Академик Опарин» (с 17 июня по 08 июля 2021 г.)

Таблица 1

Координаты отбора мейобентоса и характеристика донных осадков на станциях (НИС «Академик Опарин», с 17 июня по 08 июля 2021 г.)

Станция	Координаты	Глубина, м	Донные осадки
1	042°43.865' N 131°30.445' E	13	Заиленный мелкозернистый песок
7	042°50.5' N 131°26.4' E	22.1	Пелитовый плотный ил со слюдяными пластинками, на поверхности пушистый детрит
8	042°50.077' N 131°26.355' E	8	Среднезернистый песок, раковины мёртвых фораминифер
11	042°52.471' N 131°39.202' E	6	Плотный ил, песок мелкозернистый
12	042°49.981' N 131°36.779' E	22	Плотный ил, песок мелкозернистый, раковины мёртвых фораминифер, жёлтые кристаллы минералов
16	042°53.065' N 131°48.688' E	10	Мелкая галька, песок среднезернистый
18	042°45.193' N 133°17.302' E	16	Мелкая галька, песок мелкозернистый
25	042°49.50' N 133°34.835' E	9	Плотный пелитовый ил, песок мелкозернистый
33	043°04.971' N 134°14.283' E	10	Крупная галька, песок мелкозернистый
36	043°19.259' N 134°47.081' E	10	Плотный мелкозернистый песок, мёртвые раковины моллюсков и фораминифер
39	043°36.191' N 135°10.897' E	10	Крупная галька, мелкий песок, терригенный детрит
40	043°42.7' N 135°25.6' E	86	Пелитовый ил, песок мелкозернистый с прозрачными кристаллами
42	043°42.7' N 135°25.6' E	24	Чёрный пелитовый ил, детрит растительный, диатомовые
43	043°53.904' N 135°30.401' E	10	Среднезернистый песок, ракуша, прозрачный песок
43А	043°53.904' N 135°30.401' E	0.3	Среднезернистый песок, ракуша, прозрачный песок
62	044°46.77' N 136°24.05' E	23	Плотный пелитовый ил, песок мелкозернистый, слюдяные пластинки
72	043°45.28' N 135°24.38' E	18	Мелкозернистый песок, прозрачный песок

Образцы обнаруженных биоморфных объектов («трихом») в шельфовой зоне Приморья (Японское море) составляют коллекцию Института биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН (Севастополь). Поскольку их видовая идентификация возможна только в будущем, каждому коллекционному объекту присвоен номер с символом «J» («Form 5J» — «Form 11J»), указывающим на то, что данная форма найдена именно в Японском море (Sea of Japan).

Результаты

При изучении мейобентоса вдоль шельфа Приморья в донных осадках постоянно регистрировали в значительных количествах неизвестные для исследованной акватории разнообразные биоморфные объекты (рис. 2, а–ф). Некоторые из них представляют собой одиночные нитевидные структуры, обладающие прозрачной оболочкой и внутренним стержнем (протоплазмой?) с гомогенным или гетерогенным содержимым (рис. 2, а–г; рис. 3, а–ж). Общим для всех таких морф является наличие у них одного конца большего диаметра («базального») по сравнению с апикальным заостренным концом («верхушкой»). Цвет внутреннего стержня объектов, четко отделенного от его прозрачной оболочки, варьирует от оливково-зеленого до интенсивно-коричневого.

Большинство представленных биоморфных объектов сложно устроены: они имеют от двух до восьми лучей однотипной структуры, сочлененных в «базальном» конце. Все лучи этих объектов, так же как одиночные, описанные выше, имеют один конец большего диаметра, другой заостренный. Широкие концы сочленяются друг с другом в одной точке, образуя общую «базальную» структуру. При этом лучи концентрируются в данной точке, но они изолированы друг от друга. Цветность многолучевых и одиночных морфотипов аналогична (рис. 2, 3), если их внутренние стержни лучей заполнены содержимым. В противном случае в лучах наблюдаются локальные скопления коричневых включений или они прозрачны (рис. 2, н–м, ф).

Необходимо отметить, что для района исследования разнообразие этих объектов представлено не менее чем десятью морфотипами и численность их весьма значительна.

