

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ



**Дальневосточный государственный технический
рыбохозяйственный университет**

**Актуальные проблемы освоения
биологических ресурсов Мирового океана**

**Материалы VII Международной
научно-технической конференции**

(Владивосток, 19–20 мая 2022 года)

Электронное издание

Проблемы и актуальные вопросы освоения водных биологических
ресурсов Мирового океана

Вопросы безопасности мореплавания и технического обслуживания судов

Инновации в технологических, проектных и инженерных решениях
для развития пищевых и холодильных производств и управления
качеством продуктов из водных биологических ресурсов

Владивосток
Дальрыбвтуз
2022

УДК 639.2.053
ББК 47.2
А43

Организационный комитет:

Председатель – О.Л. Щека, доктор физ.-мат. наук, профессор, ректор ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз».
Зам. председателя – О.И. Шестак, канд. ист. наук, доцент, начальник научного управления.

А.Н. Бойцов, канд. техн. наук, доцент, директор Института рыболовства и аквакультуры;
С.Б. Бурханов, канд. экон. наук, доцент, директор Мореходного института;
Е.П. Лаптева, канд. техн. наук, доцент, директор Института пищевых производств;
С.Н. Максимова, доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Технология продуктов питания»;
И.В. Матросова, канд. биол. наук, доцент, зав. кафедрой «Водные биоресурсы и аквакультура»;
И.А. Круглик, канд. биол. наук, доцент, зав. кафедрой «Экология и природопользование»;
С.В. Лисиенко, канд. экон. наук, доцент, зав. кафедрой «Промышленное рыболовство»;
Д.К. Глазюк, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Судовые энергетические установки»;
И.С. Карпушин, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Судовождение»;
Э.Н. Ким, доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Управление техническими системами»;
Т.И. Ткаченко, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Технологические машины и оборудование»;
В.В. Кращенко, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Пищевая биотехнология»;
В.П. Шайдуллина, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Холодильная техника, кондиционирование и теплотехника»;
С.С. Валькова, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Эксплуатация и управление транспортом»;
Е.Н. Бауло, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Электроэнергетика и автоматика»;
Д.В. Полещук, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология продуктов питания», председатель совета молодых ученых;
Л.А. Харитоновна – директор центра публикационной деятельности «Издательство Дальрыбвтуза».

Ответственный секретарь – Е.В. Денисова, зам. начальника научного управления.

Технический секретарь – Е.Ю. Образцова, главный специалист научного управления.

А43 Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана : материалы VII Междунар. науч.-техн. конф. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. (50,6 Mb). – Владивосток : Дальрыбвтуз, 2022. – 423 с. – Систем. требования : PC не ниже класса Pentium I ; 128 Mb RAM ; Windows 98/XP/7/8/10 ; Adobe Reader V8.0 и выше. – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-88871-757-8

Представленные материалы охватывают международные научно-технические проблемы экологии, рационального использования, сохранения и восстановления ресурсно-сырьевой базы рыболовства, развития искусственного воспроизводства и аквакультуры, эксплуатации водного транспорта, обеспечения безопасности мореплавания, прогрессивных технологий в области судовых энергетических установок и судовой автоматике, развития пищевых и холодильных производств, технологии и управления качеством продуктов из водных биологических ресурсов.

Приводятся результаты научно-исследовательских разработок ученых Дальрыбвтуза, других вузов и научных организаций России и зарубежья.

УДК 639.2.053
ББК 47.2

ISBN 978-5-88871-757-8

© Дальневосточный государственный
технический рыбохозяйственный
университет, 2022

Светлана Евгеньевна Лескова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, канд. биол. наук, ORCID ID: 0000-0001-7058-3449, Author ID РИНЦ: 960459, Россия, Владивосток, e-mail: svetaleskova@mail.ru

Мария Валерьевна Ларикова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, гр. ВБб-312, Россия, Владивосток, e-mail: larikova_mariya@mail.ru

Влияние температуры и солености на рост и развитие личинок дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus*

Аннотация. Проведен анализ зарубежных и отечественных литературных источников о влиянии температуры и солености на рост и развитие личинок дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus*.

Ключевые слова: личинки, *Apostichopus japonicus*, дальневосточный трепанг, температура, соленость, темп роста.

Svetlana E. Leskova

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD, ORCID ID: 0000-0001-7058-3449, Author ID RSCI: 960459, Russia, Vladivostok, e-mail: svetaleskova@mail.ru

Maria V. Larikova

Far Eastern State Technical Fisheries University, VBB-312, Russia, Vladivostok, e-mail: larikova_mariya@mail.ru

Influence of temperature and salinity on the growth and development of *Apostichopus japonicus* larvae

Abstract. The analysis of foreign and domestic literature sources on the influence of temperature and salinity on the growth and development of larvae of the Far Eastern trepang *Apostichopus japonicus* was carried out.

