

УДК 595.384.2:639.518

Содержание японского мохнаторукого краба *Eriocheir japonica* в искусственных условиях

Р.Р. Борисов, Н.П. Ковачева, Н.В. Кряхова, И.Н. Никонова, Д.С. Печёнкин

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва
E-mail: borisovrr@vniro.ru

В искусственных условиях исследованы различные этапы онтогенеза японского мохнаторукого краба *Eriocheir japonica*. Первые случаи спаривания отмечены при температуре воды 7–8 °С, а откладка икры при 10 °С. Продолжительность эмбрионального развития составила около 42 суток (565–580 градусо-дней), личиночного развития при температуре 20 °С 19–21 сутки (380–420 градусо-дней), стадии мегалопы 9–14 суток (180–280 градусо-дней). Личинок кормили тремя вариантами корма: науплии артемии; смесь науплиев артемии и микроводорослей (*Chlorella marina*); микроводоросли. При использовании науплиев артемии выживаемость до третьей личиночной стадии составила более 50%. Личинки, которых кормили исключительно микроводорослями, погибли, так и не перейдя на вторую стадию. Исследование скорости роста молоди *E. japonica* при содержании в пресной и морской воде (25‰) показало, что солёность воды не оказывает существенного влияния на скорость роста и величину прироста за линьку. Эксперименты, выполненные со взрослыми особями, продемонстрировали, что крабы *E. japonica* приспособлены переносить длительное пребывание вне воды. При температуре 5–8 °С крабы могли находиться вне воды более 16 суток. Полученные данные позволяют заключить, что японский мохнаторукий краб является перспективным объектом для аквакультуры. Его отличительными особенностями являются: способность взрослых особей переносить длительную транспортировку вне воды, высокая плодовитость самок и широкая эвригалинность молоди. Сравнение особенностей развития ранних стадий японского и китайского мохнаторуких крабов *Eriocheir sinensis* показывает, что эти два вида очень близки между собой. В связи с этим в качестве основы при разработке биотехники культивирования *E. japonica* может быть использован опыт выращивания *E. sinensis* в Китае. Имеющиеся технологии должны быть модифицированы с учётом климатических условий Приморья и особенностей *E. japonica*, ареал которого охватывает более северные регионы.

Ключевые слова: японский мохнаторукий краб *Eriocheir japonica*, онтогенез, рост, аквакультура.

В последние два десятилетия во всем мире наблюдается активный рост доли продукции, получаемой методами аквакультуры. На сегодня по данным ФАО [FAO Fishstat Plus, 2016] производство десятиногих ракообразных методами аквакультуры превысило объём

их вылова. Основными факторами, стимулирующими развитие аквакультуры, являются рост потребления, сокращение естественных запасов, развитие новых технологий. Хорошим примером данных тенденций может служить китайский мохнаторукий краб *Eriocheir sinensis*

Milne Edwards, 1853. Этот вид краба популярен в Китае благодаря его вкусовым качествам и имеет высокую стоимость [Sui et al., 2011]. В конце 1980-х гг. активный вылов, строительство плотин и ирригационных сооружений на реках привели к значительному снижению естественных запасов этого вида. В 1980 году были достигнуты первые существенные успехи в культивировании личинок *E. sinensis* в искусственных условиях [Zhao, 1980], а спустя 10 лет после возникших существенных проблем в культивировании креветок произошёл резкий рост производства аквакультуры данного вида. В результате производство краба *E. sinensis* в аквакультуре увеличилось с 8 тыс. т в 1991 году до примерно 797 тыс. т в 2014 году [FAO Fishstat Plus, 2016].

В Приморье краб *E. sinensis* отмечен лишь единично в р. Амур [Семенькова, 2007]. Широкое распространение в регионе имеет другой близкий ему вид рода — японский мохнаторукий краб *Eriocheir japonica* (de Naap, 1835). Этот вид распространён в эстуарно-прибрежных системах Японии, Корейского полуострова, Гонконга, о. Тайвань, о. Сахалин и Приморья и особенно многочислен в зал. Петра Великого [Барабанщиков, 2002]. Краб *E. japonica* так же, как и *E. sinensis* — катадромный вид, который значительную часть жизни проводит в пресной воде, размножаясь в солоноватой или морской. По размеру *E. japonica* несколько меньше *E. sinensis*. Ширина карапакса взрослых особей *E. japonica* составляет от 50,0 до 65,0 мм [Барабанщиков, 2002]. Наиболее крупные особи могут достигать 95 мм и массы 515 г [Семенькова, 2007]. Самки *E. japonica* так же, как и *E. sinensis*, обладают высокой плодовитостью. В водоёмах Приморского края самки в зависимости от размера могут нести от 3–5 до 800 тыс. яиц. Однако чаще всего показатели плодовитости колеблются в диапазоне 200–500 тыс. икринок на самку (Олифиренко и др., 2004). Самки могут нереститься до трёх-четырёх раз за сезон, но количество икры в каждой следующей кладке уменьшается [Барабанщиков, 2002; Семенькова, 2007]. После размножения значительная часть особей, по-видимому, погибает в связи с завершением цикла онтогенетического развития [Kobayashi, Matsuura,

1995а, 2003; Kobayashi, 1999; Семенькова, 2005; Калинина, 2015]. Японский мохнаторукий краб — эврифаг; его пищевой спектр состоит как из растительной, так и животной пищи [Семенькова и др., 2006; Kobayashi, 2009]. В Приморье добыча *E. japonica* ведётся с 1998 г., а выловленный краб экспортируется в страны юго-восточной Азии [Семенькова, 2007].

