

УДК 639.512

Пономарев А.К., Хорева Т.И., Иванов С.С., Толмачева Ю.В.  
**СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ КАННИБАЛИЗМА У ГИГАНТСКОЙ ПРЕСНОВОДНОЙ  
КРЕВЕТКИ *MACROBRACHIUM ROSENBERGII* ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В  
ИСКУССТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

**Аннотация.** За последние десятилетия производство ракообразных методами аквакультуры превысило их вылов из естественной среды. Особенности содержания и разведения ракообразных в УЗВ отличаются от условий их обитания в природе и оказывают существенное влияние на их физиологическое состояние и этологию. В данной работе был проведен анализ явления каннибализма у ракообразных, рассмотрены пути снижения уровня агрессии и каннибализма. В экспериментальной части работы описано влияние каннибализма в одноразмерных и разноразмерных группах молоди *Macrobrachium rosenbergii*. Определено, что выращивание креветок в установке с укрытиями из ПВХ труб и субстратов, имитирующих заросли водных растений, снижает травматизм и отход особей в результате агрессивного поведения, при близких размерно-весовых показателях роста.

**Ключевые слова:** каннибализм, агрессия, гигантская пресноводная креветка, *Macrobrachium rosenbergii*, десятиногие ракообразные, УЗВ.

Ponomarev A.K., Khoreva T.I., Ivanov S.S., Tolmacheva J.V.

**REDUCTION OF CANNIBALISM IN THE GIANT FRESHWATER SHRIMP  
*MACROBRACHIUM ROSENBERGII* WHEN GROWN IN ARTIFICIAL CONDITIONS**

**Abstract.** Over the past decades, the production of crustaceans by aquaculture methods has exceeded their catch from the natural environment. The peculiarities of keeping and breeding crustaceans in RAS differ from their living conditions in nature and have a significant impact on their physiological state and ethology. In this work, an analysis of the phenomenon of cannibalism in crustaceans was carried out, and ways to reduce the level of aggression and cannibalism were considered. The experimental part of the work describes the effect of cannibalism in same-sized and different-sized groups of juvenile *Macrobrachium rosenbergii*. It has been determined that growing shrimp in an installation with shelters made of PVC pipes and substrates simulating thickets of aquatic plants reduces injuries and mortality of individuals as a result of aggressive behavior, with similar size and weight growth rates.

**Keywords:** cannibalism, aggression, giant freshwater shrimp, *Macrobrachium rosenbergii*, decapod crustaceans, RAS.

**Введение.** Десятиногие ракообразные – важная и широко распространенная группа ракообразных, играющая ключевую роль в водных экосистемах. Они являются одними из крупнейших беспозвоночных и самых крупных членистоногих на нашей планете. В процессе развития некоторые виды проходят впечатляющий путь от мельчайших личинок 1-2 мм до взрослых особей с несколько метровым размахом конечностей.

Благодаря своим большим размерам и высокому пищевому качеству, десятиногие ракообразные давно привлекают внимание людей как объекты для промысла и аквакультуры. Мировой вылов этих организмов из природных водоемов уже превышает 6 миллионов тонн, но природные ресурсы ограничены. Бесконтрольная охота браконьеров, распространение вида-вселенца и связанных с ним заболеваний стали причиной опустошения значительных популяций ценных видов десятиногих ракообразных. Примерами могут служить популяция камчатского краба на севере США, которая так и не восстановилась после перелома, и популяция камчатского краба на западной камчатке, восстановление которой потребовало введения семилетнего запрета на вылов. Также страдают нативные виды раков в водоемах Европы. В связи с этим все большую актуальность приобретает аквакультура десятиногих

ракообразных. За последние десятилетия производство ракообразных методами аквакультуры превысило их вылов из естественной среды, и эти объемы продолжают расти [1].

Аквакультура ракообразных первоначально развивалась в тропических и субтропических климатических зонах, однако в настоящее время ее география расширяется, а количество культивируемых видов увеличивается. Это связано с развитием установок с замкнутым циклом водоснабжения (УЗВ). Особенности содержания и разведения ракообразных в УЗВ отличаются от условий их обитания в природе и оказывают существенное влияние на технологический процесс.