Keywords: larvae, *Apostichopus japonicus*, Far Eastern trepang, temperature, salinity, growth rate.

Дальневосточный трепанг *Apostichopus japonicus* (Selenka) – важнейший из промысловых видов голотурий. В последние годы в планктонных пробах все сложнее обнаружить личиночную стадию трепанга. Это говорит о том, что не стоит надеяться на ближайшее восстановление популяции. Помимо браконьерского вылова на трепанга влияют экологические, антропогенные и другие факторы. Наиболее уязвимые к данным факторам являются личинки. Изменение температуры или солености воды может привести к их гибели. Кроме того, личинка трепанга на разных стадиях своего развития имеет разную силу приспособления к изменению этих факторов. В настоящее время имеется технология выращивания трепанга в заводских условиях, но требует адаптации к тем условиям, в которых она применяется. Изучение влияния абиотических факторов дает возможность получения качественной продукции, так как на заводах создаются контролируемые условия, что гарантирует стабильное получение жизнестойкой молодежи [1].

Взрослые особи дальневосточного трепанга сами по себе являются эвритермным видом и способны переносить как повышение, так и понижение температур. В ареале трепанга температурный диапазон лежит от 0 до 28 °С, также имеются эксперименты, показывающие, что даже после заморозки трепанг может сохранять жизнедеятельность. При этом резкое изменение температур среды приводит к гибели личинок, так как на этом этапе своего развития они наиболее уязвимы [1].

В ходе личиночного развития дальневосточный трепанг проходит 6 стадий.

Предаурикулярия образуется через 20–30 ч после оплодотворения. Внешне прозрачна, имеет зачатки органов пищеварения. Длина личинок колеблется от 260 до 490 мкм. Продолжительность стадии – 24–30 ч, личинки не питаются.

Ранняя аурикулярия формируется через 46–48 ч с момента нереста. Длина личинок составляет 450–480 мкм. Органы пищеварения полностью сформированы, и личинки переходят на экзогенное питание. Внешним признаком начала готовности к потреблению пищи является сокращение глотки-пищевода. При нормальном развитии пищеварительной системы желудок личинки имеет эллипсоидную форму, стенки его тонкие, отчетливо видимые, в желудке всегда находится пища. В случае аномального развития стенки желудка утолщенные, грубые, форма его суженная в виде трубочки. Это является симптомом деструкции пищеварительной системы, которая приводит к гибели личинок. При температуре 20–23 °С на 5-е сут при нормальном развитии личинки достигают длины 700 мкм и более. Прирост длины их тела на данной стадии в норме составляет 50 мкм/сут.

На стадии *поздняя аурикулярия* у личинок появляются зачатки мерцательных поясов, гидроцель принимает подковообразную форму и образует пять выступов – зачатков околотротовых щупалец. Длина личинок 800–1320 мкм. В конце этой стадии у личинок происходят существенные морфологические изменения. Они утрачивают околотротовую впадину, а мерцательный шнур принимает вид трех-четырех отдельных поперечных поясов.

Переход на стадию *преддолиолярия* несинхронный: первые экземпляры появляются на 7–9-е сут с момента нереста, а последние – на 10–15-е. Длина личинок 450–580 мкм, форма тела близка к цилиндрической. Личинки не питаются. Продолжительность стадии около 2 сут. В период сложных морфологических перестроек происходит наибольшая гибель личинок.

Долиолярия появляется на 10–12-е сут с момента оплодотворения, их длина 390–470 мкм. У них хорошо развиты мерцательные пояса красноватого цвета, с помощью которых они перемещаются в воде, но в основном они держатся в придонном слое. Продолжительность этой стадии – до 2 сут.

В процессе развития долиолярия утрачивает мерцательные пояса и превращается в *пентактулу*. На этой стадии у личинок хорошо развиты мерцательные обручи, пять околотротовых щупалец и одна амбулакральная ножка. Щупальца и ножка на своих концах имеют присоски, дающие возможность передвигаться ей по субстрату. Размер личинок 360–450 мкм. В основном ведут придонный образ жизни, но встречаются и в толще воды, способны прикрепляться к поверхностной пленке воды. Продолжительность этой стадии от 2 до 4 сут.

В настоящее время разработана биотехнология выращивания трепанга в заводских условиях, но требует адаптации к тем условиям, в которых она применяется. На севере Приморья температурный диапазон лежит в пределах от 20 до 23 °С, соленость не ниже 25 ‰ [2].