На 13 станциях в донных осадках Японского моря обнаружены объекты, подобные некоторым морфотипам, характерным для глубоководных перманентных сероводородных условий на материковых склонах и в котловине Чёрного моря [Сергеева, 2022, рис. 1, 2]. При этом в Японском море не отмечена их приуроченность к экстремальным условиям, определённым глубинам и типу грунта. В процессе настоящих исследований проведён количественный учёт биоморфных объектов Японского моря, только однотипных с черноморскими проблемными морфотипами. Далее, поскольку эти объекты отнесены нами предположительно к «трихомам» наземных сосудистых растений, они будут упоминаться в тексте как трихомы условно определённой формы.

В частности, «трихомы» «Form 5J» и «Form 11J» Японского моря изоморфны черноморским морфотипам «Form 5» и «Form 11» (двух- и четырёхлучевая), что выражается в общности их морфологической структуры и отдельных элементов. Эти биологические объекты на шельфе Японского моря зарегистрированы во всем диапазоне исследованных глубин с достаточным содержанием кислорода как в илистых, так и песчаных грунтах (крупнозернистый песок и гравий). Количественное их развитие в исследованной акватории неравномерно. Суммарная численность только этих «трихом» по станциям варьировала от 6.0 до 80.0 тыс экз./м². Не обнаружены они только на станциях 11, 16, 33 и 36. Можно предположить, что это случайность, а не закономерность.

«Form 5J» — одиночная нитевидная «трихома» длиной 820–880 мкм и более. «Трихома» тонкая, нежная, её базальный край закруглён, апикальный — конический. Оболочка данного объекта гладкая, прозрачная, внутри просматривается четко выраженная стержневая структура (протоплазма?), отделенная от оболочки и заполненная оливково-бурыми или интенсивно-коричневыми включениями, создающими гомогенность или гетерогенность её внутреннего содержимого (рис. 2, а–г; рис. 3, а–ж). Клеточное строение и наличие ядра не просматривается.

«Form 11J» — самый многочисленный и широко распространенный представитель в донных отложениях зоны Приморья. В исследованной акватории зарегистрированы «трихомы», не только подобные черноморским морфотипам «Form 11», несущим два или четыре луча, а также более сложные многолучевые особи (3–8 лучей). На данном этапе изучения мы условно всех их относим к «Form 11J».

Двух- и четырёхлучевые «трихомы» Японского моря, подобные черноморским морфотипам «Form 11», образованы лучами, сочленёнными у «базального» края особи (рис. 2, д–ф; рис. 3, и–н). Размеры 500–1110 мкм и более. Оболочка лучей гладкая, прозрачная. Яркое коричневое содержимое плотно упаковано в базальной части, а в стержневых структурах разных ветвей оно может быть гомогенным и гетерогенным. Необходимо отметить удивительный факт: в заливе Петра Великого, на глубине 13 м, многолучевая трихома служит базибионтом для множества эпибионтных инфузорий (рис. 2, ф–ц).