Термин «аквакультура» включает не только производство товарной продукции, но и восстановление естественных популяций с помощью искусственного разведения и выращивания молоди. Данное направление аквакультуры демонстрирует высокую эффективность для многих ценных видов рыб [2, 3]. На сегодняшний день в мире разрабатываются и реализуются аналогичные подходы для различных видов десятиногих ракообразных. Однако до сих пор существует потребность в развитии и создании новых технологий для выращивания здоровой молоди. Развитие этих технологий является особенно важным для России, так как в настоящее время подавляющее большинство продукции от десятиногих ракообразных получается за счет вылова из природных популяций.

Развитие видов десятиногих ракообразных в онтогенезе проходит через различные этапы, которые определяют взаимодействие видов с окружающей средой и другими организмами экосистемы. Специфика биотехник культивирования этих видов в искусственных условиях и подходы к управлению естественными популяциями с использованием аквакультуры связаны с особенностями их онтогенетического развития.

Тема исследования актуальна, так как развитие методов культивирования видов в искусственных условиях имеет не только практическое значение, но и позволяет углубить понимание биологии многих видов. Изучение онтогенеза и его этапов позволяет понять биологию видов в целом и определить их место в экосистемах. Исследование влияния факторов среды на десятиногих ракообразных на всех стадиях их онтогенеза особенно актуально в условиях значительных изменений климата, эвтрофикации водоемов и других форм антропогенного воздействия.

**Цель исследования** заключается в выявлении оптимальных методов снижения уровня каннибализма у гигантской пресноводной креветки *Macrobrachium rosenbergii* при выращивании в искусственных условиях.

**Методы и материалы исследования.** Исследование было проведено в научном Центре Аквакультуры ФГБОУ ВО МГУТУ им. К.Г. Разумовского для изучения влияния совместного содержания молоди и взрослых особей *Macrobrachium rosenbergii* на их рост, уровень каннибализма и травмированность.

Экспериментальные емкости изготовлены заводским способом. Объем каждой составил 300 л.

Молодь *Macrobrachium rosenbergii* была разделена на две группы: одна группа содержала половозрелых особей, а вторая группа была контрольной и не содержала половозрелых особей. Было проведено 2 эксперимента, где обе группы находились в аналогичных условиях с большим количеством укрытиями из ПВХ труб и субстратов, имитирующих заросли водных растений (рис. 1).

Для аэрации воды использовали компрессора Resun ACO-006 (88 л/мин). Фильтрацию воды выполняли с помощью внешнего фильтра Eheim Classic 2215 (620 л/ч) и прудового фильтра Eheim universal (1200 л/ч и 2400 л/ч). Поддержание температуры воды на заданном уровне осуществляли с помощью нагревателя Eheim thermocontrol Jager 3618 (мощностью 200 – 250 Вт).

Оптимальный фоторежим: 14:10 (свет: темнота) и освещенность около 2000 лк для креветок достигались путем использования люминесцентных ламп.



Рисунок 1 – Совместное содержание разновозрастных креветок *M. rosenbergii* в аквариумах с укрытиями из ПВХ труб (А) и с укрытиями модельных высших водных растений (Б)

Температуру воды определяли с помощью электронного термометра TP101 (рис. 2) с точностью  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Этот прибор предназначен для измерения температуры жидких, сыпучих и полутвердых сред методом погружения щупа-иглы в измеряемую среду. Температура воды в аквариумах варьировалась от  $29^{\circ}\text{C}$  до  $30^{\circ}\text{C}$ .

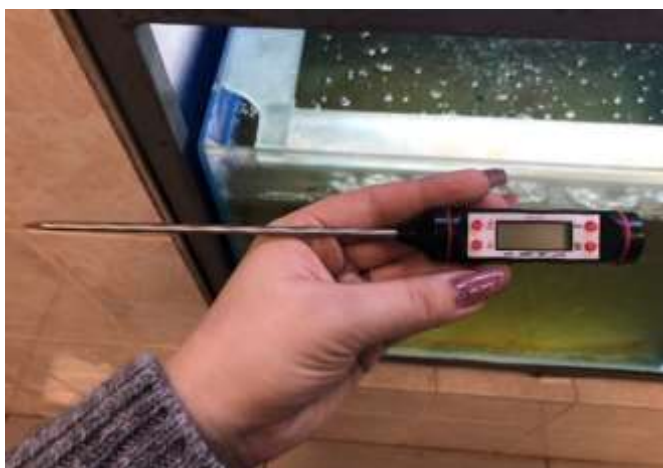


Рисунок 2 – Электронный термометр TP101

Величину pH среды регистрировали с помощью электронного pH-метра AR218 (рис. 3).



