

УДК 576.893.162 + 595.341.1

**ВСТРЕЧАЕМОСТЬ ПАРАЗИТИЧЕСКОЙ ДИНОФЛАГЕЛЛЯТЫ
ELLOBIOPSIS CHATTONI (PROTOZOA: MASTIGOPHORA)
НА ВЕСЛОНОГОМ РАЧКЕ CALANUS FINMARCHICUS
(CRUSTACEA: COPEPODA) И ВОЗМОЖНОСТЬ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАРАЗИТА В КАЧЕСТВЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО
МАРКЕРА ЛОКАЛЬНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ХОЗЯИНА**

© С. Ф. Тимофеев

На материале, собранном в 1990–1991 и 1993 гг. в Норвежском море и в арктических водах, рассмотрена степень зараженности массового планктонного ракообразного *Calanus finmarchicus* паразитической динофлагеллятой *Ellobiopsis chattoni* и ее зависимость от температурно-соленостной характеристики водных масс. В Норвежском море экстенсивность инвазии может достигать 20–45 %, тогда как в арктических водах процент заражения не превышает 1–3. Предполагается, что обнаруженная картина распределения рачков, зараженных динофлагеллятами, есть следствие крупномасштабной структурированности ареала *C. finmarchicus* в пределах Северо-Восточной Атлантики и прилежащих вод Арктического океана. Обсуждается возможность использования *E. chattoni* в качестве биологического маркера локальных популяций *C. finmarchicus*.

Веслоногий рачок *Calanus finmarchicus* является ключевым видом пелагических экосистем умеренных и субарктических вод Атлантического океана. В связи с этим *C. finmarchicus* интенсивно исследуется, и многие вопросы распределения, популяционной динамики, жизненного цикла и т. п. хорошо изучены (Кашкин, 1962; Marshall, Orr, 1955; Matthews, 1969; Jashnov, 1970). В то же время паразитологические аспекты популяционной биологии рачков остаются малоисследованными.

У веслоногих рачков обнаружены многочисленные паразиты и симбионты (Но, Perkins, 1985), но наиболее часто регистрируются паразитические динофлагелляты и инфузории. У видов рода *Calanus* встречаются динофлагелляты *Ellobiopsis chattoni* Scott, 1897, имеющие хорошо заметные крупные гономеры, расположенные на различных участках тела копепод (преимущественно на антеннулах, антеннах и других головных придатках) (Тимофеев, 1987; Jepps, 1937; Marshall, Orr, 1955; Fives, 1969). В Северном море паразит встречается круглогодично, но максимальное обилие приурочено к летним месяцам (Marshall, Orr, 1955), в Баренцевом море — только в период максимального прогрева вод (июль–август) (Тимофеев, 1987).

В настоящей статье описано распределение *C. finmarchicus*, зараженных *E. chattoni*, в Норвежском море и в водах Арктики. Кроме того, рассмотрена возможность использования этого паразита в качестве биологического маркера различных популяций *C. finmarchicus*.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материал собран в Норвежском море в сентябре 1990 г. (53-й рейс НИИ „Дальние Зеленцы“) (суточные станции на банках Викинг и Склинна), в водах вокруг архипелага Шпицберген в июле 1991 г. (рейс ARK VIII/2 НИЛ „Полярштерн“, Германия) и в водах к северо-востоку от Шпицбергена в августе 1993 г. (рейс ARK IX/4 НИЛ „Полярштерн“, Германия). В первом случае зоопланктон облавливался конической сетью (площадь входного отверстия 0.5 м², сторона ячеи капронового сита 0.5 мм) с глубины 50 м до поверхности (вертикальный лов). Во втором – сетью типа „Бонго“ (площадь входного отверстия 0.25 м², сторона ячеи капронового сита 0.33 и 0.2 мм) с глубины 100 м до поверхности (также вертикальные ловы). Пробы фиксировали 4 %-ным раствором нейтрального формалина.

Характеристики станций, а также температура и соленость воды (средневзвешенные величины для слоя облова) приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Экстенсивность инвазии *Ellobiopsis chattoni* в группировках *Calanus finmarchicus* в Норвежском море

Table 1. Infection rate with *Ellobiopsis chattoni* in local groups of *Calanus finmarchicus* in the Norwegian Sea