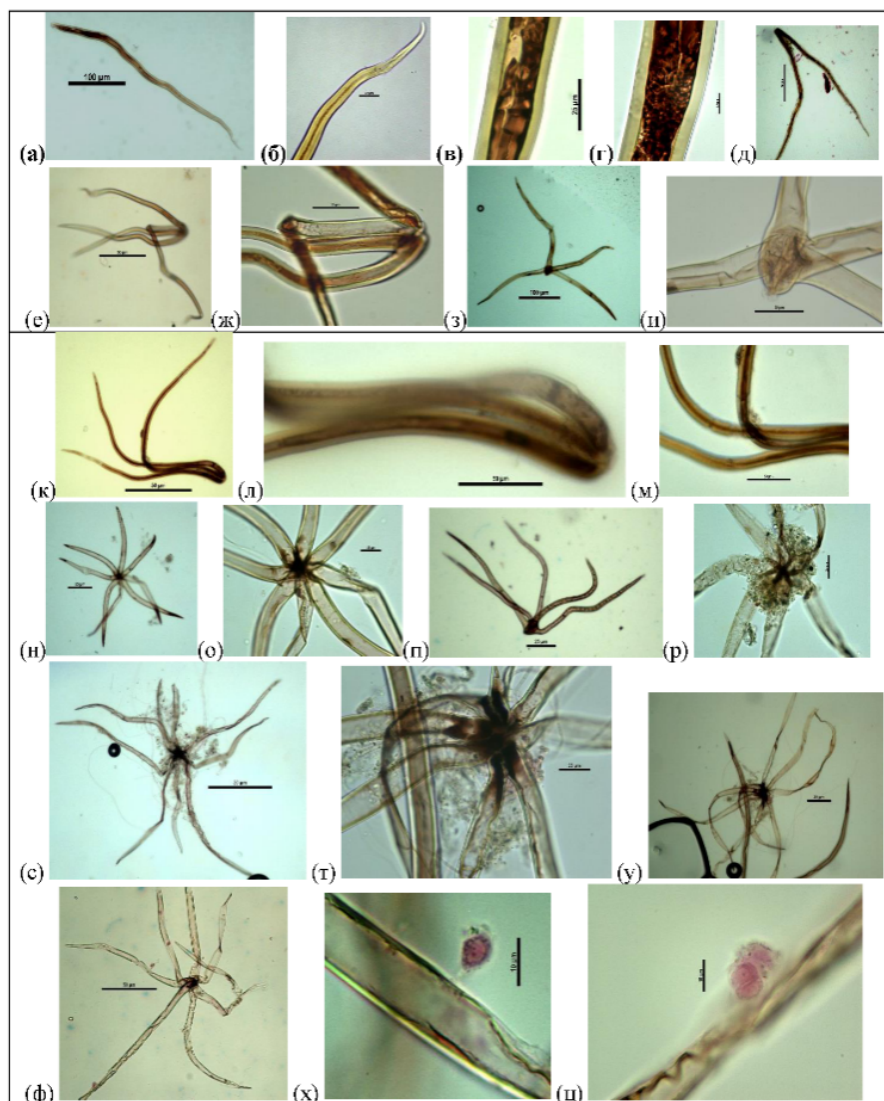


Рис. 2. Разнообразие «трихом» Приморья: а–г — «Form 5J» (ст. 18), а — общий вид, б — «апикальный» конец, в–г — внутренняя структура срединной части; д — «Form 11J» двухлучевая (ст. 72), общий вид; е–ж — «Form 11J» четырёхлучевая (ст. 25), е — общий вид, ж — сочленение лучей в «базальном» конце и его внутренняя структура; з–и — «Form 11J» четырёхлучевая (ст. 18), з — общий вид, и — «базальный» конец; к–м — «Form 11J» трёхлучевая (ст. 62), к — общий вид, л — «базальный» конец, м — средняя часть морфотипа; н–о — многолучевые «Form 11J», н–о — восьмилучевая (ст. 7), н — общий вид, о — сочленение лучей в «базальном» конце; п — пятилучевая (ст. 25), общий вид; р–у — образцы многолучевых морфотипов (ст. 25, 42 и 72); ф–ц — «Form 11J» семилучевая (базибионт) с эпибионтными инфузориями на лучах (ст. 1), ф — общий вид базибионта, х–ц — эпибионты на лучах.

