



УДК 595.32:591.13(262.5)

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАЗМЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И ВЫЖИВАЕМОСТИ  
НАУПЛИУСОВ КРЫМСКИХ АРТЕМИЙ  
ARTEMIA SPP. (BRANCHIOPODA: ANOSTRACA)  
ПРИ ПИТАНИИ МИКРОВОДОРОСЛЯМИ РАЗНЫХ ВИДОВ**

© 2019 г. Д. Ю. Смирнов, Л. О. Аганесова, А. Н. Ханайченко

Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия  
E-mail: [mitsmirnov@gmail.com](mailto:mitsmirnov@gmail.com)

Поступила в редакцию 30.03.2018; после доработки 06.06.2018;  
принята к публикации 18.03.2019; опубликована онлайн 31.03.2019.

Науплиусы жаброногих рачков *Artemia* spp. (Branchiopoda: Anostraca) — один из основных видов живых кормов, применяемых при культивировании личинок морских рыб. Для улучшения биохимического состава артемий их насыщают специализированными искусственными смесями или микроводорослями, содержащими незаменимые для личинок рыб компоненты. Размеры, скорость роста и выживаемость науплиусов (N) и метанауплиусов (MN) артемий могут иметь большое значение при их использовании в качестве живого корма. Цель настоящей работы — выполнить сравнительный анализ размерных характеристик и выживаемости науплиусов крымских артемий производства компании Artemia cysts при питании разными видами микроводорослей. Науплиусы артемий получили в соответствии с общепринятой методикой. В качестве корма использовали следующие виды микроводорослей: *Isochrysis galbana*, *Prorocentrum micans*, *Gymnodinium wulfii*, *Prorocentrum cordatum*, *Tetraselmis suecica*, *Phaeodactylum tricorutum*. Средний диаметр сухих цист артемий составил 0,230 мм. Средние значения длины и ширины ортонауплиусов артемий — 0,473 и 0,150 мм соответственно. Односуточные MN, питавшиеся *T. suecica*, имели достоверно меньшие средние значения длины [(0,698 ± 0,014) мм], чем MN, питавшиеся *I. galbana*, *P. micans*, *G. wulfii* и *Ph. tricorutum* ( $P < 0,05$ ). Двух- и трёхсуточные MN, питавшиеся *I. galbana*, имели достоверно большие средние значения длины и ширины (двухсуточные — 1,19 и 0,324 мм; трёхсуточные — 1,53 и 0,47 мм соответственно), чем MN, питавшиеся *Ph. tricorutum*, *T. suecica*, *P. micans* и *P. cordatum*. Среди всех метанауплиусов, насыщавшихся микроводорослями, минимальные средние значения длины имели MN, питавшиеся *P. cordatum*. Выживаемость метанауплиусов при насыщении *P. cordatum*, *P. micans* и *T. suecica* была максимальной (выше 95 %). Сочетание небольших размеров и высокой выживаемости метанауплиусов, питавшихся *P. cordatum* (микроводоросль со значительным содержанием докозагексаеновой и эйкозапентаеновой кислот), предполагает их использование в качестве перспективного живого корма для личинок морских рыб.

**Ключевые слова:** артемия, цисты, метанауплиусы, микроводоросли, размеры, выживаемость, аквакультура, Крым

В технологическом процессе разведения большинства морских рыб одним из обязательных звеньев является выращивание живых кормов. По ряду причин биологического характера (малый размер рта, слабо выраженный охотничий инстинкт и др.) личинки многих видов морских рыб, выращиваемых и перспективных для марикультуры, на ранних стадиях своего развития не могут употреблять инертные (искусственные) корма, а питаются только живыми организмами.

Жаброногие ракообразные рода *Artemia* Leach, 1819 (Branchiopoda: Anostraca) широко распространены в ультрагалинных водных системах (озёра, лиманы), в том числе на Крымском

полуострове [21]. Благодаря малым размерам, мягкому и тонкому наружному скелету, а также высокому содержанию белка и липидов [9], науплиусы, или ортонауплиусы (далее — N), и метанауплиусы (далее — MN) артемий активно используются в аквакультуре в качестве живого корма личинок морских рыб (камбала, палтус, дорада, лаврак и многие другие). Между тем в составе артемии отсутствуют некоторые эссенциальные компоненты, в частности высоконенасыщенные жирные кислоты — эйкозапентаеновая (далее — ЭПК) и докозагексаеновая (далее — ДГК) [13], которые не синтезируются в организме личинок [24], но необходимы для их нормального развития.