В последние годы выполнено большое количество научных исследований, касающихся различных аспектов популяционной биологии *E. japonica* как в Приморье [Барабанщиков, 2002; Олифиренко и др., 2004; Семенькова, 2007], так и в Японии [Kobayashi, Matsuura, 1995 б; 2003; Wang et al., 2009]. Подробно изучено личиночное развитие данного вида, включающее пять стадий зоэа и стадию мегалопы [Morita, 1974; Lai et al., 1986; Kim, Hwang, 1990; Корниенко, Корн, 2005], их сезонное распределение в планктоне [Щербатова, Корн, 2009; Kobayashi, Archdale, 2016], физиологические адаптации и поведение, связанные с миграцией в пресную воду [Kobayashi, 1998; Kobayashi, 2011; Sakamoto et al., 2013]. Вместе с тем исследований, ставящих своей основной задачей рассмотреть данный вид с точки зрения его культивирования в искусственных условиях, на сегодняшний день фактически выполнено не было. В этой связи нами проведен комплекс экспериментальных работ, затрагивающих различные аспекты содержания этого вида в искусственных условиях на разных этапах онтогенеза.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Работы осуществлены на базе бассейнового комплекса ООО «Бионт-К», бухта Северная Славянского залива Японского моря, и в аквариальной лаборатории марикультуры беспозвоночных ФГБНУ «ВНИРО» (г. Москва).

Для проведения экспериментальных работ 22 апреля группа из 25 половозрелых самцов и самок *E. japonica* была размещена на комплексе ООО «Бионт-К» в бассейне с рабочим объёмом 500 л. Подача воды в ёмкость осуществлялась из моря после её прохождения через систему фильтрации. Солёность в период исследований колебалась в диапазоне 30–33‰. Температура воды коррелировала

с температурой в прибрежной зоне моря и постепенно повышалась с 7 до 17 °С. В качестве корма использовали мясо кальмара.

При проведении экспериментов по транспортировке крабов упаковывали (заворачивали) в нетканый, хорошо впитывающий воду материал на основе целлюлозы, и укладывали в пластиковые контейнеры по 1–2 особи. При имитации транспортировки контейнеры находились в холодильнике при температуре 5–8 °С. Продолжительность содержания особей вне воды составляла от 1 до 16 суток. Эксперимент выполнен на 24 самцах краба. Кроме того, проведено три транспортировки крабов авиатранспортом в Москву. Перевозили как самцов, так и самок, в том числе самок с икрой. Продолжительность транспортировки составляла от 18 до 30 часов. Температура в транспортировочном контейнере изменялась от 8 до 15 °С.

В аквариальной лаборатории марикультуры беспозвоночных крабов содержали в аквариуме (объем 200 л), оснащённом системой биофильтрации и проточным холодильником. Использовалась искусственная морская вода, приготовленная на основе соли RedSea (Израиль). Солёность колебалась в диапазоне 25–30‰, а температура — 20–26 °С.

Небольшую часть полученных от самок личинок использовали для проведения экспериментов. Личинок разместили в ёмкостях двух типов: объёмом воды 100 мл — по 10 шт. (30 ёмкостей) и объёмом воды 800 мл — по 200–300 шт. (3 банки). Выполнено 3 варианта эксперимента, отличавшихся типом использованных кормов: только науплии артемии (*Artemia* sp.); науплии артемии и микроводоросли (*Chlorella marina* Butcher, 1952); только микроводоросли. Ежедневно в экспериментальных ёмкостях производили полную смену воды. На протяжении всех этапов культивирования температура в ёмкостях составляла 20–21 °С, а солёность около 25‰. Данная солёность попадает в диапазон оптимальных значений для развития всех ранних стадий *E. sinensis* [Anger, 1991]. Режим освещения: 12 часов свет / 12 часов темнота.

У молоди в период линьки отмечались случаи каннибализма. В связи с этим молодь в конце первой — начале второй стадии рас-

садили в индивидуальные проточные ёмкости (объём воды 1 л). На второй-третьей стадии (23 сутки после рассадки) половину особей (9 экз.) перевели в пресную воду. В качестве корма использовали комбикорма TetraMin, TetraWaferMix (Tetra, Германия), замороженный зоопланктон, амфипод *Gammarus* sp., мясо кальмара и личинок *Chironomus* sp.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На момент начала экспериментальных работ икра у самок отсутствовала. Первые случаи спаривания отмечены при температуре 7–8 °С. Икра у первых двух самок появилась 11 мая при температуре 10 °С. Продолжительность эмбрионального развития составила около 42 суток. Температура в ёмкости на момент выхода личинок из икры составила 15 °С. Сумма тепла, необходимого для прохождения эмбрионального развития, составила 565–580 градусо-дней. У особей, доставленных в аквариальную ВНИРО, в июле зафиксированы случаи повторного спаривания и выметывания икры (рис. 1А).

Эксперименты по транспортировке взрослых самцов крабов показали их исключительно высокую способность выживать вне воды. Ни в одном из проведённых экспериментов не зафиксировано случаев гибели особей. Таким образом, максимальное время пребывания крабов вне воды, отмеченное в эксперименте при температуре 5–8 °С, составило 16 суток и это, по-видимому, не является пределом для данного вида. Также самцы и самки без потерь перенесли длительную транспортировку авиатранспортом. У самок с икрой существенных повреждений икры отмечено не было. Из икры, перенёсшей транспортировку, получены жизнеспособные, активные личинки (рис. 1Б).

