

УДК 595.122:594.1

В. В. Куклин, М. М. Куклина

Зараженность мидии съедобной (*Mytilus edulis* L.) личинками трематод в различных районах Мурманского побережья Баренцева моря

Проведено паразитологическое обследование двустворчатых моллюсков *Mytilus edulis* в нескольких районах Мурманского побережья. Установлено, что в мидиях на Мурманском побережье паразитируют метацеркарии трематод из семейств Echinostomatidae и Gymnophallidae, причем первые встречаются практически повсеместно, а заражение вторыми отмечено только для района Айновых островов. Приведены значения количественных показателей инвазии мидий в различных районах, проанализированы вероятные причины обнаруженных различий с учетом схем жизненных циклов паразитов. Выявлено, что наиболее высокая зараженность мидий характерна для районов расположения крупных гнездовых колоний птиц (Айновы острова, п-ов Рыбачий) и на широких литоральных пляжах в Кольском заливе, где птицы активно кормятся в период отлива. Установлено, что основные лимитирующие факторы, определяющие степень зараженности мидий личинками трематод и географическое распределение очагов инвазии, – присутствие в экосистемах потенциальных промежуточных и окончательных хозяев указанных гельминтов и наличие между ними устойчивых экологических связей. При этом соленость воды и гидродинамические условия не играют определяющей роли, поскольку и сами моллюски, и их паразиты обладают высокой толерантностью к широкому диапазону величин указанных параметров. Паразитирование метацеркарий трематод в мидиях вызывает негативные для физиологии и поведения моллюсков последствия и может нанести определенный ущерб при искусственном выращивании мидий. Даны рекомендации по районам и условиям размещения мидиевых плантаций и искусственного выращивания моллюсков в условиях марикультуры на Мурмане. Предварительно в районах расположения объектов марикультуры необходимо проведение паразитологической экспертизы литорального и сублиторального бентоса и орнитологических наблюдений.

Ключевые слова: мидии, метацеркарии трематод, инвазия, *Himasthla*.

Введение

Мидия съедобная (*Mytilus edulis* L.) – один из наиболее распространенных двустворчатых моллюсков прибрежной зоны Баренцева моря. Высокая скорость роста, простота выращивания и вкусовые качества мяса сделали мидий объектом промысла, а затем и культивирования во многих странах, в том числе в прибрежье морей Северной Европы и Атлантики [1].

В морях Европейского Севера России до недавнего времени достаточно успешно осуществлялось выращивание мидий только на Белом море [2]. Первый опыт марикультуры мидий на Западном Мурмане [3] показал рентабельность мидиевых плантаций в условиях Заполярья – моллюски достигали товарного размера за трехлетний период. Опыт экспериментального выращивания мидий на Восточном Мурмане был также удачен [4].

Однако несмотря на успешные попытки культивирования промысел и марикультура мидий на Мурмане не получили до настоящего времени сколько-нибудь заметного развития. Одной из причин этого является недостаточная исследованность биологии и экологии мидий Баренцева моря и отсутствие полноценного научного обоснования их аквакультуры в Заполярье [1]. В частности, практически отсутствуют данные об оценке паразитологической обстановки в районах потенциального размещения объектов марикультуры (в данном случае – мидиевых плантаций) [5]. При этом хорошо известно, что мидии подвержены различным инфекционным и инвазионным заболеваниям, которые вызывают патологию тканей и раковин моллюсков, замедляют скорость роста и ухудшают товарный вид продукции [6–8]. Кроме того, личинки некоторых паразитов, локализующихся в мидиях, могут представлять опасность и для человека, поскольку зачастую мясо мидий употребляется в пищу в сыром виде.

Основные цели данного исследования – определение таксономического состава паразитофауны и количественных показателей инвазии мидий в губах и на открытых участках Мурманского побережья и оценка степени влияния различных экологических факторов на зараженность моллюсков.

Материалы и методы

Исследования были проведены в период с марта 2005 по октябрь 2017 гг. в нескольких районах Западного Мурмана (губа Печенга, Айновы острова, Городецкие птичьи базары на п-ове Рыбачий, губа Ура), в 8 точках на побережье Кольского залива (Сайда губа, Пала губа, Ретинское, Белокаменка, Мишуково, Абрам-Мыс, Еловый мыс, губа Грязная), а также на Восточном Мурмане – в губе Ярнышной и бухте Зеленецкой.