Время суток	Температура, °С	Соленость, ‰	Количество копепод, экз.		
			сумма	с паразитами	% заражения
Станция 4 (Банка Склина), 06–07.09.1990, 65°18'8" с. ш., 09°46'9" в. д.; 196 м					
09 ⁰⁰	11.2	33.91	45	6	13.3
13 ¹⁵	11.2	33.94	22	10	45.4
17 ³⁰	11.1	34	65	8	12.3
21 ³⁰	11.2	34.02	85	17	20
01 ³⁰	11.2	33.98	75	10	13.3
05 ²⁰	11.1	34.03	120	10	8.3
09 ³⁰	11.1	34.05	55	14	25.4
Среднее значение					19.7
Станция 8 (Банка Викинг), 10–11.09.1990, 60°33'0" с. ш., 02°17'8" в. д., 91 м					
09 ⁰⁰	12.2	35.1	28	2	7.1
13 ⁰⁰	12.5	35	28	0	0
17 ⁰⁰	12.6	35	33	6	18.2
21 ⁰⁰	12	35.1	30	6	20
01 ⁰⁰	12.6	35	34	3	8.8
05 ⁰⁰	12.2	35	54	2	3.7
09 ⁰⁰	12.4	34.9	92	7	7.6
Среднее значение					9.3

Таблица 2

Экстенсивность инвазии *Ellobiopsis chattoni* в группировках *Calanus finmarchicus* в Арктическом океане

Table 2. Infection rate with *Ellobiopsis chattoni* in local groups of *Calanus finmarchicus* in the Arctic Ocean

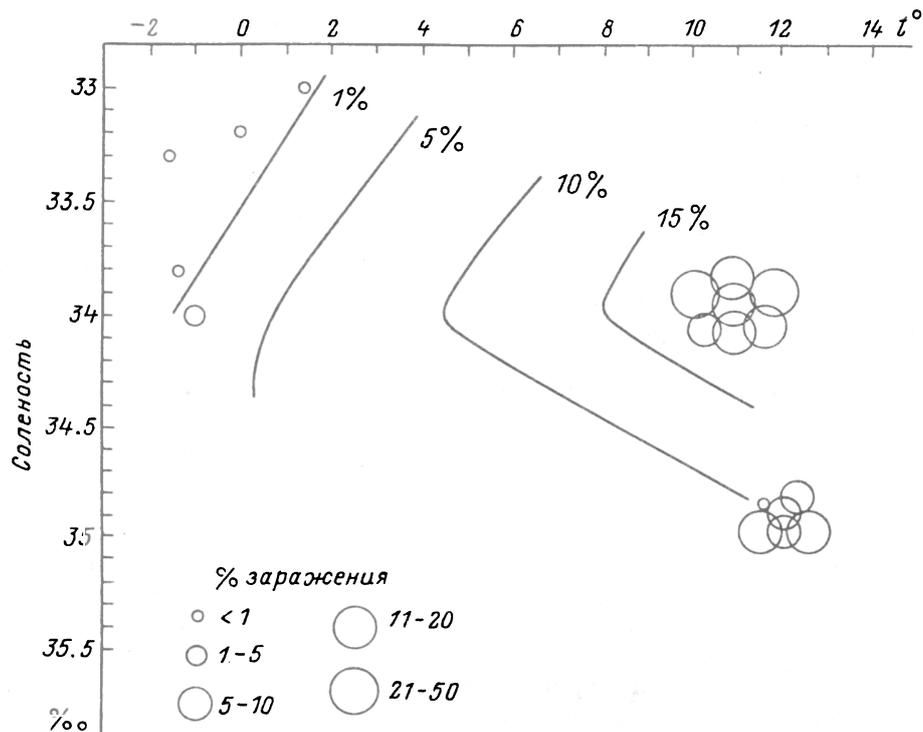
Станция	Дата	Координаты	Глубина, м	Температура, °С	Соленость, ‰	Количество копепод, экз.		
						сумма	с паразитами	% заражения
19/088	08.07.1991	80°05'0" с. ш., 10°26'7" в. д.	500	1.4	33	655	3	0.46
19/108	16.07.1991	81°37'4" с. ш., 30°31'3" в. д.	2581	-1	34	44	1	2.27
27/024	20.08.1993	82°09'6" с. ш., 42°02'3" в. д.	1003	0	33.2	2000	1	0.05
27/025	21.08.1993	82°07'5" с. ш., 42°33'9" в. д.	516	-1.6	33.2	1989	1	0.05
27/027	21.08.1993	82°01'2" с. ш., 43°32'9" в. д.	280	-1.4	33.8	1995	1	0.05

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для каждого района был рассчитан процент заражения группировок *C. finmarchicus* паразитической динофлагеллятой (экстенсивность инвазии) (табл. 1, 2). Наибольшая величина экстенсивности инвазии обнаружена в Норвежском море: на банке Викинг она достигает 20 %, на банке Склинна – 45.5 %. В водах Шпицбергена рачки с паразитами встречаются редко и процент зараженности не превышает 3 %, а в районе к северо-востоку от Шпицбергена экстенсивность инвазии меньше 1 %.