Рисунок 3 – Электронный pH-метр AR218

Это электронный прибор, который применяется для измерения концентрации или активности ионов водорода в жидкости. Принципом работы данного прибора является изменение величины электродвижущей силы в электродной системе, которая пропорционально равна активности ионов водорода. Измеритель pH AR218 состоит из эргономичного пластикового корпуса с экраном, на котором отображаются данные и измерительного зонда (стеклянного электрода).

**Результаты исследования и их обсуждение.** По итогам 21-дневного эксперимента смертность особей в результате каннибализма составила в среднем 35 % в группе, где содержали взрослых половозрелых особей, и 14 % в контрольной группе без половозрелых особей. Оценивая данные показатели выживаемости, можно сказать, что они были достаточно высокими. Это было обусловлено обильным и разнообразным кормлением, относительно небольшой плотностью оседания молоди и наличием большого количества убежищ и субстратов (табл. 1). Кроме того, результаты свидетельствуют о том, что молодь в данных условиях не рассматривала крупных особей в качестве приоритетных пищевых объектов.

Таблица 1 – Выживаемость молоди *Macrobrachium rosenbergii* при её содержании совместно со взрослыми особями в условиях укрытий из полипропилена

Показатель	Совместное содержание		Содержание только молоди (контрольная)
	Взрослые особи	Молодь	
Количество особей на начало эксперимента, ед.	10	50	85
Количество особей на конец эксперимента, ед.	9	30	73
Выживаемость, %	90	60	85,89

Масса молоди, содержащейся совместно с половозрелыми особями, в конце эксперимента была меньше, чем у молоди в контрольной группе. Эти различия были статистически значимыми ( $p < 0,05$ ; t-критерий Стьюдента). Вероятно, присутствие взрослых особей вызывало у молоди угнетённое, стрессовое состояние, что приводило к снижению выживаемости.

Влияние размерного состава групп на уровень каннибализма и характер повреждений у молоди *Macrobrachium rosenbergii* при использовании имитации высших водных растений рассмотрен в эксперименте 2.

В результате второго опыта доля особей, погибших от каннибализма, во всех вариантах эксперимента 21 суток (табл. 2) была значительно ниже, чем в эксперименте 1.

Таблица 2 – Выживаемость молоди *Macrobrachium rosenbergii* при её содержании совместно со взрослыми особями в аквариумах с имитацией высшей водной растительности

Показатель	Совместное содержание		Содержание только молоди (контрольная)
	Взрослые особи	Молодь	
Количество особей на начало эксперимента, ед.	10	50	85
Количество особей на конец эксперимента, ед.	10	41	81
Выживаемость, %	100	82	95,29

Самой высокой была доля погибших особей в разноразмерных группах – 18 %, а наименьшей – в группах мелких особей – 4,71 %. При этом только мелкие особи в разноразмерных группах значительно чаще крупных становились жертвами каннибализма.

В экспериментах 1 и 2 в разноразмерных группах мелкие особи погибали в результате каннибализма чаще, чем в группах, состоящих из особей близких по размеру. Таким образом,

наличие существенной разницы в размерах повышает для мелких особей риск гибели в результате каннибализма со стороны более крупных особей группы.

Исходя из наблюдений и литературных данных [3-10], каннибализм у взрослых ракообразных, как правило, происходит в отношении особей, только что перелинявших, когда их покровы еще мягкие. Однако в эксперименте 2, проведенном на группах молоди разных размеров, было зафиксировано большое количество случаев гибели особей от каннибализма в промежуточный период между линьками (в емкости на момент гибели отсутствовали экзувии – экзоскелет, оставшийся после линьки). Это означает, что более крупные особи могли нападать на мелких не только после линьки, когда их покровы мягкие, но и в промежуточный период, когда их покровы уже твердые.