В эксперименте по культивированию личинок (ёмкости объёмом 100 мл) наилучшие показатели выживаемости отмечены при кормлении смесью науплиев артемии и микроводорослей, несколько хуже был результат при использовании исключительно науплиев артемии (рис. 2). В обоих случаях выживаемость до третьей личиночной стадии составила более 50%. Тогда как личинки, которых кормили исключительно микроводорослями, погибли, так и не перейдя на вторую стадию

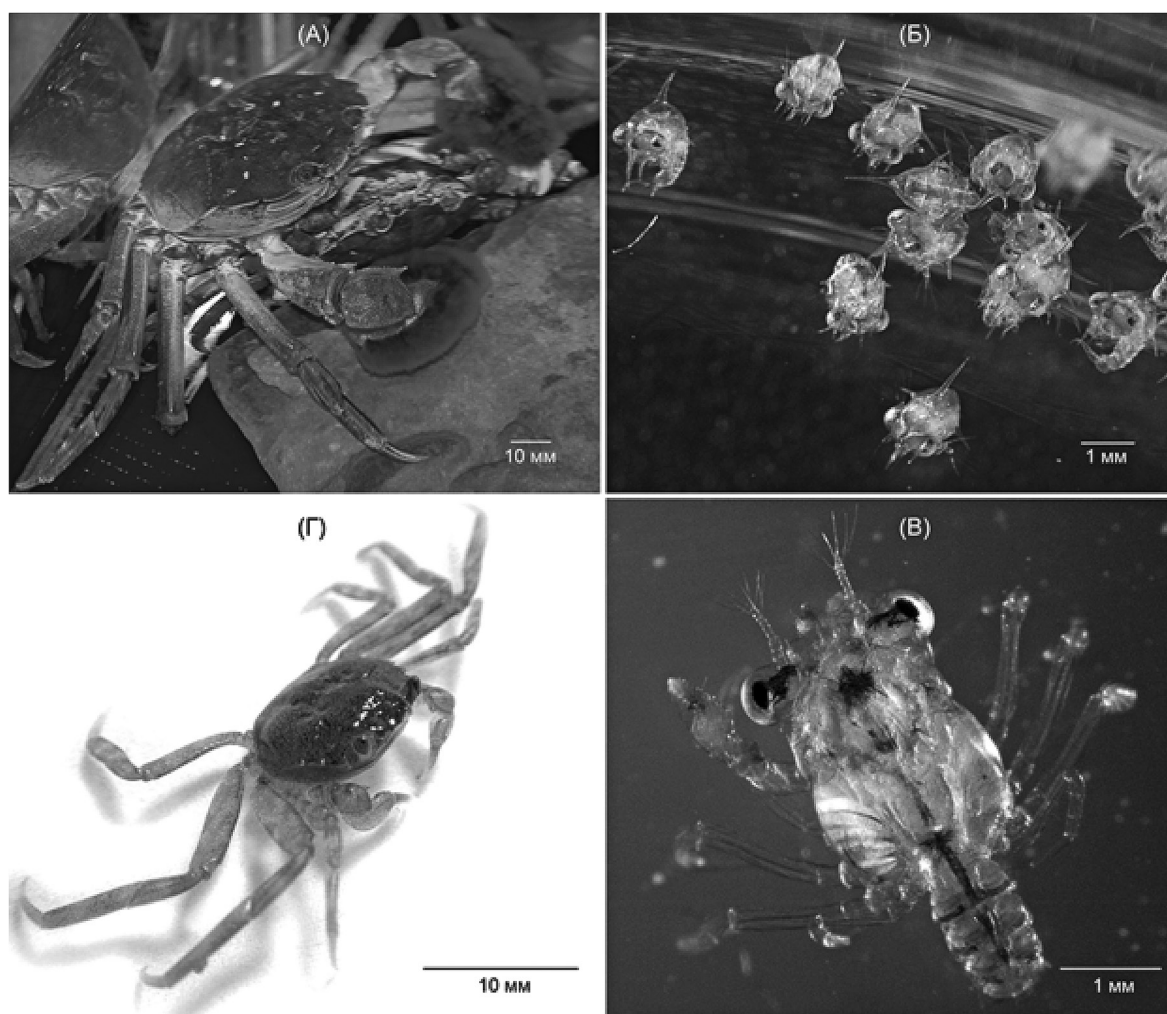


Рис. 1. Основные этапы жизненного цикла японского мохнаторукого краба:

А — самец и самка в процессе спаривания; Б — зоэа I; В — мегалопа; Г — молодь в возрасте полугода

(рис. 2). Существенная смертность особей в эксперименте отмечена при переходе с первой на вторую стадию (2–3 сут) и 13 сут. Во втором случае массовая гибель могла быть связана с избыточным внесением кормов, последовавшим за этим снижением содержания кислорода и ухудшением гидрохимических показателей в ёмкостях. В ёмкостях объёмом 800 мл наилучшая выживаемость также отмечена в вариантах кормления с использованием науплиев артемии. Выживаемость до стадии мегалопы составила около 10% от посадки. Продолжительность личиночного периода составила 19–21 сут (380–420 градусо-дней).

Продолжительность стадии мегалопы (рис. 1В) составила 9–14 сут (180–280 градусо-дней). На стадии мегалопы особи питались, отмечены случаи каннибализма.

У личинок наблюдался хорошо выраженный положительный фототаксис. Фототаксис на стадии мегалопы был выражен слабее, чем у личинок. Большую часть времени на стадии мегалопы особи активно плавали и не использовали расположенные в ёмкостях субстраты из пластиковой сетки. У молоди наблюдается положительный реотаксис. Зафиксировано несколько случаев, когда молодь забиралась в шланги, через которые осуществлялась подача воды.