Сбор проводился на нижнем и среднем горизонтах литорали, в районе пос. Белокаменка одна из проб (240 экз.) была взята с глубины 17 м. В общей сложности было отобрано и вскрыто 4497 экземпляров мидий.

Для обследования выбирались моллюски с высотой раковины 1,3–5,5 см. Измерение высоты раковины производилось с помощью штангенциркуля. Вскрытие мидий и их паразитологическое обследование компрессорным способом проводилось по стандартным методикам. Нога каждого моллюска и его остальные ткани просматривались по отдельности.

Помимо таксономического состава гельминтофауны определены количественные показатели заражения мидий – экстенсивность инвазии (ЭИ) (отношение количества моллюсков, зараженных данным паразитом, к общему количеству мидий в выборке), интенсивность инвазии (ИИ) (количество экземпляров данного паразита в одной особи хозяина) и индекс обилия (ИО) (отношение общего количества экземпляров каждого гельминта к общему количеству обследованных мидий). При статистической обработке материала для определения достоверности различий значений ЭИ в разных районах и на разных горизонтах были вычислены доверительные интервалы на 5 % уровне значимости. Корреляционный анализ при определении зависимости величин количественных показателей инвазии от солёности воды в районах сбора материала выполнен с помощью статистического пакета Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

Установлено, что в мидиях на Мурманском побережье паразитируют метацеркарии трематод, относящихся к двум семействам – Echinostomatidae и Gymnophallidae. Точную видовую идентификацию личинок провести не удалось, однако с высокой степенью уверенности можно утверждать, что найденные эхиностоматиды относятся к роду *Himasthla*, поскольку других трематод указанного семейства с "морскими" жизненными циклами в прибрежье Мурманска до настоящего времени не зарегистрировано [9]. Метацеркарии трематод сем. Echinostomatidae были локализованы в ноге моллюска, а личинки трематод сем. Gymnophallidae – в краевых участках мантии. При этом гимнофаллиды у мидий были обнаружены в единственной точке – на побережье острова Большой Айнов. Данные о зараженности мидий в районах проведения исследований и значения количественных параметров инвазии приведены в табл. 1.

Таблица 1. Зараженность мидий (*Mytilus edulis* L.) метацеркариями трематод в различных районах Мурманского побережья
Table 1. Infestation of blue mussels (*Mytilus edulis* L.) by metacercaria trematodes in various areas of the Murmansk Coast

Районы проведения исследований	Кол-во обследованных моллюсков	Зараженность метацеркариями трематод сем. Echinostomatidae			Зараженность метацеркариями трематод сем. Gymnophallidae		
		ЭИ, %	ИИ, экз.	ИО, экз.	ЭИ, %	ИИ, экз.	ИО, экз.
Губа Печенга	631	4,44 (3,0–6,3)	1–11	0,13	–	–	–
Айновы острова	200	71,00 (64,2–77,2)	1–63	3,84	2,00 (0,5–5,0)	1–2	0,03
П-ов Рыбачий	100	78,00 (68,6–85,7)	1–22	3,70	–	–	–
Губа Ура	100	5,00 (1,6–11,3)	1	0,05	–	–	–
Кольский залив:					–	–	–
Сайда губа	580	51,38 (42,7–55,5)	1–210	6,25	–	–	–
Пала губа	94	90,43 (82,6–95,5)	1–45	6,30	–	–	–
Ретинское	100	32,00 (23,0–42,1)	1–7	0,61	–	–	–
Белокаменка	554	26,90 (23,2–30,8)	1–80	2,03	–	–	–
Мишуково	100	88,00 (80,0–93,6)	1–25	5,34	–	–	–
Абрам-Мыс	1269	66,12 (63,4–68,7)	1–22	2,32	–	–	–
Еловый мыс	173	–	–	–	–	–	–
Губа Грязная	50	24,00 (13,1–38,5)	1–3	0,34	–	–	–

Губа Ярнышная	400	19,00 (15,3–23,2)	1–51	0,52	–	–	–
Бухта Зеленецкая	146	8,90 (4,8–14,7)	1–2	0,10	–	–	–

Примечание. Здесь и в табл. 2–3 для экстенсивности инвазии в скобках приведены значения нижней и верхней границ точного 95%-го доверительного интервала.