Ортонауплиусы используют для роста собственные энергетические ресурсы [23], так как их рот и анус ещё закрыты, пищеварительная система не функционирует. Спустя 8–12 ч после первой линьки у личинок артемий (MN I) начинает функционировать пищеварительный тракт и появляется возможность отфильтровывать частицы размером 1–40 мкм [4]. Повышение питательной ценности артемии возможно только начиная со стадии MN. В марикультурной практике оно осуществляется с помощью метода обогащения (биоинкапсуляции) высоконенасыщенных жирных кислот в составе искусственных эмульсий [13, 15, 22], хотя применение последних приводит к загрязнению среды выращивания и к появлению проблем с пищеварением личинок. Для модификации состава MN артемий можно использовать и морские микроводоросли: некоторые из них способны синтезировать и аккумулировать значительное количество высоконенасыщенных жирных кислот [17, 25]. К таким микроводорослям относятся часто применяемые в аквакультуре и экспериментальных исследованиях для кормления и насыщения живых кормов *Isochrysis galbana* Parke, 1949, *Phaeodactylum tricornutum* Bohlin, 1897 и *Tetraselmis suecica* (Kylin) Butcher, 1959, а также ряд видов динофлагеллят (*Prorocentrum micans* Ehrenberg, 1834, *Prorocentrum cordatum* (Ostenfeld) J. D. Dodge, 1975, *Gymnodinium wulffii* J. Schiller, 1933). Последние содержат значительное количество ЭПК и ДГК, ранее не применявшихся для насыщения артемий, но успешно использованных для кормления и культивирования разных видов копепод [1, 5, 6, 19] и насыщения коловраток [12]. Отдельные виды динофлагеллят (*Dinophysis acuminata* Claparède & Lachmann, 1859) могут быть токсичными при массовом цветении и разложении органической массы [11], однако наши предварительные эксперименты показали отсутствие токсичности используемых в экспериментах видов динофлагеллят при их концентрации в среде до  $10^4$  кл.мл<sup>-1</sup> как для питающихся ими артемий, так и для личинок рыб, которые питаются артемиями.

Цель настоящей работы — выполнить сравнительный анализ размерных характеристик и выживаемости науплиусов крымских артемий при питании разными видами микроводорослей для определения возможности их применения в качестве живых кормов.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для получения науплиев артемий в экспериментальных исследованиях использовали промышленно законсервированные цисты артемий (из крымских солёных озёр в районе г. Саки; производство компании Artemia cysts). В связи с тем что видовая принадлежность данных артемий (очевидно, *Artemia parthenogenetica* Bowen & Sterling, 1978) не подтверждена генетическими исследованиями, в дальнейшем употребляется термин «артемия». Перед декапсуляцией сухие цисты артемии были гидратированы путём помещения их в холодную дистиллированную воду на 1 ч. В качестве декапсулирующего раствора использовали бытовой химический препарат «Белизна» (изготовлен на основе гипохлорита натрия), добавляемый к пресной воде в соотношении 1 : 1. Декапсуляцию цист проводили в стакане под визуальным контролем (при сжигании наружной оболочки они становились желтовато-серыми) до появления розовато-оранжевого цвета; состояние обрабатываемых цист отслеживали под бинокуляром [23]. После тщательного промывания пресной водой декапсулированные цисты артемий инкубировали при температуре 28 °С в сосудах с подготовленной морской водой (прошедшая грубую очистку, отстоянная, затем механически очищенная последовательной

фильтрацией через картриджные фильтры с размером пор 10, 5 и 1 мкм и стерилизованная с помощью ультрафиолета), при постоянной аэрации и круглосуточном искусственном освещении.

Производили последовательные измерения диаметра сухих, гидратированных и декапсулированных цист. Во время пика выклева (через 19–20 ч после начала инкубации) науплиусы измерили и разделили на семь групп (в двух повторностях), в шесть из которых добавили монокультуры микроводорослей. Седьмая группа — контрольная. В экспериментах использовали микроводоросли Prymnesiophyceae (*Isochrysis galbana*); Dinophyceae (*Prorocentrum micans*, *Gymnodinium wulfii*, *Prorocentrum cordatum*); Chlorodendrophyceae (*Tetraselmis suecica*); Bacillariophyceae (*Phaeodactylum tricorutum*), полученные из лабораторных моновидовых накопительных культур, которые были выращены на основе стерилизованной черноморской воды (солёность — 18 ‰), обогащённой средой Уолна [7]. Плотность микроводорослей в экспериментах с насыщением артемий поддерживали на уровне 0,02–0,08 мг сух. массы на мл. В течение трёх суток после выклева исследовали размерные характеристики и выживаемость MN артемий, насыщенных разными видами микроводорослей. Измерение организмов (25 штук для каждой повторности) и определение их выживаемости (подсчёт живых науплиусов в каждой повторности) проводили под бинокляром при увеличении 2×8, 4×8. Достоверность различий между средними значениями определяли по *t*-критерию Стьюдента.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Средний диаметр сухих цист крымских артемий —  $(0,230 \pm 0,007)$  мм, гидратированных —  $(0,253 \pm 0,007)$  мм, декапсулированных —  $(0,230 \pm 0,007)$  мм (табл. 1). Значения коэффициентов вариации (*CV*) по размерам цист практически не отличались, составляя от 6,42 до 8,00 %. Отмечены достоверные различия между средними размерами сухих цист и гидратированных, а также между размерами гидратированных цист и декапсулированных ( $P < 0,05$ ).

**Таблица 1.** Диаметр цист крымских (г. Саки) артемий до и после декапсуляции (*CI*, 95 %)

**Table 1.** Diameter of the cysts of the Crimean (Saki) brine shrimp before and after decapsulation (*CI*, 95 %)

Цисты	Количество измерений	Диаметр цист, мм	Коэффициент вариации <i>CV</i> , %
Сухие	25	$0,230 \pm 0,007$	7,69
Гидратированные	25	$0,253 \pm 0,007$	6,42
Декапсулированные	25	$0,230 \pm 0,007$	8,00

Средние размеры ортонауплиусов крымских артемий — длина  $(0,473 \pm 0,011)$  мм и ширина  $(0,150 \pm 0,005)$  мм — характеризовались такой же низкой вариабельностью (5,89 и 9,62 % соответственно), как и размеры цист (табл. 2).