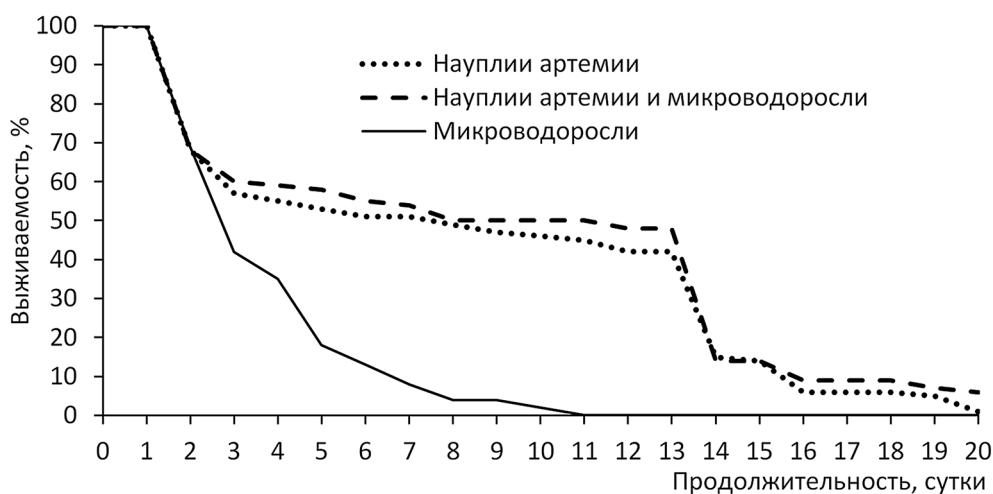


Рис. 2. Выживаемость в эксперименте (ёмкости объёмом 100 мл) по культивированию личинок *E. japonica* при трёх вариантах кормления

У молоди средний прирост (по ширине карапакса) за линьку был максимальным при переходе со второй на третью стадию — 30%. В дальнейшем средние показатели прироста колебались в диапазоне 19–23% (рис. 3 А). По мере роста особей продолжительность межлиночных периодов возросла с 13 до 25 сут (с 260 до 500 градусо-дней) (рис. 3 Б), при этом наблюдалась существенная рассинхронизация линек. Достоверных отличий в приросте за стадию и продолжительности межлиночных периодов у особей, содержащихся в солёной (25‰) и пресной воде, не наблюдалось. Средняя ширина карапакса особей одной ста-

дии развития, содержащихся в пресной и морской воде, отличалась незначительно. В возрасте полугода с момента выхода из икры (при температуре содержания 20–21 °С) средняя ширина карапакса молоди составила 10,5 мм, а масса тела 0,55 г. Максимальный размер имела особь (рис. 1 Г), прошедшая за это время 9 линек: ширина карапакса — 14,7 мм; масса — 1,2 г.

ОБСУЖДЕНИЕ

Возможность доставить гидробионтов до потребителя в живом виде с минимальными затратами является важным условием для ак-

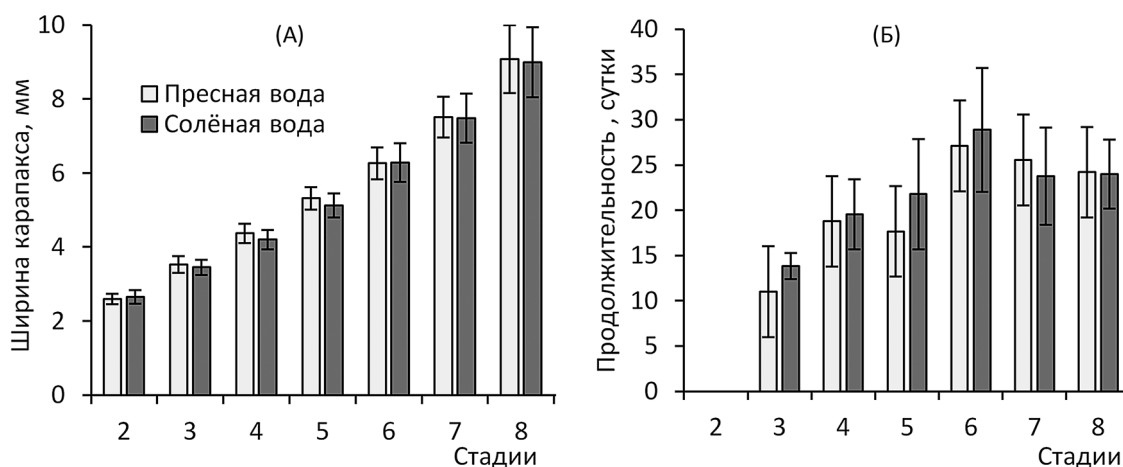


Рис. 3. Рост молоди краба *E. japonica* в искусственных условиях:
А — изменение ширины карапакса; Б — продолжительность межлиночных периодов

вакультуры. В этом контексте установленная способность краба *E. japonica* переносить длительную транспортировку в живом виде без воды делает его очень перспективным объектом. Для краба *E. sinensis* транспортировку на влажном субстрате без воды осуществляют и на ранних стадиях онтогенеза. Мегалоп *E. sinensis* перевозят к месту дальнейшего культивирования в течение 24 часов, при этом выживаемость составляет 90% [Sui et al., 2011]. Хорошей предпосылкой для развития аквакультуры *E. japonica* является также высокая плодовитость самок. Это позволяет получить большой объём посадочного материала от небольшого числа производителей.

