УДК 639.512

Иванов С.С., Брежнев Л.Л., Пономарев А.К., Бахарева А.А., Сапрыкин В.П.

ВЛИЯНИЕ СОЛЁНОСТИ ВОДЫ НА ГЕНЕРАТИВНУЮ ФУНКЦИЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ КРЕВЕТКИ *MACROBRACHIUM ROSENBERGII*

Аннотация. Исследования влияния уровня солёности воды при культивировании, размножении и росте гигантских пресноводных креветок *M. rosenbergii*, несомненно, будут способствовать увеличению их промышленного производства. В настоящем исследовании изучалась фертильность самок *M. rosenbergii*, выращенных в условиях культивирования при разных уровнях солёности воды (0 ‰, 5 ‰, 10 ‰, 15 ‰ и 20 ‰). Повышение солёности воды снижало среднюю массу самок креветок (57,4±1,1 г, 51,1±1,1 г, 39,8±0,9 г, 35,6±1,1 г и 29,9±0,9 г при 0 ‰, 5 ‰, 10 ‰, 15 ‰ и 20 ‰) и замедляло их половое созревание и одновременно снижало их фертильность. Появление икры у самок, прямо зависело от уровня солености воды их культивирования (4 мес, 4,5 мес, 7 мес, 8 мес в воде с солёностью 0 ‰, 5 ‰, 10 ‰, 15‰). В группе с соленостью 20 ‰ в течение 11 месяцев самок с икрой на плеоподах не было отмечено. Количество икры и личинок положительно коррелировало с весом самки. Общее количество личинок от одной самки различалась не только в зависимости от солёности, но и в зависимости от количества личинок на грамм массы самки. Самки, выращенные при более низкой солености, произвели большее личинок по сравнению с самками, культивированными в воде с высокой солёностью (26 784±789; 24 138±918; 16 381±996; и 11 934±867 в воде с солёностью 0 ‰, 5 ‰, 10 ‰, 15 ‰ соответственно). Количество личинок, производимых на грамм самки, обратно пропорционально уровню солёности (1 054±21; 858±17; 587±17; 453±14 при солености воды 0 ‰, 5 ‰, 10 ‰, 15 ‰ соответственно). Результаты исследования показывают, что изменением солености воды при содержании маточного стада возможно регулировать синхронизацию получения личинок креветки и существенно снизить смертность особей маточного стада, что в свою очередь позволит сократить численность маточного стада в условиях индустриальной аквакультуры.

Ключевые слова: *Macrobrachium rosenbergii,* соленость соды, маточное стадо, размножение, личинки.

Ivanov S.S., Brezhnev L.L., Ponomarev A.K., Bakhareva A.A., Saprykin V.P.

INFLUENCE OF WATER SALINITY ON THE GENERATIVE FUNCTION OF MACROBRACHIUM ROSENBERGII SHRIMP PRODUCERS

Abstract. The study of the effect of water salinity on the culture, reproduction and growth of giant freshwater prawns M. rosenbergii will undoubtedly contribute to the increase of their industrial production. In the present study, the fertility of female M. rosenbergii grown under culture conditions at different water salinities (0 ‰, 5 ‰, 10 ‰, 15 ‰ and 20 ‰) was investigated. The increase in water salinity decreased the average weight of female prawns (57.4±1.1 g, 51.1±1.1 g, 39.8±0.9 g, 35.6±1.1 g and 29.9±0.9 g at 0 ‰, 5 ‰, 10 ‰, 15 ‰ and 20 ‰) and delayed their sexual maturation, while reducing their fertility. The appearance of eggs in females directly depended on the salinity level of the water in which they were cultured (4 months, 4.5 months, 7 months, 8 months in water with a salinity of 0 ‰, 5 ‰, 10 ‰, 15 ‰). In the group with a salinity of 20 ‰, no females with eggs on their pleopods were noted for 11 months. The number of eggs and larvae positively correlated with the weight of the female. The total number of larvae from one female varied not only depending on the salinity, but also depending on the number of larvae per gram of the female's weight. Females reared at lower salinity produced more larvae compared to females reared in high salinity water (26,784±789; 24,138±918; 16,381±996; and

11,934±867 in water with 0 ‰, 5 ‰, 10 ‰, 15 ‰ salinity, respectively). The number of larvae produced per gram of female is inversely proportional to the salinity level (1,054±21; 858±17; 587±17; 453±14 at 0 ‰, 5 ‰, 10 ‰, 15 ‰ salinity, respectively). The results of the study show that by changing the salinity of water during broodstock maintenance, it is possible to regulate the synchronization of shrimp larval production and significantly reduce mortality. individuals of the broodstock, which in turn will allow for a reduction in the number of broodstock in industrial aquaculture conditions.
Keywords: Macrobrachium rosenbergii, soda salinity, broodstock, reproduction, larvae.