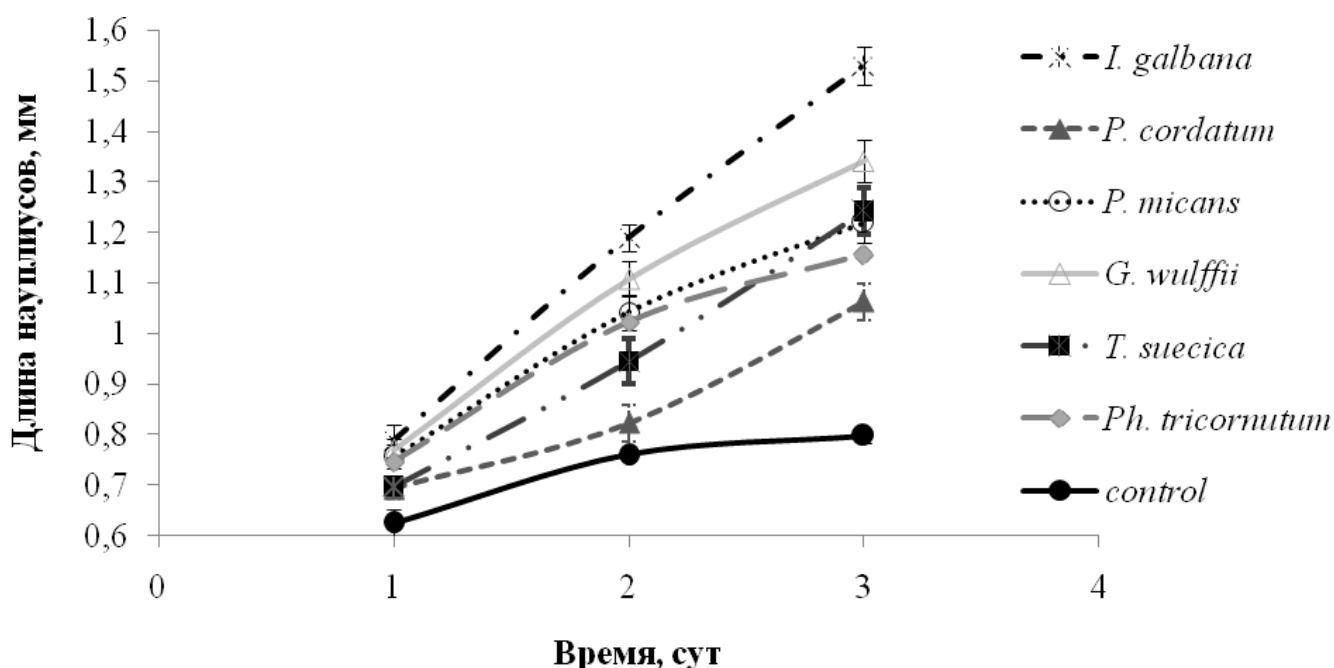
Спустя 8 ч артемий переходили на стадию метанауплиусов и сразу же после открытия пищеварительного тракта начинали питаться. Выявлены достоверные различия ( $P < 0,05$ ) между средними значениями длины односуточных MN, питавшихся предложенными видами микроводорослей, и MN контрольной группы (табл. 2). При сравнении средних значений ширины достоверные различия между метанауплиусами, питавшимися микроводорослями *T. suecica* и *P. cordatum*, и MN контрольной группы отсутствовали ( $P > 0,1$ ). При этом метанауплиусы, питавшиеся *T. suecica*, имели достоверно меньшие средние значения длины, чем метанауплиусы, потреблявшие *I. galbana*, *P. micans*, *G. wulfii* и *Ph. tricorutum*. Средние значения ширины метанауплиусов, питавшихся *T. suecica*, были достоверно меньше тех же значений у метанауплиусов, потреблявших *I. galbana*, *G. wulfii* и *Ph. tricorutum*. При питании мелкокоразмерными *I. galbana* и крупноразмерными микроводорослями *P. micans*, *G. wulfii* и *Ph. tricorutum* средние значения длины и ширины односуточных метанауплиусов достоверно не различались.

**Таблица 2.** Морфометрические показатели науплиев и односуточных метанауплиев крымских (г. Саки) артемий при питании разными видами микроводорослей (CI, 95 %)

**Table 2.** Morphometry of the nauplii and 1-day old metanauplii of the Crimean (Saki) brine shrimp fed on different species of microalgae (CI, 95 %)