В некоторых работах было обнаружено что оптимальная температура для роста личинок трепанга составляет 15 °С, по другим данным, данная температура ведет к отрицательному удельному темпу роста [3].

В одном из экспериментов в качестве оптимальной температуры была выбрана 16 °С, в заключении автор делает вывод, что эта температура также является благоприятной, личинки при этой температуре не теряли способность к питанию и достигали нужных размеров [3].

По другим данным, оптимальная температура для развития личинок составляла 18 °С. При этом темп роста при такой температуре в китайских рыбопитомниках был более быстрым, чем в Японии [3].

Большинство исследователей в своих экспериментах берут оптимальную температуру в диапазоне от 20 до 22 °С. От оплодотворения до стадии бластулы при данной температуре заняло всего 14 ч. Стадию пентакулы они достигали на 12-й день. При этом диапазоне личинки активно питаются и растут, и темп роста у личинок при температуре от 20 до 22 °С являлся более быстрым, чем при более низкой температуре. Так, данная температура с плотностью 1 шт./мл может быть использована для крупномасштабного искусственного разведения личинок, так как при этих показателях личинки достигали наибольшей максимальной длины, и скорость завершения метаморфоза уменьшалась [4, 5, 6, 7, 8].

При температуре от 24 до 25 °С был зафиксирован наибольший положительный удельный темп роста. По другим данным, при этой температуре выращивания личинок трепанга до стадии пентакулы по времени заняло от 19 до 27 дней. При этом выживаемость составила от 1,0 до 6,83 %. Можно сделать вывод, что у личинки трепанга при низкой температуре скорость метаморфоза значительно выше, чем при более высокой температуре [9,4,5,6].

Исследуя рост личинок при температуре от 26 до 30 °С, ученые наблюдали симптомы истощения, такие как голодание, дегенерация кишечника, потеря веса и снижение скорости метаболизма. Метаморфоз при данном диапазоне длился почти 30 дней, и выживаемость не достигала 2 % [9, 4, 3].

Изучив литературные источники, можно сделать вывод, что оптимальная температура для развития и роста лежит в диапазоне от 20 до 22 °С, при низкой температуре (<24 °С) скорость метаморфоза была значительно выше, чем при более высокой (>26 °С). Помимо этих экспериментов, были зафиксированы данные, что личинки, прошедшие акклиматизацию на стадии бластулы, способны переносить более высокие температуры и развиваться без отклонений, табл. 1.

Таблица 1 – Диапазон температур для роста и развития дальневосточного трепанга

| Температура, °С | Автор | Год |
|-----------------|--|------|
| 15–18 | Tingting Ji, Yunwei Dong, Shuanglin Dong | 2008 |
| 21 | Guangbin Liu et all. | 2010 |
| 20–23 | Н.Д. Мокрецова и др. | 2012 |
| 25–27 | Chaoqun Hu et. all. | 2013 |
| 25 | Deniz Günay et all. | 2015 |
| 20–21 | Tianlong Qiu et all. | 2015 |
| 21–22 | Matrosova I.V. et all. | 2020 |

В отличие от температуры личинки трепанга более требовательны к солености. Трепанг избегает районов побережья, распресняемых впадающими реками, и мелководных участков полузакрытых и закрытых бухт, соленость которых надолго понижается в период сильных дождей. Молодые особи в отличие от личинок более устойчивы к понижению солености. Минимальный порог солености по некоторым данным составляет 20 ‰ [1].

Изучая различные солености от 24 до 32 ‰, эксперимент показал, что при солености 32 ‰ развитие личинок и оседание происходят быстрее, чем при солености 24 и 28 ‰. Но при этом было установлено, что способность личинок на стадии долиолярия к метаморфозу при солености 32 ‰ выше, чем при солености 24 и 28 ‰. В то же время при пониженной солености наиболее устойчивой стадией развития является бластула, а самой нестабильной – стадия от оплодотворения до выхода бластулы из яйцевых оболочек. Это говорит о том, что личинки на разном этапе своего развития по-разному толерантны к солености [10].

В своих исследованиях В.С. Левин (2000) выявил, что при значительных понижениях солености морской воды наиболее устойчивой стадией развития оказалась бластула. Толерантный диапазон солености для долиолярия и пентакулы составляет от 32 до 34 ‰, при солености ниже 28‰ развитие угнетается [1].