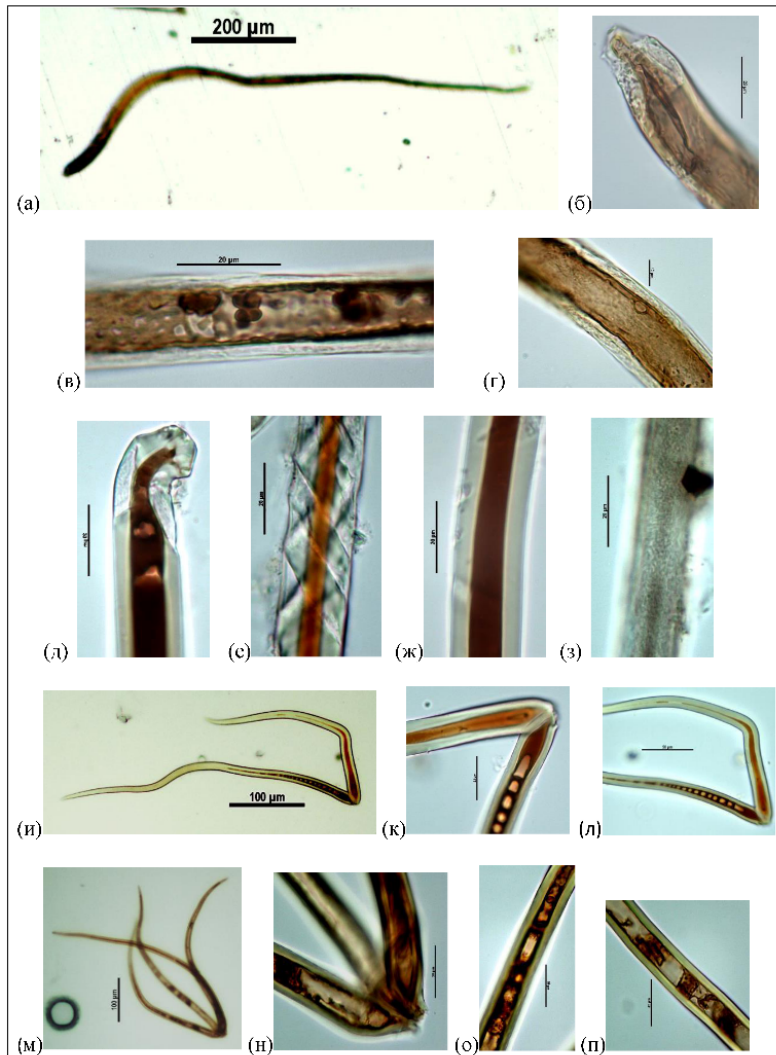


Рис. 3. Примеры трихом Японского моря, аналогичных черноморским морфотипам «Form 5» и «Form 11»: а–г — «Form 5J» (ст. 40), а — общий вид 1-го экземпляра, б — «базальный» конец, в–г — структура оболочки и внутреннее содержимое протоплазмы; д–з — «Form 5J» (ст. 42), д — «базальный» конец 2-го экземпляра, е–з — структура оболочки и стержня протоплазмы; и–л — «Form 11J» двухлучевая (ст. 42), и — общий вид, к–л — структура оболочки и протоплазмы в лучах; м–п — «Form 11J» четырёхлучевая (ст. 42), м — общий вид, н — сочленение ветвей в «базальном» конце, о–п — структура оболочки и протоплазмы лучей в средней части морфотипа

Обсуждение

Природа «трихом» Японского моря, как и неизвестных подобных морфотипов Чёрного моря, требует дальнейшего изучения, но, бесспорно, они не являются отмершими планктонными организмами или их неразложившимися фрагментами, попавшими из пелагиали в донные отложения. Ранее отмеченные в перманентных сероводородных донных отложениях Чёрного моря загадочные и ныне известные науке одноклеточные и многоклеточные организмы [Сергеева, 2000; Сергеева, 2001; Сергеева, 2004; Сергеева, Заика, 2008; Sergeeva et al., 2012; Sergeeva et al., 2014; Sergeeva, Dovgal, 2016], как правило, в научных публикациях принято считать компонентами «дождя трупов». Основанием тому авторы видят в токсичности сероводорода и присутствием ему консервирующим свойством, лимитирующим разложение отмерших организмов *in situ* [Зайцев и др., 2008; Поликарпов, 2012].

Этот путь проникновения («дождь трупов») в сероводородные осадки Чёрного моря ранее неоднократно опровергался полученными современными данными [Сергеева, Заика, 2008; Korovchinsky, Sergeeva, 2008; Sergeeva, 2002; Sergeeva, Zaika, Lichtschlag, 2008; Sergeeva et al., 2014].

О происхождении проблемных глубоководных черноморских «морфотипов» ранее был высказан ряд гипотез [Сергеева, Смирнова, 2019; Sergeeva, Burkatsky, 2021; Sergeeva, Smyrnova, 2020].

Настоящие исследования мейобентоса Японского моря привели авторов к заключению о справедливости недавно [Sergeeva, Burkatsky, 2021] высказанного предположения о том, что проблемные глубоководные «морфотипы» Чёрного моря могут быть элементами наземной растительности, а именно — трихомами. Они не создают впечатления фрагментов отмерших планктонных организмов в верхних горизонтах и со временем опустившихся в батиналь. В пользу этого предположения могут служить данные, полученные ранее [Сергеева, 2000; Sergeeva, 2002] о стратификации морфотипов, сохранивших свою морфологическую структуру в толще колонки грунта (8.5 см) котловины Чёрного моря.