Все рачки с паразитами были представлены копеподитными стадиями IV (Норвежское море) и V (арктические воды) и имели размеры тела 2.5–3 и 3–3.5 мм соответственно. Количество гономеров у одного рачка чаще всего (95 %) было равно 1 и только в одном случае – 3. Обычное место локализации гономеров *E. chattoni* – антеннулы, редко антенны и другие головные придатки *C. finmarchicus*. При этом только в последних случаях обнаружено 2 или 3 гомера динофлагелляты на одном рачке.

Зависимость экстенсивности инвазии от температуры и солености воды представлена на рисунке (см. рисунок). Максимальные проценты заражения отмечены в районах с температурой воды более +10°, минимальные – около нуля и ниже. Связь с соленостью не может быть определена так однозначно, но наблюдается тенденция увеличения экстенсивности инвазии в более соленой воде. На рисунке видно, что группировки *C. finmarchicus*, обитающие в различных районах, т. е. населяющие различные водные массы (либо одну и ту же водную массу, но с различной степенью ее трансформации с другими водными массами), характеризуются резко отличающимися количественными показателями инвазии паразитическими динофлагеллятами.



Степень зараженности копепод динофлагеллятами в различных частях их ареала и ее зависимость от температуры и солености воды.

Infection rate of copepods with dinoflagellates in different part of its area and in dependence upon to the temperature and salinity.

ОБСУЖДЕНИЕ

В результате анализа материала по зараженности веслоногих рачков *C. finmarchicus* динофлагеллятой *E. chattoni* в Норвежском море и в водах Арктики было установлено, что в водных массах, различающихся по температурно-соленостным характеристикам, экстенсивность инвазии заметно различается. Такая картина распространения зараженных копепод может быть следствием многих процессов. Во-первых, можно предположить, что в Арктике особи *C. finmarchicus*, зараженные *E. chattoni*, являются аллохтонными компонентами и привнесены сюда водами атлантического происхождения. Наибольшая экстенсивность инвазии в этом случае должна быть в Северной Атлантике и в Норвежском море и снижаться по мере продвижения на север. В целом такое распределение зараженных рачков определяется процессом крупномасштабного переноса животных в пределах ареала. Во-вторых, различия в степени зараженности *C. finmarchicus* динофлагеллятами могут быть объяснены ухудшением условий для существования паразитов в отдельных регионах. Низкие величины экстенсивности инвазии в океанических областях (глубины более 200 м) (табл. 1, 2), видимо, обусловлены тем, что в этих районах отсутствуют условия для благополучного переживания спор динофлагеллят. В-третьих, поскольку материал собирался в различные месяцы и годы, то неодинаковая встречаемость *E. chattoni* может быть следствием либо сезонной, либо межгодовой изменчивости экстенсивности инвазии. И наконец, существу-

щую картину зараженности *C. finmarchicus* можно объяснить наличием локальных популяций рачков, обитающих в специфических условиях и имеющих некоторые адаптивные особенности, в том числе и в сфере взаимоотношений „паразит–хозяин”. В данном случае *E. chattoni* будет выступать в роли биологического маркера этих популяций.

Суммируя вышеизложенное, можно предположить, что обнаруженная картина распределения зараженных динофлагеллятой *C. finmarchicus* есть следствие крупномасштабной структурированности ареала рачков в пределах Северо-Восточной Атлантики и прилегающих арктических вод. Максимальные величины экстенсивности инвазии обнаружены в Норвежском море, которое, по-видимому, следует считать своеобразным „центром” в этой части ареала животных, где вследствие благоприятных условий для жизни как хозяина, так и паразита сложились прочные и сбалансированные отношения между данной парой организмов. При этом различия в степени зараженности между группировками *C. finmarchicus* на юге и севере Норвежского моря предполагают определенную степень их изолированности друг от друга. Океанологической основой разделения запасов *C. finmarchicus* может быть наличие локальных квазипостоянных круговоротов над данными банками (Алексеев, Истошин, 1956; Танцюра, 1970). Воды Шпицбергена – зона экспатриации для *C. finmarchicus*, обилие которого в этом районе зависит от приноса рачков с водами Западно-Шпицбергенского течения из Норвежского моря. Температурные условия и узкий шельф (зона с глубинами менее 200 м) вокруг Шпицбергена, видимо, не совсем благоприятны для *E. chattoni*, поэтому количество паразитов определяется приносом спор из более южных районов.