Вместе с тем следует учитывать, что *E. sinensis* за пределами Китая рассматривается как вид, представляющий угрозу для местных сообществ. Краб *E. sinensis* входит в список 100 наиболее опасных инвазивных видов [Global Invasive Species Database, 2016]. С момента непреднамеренной интродукции, произошедшей в 1912 году [Panning, 1939], китайский мохнаторукий краб на данный момент зарегистрирован в большинстве приморских стран [Herborg et al., 2003] и даже проник в водоёмы стран, не имеющих выхода к морю. В России этот вид обитает в Калининградской области и Финском заливе [Старобогатов, 1995], отмечен в Ладожском озере [Рапов, 2006] и Волге [Shakirova et al., 2007], а также в реках бассейнов Черного и Белого морей. Расселение *E. sinensis* идёт быстрыми темпами, а его присутствие часто негативно сказывается на местных экосистемах. В связи с этим следует с максимальной осторожностью относиться к транспортировке *E. japonica* в живом виде за пределы его ареала. Проникновение этого вида в естественные водоёмы может нанести существенный вред обитающим в них видам. Быстрому распространению вида на новые территории может способствовать наличие у него личинок, развитие которых происходит в морской и солоноватой воде. Это позволяет им проникать в соседние эстуарные системы [Олифиренко и др., 2004]. Все эти тенденции отчётливо проявились после вселения *E. sinensis* в Европу [Herborg et al., 2003].

Эксперименты по получению молоди *E. japonica* в искусственных условиях показа-

ли, что личиночный период является наиболее уязвимым этапом в жизненном цикле данного вида. Аналогичная ситуация наблюдается и у *E. sinensis*, выживаемость личинок которого до стадии мегалопы при промышленном культивировании в среднем составляет 10–15% [Sui et al., 2011]. Особенно часто снижение выживаемости отмечается при линьке со стадии зоэа I на зоэа II и при метаморфозе на стадию мегалопы.

Тип и размер пищевых объектов играет важную роль при культивировании личинок. Для кормления личинок *E. sinensis* чаще всего рекомендуется использовать микроводоросли, коловраток, яичный желток, науплии артемии, спирулину и соевое молоко [Cheng et al., 2008; Sui et al., 2009; Sui et al., 2011]. Проведённые нами эксперименты с личинками *E. japonica* подтвердили имеющиеся для личинок *E. sinensis* данные, что использование в качестве корма одних микроводорослей недостаточно для прохождения ими нормального развития [Sui et al., 2011]. Личинки, которых кормили исключительно микроводорослями, так и не смогли перейти на вторую стадию. При этом следует отметить, что личинки активно поедали водоросли. По видимому, водоросли лишь в небольшой степени необходимы в рационе личинок. При культивировании личинок *E. sinensis* микроводоросли служат пищей для коловраток, которые в свою очередь поедаются личинками [Sui et al., 2011]. Из-за небольших размеров зоэа крабов *E. japonica* и *E. sinensis* использование для их кормления науплиев артемии, которые хорошо зарекомендовали себя в качестве корма для ранних стадий многих видов ракообразных, является дискуссионной темой. Ранее Корниенко и Корн [Корниенко, Корн, 2005] указывали, что при использовании науплиев артемии для кормления личинок *E. japonica* им не удалось получить даже личинок стадии зоэа III. Тогда как, при использовании более мелких пищевых объектов (науплии корнеголового ракообразного *Polyascus polygenea*) выживаемость в эксперименте до стадии мегалопы составила около 30%. При этом продолжительность развития при температуре 20–22 °С до стадии мегалопы составила 23 сут. По результатам исследова-

ний пищевых предпочтений у *E. sinensis* [Sui et al., 2009] было рекомендовано при культивировании личинок этого вида на первых двух стадиях использовать в качестве корма коловраток, которых уже с третьей стадии можно заменить на науплии артемии. Данные рекомендации связаны с мелкими размерами первых стадий зоэа и еще не полностью сформировавшимся у них пищеварительным трактом [Sui et al., 2009]. Наши исследования показали, что при достаточной концентрации пищевых объектов (науплии артемии) личинки *E. japonica* могут успешно проходить всё личиночное развитие при использовании в качестве корма исключительно науплиев артемии. При этом развитие личинок до стадии мегалопы при температуре 20–21 °С заняло 19–21 сут, что сопоставимо с результатами, полученными Корниенко и Корн [Корниенко, Корн, 2005]. При недостатке корма или его неполноценности часто наблюдается увеличение межличиночных периодов, как, например, в варианте нашего эксперимента с кормлением личинок исключительно микроводорослями. Таким образом, можно заключить, что науплии артемии в целом удовлетворяли энергетические и физиологические потребности личинок *E. japonica*. Анализ полученных данных и литературных источников позволяет сделать заключение, что для роста личинкам в первую очередь необходима животная пища. При этом, несмотря на то, что науплии артемии являются полноценным кормом, на первых двух стадиях развития для кормления личинок лучше использовать более мелких и легко доступных для личинок коловраток, а кормление науплиями артемии начинать после перехода личинок на стадию зоэа III.