На возможную общность генезиса рассмотренных объектов Японского и Чёрного морей указывает их морфологическая идентичность и размерный спектр. Можно предположить, что в донные осадки Японского моря «трихомы» поступают в составе атмосферных и терригенных аэрозолей с материка.

Поступление «трихом» на поверхность моря возможно в виде микроскопических компонентов в составе атмосферных выпадений, затем они опускаются на глубины. Известно [Smirnova, Riabinin, 2013], что аэрозоли, частицы микронного размера, являются постоянным компонентом приводных и приземных слоёв атмосферы. Они различаются по составу и мигрируют в воздушных потоках в результате атмосферной циркуляции. Морские и терригенные аэрозоли оседают в процессе седиментации или вымываются из атмосферы с дождевыми выпадениями на морском побережье.

Устные сообщения коллег из ННЦМБ ДВО РАН подтверждают, что в прибрежных водах Японского моря (особенно в планктоне) часто встречаются различные волоски наземных растений, которые легко идентифицируются благодаря толстой целлюлозной оболочке. Эти волоски морфологически напоминают различные трихомы наземной высшей растительности Дальнего Востока.

Следует отметить, что недавние (2018–2021 гг.) наши исследования мейобентоса в условиях гипоксии на относительно небольших глубинах (80–150 м) Чёрного моря (район Кавказа) в кооперации с учёными ИО РАН (в рамках гранта РФФИ № 19-45-230012p_a) показали, что рассматриваемые «трихомы» (морфотипы) отмечались там часто и в значительных количествах. Единичные находки были сделаны также в заливе Ласпи (район Крыма), в прибрежной зоне, в местах выхода метана из дна, а также в полости природного черноморского грота (мыс Айя).

Среди «трихом», характерных для шельфа Приморья, отмечено удивительное явление изо-морфизма двух представителей Японского моря, «Form 5J» и «Form 11J», с ранее описанными «Form 5» и «Form 11» из глубоководных донных осадков сероводородной зоны Чёрного моря [Сергеева, 2000; Сергеева, 2001; Сергеева, 2018; Сергеева, 2022; Сергеева, Смирнова, 2019; Sergeeva, Burkatsky, 2021; Sergeeva, Smyrnova, 2020].

В изученной акватории Японского моря все «трихомы», аналогичные черноморским (рис. 3), обнаружены на глубинах, где условия отличны от сероводородной зоны Чёрного моря.

До настоящего времени авторам не удавалось черноморские морфотипы отнести к какому-то определённом систематическому таксону. При микроскопическом анализе этих объектов не выявлены клеточная структура и ядро, размеры их достаточно велики, в то же время

прослеживается сохранение морфологических характеристик в разных регионах Чёрного моря, что позволяет их идентифицировать на уровне определённых «биоморфных» объектов или «морфотипов». При этом можно предположить, что сохранность их морфологических структур на протяжении тысячелетий в глубоководных донных осадках обеспечивает целлюлозная оболочка, которая, как известно, не растворяется в водной среде.

Полученные данные о концентрации «трихом» наземной сосудистой растительности в донных осадках Японского моря, изоморфных глубоководным морфотипам Чёрного моря, дают основания сделать вывод о возможном сходстве их генезиса.

В то же время их широкое распространение в огромном количестве на всём пространстве батиали Чёрного моря и в донных осадках исследованного диапазона глубин Японского моря позволяет предположить неучтённый источник органического вещества «трихом» в вертикальных потоках рассеянного осадочного материала в толще вод и глубоководных донных осадках.

Несомненно, «трихомы» играют в круговороте органического вещества в морских экосистемах значимую роль. Однако доля их вклада в некоторые суммарные химические показатели органического вещества водных масс и донных осадков к настоящему времени не оценена, так как внимание исследователей акцентировано на фитопланктонных, микропалеонтологических и палинологических объектах [Клювиткин и др., 2018].