Концепция о паразитах как биологических маркерах была детально разработана для популяций рыб (Mac Kenzie, 1983), но впоследствии нашла применение в популяционных исследованиях десятиногих раков (Owens, 1985; Thompson, Margolis, 1987). Макензи (Mac Kenzie, 1983) предложил 6 критериев, которые должны соблюдаться при использовании паразитов как биологических маркеров: 1) паразит должен иметь значительно различающиеся уровни зараженности в группировках хозяев из различных частей их ареалов; 2) не должен быть эктопаразитом; 3) метод идентификации паразита должен включать как можно меньше приемов анатомирования; 4) паразит должен быть хорошо заметным и относительно легко идентифицируемым; 5) паразит должен иметь продолжительность жизни или оставаться в идентифицируемой форме в течение времени, сравнимого с временным масштабом периода исследований; 6) паразит не должен иметь значительного патологического воздействия на хозяина.

Рассмотрим степень пригодности паразитической динофлагелляты *E. chattoni* выполнять роль биологического маркера, исходя из вышеназванных критериев. Критерии 1, 3 и 4 не требуют, видимо, дополнительных комментариев: экстенсивность инвазии *C. finmarchicus* паразитом в разных районах сбора материала неодинакова и различается в десятки–сотни раз (табл. 1, 2); паразит хорошо заметен на теле рачка и его регистрация не требует анатомирования. В то же время существуют некоторые затруднения, связанные с отсутствием достаточной информации о жизненном цикле *E. chattoni*. Однако некоторые соображения, основанные на информации о паразитических динофлагеллятах в целом, могут быть высказаны. Во-первых, *E. chattoni* – эндопаразит и на поверхности тела рачков мы видим только гономеры со спорами. В организм хозяина паразит попадает, очевидно, в виде спор во время его питания (Mauchline, 1966). Следовательно, по критерию „2” *E. chattoni* также может быть использована в качестве биологического маркера. Относительно продолжительности жизни (критерий „5”) и патологического воздействия (критерий „6”) сведения отсутствуют. Можно лишь предполагать, что продолжительность жизни паразитов ограничена теплым периодом года, поскольку

именно к весенне-летним месяцам чаще всего приурочено массовое развитие других паразитических динофлагеллят (Тимофеев, Тимофеева, 1984; Тимофеев, 1987; Marshall, Orr, 1955; Mauchline, 1966; Fives, 1969; Ramirez, Dato, 1989; Kimmerer, McKinnon, 1990; Reimchen, Buckland-Nicks, 1990). Что касается патологического воздействия *E. chattoni*, то вполне вероятно, что, как и большинство других паразитических динофлагеллят (Fives, 1969; Ianora e. a., 1987; Kimmerer, McKinnon, 1990), эти простейшие вызывают паразитарную кастрацию, причем исключительно у самок. Однако характер и степень воздействия паразита на хозяина требуют специальных исследований.

Таким образом, проведенный анализ позволяет считать, что паразитическая динофлагеллята *E. chattoni* может рассматриваться как биологический маркер и использоваться для выполнения локальных группировок (популяций) *C. finmarchicus*.

Автор искренне признателен всем коллегам, участвовавшим в сборе материала, а также Н. И. Кашкину (Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Москва) и К. Танде (K. Tande) (Университет, г. Тромсё, Норвегия) за ценные замечания.

Работа частично финансировалась Институтом полярных и морских исследований им. А. Вегенера (г. Бремерхаузен, Германия) и Норвежским научным советом (грант 11.406).