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что на Мурманском побережье соленость воды не служит основным лимитирующим фактором, определяющим степень зараженности мидий личинками трематод. В частности, в ряде точек отбора проб соленость воды была близка к океанической (33–34 ‰) (губа Печенга, побережье п-ова Рыбачий, Айновы острова, бухта Зеленецкая), но значения ЭИ мидий метацеркариями трематод имели статистически достоверные отличия (табл. 1). Отсутствие корреляции между соленостью воды и зараженностью моллюсков было подтверждено также в ходе круглогодичного сезонного мониторинга в районе пос. Абрам-Мыс (табл. 2) – значение коэффициента корреляции между сезонными колебаниями солености и ЭИ мидий составило 0,04, а между соленостью воды и величинами ИО – –0,001 ($p < 0,05$).

Таблица 2. Зараженность мидий (*Mytilus edulis* L.) метацеркариями трематод р. *Himasthla* в районе поселка Абрам-Мыс (ноябрь 2006 – октябрь 2007 гг.)
Table 2. Infestation of blue mussels (*Mytilus edulis* L.) by metacercaria trematodes g. *Himasthla* near the settlement Abram-Mys (November 2006 – October 2007)

Время сбора проб	Кол-во обследованных моллюсков	Соленость воды, ‰	ЭИ, %	ИИ, экз.	ИО, экз.
Ноябрь 2006	75	23,65	54,67 (42,7–66,2)	1–12	1,88
Декабрь 2006	59	24,63	96,61 (88,3–99,6)	1–16	4,47
Январь 2007	100	19,66	87,00 (78,8–92,9)	1–15	4,02
Февраль 2007	100	23,58	78,00 (68,6–85,7)	1–14	2,20
Март 2007	100	29,12	80,00 (70,8–87,3)	1–11	2,69
Апрель 2007	100	24,73	83,00 (74,2–89,8)	1–8	2,41
Май 2007	100	9,89	82,00 (73,1–89,0)	1–11	2,51
Июнь 2007	100	5,90	83,00 (74,2–89,8)	1–11	2,95
Июль 2007	100	10,53	62,00 (51,7–71,5)	1–14	2,06
Август 2007	35	16,80	91,43 (76,9–98,2)	1–22	5,31
Сентябрь 2007	100	23,70	75,00 (65,3–83,1)	1–13	2,60
Октябрь 2007	100	19,14	62,00 (51,7–71,5)	1–14	1,90

Гидродинамические условия на Мурманском побережье, по всей видимости, также не играют определяющей роли в распределении очагов трематодной инвазии мидий. Об этом свидетельствует отсутствие заметных различий между количественными параметрами инвазии у моллюсков на открытых участках побережья (Айновы острова, п-ов Рыбачий) и в нескольких точках в Кольском заливе – например, в Пала губе и в районе Мишуково. Более низкие значения показателей зараженности мидий в районах пос. Белокаменка и губы Грязной, а также отсутствие инвазии в районе Елового мыса, скорее всего, обусловлены влиянием антропогенных факторов. В период сбора материала в указанных местах отмечено сильное загрязнение прибрежной акватории нефтепродуктами, а мидии, зараженные личинками гельминтов, менее устойчивы к дополнительным стрессовым воздействиям и довольно быстро погибают [10].

Основные причины обнаруженных различий, вероятно, обусловлены особенностями реализации жизненных циклов найденных в мидиях трематод и, соответственно, наличием в районах проведения исследований потенциальных промежуточных и окончательных хозяев указанных гельминтов.

Гимнофаллиды в качестве первых промежуточных хозяев обычно используют двустворчатых моллюсков – партениты и церкарии представителей этого семейства зарегистрированы во многих видах двустворчатых моллюсков прибрежной зоны Баренцева моря [11; 12]. Метацеркарии гимнофаллид также обнаружены в бивальвиях (*M. edulis*, *Turtonia minuta*, *Chlamys islandicus*, *Modiolis modiolis* и др.), в некоторых гастроподах – *Littorina* spp., *Margarites helycinus* и *Ephera vincta* [11; 12] и полихетах [13]. В холодное время года метацеркарии гимнофаллид могут развиваться в первых промежуточных хозяевах, не покидая их [14]. Половозрелые стадии жизненного цикла (мариты) на Баренцевом море обнаружены у нескольких видов чаек р. *Larus*, а также у обыкновенных гаг, куликов-сорок и морских песочников [9; 15]. Однако вопрос о точных путях циркуляции гимнофаллид в условиях побережья арктических морей пока остается нерешенным и требует экспериментального подтверждения.