Период мегалопы и первых стадий молоди *E. japonica* является важным периодом в индивидуальном развитии особи, когда в её организме происходят важные перестройки, связанные с переходом в пресную воду [Sakamoto et al., 2013]. Имеющиеся данные о природных популяциях показывают, что именно в этот период происходят миграции особей в распреснённую часть эстуариев и далее в реки [Kobayashi, 1998; Kobayashi, 2011]. Миграции вверх по течению способствует положительный реотаксис молоди [Kobayashi, 2012]. Однако

в полностью пресные участки рек молодь перемещается далеко не всегда, и для ряда регионов указывается, что молодь остаётся в части эстуария, где регулярно имеет место воздействие морской воды, например на устричных банках, богатых микроубежищами [Kobayashi, 1998]. В некоторых случаях снижение температуры вынуждает молодь оставаться в солоноватоводной зоне эстуария [Kobayashi, 1998]. В связи с этим возникает вопрос, какое влияние оказывает солёность воды на рост молоди. Проведённые нами исследования позволяют сделать заключение, что солёность воды не оказывает существенного влияния на скорость роста и величину прироста за линьку молоди краба (рис. 3). Это подтверждает высокую эвригалинность *E. japonica*, благодаря которой молодь может активно расти как в пресной части водоёма, так и в меняющихся условиях эстуарной зоны. В естественной среде миграции молоди могут зависеть от типа эстуария, температурных условий, обилия кормовых объектов, при этом повышенная солёность не оказывает угнетающего действия на её рост. Широкая эвригалинность молоди *E. japonica* также может быть использована при её культивировании в искусственных условиях.

Проведённые нами и другими исследователями [Lai et al., 1986; Kim, Hwang, 1990; Корниенко, Корн, 2005] эксперименты по получению молоди *E. japonica* в искусственных условиях продемонстрировали возможность выращивания данного вида в условиях аквакультуры. При разработке биотехники культивирования существенно упрощает ситуацию наличие близкого вида, для которого уже имеется положительный опыт культивирования в искусственных условиях. В случае с *E. japonica* таким видом является *E. sinensis*. Проводя сравнение биологических особенностей развития ранних стадий *E. japonica* и *E. sinensis* на основе полученных результатов и литературных данных [Семенькова, 2003; Cheng et al., 2008; Sui et al., 2009; Sui et al., 2011], можно сделать вывод, что эти два вида очень близки между собой. В связи с этим для разработки биотехники культивирования *E. japonica* может быть использован опыт, накопленный при культивировании *E. sinensis* в Китае. Имеющиеся технологии должны быть модифицированы с учётом

климатических условий Приморья и особенностей *E. japonica*, ареал которого охватывает более северные регионы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Японский мohnаторукий краб *E. japonica* является перспективным объектом для аквакультуры. Его отличительными особенностями являются: способность взрослых особей переносить длительную (более 16 сут) транспортировку вне воды; высокая плодовитость самок и широкая эвригалинность молоди. Наиболее уязвимым в жизненном цикле *E. japonica* является личиночный период. Науплии артемии являются полноценным кормом для личинок *E. japonica*, однако из-за малых размеров личинок для их кормления на первых двух стадиях следует использовать коловраток, которых на третьей стадии можно заменить на науплии артемии. В качестве основы при разработке биотехники культивирования *E. japonica* может быть использован имеющийся опыт выращивания *E. sinensis* в Китае.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают искреннюю признательность ООО «Бионт-К» за предоставленную возможность использования материально-технической базы бассейнового комплекса, всему коллективу ООО «Бионт-К» за помощь в выполнении работ и особую благодарность генеральному директору Лузгину С.Е. за оказанную всестороннюю поддержку и ценные идеи.

ЛИТЕРАТУРА

- Барабашников Е.И. 2002. Японский мohnаторукий краб (*Eriocheir japonicus* de Haan) эстуарно-прибрежных систем Приморского края // Известия ТИНРО. Т. 131. С. 228–248.
- Калинина М.В. 2015. Плодовитость и уровень эмбриональной смертности японского мohnаторукого краба *Eriocheir japonica* (Crustacea: Decapoda: Varunidae) в Приморье // Онтогенез. Т. 46. № 6. 393 с.
- Корниенко Е.С., Корн О.М. 2005. Культивирование в лабораторных условиях и особенности морфологии личинок японского мohnаторукого краба *Eriocheir japonicus* (De Haan) // Известия ТИНРО. Т. 143. С. 35–51.
- Олифиренко А.Б., Семенькова Е.Г., Пущина О.И., Шаповалов М.Е., Братищев В.С. 2004. Некоторые данные о сезонных миграциях японского мohnаторукого краба *Eriocheir japonicus* в водоемах Приморья // Известия ТИНРО. Т. 136. С. 137–147.
- Семенькова Е.Г. 2007. Биология и перспективы промысла японского мohnаторукого краба *Eriocheir japonica* в водоемах Приморья. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Владивосток. ТИНРО-центр. 23 с.
- Семенькова Е.Г. 2003. Обзор исследований биологии китайского мohnаторукого краба (*Eriocheir sinensis*) // Известия ТИНРО. Т. 135. С. 122–137.
- Семенькова Е.Г., Колпаков Н.В., Барабанщиков Е.И. 2006. Питание и суточная ритмика активности японского мohnаторукого краба *Eriocheir japonicus* в водах Приморья // Известия ТИНРО. Т. 146. С. 56–66.
- Старобогатов Я.И. 1995. Отряд Decapoda // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 2. Ракообразные / Под общ. ред. С.Я. Цалолыхина. СПб.: Наука. С. 174–183.
- Щербакова Н.В., Корн О.М. 2009. Сроки встречаемости и распределение личинок японского мohnаторукого краба *Eriocheir japonica* в Амурском и Уссурийском заливах Японского моря // Известия ТИНРО. Т. 158. С. 160–172.
- Anger K. 1991. Effects of temperature and salinity on the larval development of the chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* (Decapoda: Grapsidae) // Mar. Ecol. Prog. Ser. V. 72. P. 103–110.
- Cheng Y., Wu X., Yang X., Hines H.A. 2008. Current trends in hatchery techniques and stock enhancement for Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* // Reviews in Fisheries Science. V. 16. № 1–3. P. 377–386.
- FAO Fishstat Plus 2016. Universal software for fishery statistical time series, version 3.01. Fisheries Department, Fishery Information, Data and Statistical Unit, FAO, Rome.
- Global Invasive Species Database 2016. Downloaded from http://www.iucngisd.org/gisd/100_worst.php on 07–11–2016.
- Herborg L. — M., Rushton S.P., Clare A.S., Bentley M.G. 2003. Spread of the Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis* H. Milne Edwards) in Continental Europe: analysis of a historical data set // Hydrobiologia. V. 503. P. 21–28.
- Kim C.H., Hwang S.G. 1990. Complete larval development of *Eriocheir japonica* De Haan (Decapoda, Brachyura, Grapsidae) reared in the laboratory // Korean Journ. Zool. V. 33. № 4. P. 411–427.