Удивительно широкое географическое распространение рассмотренных изоморфных «трихом» (морфотипов) пока остаётся загадкой.

Как отмечал Л. П. Лисицын [Лисицын, 1974], «вещественный состав донных осадков определяется их генезисом. В то же время состав и распределение взвеси в морях и океанах тесно связаны с биологией, геохимией, гидрологией, климатологией, общими закономерностями циркуляции водной и воздушной оболочек Земли». На наш взгляд, рассмотренные выше результаты соответствуют данному утверждению Л. П. Лисицына.

Бесспорно, дальнейшие исследования мейобентоса и донных осадков Японского моря, особенно его глубоководной зоны, принесут много интересной и важной информации о разнообразии и обилии этих биоморфных объектов. Использование в будущем различных современных методов анализа предполагает: объективное подтверждение, что рассмотренные объекты являются действительно трихомами наземных растений, определение их систематического положения, описание путей проникновения в донные отложения и вертикального распределения тех или иных форм в толще грунтов на разных глубинах, а также оценку роли трихом в морских экосистемах в качестве маркеров палеоклиматических процессов.

Авторы надеются, что информация, приведенная в данном сообщении, будет интересна специалистам соответствующих научных направлений в изучении Чёрного моря и морей Дальнего Востока при описании седиментационных процессов, расшифровке палеоклиматических изменений, прогнозировании и реконструкции прошлых событий с использованием будущих знаний о видовой принадлежности «трихом» в качестве маркеров.

Благодарности. Авторы глубоко признательны руководству ТИБОХ ДВО РАН за предоставленную возможность выполнить сбор материалов в 64-м рейсе НИС «Академик Опарин» (с 17.06.2021 по 08.07.2021 г.), капитану НИС, коллегам отдела экологии бентоса ФИЦ ИнБЮМ Трофимову С. А. и Литвину Ю. И. за отбор донных осадков, а также всем участникам экспедиции за поддержку этой работы. Слова большой благодарности за ценные советы авторы выражают доктору биологических наук Чернышеву А. В. — сотруднику ННЦМБ ДВО РАН.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм. Настоящая статья не содержит описания каких-либо исследований с использованием людей и животных в качестве объектов.