В качестве первых промежуточных хозяев у трематод из рода *Himasthla* выступают моллюски родов *Hydrobia* и *Littorina*; вторыми промежуточными хозяевами являются двустворчатые моллюски (в том числе и *M. edulis*), а половозрелые стадии развиваются в морских птицах, прежде всего в чайках и куликах (рис.). К настоящему времени у птиц Баренцева моря найдено два вида химастилин и две формы с неопределенным систематическим статусом [9].

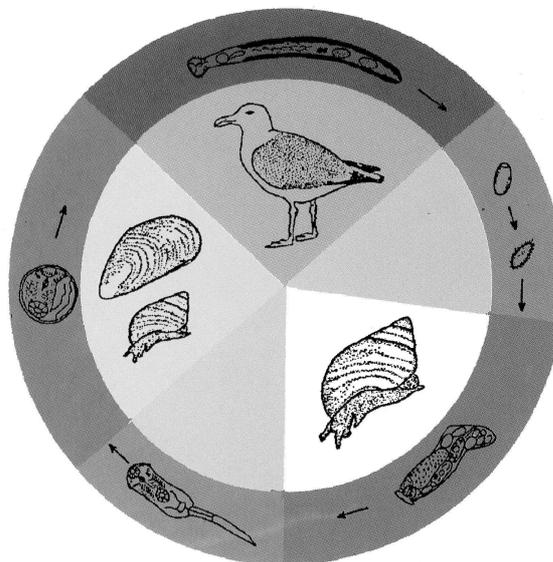


Рис. Жизненный цикл *Himasthla elongata* (Trematoda: Echinostomatidae) [16]
Fig. Life cycle of *Himasthla elongata* (Trematoda: Echinostomatidae)

Соответственно, для успешной циркуляции химастилин необходимо присутствие всех промежуточных и окончательных хозяев, наличие между ними топических и трофических связей и поддержание определенного уровня зараженности, необходимого для реализации жизненного цикла в конкретной экосистеме, у каждого из хозяев. Ввиду того что к первым и вторым промежуточным хозяевам эхиностоматиды не проявляют высокой специфичности и используют в этом качестве массовых литоральных моллюсков, ключевым моментом следует считать наличие окончательных хозяев (птиц), активно потребляющих моллюсков на литорали во время отлива и рассеивающих инвазионное начало во внешней среде. С учетом этих обстоятельств высокая зараженность мидий в районах расположения крупных гнездовых колоний птиц (Айновы острова, п-ов Рыбачий) и на широких литоральных пляжах в Кольском заливе, где птицы активно кормятся в период отлива, вполне объяснима.

Подтверждение этому выводу обнаружилось и на микробиотопическом уровне. В частности, сбор мидий в губе Печенга проводился в четырех точках вблизи поселка Лиинахамари. В трех из них моллюски были свободны от заражения, а вблизи четвертой, где ЭИ метацеркариями трематод достигала 28 %, на небольшом острове располагалась гнездовая колония серебристых чаек (*Larus argentatus*).

Первоочередная важность наличия окончательных хозяев и возможности их трофических контактов со вторыми промежуточными хозяевами подтвердилась и при сравнении зараженности мидий на литорали и в сублиторальной зоне (глубина 17 м) в районе пос. Белокаменка. Значения количественных показателей зараженности у литоральных мидий оказались намного выше ($p < 0,05$) (табл. 3). Моллюски в сублиторали

в качестве кормовых объектов для чаек и куликов практически недоступны, а вероятность заражения этих мидий церкариями, выходящими из литоральных гастропод, крайне незначительна.