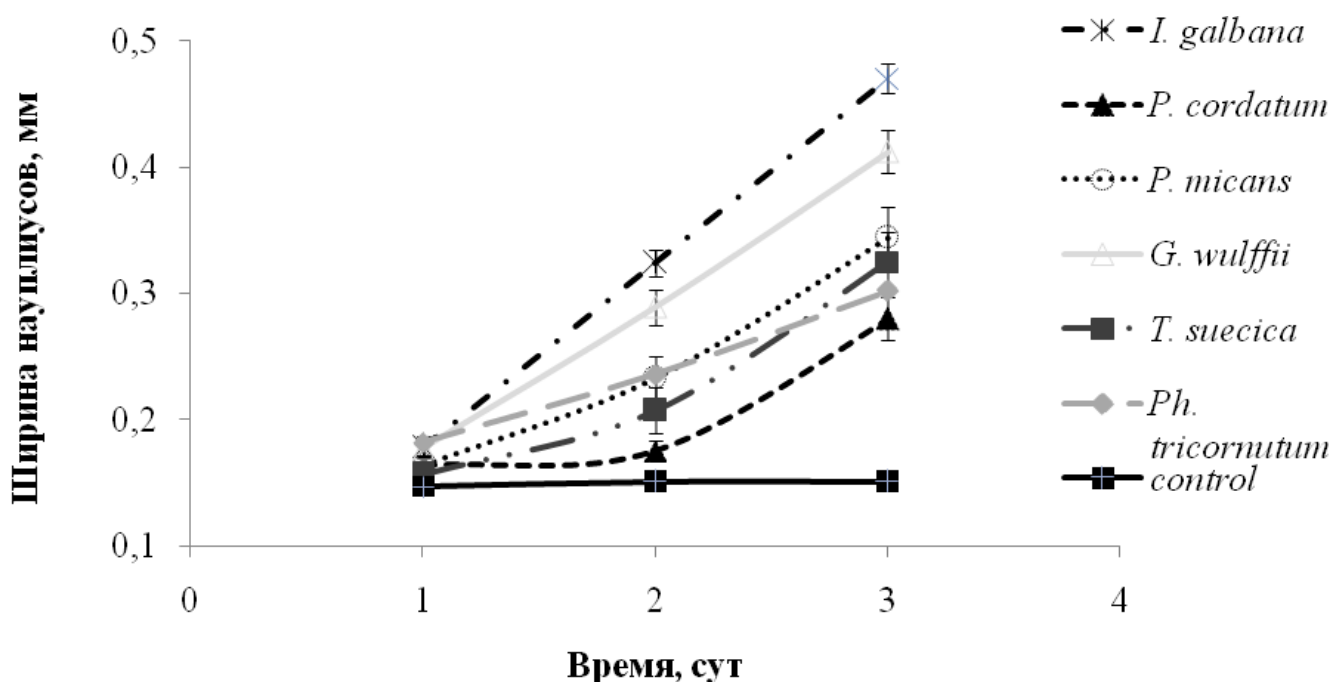
Стадия развития	Длина, мм	CV, %	Ширина, мм	CV, %
Ортонауплиусы	0,473 ± 0,011	5,89	0,150 ± 0,006	9,62
MN, без корма	0,625 ± 0,028	11,14	0,147 ± 0,005	8,95
MN, <i>I. galbana</i>	0,788 ± 0,032	10,08	0,178 ± 0,009	12,53
MN, <i>P. micans</i>	0,757 ± 0,024	7,94	0,164 ± 0,006	8,89
MN, <i>G. wulfii</i>	0,770 ± 0,021	6,69	0,177 ± 0,005	7,74
MN, <i>P. cordatum</i>	0,693 ± 0,020	7,32	0,164 ± 0,008	11,71
MN, <i>Ph. tricornutum</i>	0,746 ± 0,018	5,94	0,182 ± 0,005	6,29
MN, <i>T. suecica</i>	0,698 ± 0,014	5,17	0,157 ± 0,005	7,24

На вторые сутки после перехода науплиусов на метанауплиальную стадию MN, питавшиеся *I. galbana* и *G. wulfii*, имели достоверно бóльшие средние значения длины и ширины тела, чем метанауплиусы, потреблявшие *T. suecica* и *P. cordatum* (рис. 1, 2). Кроме того, особи, питавшиеся *P. cordatum*, на вторые сутки отличались достоверно меньшими размерами от метанауплиусов, кормившихся *P. micans* и *Ph. tricornutum*. На третьи сутки MN, питавшиеся *I. galbana*, имели достоверно бóльшие размеры, чем особи, насыщенные другими видами микроводорослей (рис. 1, 2). Достоверно меньшими средними значениями длины на третьи сутки характеризовались метанауплиусы, питавшиеся *P. cordatum*. Средние значения ширины MN, питавшихся *P. cordatum*, на третьи сутки достоверно не отличались от значений метанауплиусов, кормившихся *Ph. tricornutum* и *T. suecica*.



**Рис. 1.** Изменения длины метанауплиусов крымских (г. Саки) артемий через 1–3 суток после начала питания разными видами микроводорослей (CI, 95 %)

**Fig. 1.** Changes in the length of metanauplii of the Crimean (Saki) brine shrimp 1–3 days after start of feeding on different species of microalgae (CI, 95 %)



**Рис. 2.** Изменения ширины метанауплиусов крымских (г. Саки) артемий через 1–3 суток после начала питания разными видами микроводорослей (CI, 95 %)

**Fig. 2.** Changes in the width of metanauplii of the Crimean (Saki) brine shrimp 1–3 days after start of feeding on different species of microalgae (CI, 95 %)