Список литературы

1. Белогурова Л. С., Масленников С. И. Мейобентос в условиях марикультуры морской капусты *Saccharina japonica* в бухте Рифовая залива Петра Великого (Японское море) // Океанология. – 2016. – Т. 56, № 4. – С. 599–604. – <https://doi.org/10.7868/S0030157416030011>
2. Зайцев Ю. П., Поликарпов Г. Г., Егоров В. Н., Гулин С. Б., Копытина Н. И., Курилов А. В., Нестерова Д. А., Нидзвецкая Л. М., Поликарпов И. Г., Стокозов Н. А., Теплинская Н. Г., Теренко Л. М. Биологическое разнообразие оксифионтов (в виде жизнеспособных спор) и анаэробов в донных осадках сероводородной батиали Черного моря // Доклады Национальной академии наук Украины. – 2008. – № 5. – С. 168–173.
3. Ключиткин А. А., Кравчишина М. Д., Дара О. М., Русанов И. И., Лисицын А. П. Сезонная изменчивость вертикальных потоков рассеянного осадочного вещества в Чёрном море // Доклады Академии наук. – 2018. – Т. 483, № 5. – С. 558–563. – <https://doi.org/10.31857/S086956520003308-1>
4. Лисицын А. П. Осадкообразование в океанах : Количественное распределение осадочного материала. – Москва : Наука, 1974. – 438 с.
5. Павлюк О. Н., Преображенская Т. В., Тарасова Т. С. Межгодовые изменения в структуре сообществ мейобентоса бухты Алексева Японского моря // Биология моря. – 2001. – Т. 27, № 2. – С. 127–132.
6. Пивкин В. М., Худякова Ю. В., Кузнецова Т. А., Сметанина О. Ф., Полохин О. В. Грибы аквапочв прибрежных акваторий Японского моря в южной части Приморского края // Микология и фитопатология. – 2005. – Т. 39, № 6. – С. 50–61.
7. Поликарпов Г. Г. Экстремальная жизнь и создаваемая ею самой себе область жизни в батиали Чёрного моря // Морской экологический журнал. – 2012. – Т. 11, № 3. – С. 5–16.
8. Полохин О. В. Оценка экологического состояния подводных почв бухты Троицы (Японское море) // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 5. – С. 659.
9. Сергеева Н. Г. Биологическое разнообразие в донных осадках сероводородной зоны Чёрного моря: распределение по глубинам, стратификация в толще грунта // Геология Чёрного и Азовского морей / под ред. В. Н. Шнюкова. – Киев : Надра, 2000. – С. 314–331.
10. Сергеева Н. Г. Мейобентос глубинной сероводородной зоны Черного моря // Гидробиологический журнал. – 2001. – Т. 37, № 3. – С. 3–9.
11. Сергеева Н. Г. *Pseudopenilia bathyalis* gen. n., sp. n. (Crustacea, Branchiopoda, Stenopoda) – обитатель сероводородной зоны Чёрного моря // Вестник зоологии. – 2004. – Т. 38, № 3. – С. 37–42.
12. Сергеева Н. Г. Неизвестные донные морфотипы как перспективные объекты палеонтологических исследований батиали Чёрного моря // Фундаментальная и прикладная палеонтология : материалы LXIV сессии Палеонтол. о-ва, 2–6 апр. 2018 г. / РАН, Палеонтол. о-во при РАН, Всерос. науч.-исслед. геол. ин-т им. А. П. Карпинского. – Санкт-Петербург : ВСЕГЕИ, 2018. – С. 155–157.
13. Сергеева Н. Г. Изоморфизм проблемных донных морфотипов Японского моря и глубоководной сероводородной зоны Черного моря // Актуальные проблемы современной палинологии : Материалы XV Всерос. палинол. конф., посвящ. ... М. В. Ошурковой (Москва, 1–3 июня 2022 г.) / Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова [и др.] ; отв. ред. Н. С. Болиховская. – Москва : МГУ [и др.], 2022. – С. 330–335. – https://doi.org/10.54896/9785891188532_2022_71
14. Сергеева Н. Г., Заика В. Е. Ciliophora в сероводородной зоне Черного моря // Морской экологический журнал. – 2008. – Т. 7, № 1. – С. 80–85.