Список литературы

- Алексеев А. П., Истошин Б. В. Схема постоянных течений Норвежского и Гренландского морей // Тр. ПИНРО. 1956. Вып. 9. С. 62–68.
- Кашкин Н. И. О приспособительном значении сезонных миграций *Calanus finmarchicus* (Gunnerus, 1770) // Зоол. журн. 1962. Т. 41, вып. 3. С. 342–357.
- Танцюра А. И. Преобладающие поверхностные течения Норвежского моря // Тр. ПИНРО. 1970. Вып. 27. С. 143–152.
- Тимофеев С. Ф. Опыт использования данных по зараженности паразитическими простейшими в популяционных исследованиях планктонных ракообразных // Жизненные циклы паразитов в биоценозах северных морей. Апатиты: Кол. фил. АН СССР, 1987. С. 70–73.
- Тимофеев С. Ф., Тимофеева С. В. Обнаружение эллобиопсиды *Thalassomyces fagei* (Protozoa, Mastigophora) у баренцевоморского рачка *Thysanoessa inermis* (Crustacea, Euphausiacea) // Паразитология. 1984. Т. 18, вып. 5. С. 404–405.
- (Яшнов В. А.) Jashnov V. A. Distribution of *Calanus* species in the seas of the northern hemisphere // Int. Rev. gesam. Hydrobiol. 1970. Vol. 55. P. 197–212.
- Fives J. M. Investigations of the plankton of the west coastal of Ireland. 2. Planktonic surveyes during the years 1958–1963 // Proc. Royal Irish Academy. 1969. Vol. 67. P. 233–259.
- Ho J.-S., Perkins P. S. Symbionts of marine copepoda: an overview // Bull. Mar. Sci. 1985. Vol. 37. P. 586–598.
- Ianora A., Mazzocchi M. G., Scotto di Carlo B. Impact of parasitism and intersexuality on Mediterranean populations of *Paracalanus parvus* (Copepoda: Calanoida) // Dis. Aquat. Org. 1987. Vol. 3. P. 29–36.
- Jepps M. W. On the protozoan parasites of *Calanus finmarchicus* in the Clyde Sea area // Q. J. microsc. Sci. 1937. Vol. 79. P. 589–658.
- Kimmerer W. J., McKinnon A. D. High mortality in a copepod population caused by a parasitic dinoflagellate // Mar. Biol. 1990. Vol. 107. P. 449–452.
- Mac Kenzie K. Parasites as biological tags in fish population studies // Adv. Appl. Biol. 1983. Vol. 7. P. 251–331.

- Marshall S., Orr A. The biology of marine copepod *Calanus finmarchicus* (Gunnerus). Edinburgh: Oliver & Boyd, 1955. 188 p.
- Matthews J. B. L. Continuous plankton records: The geographical and seasonal distribution of *Calanus finmarchicus* in the North Atlantic // Bull. Mar. Ecol. 1969. Vol. 6. P. 251–273.
- Mauchline J. *Thalassomyces fagei* an ellobiopsid parasite of the euphausiid crustacean, *Thysanoessa raschii* (M. Sars) // J. Mar. Biol. Assoc. U. K. 1966. Vol. 46. P. 531–539.
- Owens L. *Polypocephalus* sp. (Cestoda: Lecanicephalidae) as a biological marker for banana prawn, *Penaeus merguensis* de Man, in the Gulf of Carpentaria // Aust. J. Mar. Freshwater Res. 1985. Vol. 36. P. 291–299.
- Ramirez F. C., Dato C. Observations on parasitism by *Thalassomyces fagei* on three euphausiid species in Southern Atlantic waters // Oceanologica Acta. 1989. Vol. 12. P. 95–97.
- Reimchen T. E., Buckland-Nicks J. A novel association between an endemic stickleback and a parasitic dinoflagellate. 1. Seasonal cycle and host response // Can. J. Zool. 1990. Vol. 68. P. 667–671.
- Thompson A. B., Margolis L. Determination of population discreteness in two species of shrimp, *Pandalus jordani* and *Pandalopsis dispar*, from coastal British Columbia using parasite tags and other population characteristics // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1987. Vol. 44. P. 982–989.

ММБИ КНИЦ РАН, Мурманск, 183010

Поступила 25.11.1996

AN OCCURRENCE OF THE PARASITIC DINOFLAGELLATE
 ELLOBIOPSIS CHATTONI (PROTOZOA: MASTIGOPHORA)
 ON THE COPEPODE CALANUS FINMARCHICUS (CRUSTACEA: COPEPODA)
 AND A POSSIBILITY TO USE THE PARASITE AS A BIOLOGICAL TAG
 OF LOCAL POPULATIONS

S. F. Timofeev

Key words: parasitic dinoflagellate, *Ellobiopsis chattoni*, copepode, *Calanus finmarchicus*, population, biological tag.

SUMMARY

An occurrence of the parasitic dinoflagellate *Ellobiopsis chattoni* in the dominant copepod species *Calanus finmarchicus* was studied in 1990–1991 and 1993 in the Norwegian Sea and in the Arctic Ocean. The infection rate of *C. finmarchicus* with parasitic dinoflagellates was highest in the Norwegian Sea, reaching 20.0 % in the Viking Bank and 45.5 % in the Sklinn Bank. In the Spitsbergen waters the copepods with parasites occur seldom and in the northeast waters of Spitsbergen their occurrence was below 1.0 %. There is a suggestion that the observed distribution of *C. finmarchicus* infected with the dinoflagellates is due to the large-scale formation of the copepod area within the Northeast Atlantic and adjacent waters. The possible role of the parasitic dinoflagellate *E. chattoni* as a biological tag of host local populations is discussed.