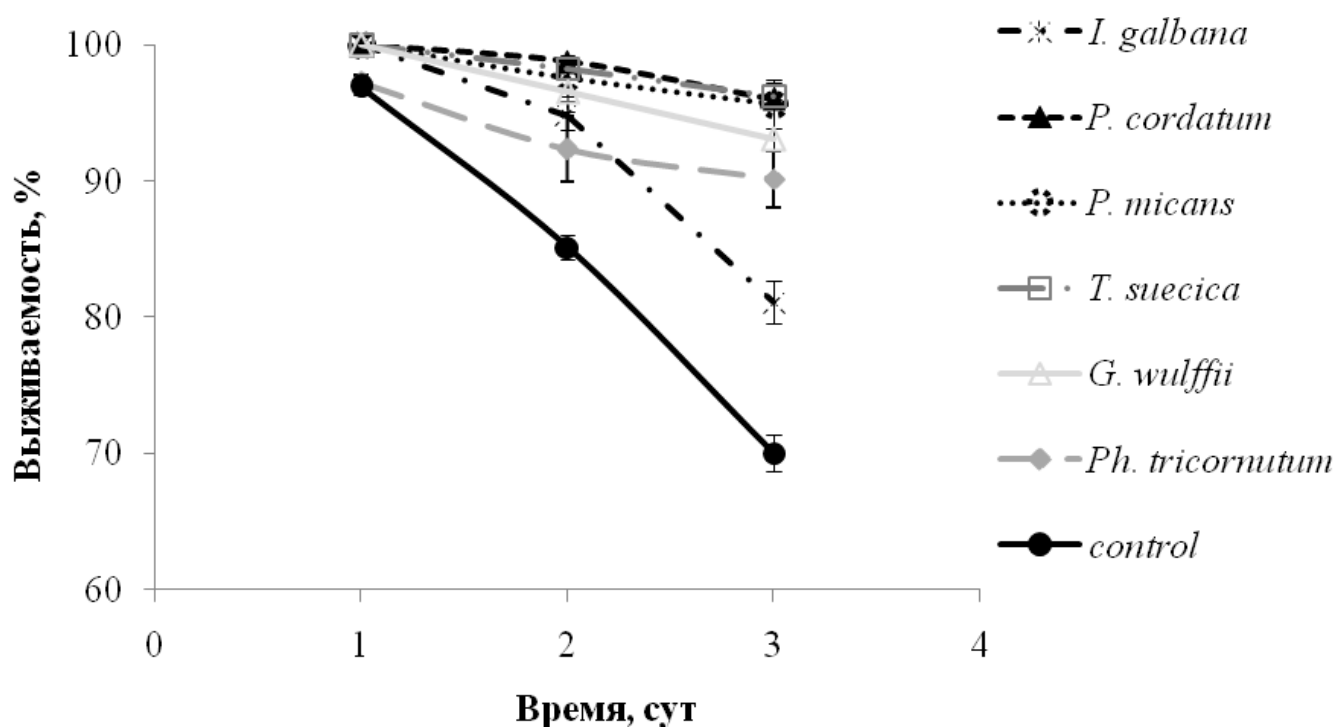
Среднее значение выживаемости односуточных метанауплиусов, питавшихся *Ph. tricornutum*, по сравнению с таковым MN, потреблявших другие микроводоросли, было достоверно ниже и не отличалось от значения контрольной группы (рис. 3). Метанауплиусы артемий, питавшиеся *P. cordatum* и *T. suecica*, на вторые и третьи сутки имели достоверно более высокий процент выживания ( $P < 0,05$ ), чем MN, насыщенные *I. galbana*. При этом их показатели выживаемости не отличались от показателей метанауплиусов, кормившихся *P. micans*, *G. wulffii*, *Ph. tricornutum*.

#### ОБСУЖДЕНИЕ

Размерные характеристики сухих цист артемий из крымских солёных озёр (производство компании Artemia cysts) близки к таковым цист партеногенетических артемий (*Artemia* spp.) из разных популяций, собранных в водоёмах Алтая (Россия) и острова Лесбос (Греция), а также в озере Аиби (Китай) [2]. Средний диаметр сухих цист партеногенетических артемий варьирует от 0,230 мм (Алтай и о. Лесбос) до 0,239 мм (озеро Аиби) [2]. По нашим данным, диаметр сухих цист крымских артемий составил 0,230 мм. По такому параметру, как среднее значение длины, ортонауплиусы крымских артемий [(0,473 ± 0,011) мм] крупнее ортонауплиусов артемий из алтайских популяций (0,450 мм), но мельче ортонауплиусов артемий из озера Аиби (0,483 мм) и из популяций артемий водоёмов о. Лесбос (0,494 мм) [3].