Недостаточная прочность покровов повышает риск получения травм и гибели мелкими особями в результате каннибализма во время агрессивных контактов. Учитывая, что агрессивные контакты между особями являются одной из основных причин каннибализма, мы уделили особое внимание изучению агрессии и доминирования в группах десятиногих ракообразных.

Высокий уровень каннибализма у десятиногих раков в искусственных условиях можно объяснить несколькими факторами. Прежде всего, эти ракообразные являются всеядными, и при недостатке или избытке пищи могут питаться друг другом. Кроме того, на проявление каннибализма влияет стресс, связанный с изменением условий содержания, например, при перенаселении аквариума.

Также было отмечено, что каннибализм чаще всего проявляется на большинстве стадий онтогенеза, что может быть связано с более высокой активностью и агрессивностью молодых особей.

В целом, результаты исследования показывают, что поддержание оптимальных условий содержания десятиногих раков, таких как правильное кормление, контроль над численностью особей и создание комфортной среды обитания, может помочь снизить уровень каннибализма в аквакультуре.

Активность особей повышается под влиянием различных факторов, главным из которых является температура. Снижение температуры ниже оптимального уровня для вида приводит к снижению двигательной и пищевой активности, замедлению роста и увеличению межличиночных промежутков, что способствует уменьшению каннибализма. Однако этот подход не всегда применим в аквакультуре, так как снижение температуры также замедляет рост особей. Метод снижения активности путем регуляции продолжительности светового дня может эффективно снизить активность особей в различное время суток, например, при транспортировке или кратковременном содержании гидробионтов. Пищевые аттрактанты и внесение корма также способствуют повышению активности особей, а недостаток кормов или их неполноценный состав усиливает поисковую активность.

Само по себе поведение особей не является причиной каннибализма. В первую очередь, оно является результатом повышения вероятности встречи между особями. Увеличение плотности содержания особей также увеличивает вероятность появления агрессивных контактов. Высокая плотность содержания гидробионтов в аквакультуре, необходимая для повышения прибыльности производства, является основной причиной каннибализма.

По нашим наблюдениям, одним из наиболее эффективных подходов к снижению каннибализма для большого числа видов десятиногих ракообразных является модификация пространства ёмкостей или водоёмов для культивирования. Для видов, использующих в естественной среде норы и различного рода укрытия, должны быть установлены искусственные убежища соответствующего размера и типа в количестве, превышающем число культивируемых особей. Ещё одним способом модификации пространства является применение различных типов субстратов, усложняющих конфигурацию внутреннего объёма ёмкостей и водоёмов и позволяющих животным более эффективно использовать толщу водной массы. Особенно актуально наличие в выростных емкостях структурирующего объема субстрата для молоди ракообразных. Достижимое за счет этого снижение частоты встреч

особей приводит к снижению случаев агрессивных контактов и каннибализма.

**Выводы.** В экспериментах по снижению каннибализма использовались различного рода укрытия – из ПВХ труб и модельных высших водных растений, сделанных из полипропиленового шпата. Стоит отметить, что материал для данного субстрата характеризуется гибкостью и эластичностью, прочностью, плавучестью, долговечностью, а также устойчивостью к образованию грибка.

По результатам эксперимента наиболее эффективным методом снижения уровня каннибализма является применение укрытий из субстратов, имитирующих заросли водных растений. Самая высокая доля погибших особей была в разноразмерных группах – 18 %, а наименьшей – в группах мелких особей – 4,71 %, в отличие от результатов, где укрытия применялись из ПВХ труб – смертность особей в результате каннибализма составила в среднем 35 % в группе, где содержали взрослых половозрелых особей, и 14 % в контрольной группе без половозрелых особей.

Использованные методы являются экономически выгодными, так как для изготовления таких укрытий не требуется больших затрат. Также такие конструкции просты в сборке, установке и изъятии в аквариумах и искусственных водоемах.