Таблица 3. Зараженность мидий (*Mytilus edulis* L.) метацеркариями трематод р. *Himasthla* в литоральной и сублиторальной зонах в районе пос. Белокаменка (Кольский залив)
Table 3. Infestation of blue mussels (*Mytilus edulis* L.) by metacercaria trematodes g. *Himasthla* in intertidal and subtidal zones near the settlement Belokamenka (the Kola Bay)

Участок побережья	Кол-во обследованных моллюсков	ЭИ, %	ИИ, экз.	ИО, экз.
Литоральная зона	314	40,76 (35,3–46,4)	1–80	3,47
Сублиторальная зона (17 м)	240	8,75 (5,5–13,1)	1–9	0,15

Необходимо отметить важную роль мидий в поддержании стабильности очагов инвазии трематодами р. *Himasthla* на побережье Мурмана в течение круглого года. При проведении паразитологического мониторинга в районе пос. Абрам-Мыс было установлено, что осенью из состава паразитофауны гастропод *Littorina saxatilis* в указанной точке личинки и партениты эхиностоматидных трематод исчезают полностью. Это обстоятельство связано, по всей видимости, с отлетом птиц на зимовку и прекращением рассеивания инвазионного начала (яиц паразитов) во внешней среде. Однако очаг заражения химастинами в районе исследования сохраняется и поддерживается за счет мидий (вторых промежуточных хозяев эхиностоматид), у которых в течение круглого года регистрировалась инвазия метацеркариями трематод. При этом ЭИ моллюсков была значительной и стабильно превышала 50 % (табл. 2). Паразитирующие в мидиях метацеркарии сохраняют инвазионность по отношению к окончательным хозяевам, и при поедании птицами они могут развиваться в них до стадии половозрелой мариты. Роль окончательных хозяев в осенне-зимний период чаще всего играют бургомистры (*Larus hyperboreus*), зимующие в Кольском заливе после прилета из арктических районов Баренцева моря, а также морские песочники (*Calidris maritima*).

У *M. edulis* заражение метацеркариями трематод р. *Himasthla* вызывает нарушение секреции нитей биссуса. Экспериментальные исследования показали наличие выраженной обратной зависимости между количеством цист метацеркарий в мускулатуре ноги мидий и количеством продуцируемых нитей биссуса в интервале от 22 до 78 часов непрерывных наблюдений [17]. В природных условиях это приводит к тому, что зараженные моллюски легче срываются с субстратов хищниками или сильным прибоем. Обильное заражение моллюсков может служить причиной разрушения мидиевых банок или уменьшения их площадей. При искусственном выращивании заражение может быть причиной отрыва инвазированных мидий от коллекторов на плантациях.

Кроме того, накопление в мускулатуре ноги моллюска большого количества метацеркарий трематод значительно снижает ее растяжимость, затрудняет процесс наружного очищения раковины (при котором мидии используют ногу в качестве щетки) и способствует заселению наружной поверхности раковины обрастателями, среди которых могут оказаться и патогенные для моллюсков (например сверлящие губки) [18].

Употребление сырого мяса мидий, зараженных метацеркариями трематод р. *Himasthla*, может приводить к желудочно-кишечным расстройствам у человека [19], но смертельных случаев к настоящему времени не зарегистрировано.

Заключение

В мидиях *M. edulis* на Мурманском побережье паразитируют метацеркарии трематод, относящихся к двум семействам – Echinostomatidae и Gymnophallidae, при этом найденные эхиностоматиды, скорее всего, относятся к роду *Himasthla*. Основные лимитирующие факторы, определяющие степень зараженности мидий личинками трематод и географическое распределение очагов инвазии – присутствие в экосистемах потенциальных промежуточных и окончательных хозяев указанных гельминтов и наличие между ними устойчивых экологических связей. При этом соленость воды и гидродинамические условия не играют определяющей роли, поскольку и сами моллюски, и их паразиты обладают высокой толерантностью к широкому диапазону величин указанных параметров. Паразитирование метацеркарий трематод в мидиях вызывает негативные для физиологии и поведения моллюсков последствия и может нанести определенный ущерб при искусственном выращивании мидий.

В соответствии с результатами проведенных исследований и с учетом обстоятельств социально-экономического характера (транспортная и жилищная инфраструктура, наличие необходимых коммуникаций, логистика, доступность трудовых ресурсов) наиболее оптимальными районами для потенциального размещения мидиевых плантаций представляются глубоководные заливы и бухты Западного Мурмана. Предварительно в районах расположения объектов марикультуры необходимо проведение паразитологической экспертизы литорального и сублиторального бентоса и орнитологических наблюдений.