Для личинок морских рыб, которые имеют очень маленькие размеры рта и проглатывают свою жертву за одно схватывание, размер науплиусов имеет ключевое значение. Личинки, которым предлагают слишком крупных науплиусов артемий, могут голодать, поскольку не способны проглотить добычу. Описана, в частности, высокая степень корреляции между длиной науплиусов артемий и смертностью личинок одного вида морской атерины — *Menidia menidia* (Linnaeus, 1766) [15]. Для ранних личинок тюрбо [*Scophthalmus maximus* (Linnaeus, 1758)] рекомендуется использовать одновременно с коловратками науплиусов артемий шириной 0,144 мм (с увеличением до 0,225 мм на 10-й день) [8]. Полученные нами средние значения ширины науплиусов составляли





**Рис. 3.** Выживаемость метанауплиусов крымских (г. Саки) артемий через 1–3 суток после начала питания разными видами микроводорослей (CI, 95 %)

**Fig. 3.** Survival of metanauplii of the Crimean (Saki) brine shrimp 1–3 days after start of feeding on different species of microalgae (CI, 95 %)

0,150 мм, а таковые односуточных метанауплиусов варьировали в зависимости от предложенного им вида микроводорослей от 0,157 до 0,178 мм. Средние значения ширины двухсуточных метанауплиусов при насыщении их микроводорослями *I. galbana* и *G. wulfii* составили  $(0,324 \pm 0,011)$  и  $(0,289 \pm 0,014)$  мм соответственно. Такие параметры метанауплиусов снижают возможность их поимки личинками рыб с небольшими размерами рта, а значит, их не рекомендуется использовать для кормления личинок на ранних стадиях развития. Напротив, двухсуточные метанауплиусы, питавшиеся *P. cordatum* и *T. suecica*, отличались не только достоверно меньшими средними значениями ширины [ $(0,175 \pm 0,008)$  и  $(0,207 \pm 0,018)$  мм], но и достоверно более высокой выживаемостью [ $(98,76 \pm 0,5)$  и  $(98,26 \pm 0,68)$  %], от метанауплиусов, насыщенных *I. galbana* [ $(94,83 \pm 1,05)$  %]. Ранее также было показано, что метанауплиусы артемий, питавшиеся *T. suecica*, характеризовались меньшими размерами и лучшей выживаемостью [16]. Несмотря на то что в жирнокислотном составе *T. suecica* много ЭПК [10], насыщенные ими науплиусы оказываются дефицитными по ДГК. Напротив, среди использованных в наших экспериментах видов микроводорослей наиболее высокое содержание ДГК определено у *P. cordatum* — 20 % [14, 20] — и у *I. galbana* — не менее 16 % [18]. При кормлении личинок рыб на ранних стадиях их развития необходимы живые корма минимальных размеров [9]; полученные нами экспериментальные результаты как по размерным характеристикам, так и по показателям выживаемости метанауплиусов крымских артемий при питании *P. cordatum* позволяют рекомендовать кормление ими личинок рыб. Мы предполагаем, что использование *P. cordatum* даст возможность повысить содержание ДГК, необходимой для роста и нормального развития рыб, но отсутствующей в составе артемий, а небольшие размеры метанауплиусов поспособствуют более эффективному схватыванию их личинками рыб [15].

**Выводы:**

1. Метанауплиусы I стадии развития, питавшиеся *T. suesica*, достоверно отличались меньшими средними значениями длины [(0,698 ± 0,014) мм] от метанауплиусов, питавшихся *I. galbana*, *P. micans*, *G. wulffii* и *Ph. tricornutum* ( $P < 0,05$ ). Метанауплиусы, насыщенные *P. cordatum*, достоверно характеризовались минимальными средними значениями длины на вторые и третьи сутки — (0,823 ± 0,036) и (1,063 ± 0,036) мм.
2. Двухсуточные и трёхсуточные метанауплиусы, питавшиеся *I. galbana*, имели достоверно большие средние значения длины и ширины [(1,19 ± 0,027) и (0,324 ± 0,011) мм, (1,53 ± 0,038) и (0,47 ± 0,027) мм соответственно], чем метанауплиусы, питавшиеся *Ph. tricornutum*, *T. suesica*, *P. micans* и *P. cordatum*.
3. Выживаемость метанауплиусов при питании всеми предложенными видами микроводорослей с первых по третьи сутки была достаточно высокой (> 80 %).
4. Выживаемость метанауплиусов с первых по третьи сутки при питании *P. cordatum*, *P. micans* и *T. suesica* достигала максимального значения (выше 95 %).
5. Метанауплиусы артемий, питающиеся *P. cordatum*, могут быть рекомендованы в качестве экспериментального живого корма для личинок морских рыб.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН ИМБИ по теме «Исследование механизмов управления продукционными процессами в биотехнологических комплексах с целью разработки научных основ получения биологически активных веществ и технических продуктов морского генезиса» (№ гос. регистрации АААА-А18-118021350003-6).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Аганесова Л. О. Выживаемость и длительность развития копепод *Calanipeda aquaedulcis* и *Arctodiaptomus salinus* в зависимости от питания микроводорослями разных таксономических групп // *Морской экологический журнал*. 2011. Т. 10, № 2. С. 27–33. [Aganesova L. O. Survival and development times of the copepods *Calanipeda aquaedulcis* and *Arctodiaptomus salinus* depending on feeding microalgae of different taxonomic groups. *Morskoy ekologicheskij zhurnal*, 2011, vol. 10, no. 2, pp. 27–33. (in Russ.)]
2. Голубев А. П., Шевцова С. Н. Биометрическая характеристика размеров цист в популяциях жаброногих раков рода *Artemia* с разной плоидностью // *Сахаровские чтения 2006 года: экологические проблемы XXI века* : материалы 6-ой Междунар. науч. конф., Минск, 18–19 мая 2006 г. Минск, 2006. С. 300–303. [Golubev A. P., Shevtsova S. N. Biometricheskaya kharakteristika razmerov tsist v populyatsiyakh zhabronogikh rakov roda *Artemia* s raznoi ploidnost'yu. In: *Sakharovskie chteniya 2006 goda: ekologicheskie problemy XXI veka* : materialy 6-oi Mezhdunar. nauch. konf., Minsk, 18–19 May, 2006. Minsk, 2006, pp. 300–303. (in Russ.)]
3. Голубев А. П., Шевцова С. Н. Морфометрическая характеристика яиц и науплиусов из партеногенетических и двуполых популяций жаброногих раков рода *Artemia* // *Сахаровские чтения 2005 года: экологические проблемы XXI века* : материалы 5-ой Междунар. науч. конф., Минск, 20–21 мая 2005 г. Минск, 2005. С. 193–194. [Golubev A. P., Shevtsova S. N. Morfometricheskaya kharakteristika yaits i nauplisov iz partenogeneticheskikh i dvupolykh populyatsii zhabronogikh rakov roda *Artemia*. In: *Sakharovskie chteniya 2005 goda: ekologicheskie problemy XXI veka* : materialy 5-oi Mezhdunar. nauch. konf., Minsk, 20–21 May, 2005. Minsk, 2005, pp. 193–194. (in Russ.)]
4. Литвиненко Л. И., Литвиненко А. И., Бойко Е. Г. *Артемия в озерах Западной Сибири*. Новосибирск : Наука, 2009. 304 с. [Litvinenko L. I., Litvinenko A. I., Boiko E. G. *Artemiya v ozerakh Zapadnoi Sibiri*. Novosibirsk: Nauka, 2009. 304 p. (in Russ.)]
5. Петипа Т. С. *Трофодинамика копепод в морских планктонных сообществах*. Киев : Наукова думка, 1981. 245 с. [Petipa T. S. *Trofodinamika kopepod v morskikh planktonnykh soobshchestvakh*. Kiev: Naukova dumka, 1981, 245 p. (in Russ.)]
6. Ханайченко А. Н. Влияние микроводорослевой диеты на характеристики воспроизводства копепод // *Экология моря*. 1999. Вып. 49. С. 56–61.