**Благодарности.** Статья подготовлена на инфраструктурных ресурсах уникальной научной установки НТИ РФ (Рег. № 3662433) «Научно-исследовательский комплекс передовых технологий аквакультуры и гидроэкологии» факультета Биотехнологий и рыбного хозяйства ФГБОУ ВО «МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ)».

#### Список использованной литературы:

1. Тихонов Е.А., Трифанов А.В., Базыкин В.И. Влияние типа корма и качества воды на рост и выживаемость креветок *Macrobrachium rosenbergii* в установках замкнутого водоснабжения // *АгроЭкоИнженерия*. 2021. № 3 (108). С. 164–171. DOI: 10.24412/2713-2641-2021-3108-164-171.
2. Макоедов А.Н., Кожемяко О.Н. Основы рыбохозяйственной политики России. М.: Национальные рыбные ресурсы, 2007. 477 с.
3. Бурлаченко И.В., Яхонтова И.В. Рыбоводные технологии в искусственном воспроизводстве: современное состояние, проблемы, решения // *Труды ВНИРО*. 2015. Т. 153. С. 137–153.
4. Peebles J.B. Competition and habitat partitioning by the giant freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) // *Crustaceana*. 1980. № 38 (1). P. 49–54.
5. Adams J.A., Moore P.A. Discrimination of conspecific male molt odor signals by male crayfish, *Orconectes rusticus* // *Journal of Crustacean Biology*. 2003. № 23 (1). P. 7–14.
6. Шумейко Д.В., Клочко Е.А., Назина Ю.Д. и др. К вопросу культивирования гигантской пресноводной креветки (*Macrobrachium rosenbergii*) // *Генетика и разведение животных*. 2021. № 2. С. 57–65. DOI: 10.31043/2410-2733-2021-2-57-65.
7. Wahl M., Levy T., Ventura T., Sagi A. Monosex Populations of the Giant Freshwater Prawn *Macrobrachium rosenbergii*-From a Pre-Molecular Start to the Next Generation Era // *Mol. Sci*. 2023. Vol. 24 (24). P. 17433.
8. Ying N., Wang Y., Song X. et al. Transcriptome analysis of *Macrobrachium rosenbergii*: Identification of precocious puberty and slow-growing information // *J. Invertebr. Pathol.* 2022. Vol. 190. P. 107752.
9. Kaizer M., Bhowmik A.S., Ahmmed F. et al. Utilisation of probiotics for disease management in giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*): Administration methods, antagonistic effects and immune response // *Fish Dis*. 2023. Vol. 46 (12). P. 1321–1336.
10. Bonami J.-R., Widada J.S. Viral diseases of the giant fresh water prawn *Macrobrachium rosenbergii*: a review // *J. Invertebr. Pathol.* 2011. Vol. 106 (1). P. 131–142.