Библиографический список

1. Гудимов А. В. Исследования мидий Баренцева моря: от теории к практике // Формирование основ современной стратегии природопользования в Евро-Арктическом регионе / отв. ред. А. Н. Виноградов. Апатиты : КНЦ РАН, 2005. С. 304–315.
2. Кулаковский Э. Е., Кунин Б. Л. Теоретические основы культивирования мидий в Белом море. Л. : Наука : Ленингр. отд-ние, 1983. 35 с.
3. Федоров А. Ф. Продукционные возможности мидии (*Mytilus edulis* L.) в марикультуре Мурмана. Апатиты : Кол. фил. АН СССР, 1987. 102 с.
4. Костылев В. Э. О результатах садкового подращивания мидий в губе Дальнезеленецкой // Экология, биологическая продуктивность и проблемы марикультуры Баренцева моря : тез. докл. II Всесоюз. конф. / отв. ред. Г. Г. Матишов. Мурманск : ПИНРО, 1988. С. 291–293.
5. Галактионов К. В., Марасаев С. Ф., Тимофеева С. В., Марасаева Е. Ф. Методы оценки паразитологической ситуации в прибрежье Баренцева моря : (Оператив.-информ. материал). Апатиты : Кол. фил. АН СССР, 1988. 45 с.
6. Гаевская А. В. Паразиты, болезни и вредители мидий (*Mytilus*, Mytilidae). I. Простейшие (Protozoa). Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006. 101 с.
7. Гаевская А. В. Паразиты, болезни и вредители мидий (*Mytilus*, Mytilidae). IV. Вирусы. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2007. 96 с.
8. Гаевская А. В. Паразиты, болезни и вредители мидий (*Mytilus*, Mytilidae). X. Трематоды (Trematoda). Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2014. 255 с.
9. Куклин В. В., Куклина М. М. Гельминтофауна птиц Баренцева и Карского морей и взаимоотношения в системе гельминты – морские птицы // Птицы северных и южных морей России: фауна, экология / отв. ред. П. Р. Макаревич. Апатиты : КНЦ РАН, 2013. С. 159–177.
10. Lauckner G. Impact of trematode parasitism on the fauna of a North Sea tidal flat // Helgoländer Meeresuntersuchungen. 1984. V. 37, Iss. 1–4. P. 185–199. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01989303>.
11. Чубрик Г. К. Фауна и экология личинок трематод из моллюсков Баренцева и Белого морей // Жизненные циклы паразитических животных северных морей / отв. ред. Ю. И. Полянский. М. ; Л. : Наука. [Ленингр. отд-ние], 1966. С. 78–159.
12. Подлипаев С.А. Партениты и личинки трематод литоральных моллюсков Восточного Мурмана // Экол. и эксперим. паразитология. Вып. 2. Л. : ЛГУ, 1979. С. 47–101.
13. Lauckner G. Zur Trematodenfauna der Herzmuscheln *Cardium edule* und *Cardium lamarcki* // Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen. 1971. V. 22, Iss. 3–4. P. 377–400. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01611126>.
14. Frank B. Der bemerkenswerte Lebenszyklus des marinen Vogeltrematoden *Gymnophallus choledochus* // Journal für Ornithologie. 1969. V. 110, Heft 4. P. 471–474. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01682212>.
15. Куклин В. В. Особенности гельминтофауны морских птиц и реализации жизненных циклов паразитов в прибрежье Мурмана (Баренцево море) в зимний период // Доклады академии наук. 2015. Т. 461, № 5. С. 612–615.
16. Werding B. Morphologie, Entwicklung und Ökologie digener Trematoden-Larven der Strandschnecke *Littorina littorea* // Marine Biology. 1969. V. 3, Iss. 4. P. 306–333. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00698861>.
17. Lauckner G. Diseases of Mollusca: Bivalvia // Diseases of marine animals. V. II. Introduction, Bivalvia to Scaphopoda / Ed. O. Kinne. Hamburg, 1983. Ch. 13. P. 177–961.
18. Гаевская А. В. Паразиты, болезни и вредители мидий (*Mytilus*, Mytilidae). VIII. Губки (Porifera). Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. 101 с.
19. Cheng T. C. Parasitological problems associated with food protection // Journal of Environmental Health. 1965. V. 28. P. 208–214.