- Kobayashi S. 1998. Settlement and upstream migration of the Japanese mitten crab *Eriocheir japonica* (de Haan) // Ecol. Civil. Eng. V. 1. № 1. P. 21–31.
- Kobayashi S. 1999. Reproductive ecology of the Japanese mitten crab *Eriocheir japonica* (de Haan): a review // Japanese Journal of Benthology. V. 54. P. 24–35 (на яп. яз. с англ. аннот.).
- Kobayashi S. 2009. Dietary preferences of the Japanese mitten crab *Eriocheir japonica* in a river and adjacent seacoast in north Kyushu, Japan // Plankton Benthos Res. V. 4. № 2. P. 77–87.
- Kobayashi S. 2011. Growth patterns of the Japanese mitten crab *Eriocheir japonica* (De Haan) in its river phase in Fukuoka prefecture, Japan // Journal of Crustacean Biology. V. 31. № 4. P. 653–659.
- Kobayashi S. 2012. Microhabitat utilization pattern of the Japanese mitten crab *Eriocheir japonica* in the lower reaches of rivers // Ecology and Civil Engineering. V. 15. № 1. P. 61–70.
- Kobayashi S., Archdale M. V. 2016. Migration process of megalopae of the Japanese mitten crab *Eriocheir japonica* (De Haan) from open sea to Tidal river // Estuaries and Coasts. V. 39. № 3. P. 846–854.
- Kobayashi S., Matsuura S. 1995 a. Reproductive ecology of the Japanese mitten crab *Eriocheir japonicus* (De Haan) in its marine phase // Benthos Research. V. 49. P. 15–28.
- Kobayashi S., Matsuura S. 1995 b. Population structure of the Japanese mitten crab *Eriocheir japonicus* (De Haan) clinal variations in size of maturity // Crustacean Research. V. 24. P. 128–136.
- Kobayashi S., Matsuura S. 2003. Process of growth, migration, and reproduction of middle- and large-sized Japanese mitten crab *Eriocheir japonicus* (de Haan) in a small river and its adjacent sea coast // Benthos Research. V. 58. № 2. P. 15–28.
- Lai H.-T., Shy J.-Y., Yu H.-P. 1986. Morphological observation on the larvae *Eriocheir japonica* (de Haan) (Crustacea, Decapoda, Grapsidae) reared in the laboratory // Journ. of Fishing Society of Taiwan. V. 13. № 2. P. 12–21.
- Morita J. 1974. Morphological observation on the development of *Eriocheir japonicus* De Haan // Zool Mag. V. 83. P. 24–81.
- Panov V. E. 2006. First record of the Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis* H. Milne Edwards, 1853 (Crustacea: Brachyura: Varunidae) from Lake Ladoga, Russia // Aquatic Invasions. № 1. P. 28–31.
- Panning A. 1939. The Chinese mitten crab // Annual Report Smithsonian Institution. P. 361–375.
- Sakamoto T., Ogawa S., Nishiyama Y., Godo W., Takahashi H. 2013. Osmolality and ionic status of hemolymph and branchial Na⁺/K⁺-ATPase in adult mitten crab during seawater adaptation // HOAJ Biology <http://www.hoajonline.com/journals/pdf/2050-0874-2-5.pdf>.
- Shakirova F. M., Panov V. E., Clark P. F. 2007. New records of the Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis* H. Milne Edwards, 1853, from the Volga River, Russia // Aquatic Invasions. № 2. P. 169–173.
- Sui L., Wille M., Cheng Y., Wu X., Sorgeloos P. 2011. Larviculture techniques of Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* // Aquaculture. V. 315. P. 16–19.
- Sui L., Wille M., Wu X., Cheng Y., Sorgeloos P. 2009. Effect of feeding scheme and prey density on survival and development of Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* zoea larvae // Aquaculture Research. V. 40. P. 950–954.
- Zhao L., Yang X., Cheng Y., Yang S. 2016. Effect of dietary histamine supplementation on growth, digestive enzyme activities and morphology of intestine and hepatopancreas in the Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* // SpringerPlus. V. 5. № 1. P. 1–11.
- Zhao N. G. 1980. Experiments on the artificial propagation of the woolly-handed crab (*Eriocheir sinensis* H. Milne-Edwards) in artificial sea water. J. Fish. China 4, 1–11 in Chinese. Цит. по Sui L., Wille M., Cheng Y., Wu X., Sorgeloos P. 2011. Larviculture techniques of Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* // Aquaculture. V. 315. P. 16–19.