#### References:

1. Tikhonov Ye.A., Trifanov A.V., Bazykin V.I. Vliyaniye tipa korma i kachestva vody na rost i

- vyzhivayemost' krevetok macrobrachium rosenbergii v ustanovkakh zamknutogo vodosnabzheniya [The influence of feed type and water quality on the growth and survival of shrimp macrobrachium rosenbergii in closed water supply systems]. *AgroEkoInzheneriya* [AgroEcoEngineering], 2021, no. 3 (108), pp. 164–171. (In Russian). DOI: 10.24412/2713-2641-2021-3108-164-171.
2. Makoyedov A.N., Kozhemyako O.N. *Osnovy rybokhozyaystvennoy politiki Rossii* [Fundamentals of Russian fisheries policy]. Moscow, National Fish Resources Publ., 2007, 477 p. (In Russian).
  3. Burlachenko I.V., Yakhontova I.V. Rybovodnyye tekhnologii v iskusstvennom vosproizvodstve: sovremennoye sostoyaniye, problemy, resheniya [Fish farming technologies in artificial reproduction: current state, problems, solutions]. *Trudy VNIRO* [Proceedings of VNIRO], 2015, vol. 153, pp. 137–153. (In Russian).
  4. Peebles J.B. Competition and habitat partitioning by the giant freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *Crustaceana*, 1980, no. 38 (1), pp. 49–54. (In English).
  5. Adams J.A., Moore P.A. Discrimination of conspecific male molt odor signals by male crayfish, *Orconectes rusticus*. *Journal of Crustacean Biology*, 2003, no. 23 (1), pp. 7–14. (In English).
  6. Shumeyko D.V., Klochko Ye.A., Nazina Yu.D. et al. K voprosu kultivirovaniya gigantskoy presnovodnoy krevetki (*Macrobrachium rosenbergii*) [On the issue of cultivation of giant freshwater shrimp (*Macrobrachium rosenbergii*)]. *Genetika i razvedeniye zhivotnykh* [Genetics and Animal Breeding], 2021, no. 2, pp. 57–65. (In Russian). DOI: 10.31043/2410-2733-2021-2-57-65.
  7. Wahl M., Levy T., Ventura T., Sagi A. Monosex Populations of the Giant Freshwater Prawn *Macrobrachium rosenbergii*-From a Pre-Molecular Start to the Next Generation Era. *Mol. Sci.*, 2023, vol. 24 (24), pp. 17433. (In English).
  8. Ying N., Wang Y., Song X. et al. Transcriptome analysis of *Macrobrachium rosenbergii*: Identification of precocious puberty and slow-growing information. *J. Invertebr. Pathol.*, 2022, vol. 190, pp. 107752. (In English).
  9. Kaizer M., Bhowmik A.S., Ahmmed F. et al. Utilisation of probiotics for disease management in giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*): Administration methods, antagonistic effects and immune response. *Fish Dis.*, 2023, vol. 46 (12), pp. 1321–1336. (In English).
  10. Bonami J.-R., Widada J.S. Viral diseases of the giant fresh water prawn *Macrobrachium rosenbergii*: a review. *J. Invertebr. Pathol.*, 2011, vol. 106 (1), pp. 131–142. (In English).

Сведения об авторах / Information about authors

- Пономарев Андрей Константинович** канд. биол. наук, доцент кафедры Ихтиологии и рыбоводства Факультета биотехнологий и рыбного хозяйства Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ) 109004, г. Москва, ул. Земляной вал, 73  
ponomarev777@inbox.ru
- Ponomarev  
Andrey Konstantinovich Ph.D. (Biol.), Associate Professor of the Department of Ichthyology and Fishery, Faculty of Biotechnology and Fisheries Moscow State University of Technology and Management K.G. Razumovsky (FCU) 109004, Moscow, Zemlyanoy Val str., 73  
ponomarev777@inbox.ru
- Хорева Татьяна Ивановна** старший лаборант Центра Аквакультуры Факультета биотехнологий и рыбного хозяйства Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ) 109004, г. Москва, ул. Земляной вал, 73  
anastacacl@mail.ru

- Khoreva  
Tatiana Ivanovna Senior Laboratory Assistant at the Aqualture Center of the Faculty of Biotechnology and Fisheries  
Moscow State University of Technology and Management K.G. Razumovsky (FCU)  
109004, Moscow, Zemlyanoy Val str., 73  
anastacacl@mail.ru
- Иванов  
Сергей Сергеевич** ведущий инженер Центра Аквакультуры Факультета биотехнологий и рыбного хозяйства  
Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)  
109004, г. Москва, ул. Земляной вал, 73  
npanop@inbox.ru
- Ivanov  
Sergey Sergeevich Lead Engineer of the Aquaculture Center of the Faculty of Biotechnology and Fisheries  
Moscow State University of Technology and Management K.G. Razumovsky (FCU)  
109004, Moscow, Zemlyanoy Val str., 73  
npanop@inbox.ru
- Толмачева  
Юлия Викторовна** ассистент кафедры Экологии и природопользования Факультета биотехнологий и рыбного хозяйства  
Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)  
109004, г. Москва, ул. Земляной вал, 73  
tolmacheva-yulechka@inbox.ru
- Tolmacheva  
Julia Viktorovna Assistant of the Department of Ecology and Environmental Management of the Faculty of Biotechnology and Fisheries  
Moscow State University of Technology and Management K.G. Razumovsky (FCU)  
109004, Moscow, Zemlyanoy Val str., 73  
tolmacheva-yulechka@inbox.ru