References

1. Gudimov A. V. Issledovaniya midiy Barentseva morya: ot teorii k praktike [Studies of mussels in the Barents Sea: from theory to practice] // Formirovanie osnov sovremennoy strategii prirodopolzovaniya v Evro-Arkticheskom regione / otv. red. A. N. Vinogradov. Apatity : KNTs RAN, 2005. P. 304–315.
2. Kulakovskiy E. E., Kunin B. L. Teoreticheskie osnovy kultivirovaniya midiy v Belom more [The theoretical basis for the cultivation of mussels in the White Sea]. L. : Nauka : Leningr. otd-nie, 1983. 35 p.
3. Fedorov A. F. Produktsionnye vozmozhnosti midii (*Mytilus edulis* L.) v marikulture Murmana [Production potentiality of mussels (*Mytilus edulis* L.) in Murman mariculture]. Apatity : Kol. fil. AN SSSR, 1987. 102 p.
4. Kostylev V. E. O rezultatah sadkovogo podraschivaniya midiy v gube Dalnezelenetskoy [On the results of cage rearing of mussels in the Dalnezelenetskaya Bay] // Ekologiya, biologicheskaya produktivnost i problemy marikultury Barentseva morya : tez. dokl. II Vsesoyuz. konf. / otv. red. G. G. Matishov. Murmansk : PINRO, 1988. P. 291–293.

5. Galaktionov K. V., Marasaev S. F., Timofeeva S. V., Marasaeva E. F. Metody otsenki parazitologicheskoy situatsii v pribrezhe Barentseva morya [Methods of evaluation of parasitological situation in the coast of the Barents Sea] : (Operativ.-inform. material). Apatity : Kol. fil. AN SSSR, 1988. 45 p.
6. Gaevskaya A. V. Parazity, bolezni i vrediteli midiy (*Mytilus*, Mytilidae). I. Prosteyshie (Protozoa) [Parasites, diseases and pests of mussels (*Mytilus*, Mytilidae). I. Protozoa]. Sevastopol : EKOSI-Gidrofizika, 2006. 101 p.
7. Gaevskaya A. V. Parazity, bolezni i vrediteli midiy (*Mytilus*, Mytilidae). IV. Virusy [Parasites, diseases and pests of mussels (*Mytilus*, Mytilidae). IV. Viruses]. Sevastopol : EKOSI-Gidrofizika, 2007. 96 p.
8. Gaevskaya A. V. Parazity, bolezni i vrediteli midiy (*Mytilus*, Mytilidae). X. Trematody (Trematoda) [Parasites, diseases and pests of mussels (*Mytilus*, Mytilidae). X. Trematoda]. Sevastopol : EKOSI-Gidrofizika, 2014. 255 p.
9. Kuklin V. V., Kuklina M. M. Gelmintofauna ptits Barentseva i Karskogo morey i vzaimootnosheniya v sisteme gelminty – morskije ptitsy [Helminthofauna of the Barents and Kara Seas birds, and relations in helminthes – seabirds system] // Ptitsy severnyh i yuzhnyh morey Rossii: fauna, ekologiya / otv. red. P. R. Makarevich. Apatity : KNTs RAN, 2013. P. 159–177.
10. Lauckner G. Impact of trematode parasitism on the fauna of a North Sea tidal flat // Helgoländer Meeresuntersuchungen. 1984. V. 37, Iss. 1–4. P. 185–199. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01989303>.
11. Chubrik G. K. Fauna i ekologiya lichinok trematod iz mollyuskov Barentseva i Belogo morey [Fauna and ecology of trematode larvae from mollusks in the Barents and White Seas] // Zhiznennyye tsikly paraziticheskikh zhivotnyh severnyh morey / otv. red. Yu. I. Polyanskiy. M. ; L. : Nauka. [Leningr. otd-nie], 1966. P. 78–159.
12. Podlipaev S.A. Partenity i lichinki trematod litoralnyh mollyuskov Vostochnogo Murmana [The parthenites and larvae of trematodes of the littoral mollusks of the East Murman] // Ekol. i eksperim. parazitologiya. Vyp. 2. L. : LGU, 1979. P. 47–101.
13. Lauckner G. Zur Trematodenfauna der Herzmuscheln *Cardium edule* und *Cardium lamarcki* // Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen. 1971. V. 22, Iss. 3–4. P. 377–400. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01611126>.
14. Frank B. Der bemerkenswerte Lebenszyklus des marinen Vogeltrematoden *Gymnophallus choledochus* // Journal für Ornithologie. 1969. V. 110, Heft 4. P. 471–474. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01682212>.
15. Kuklin V. V. Osobennosti gelmintofauny morskikh ptits i realizatsii zhiznennykh tsiklov parazitov v pribrezhe Murmana (Barentsevo more) v zimniy period [Seabird helminth fauna and parasite life cycles on the Murman coast of the Barents Sea in winter] // Doklady akademii nauk. 2015. V. 461, N 5. P. 612–615.
16. Werding B. Morphologie, Entwicklung und Ökologie digener Trematoden-Larven der Strandschnecke *Littorina littorea* // Marine Biology. 1969. V. 3, Iss. 4. P. 306–333. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00698861>.
17. Lauckner G. Diseases of Mollusca: Bivalvia // Diseases of marine animals. V. II. Introduction, Bivalvia to Scaphopoda / Ed. O. Kinne. Hamburg, 1983. Ch. 13. P. 177–961.
18. Gaevskaya A. V. Parazity, bolezni i vrediteli midiy (*Mytilus*, Mytilidae). VIII. Gubki (Porifera) [Parasites, diseases and pests of mussels (*Mytilus*, Mytilidae). VIII. Porifera]. Sevastopol : EKOSI-Gidrofizika, 2009. 101 p.
19. Cheng T. C. Parasitological problems associated with food protection // Journal of Environmental Health. 1965. V. 28. P. 208–214.