Исследования влияния солености на скорость вылупления показали, что максимальное вылупление составило 39 % при солености, равной 35 ‰, и 32 % – при 33 ‰. Если же изу-

чить влияния солености на рост личинок трепанга, то можно наблюдать, что более быстрый рост наблюдался при солености, равной от 33 до 35 ‰, а максимальный рост и вес – при солености 30 ‰. Можно сделать вывод, что соленость, равная 30 ‰, является оптимальной для роста личинок, а для вылупления наилучшая составила 33–35 ‰ [11].

При этом наибольшие показатели выживаемости личинок наблюдаются при солености 30 ‰, данные личинки всегда демонстрировали максимальный рост и выживаемость [7].

В попытках преодолеть границы солености был проведен эксперимент по акклиматизации личинок трепанга. Акклиматизация происходила в течение 18 ч при солености 32 ‰ (контроль), 24 и 22 ‰ (нижняя граница диапазона переносимости) и 20 ‰ (ниже диапазона переносимости). Акклиматизация до 20 ‰ привела к появлению тератогенных личинок, большинство из которых впоследствии погибло. Акклиматизация к 24, 22 и 20 ‰ привела к сдвигу в диапазоне переносимости личинок на дальнейших стадиях развития. Итог эксперимента – при снижении солености акклиматизированные личинки развивались более успешно, чем неакклиматизированные [12], табл. 2.

Таблица 2 – Диапазон солености для роста и развития дальневосточного трепанга

| Соленость, ‰ | Автор | Год |
|--------------|------------------------|------|
| 30 | P. S. Asha et all. | 2011 |
| 30 | Li Li & Qi Li | 2009 |
| 32 | Кашенко С.Д. | 2000 |
| Не ниже 25 | Мокрецова Н.Д. и др. | 2012 |
| 32 | Самойлова А.А. | 2012 |
| 32–34 | Левин В.С. | 2000 |
| 25 | Matrosova I.V. et all. | 2020 |

Личиночная стадия развития трепанга является самой уязвимой в жизненном этапе. Экстремально высокие и низкие температуры и их резкие перепады отрицательно влияют на рост и развитие личинок, которые проходят у дна в стабильных условиях, усиливая угнетающие действия пониженной солености.

Библиографический список

1. Левин В.С. Дальневосточный трепанг. Биология, промысел, воспроизводство. СПб.: Голанд, 2000. 200 с.
2. Мокрецова Н.Д. и др. Инструкция по технологии получения жизнестойкой молоди трепанга в заводских условиях. Владивосток: ТИПРО-Центр, 2012. 81 с.
3. Tingting Ji et all. Growth and physiological responses in the sea cucumber, *Apostichopus japonicas* Selenka: Aestivation and temperature // Aquaculture. 2008. Vol. 283. P. 180–187.
4. Deniz Günay et all. Growth and Survival Rate of Juvenile Sea Cucumbers (*Holothuria tubulosa*, Gmelin, 1788) at Various Temperatures // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2015. Vol. 15. P. 539–547.
5. Guangbin Liu et all. Effects of rearing temperature and density on growth, survival and development of sea cucumber larvae, *Apostichopus japonicus* (Selenka) // Chinese Journal of Oceanology and Limnology. 2015. Vol. 39. P. 25–35.
6. Li Li & Qi Li. Effects of stocking density, temperature, and salinity on larval survival and growth of the red race of the sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) // Aquaculture International. 2010. Vol. 18. P. 447–460.
7. Matrosova I.V. et all. Experimental larval rearing of the Japanese sea cucumber (*Apostichopus japonicus*) in Severnaya bay (Slavyansky bay, Sea of Japan) // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 548. P. 72059.
8. Tianlong Qiu et all. Development, Settlement, and Post-settlement Growth // Developments in Aquaculture and Fisheries Science. 2015. Vol. 39. P. 111–131.

9. Chaoqun Hu et. all. Spawning, larval development and juvenile growth of the sea cucumber *Stichopus horrens* // Aquaculture. 2013. Vol. 404–405. P. 47–54.

10. Самойлова А.А. Влияние солености на развитие личинок дальневосточного трепанга в искусственных условиях // Инновации в науке, образовании и бизнесе-2012: тр. X Междунар. науч. конф. Калининград: КГТУ, 2012. С. 87–89.

11. Asha P.S. et all. Influence of salinity on hatching rate, larval and early juvenile rearing of sea cucumber *Holothuria scabra* Jaeger // Journal of the Marine Biological Association of India. 2011. P. 79–85.

12. Кашенко С.Д. Акклиматизация морского огурца *Apostichopus japonicus* к пониженной солености на стадиях бластулы и гастролы: ее влияние на резистентность личинок к опреснению на последующих стадиях развития // Биол. моря. 2000. Т. 26, № 6. С. 400–405.