- [Khanaychenko A. N. The effect of microalgal diet on copepod reproduction parameters. *Ekologiya morya*, 1999, iss. 49, pp. 56–61. (in Russ.)]
7. Andersen R. A. *Algae culturing techniques*. New York: Elsevier Academic Press, 2005, 578 p.
  8. Cunha I., Planas M. Optimal prey size for early turbot larvae (*Scophthalmus maximus* L.) based on mouth and ingested prey size. *Aquaculture*, 1999, vol. 175, iss. 1–2, pp. 103–110. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00040-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00040-X)
  9. Emmerson W. D. Predation and energetics of *Penaeus indicus* (Decapoda, Penaeidae) larvae feeding on *Brachionus plicatilis* and *Artemia* nauplii. *Aquaculture*, 1984, vol. 38, iss. 3, pp. 201–209. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(84\)90144-3](https://doi.org/10.1016/0044-8486(84)90144-3)
  10. Guzmán H. M., de la Jara Valido A., Duarte L. C., Presmanes K. F. Estimate by means of flow cytometry of variation in composition of fatty acids from *Tetraselmis suecica* in response to culture conditions. *Aquaculture international*, 2010, vol. 18, iss. 2, pp. 189–199. <https://doi.org/10.1007/s10499-008-9235-1>
  11. Kat M. *Dinophysis acuminata* blooms, the distinct cause of Dutch mussel poisoning. In: *Toxic Dinoflagellates* : proc. 3<sup>rd</sup> Intern. Conf. on Toxic Dinoflagellates, St. Andrews, New Brunswick, Canada, 8–12 June, 1985. New York: Elsevier, 1985, pp. 73–77.
  12. Khanaychenko A. N., Dhert P., Van Ryckeghem K., Sorgeloos P. Evaluation of fatty acid composition of live feed fed Dinophyceae. In: *Aquaculture and Water: Fish Culture, Shellfish Culture and Water Usage* : International Conference Aquaculture Europe'98, Bordeaux, France, 7–10 October, 1998. Oostende: European Aquaculture Society, 1998, pp. 133–134.
  13. Léger P., Bengtson D. A., Simpson K. L., Sorgeloos P. The use and nutritional value of *Artemia* as a food source. In: *Oceanography and Marine Biology. An Annual Review*, 1986, vol. 24, pp. 521–623.
  14. Makri A., Bellou S., Birkou M., Papatrehas K., Dolapsakis N. P., Bokas D., Aggelis G. Lipid synthesized by micro-algae grown in laboratory and industrial-scale bioreactors. *Engineering in Life Sciences*, 2011, vol. 11, iss. 1, pp. 52–58. <https://doi.org/10.1002/elsc.201000086>
  15. Merchie G. Use of nauplii and meta-nauplii. In: *Manual on the production and use of live food for aquaculture* / P. Lavens, P. Sorgeloos (Eds). Rome, 1996, pp. 137–163. (FAO Fisheries Technical Paper ; no. 361.)
  16. Mohebbi F., Hafezieh M., Seidgar M., Hosseinzadeh Sahhafi H., Mohsenpour Azari A., Ahmadi R. The growth, survival rate and reproductive characteristics of *Artemia urmiana* fed by *Dunaliella tertiolecta*, *Tetraselmis suecica*, *Nannochloropsis oculata*, *Chaetoceros* sp., *Chlorella* sp. and *Spirolina* sp. as feeding microalgae. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 2016, vol. 15, no. 2, pp. 727–737.
  17. Patil V., Reitan K. I., Knutsen G., Mortensen L. M., Källqvist T., Olsen E., Gisleørød H. R. Microalgae as source of polyunsaturated fatty acids for aquaculture. *Current Topics in Plant Biology*, 2005, vol. 6, pp. 57–65.
  18. Payne M. F. Evaluation of diets for culture of the calanoid copepod *Gladioferens imparipes*. *Aquaculture*, 2000, vol. 187, iss. 1–2, pp. 85–96. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00391-9](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00391-9)
  19. Poulet S. A., Laabir M., Ianora A., Miralto A. Reproductive response of *Calanus helgolandicus*. I. Abnormal embryonic and naupliar development. *Marine Ecology Progress Series*, 1995, vol. 129, no. 1/3, pp. 85–95. <https://doi.org/10.3354/meps129085>
  20. Reitan K. I., Rainuzzo J. R., Øie G., Olsen Y. Nutritional effects of algal addition in first-feeding of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) larvae. *Aquaculture*, 1993, vol. 118, iss. 3–4, pp. 257–275. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(93\)90461-7](https://doi.org/10.1016/0044-8486(93)90461-7)
  21. Shadrin N., Anufrieva E., Galagovets E. Distribution and historical biogeography of *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea: Anostraca) in Ukraine. *International Journal of Artemia Biology*, 2012, vol. 2, no. 2, pp. 30–42.
  22. Sorgeloos P., Lavens P., Leger P. H., Tackaert W., Versichele D. *Manual for the culture and use of brine shrimp Artemia in aquaculture* / Artemia Reference Center, State University of Ghent, Belgium. Ghent: State University of Ghent, 1986, 319 p.
  23. Van Stappen G. Use of cysts. In: *Manual on the production and use of live food for aquaculture* / P. Lavens, P. Sorgeloos (Eds). Rome, 1996, pp. 107–136. (FAO Fisheries Technical Paper ; no. 361.)
  24. Tocher D. R. Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish. *Aquaculture Research*, 2010, vol. 41, iss. 5, pp. 717–732. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.02150.x>
  25. Zhukova N. V., Aizdaicher N. A. Fatty acid composition of 15 species of marine microalgae. *Phytochemistry*, 1995, vol. 39, iss. 2, pp. 351–356. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(94\)00913-E](https://doi.org/10.1016/0031-9422(94)00913-E)