REFERENCES

- Barabashnikov E. I. 2002. Yaponskiy mohnatoruki krab (*Eriocheir japonicus* de Haan) estuarno-pribrezhnyih sistem Primorskogo kraja [Japanese mitten crab (*Eriocheir japonicus* de Haan) of estuary systems in Primorye Region] // Izvestiya TINRO. T. 131. S. 228–248.
- Kalinina M. V. 2015. Plodovitost i uroven embrionalnoy smertnosti yaponskogo mohnatorukogo kraba *Eriocheir japonica* (Crustacea: Decapoda: Varunidae) v Primore [Fertility and embryonic mortality level of the Japanese mitten crab *Eriocheir japonica* (Crustacea: Decapoda: Varunidae) in Primorye] // Ontogenez. T. 46. № 6. 393 s.
- Kornienko E. S., Korn O. M. 2005. Kultivirovanie v laboratornyih usloviyah i osobennosti morfologii lichinok yaponskogo mohnatorukogo kraba *Eriocheir japonicus* (De Haan) [The rearing of the mitten crab *Eriocheir japonicus* (De Haan) under laboratory conditions and peculiarities of its larvae morphology] // Izvestiya TINRO. T. 143. S. 35–51.
- Olifirenko A. B., Semenkova E. G., Puschina O. I., Shapovalov M. E., Bratshev V. S. 2004. Nekotorye dannyye o sezonnyih migratsiyah yaponskogo mohnatorukogo kraba *Eriocheir japonicus* v vodoemah Primorya [Some data on seasonal migrations of Japanese mitten crab in basins of Primorye Region] // Izvestiya TINRO. T. 136. S. 137–147.

- Semenkova E. G. 2007. Biologiya i perspektivy promyisla yaponskogo mohnatorukogo kraba *Eriocheir japonica* v vodoemah Primorya [Biology and prospects of fishing Japanese mitten crab *Eriocheir japonica* in reservoirs Primorye]. Avtoref. diss. ... kand. boil. nauk. 24 s.
- Semenkova E. G. 2003. Obzor issledovaniy biologii kitayskogo mohnatorukogo kraba (*Eriocheir sinensis*) [Review of studies on biology of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*)] // Izvestiya TINRO. T. 135. S. 122–137.
- Semenkova E. G., Kolpakov N. V., Barabanshikov E. I. 2006. Pitanie i sutochnaya ritmika aktivnosti yaponskogo mohnatorukogo kraba *Eriocheir japonicus* v vodah Primorya [Feeding and circadian rhythm of Japanese mitten crab *Eriocheir japonicus* (Grapsidae) in the waters of Primorye] // Izvestiya TINRO. T. 146. S. 56–66.
- Starobogatov Ya. I. 1995. Otryad Decapoda. Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredelnykh territoriy. T. 2. Rakoobraznyye [Order Decapoda Proc. Key to freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories. T. 2. Crustaceans] / Pod obsch. red. S. Ya. Tsalolihina. SPb.: Nauka. S. 174–183.
- Scherbakova N. V., Korn O. M. 2009. Sroki vstrechaemosti i raspredelenie lichinok yaponskogo mohnatorukogo kraba *Eriocheir japonica* v Amurskom i Ussuriyskom zalivah Yaponskogo moray [Distribution and density of the Japanese mitten crab *Eriocheir japonica* larvae in the Amur and Ussuri Bays of the Japan Sea] // Izvestiya TINRO. T. 158. S. 160–172.

Поступила в редакцию 09.02.2017 г.
Принята после рецензии 01.03.2017 г.

Keeping of Japanese mitten crab *Eriocheir japonica* in artificial conditions

R. R. Borisov, N. P. Kovacheva, N. V. Kryakhova, I. N. Nikonova, D. S. Pechenkin

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI «VNIRO»), Moscow

The study of different stages of ontogeny of Japanese mitten crab *Eriocheir japonica* (de Haan, 1835) was conducted in laboratory conditions. First cases of mating were observed at 7–8 °C and laying eggs — at 10 °C. The duration of embryonic development was about 42 days (565–580 degree days), larval development continued 19–21 days (380–420 degree days) at temperature of 20 °C, stage megalopa continued about 9–14 days (180–280 degree days). Larvae were fed three variations of food: *Artemia* nauplii; a mixture of brine shrimp and microalgae (*Chlorella marina* Butcher, 1952); microalgae. The survival on the third larval stage was more than 50% by using nauplii *Artemia*. Larvae, which were fed only by microalgae, died and did not get the second larval stage. A study of juvenile growth rate with content in fresh and sea water (25‰) showed that the salinity of water has no significant effect on the growth rate. Experiments carried out with adult individuals demonstrated that *E. japonica* crabs adapted to carry a long stay out of the water. Crabs could be out of water for more than 16 days at 5–8 °C. Japanese mitten crab is reportedly a promising target for aquaculture. Their differential characteristics are: the ability of adults to endure long transportation out of the water, large female absolute fecundity and wide euryhalinity of juveniles. Comparing of early stages characteristics has shown that the Japanese mitten crab *E. japonica* and the Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* Milne Edwards, 1853 are very similar to each other. Thus, the technology of cultivation *E. sinensis* could be the basis for working out of the technology of cultivation *E. japonica*. Available technology should be modified taking into account the climatic conditions of Primorye and features *E. japonica*, whose range covers the more northern regions.

Key words: the Japanese mitten crab *Eriocheir japonica*, ontogeny, growth, aquaculture.