15. Сергеева Н. Г., Смирнова Л. Л. Неизвестные морфотипы в донных осадках сероводородной зоны Чёрного моря: разнообразие, гипотезы их происхождения // Эволюция биосферы с древнейших времен до наших дней / Рос. акад. наук, Палеонтол. ин-т им. А. А. Борисяка. – Москва : ПИН, 2019. – С. 234–242.
16. Тарасова Т. С., Романова А. В., Плетнев С. П., Аннин В. К. Современные комплексы бентосных фораминифер в бухте Житкова (о. Русский) залива Петра Великого Японского моря // Изв. ТИНРО. – 2016. – Т. 184. – С. 158–167.
17. Korovchinsky N. M., Sergeeva N. G. A new family of the order Ctenopoda (Crustacea: Cladocera) from the depths of the Black Sea // Zootaxa. – 2008. – Vol. 1795, no. 1. – P. 57–66. – <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1795.1.4>
18. Matsuzaki K. M., Itaki T., Tada R. and Kamikuri Sh. Paleoceanographic history of the Japan Sea over the last 9.5 million years inferred from radiolarian assemblages (IODP Expedition 346 Sites U1425 and U1430) // Progress in Earth and Planetary Science. – 2018. – Vol. 5. – Art. num. 54. – <https://doi.org/10.1186/s40645-018-0204-7>
19. Sergeeva N. G. Meiobenthos of the profundal hydrosulfuric zone of the Black Sea // Hydrobiological Journal. – 2002. – Vol. 38, iss. 4. – P. 95–102. <https://doi.org/10.1615/hydrobj.v38.i4.100>
20. Sergeeva N. G. Meiobenthos of deep-water anoxic hydrogen sulphide zone of the Black Sea // Proceeding of the «Second International Conference on Oceanography of the Eastern Mediterranean and Black Sea: Similarities and Differences of Two Interconnected Basins», Ankara, Turkey, 14–18 Oct. 2002 / ed. A. Yilmaz. – Ankara : Tübitak Publ., 2003. – P. 880–887.
21. Sergeeva N. G., Burkatsky O. N. Abundance and Distribution of the Problematic morphotypes in the hydrogen sulfide bottom sediments of the North-Eastern Black Sea (Caucasus Region, Russia) // Stratigraphy and sedimentology of oil-gas basins. – 2021. – No. 26. – P. 3–18.
22. Sergeeva N., Dovgal I. *Loricophrya bosporica* n. sp. (Ciliophora, Suctorea) epibiont of *Desmoscolex minutus* (Nematoda, Desmoscolecida) from oxic/anoxic boundary of the Black Sea Istanbul Strait's outlet area // Zootaxa. – 2016. – Vol. 4061, no. 5. – P. 596–600. – <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.4061.5.9>
23. Sergeeva N. G., Gooday A. J., Mazlumyan S. A., Kolesnikova E. A., Lichtschlag A., Revkova T., Anikeeva O. V. Meiobenthos of the oxic/anoxic interface in the Southwestern region of the Black Sea: Abundance and taxonomic composition // Anoxia: Evidence for Eukaryote Survival and Paleontological Strategies / eds.: A. V. Altenbach, J. M. Bernhard, J. Seckbach. – Dordrecht, Netherlands : Springer, 2012. – P. 369–401. – https://doi.org/10.1007/978-94-007-1896-8_20
24. Sergeeva N. G., Mazlumyan S. A., Lichtschlag A., Holtappels M. Benthic protozoa and metazoa living under anoxic and sulfide conditions in the Black Sea: Direct observations of actively moving Ciliophora and Nematoda // International Journal of Marine Science. – 2014. – Vol. 4, iss. 42. – P. 1–11. – <https://doi.org/10.5376/ijms.2014.04.0042>
25. Sergeeva N. G., Smyrnova L. L. Unusual benthic morphotypes, typical for permanent hydrogen sulfide zone of the Black Sea: hypotheses of their origin and perspectives of study // Paleontological Journal. – 2020. – Vol. 54, iss. 8. – P. 889–895. – <https://doi.org/10.1134/S0031030120080158>
26. Sergeeva N. G., Zaika V. E., Lichtschlag A. Preliminary data on the presence of diverse benthic ciliate species in deep anoxic Black Sea // 5th International conference «Environmental Micropalaeontology, Microbiology and Meiobenthology», February 17–25, 2008 : EMMM'2008 / Dep. of Appl. Geology, Univ. of Madras. – India, 2008. – P. 279–282.
27. Smirnova L. L., Riabinin A. I. Microbiological and Elemental Composition of Aerosols Falling on the Crimean Coast of the Black Sea // Paleontological Journal. – 2013. – Vol. 47, iss. 10. – P. 1198–1204. – <https://doi.org/10.1134/S0031030113100109>

FIRST DATA ON BIOMORPHIC OBJECTS (PRESUMABLY «TRICHOMES» OF TERRESTRIAL VASCULAR PLANTS) IN BOTTOM SEDIMENTS PRIMORYE ZONES (SEA OF JAPAN)

Sergeeva N. G., Mironyuk O. A.

*A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation,
e-mail: nserg05@mail.ru*

Abstract: Information is given on the morphological diversity of «trichomes» of terrestrial vascular plants, first discovered during the study of meiobenthos in bottom sediments of the shelf zone of Primorye in the Sea of Japan (depth range 0.3–86.0 m). The morphological similarity of «trichomes» from the studied area of the Sea of Japan with some problematic deep-sea morphotypes of the Black Sea is discussed, which suggests their same genesis. A possible significant contribution of «trichomes» to some of the total chemical indices of vertical fluxes of organic matter in the water column and in bottom sediments has been suggested, which has not yet been estimated.

Keywords: «trichomes», morphology, bottom sediments, distribution, Sea of Japan.

Сведения об авторах

Сергеева доктор биологических наук, главный научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт
Нелли биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», nserg05@mail.ru
Григорьевна

Миронюк младший научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей
Ольга имени А. О. Ковалевского РАН», mironucolga@gmail.com
Андреевна

*Поступила в редакцию 26.12.2022 г.
Принята к публикации 18.04.2023 г.*