Сведения об авторах

Куклин Вадим Владимирович – ул. Владимирская, 17, г. Мурманск, Россия, 183010; Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, канд. биол. наук, зав. лабораторией; e-mail: kuklin@mmbi.info

Kuklin V. V. – 17, Vladimirskaaya Str., Murmansk, Russia, 183010; Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Cand. of Biol. Sci., Head of Laboratory; e-mail: kuklin@mmbi.info

Куклина Марина Михайловна – ул. Владимирская, 17, г. Мурманск, Россия, 183010; Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, канд. биол. наук, вед. науч. сотрудник; e-mail: MM_Kuklina@mail.ru

Kuklina M. M. – 17, Vladimirskaaya Str., Murmansk, Russia, 183010; Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Cand. of Biol. Sci., Scientific Researcher; e-mail: MM_Kuklina@mail.ru

V. V. Kuklin, M. M. Kuklina

Infestation of blue mussels (*Mytilus edulis* L.) by trematode larvae in various areas of the Murmansk Coast of the Barents Sea

A parasitological examination of *Mytilus edulis* bivalves in several areas of the Murmansk Coast has been carried out. It has been established that blue mussels on the Murmansk Coast are infected by metacercaria trematodes from the families Echinostomatidae and Gymnophallidae; the former being found almost everywhere, and the second infection is noted only for the Ainov Islands region. The values of quantitative parameters of infestation in different regions have been given, the probable causes of the observed differences (taking into account the schemes of life cycles of parasites) have been considered. It has been revealed that the highest infestation of mussels is typical for the areas of large nesting colonies of birds (the Ainov Islands, Rybachy Peninsula) and on wide littoral beaches in the Kola Bay where birds actively feed at low tide. It has been established that the main limiting factors determining the degree of infestation of mussels by larvae trematodes and geographical distribution of invasion foci are the presence in the ecosystems of potential intermediate and final hosts of these helminths and the presence of sustainable ecological links between them. Water salinity and hydrodynamic conditions do not play a decisive role since both mollusks and their parasites have a high tolerance to a wide range of values of these parameters. Parasitism of metacercariae of trematodes in mussels causes negative consequences for the physiology and behavior of mollusks and can cause certain damage at artificial growing of mussels. Recommendations on the areas and conditions for the location of blue mussel plantations on the Murmansk Coast have been given. Preliminary, a parasitological examination of the littoral and sublittoral benthos and ornithological observations in the areas of location of mariculture objects are necessary.

Key words: blue mussels, metacercaria trematodes, invasion, *Himasthla*.