**VARIABILITY OF SIZE CHARACTERISTICS AND SURVIVAL  
OF THE NAUPLII OF CRIMEAN BRINE SHRIMP  
ARTEMIA SPP. (BRANCHIOPODA: ANOSTRACA)  
FEEDING ON DIFFERENT SPECIES OF MICROALGAE**

**D. Yu. Smirnov, L. O. Aganesova, A. N. Khanaychenko**

Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS, Sevastopol, Russian Federation

E-mail: [mitsmirnov@gmail.com](mailto:mitsmirnov@gmail.com)

Nauplii of brine shrimps *Artemia* spp. (Branchiopod: Anostraca) are one of the main species of live food used in marine fish larviculture. Specialized formulated enrichments or microalgae containing essential components for fish larvae are routinely used for improvement of biochemical composition of *Artemia*. Size, growth rate and survival of nauplii and metanauplii are important when *Artemia* is used as a live food. The goal of this study was to carry out comparative analysis of size characteristics and survival of metanauplii of the Crimean brine shrimp (produced by “Artemia cysts” company) feeding on different species of microalgae. Nauplii were hatched in accordance with the generally accepted procedure. Microalgae of different taxons – *Isochrysis galbana*, *Prorocentrum micans*, *Gymnodinium wulfii*, *Prorocentrum cordatum*, *Tetraselmis suecica*, *Phaeodactylum tricorutum* – were used for feeding metanauplii. The average diameter of dry *Artemia* cysts was 0.230 mm. The average length and width of nauplii were 0.473 and 0.150 mm, respectively. The average length of 1-day old metanauplii fed on *T. suecica* [(0,698 ± 0,014) mm] was significantly less than that of 1-day metanauplii fed on *I. galbana*, *P. micans*, *G. wulfii*, and *Ph. tricorutum* ( $P < 0.05$ ). The average length and width of the 2-day and 3-days old metanauplii fed on *I. galbana* (1.19 and 0.324; 1.53 and 0.47 mm, respectively) were significantly larger than those of metanauplii fed on *Ph. tricorutum*, *T. suecica*, *P. micans*, and *P. cordatum*. Metanauplii fed on *P. cordatum* were significantly smaller than those fed on other diets. The survival of metanauplii fed on *P. cordatum*, *P. micans*, and *T. suecica* was the highest (above 95 %). The combination of the smallest sizes and highest survival rate of metanauplii fed on *P. cordatum* (microalgae with high DHA/EPA content) assumes the use on metanauplii as an experimental live food for marine fish larvae.

**Keywords:** *Artemia*, cysts, metanauplii, microalgae, size, survival, aquaculture, Crimea