Введение. В связи с постоянным ростом численности населения Земли возрастает значимость проблемы обеспечение его пищей. Для её решения прилагается много усилий как в области растениеводства, так и животноводства. Одним из направлений обеспечения продуктами питания является рыболовство дикой рыбы и разведение морепродуктов в аквакультуре. По данным ФАО в 2022 году в мире произведён рекордный объем море продукции. В текущее десятилетие (2022-2032 гг.) продолжится рост производства водных животных для последующей переработки их в пищевые продукты. ФАО прогнозирует его на уровне 10 % [1, 2].

Гигантская пресноводная креветка *Macrobrachium rosenbergii* – один из наиболее важных видов аквакультуры беспозвоночных, она широко культивируется во многих странах мира [3, 4]. Общий объем её производства вырос с 18 451 т в 1990 г. до 3 137 560 т в 2021 году [2].

Соленость воды – один из ключевых факторов, влияющих на выживание, рост и распространение многих водных организмов [5, 6, 7, 8]. Многие виды ракообразных эвригалинны [9] и в естественных условиях размножаются в солёных водах [10]. При этом оптимальные уровни солености для роста, выживания и высокой продуктивности жестко специфичны для каждого вида водного животного [5, 11, 12, 13, 14, 15]. Во внутренних соленых водах по всему миру размножаются многие виды ракообразных [10]. Именно этим обусловливается важность оптимального уровня солености воды для культивирования любого коммерческого вида креветок. Это легко достигается в условиях аквакультуры, где соленость находится под чётким контролем в соответствии с конкретным культивируемым видом животного [16].

Искусственное культивирование креветок и последующее увеличение производства аквакультуры креветок невозможно без серьёзного роста в коммерческих масштабах маточного стада (числа здоровых и продуктивных самок) для непрерывного получение хорошего качества личинок и, соответственно, постличинок для последующего выращивания товарной массы креветок. Особенностью жизненного цикла пресноводной креветки *M. rosenbergii* является воздействие не неё широкого диапазона солености воды (0-10 ‰) [17, 18]. Яйценосные самки с яйцами на плеоподах мигрируют к устьям рек через градиенты солености воды в эстуарии, где откладываются яйца, там же вылупляются и развиваются личинки [19]. Помимо ключевой роли, которую соленость играет в выживании личинок, она также имеет важнейшее значение для последующего развития яиц, эмбрионов и личинок креветок *M. rosenbergii*.

Взрослые креветки переносят широкий диапазон колебаний солености воды от 0 до 25 ‰ [20]. Однако до сих пор недостаточно изучены темпы их роста и размножение при различных уровнях солености воды. Так, например, автор статьи [21] показал, что креветки способны расти при солености до 20 ‰, но оптимальной, при которой отмечается наибольший их рост, он считает соленость от 0 до 2 ‰. При этом авторы статьи [22] не выявили значительной разницы в скорости роста креветок при солёности воды до 10 ‰. В условиях промышленного культивирования креветок на аквафермах при разведении для улучшения выведения потомства самок креветок с икрой помещают в солёную в которой их содержат весь срок эмбрионального и личиночного развития. Но несмотря на это в литературе имеются противоречивые сведения о солености воды. Разные авторы приводят различные уровни солености воды, которые они считают оптимальными для созревания икры. Авторы статьи [23] сообщают, что выводимость личинок улучшалась, когда

икроносных самок содержали в воде соленостью 10 ‰. New M.B. [24, 25] считает, что выводимость личинок из икры выше в воде с низкой соленостью (5 ‰). Большинство исследования продуктивности маточного стада креветок проводились при их культивировании в условиях пресноводных водоемов [26 27, 28]. Подобные исследования от появления личинок до репродуктивного возраста креветок в слабосолёной воде не проводились. Поэтому целью исследования было раскрытие всех деталей влияния солёности воды, в которой культивируют *M. rosenbergii* на размножение креветок имеет важное практическое значение для увеличения производства.

Материалы и методы исследования. Исследования проводились в лабораториях факультета Биотехнологий и рыбного хозяйства ФГБОУ ВО МГУТУ им. К.Г. Разумовского. В качестве объекта в исследованиях использовали особей креветки Розенберга от стадии постличинки до производителей. Личинки были получены от производителей, содержащихся в условиях установки замкнутого обеспечения.

Постличинок и маточное стадо содержали в рыбоводных емкостях объемом 1 $м^3$ в составе установки замкнутого водоснабжения.

Для оценки влияния солености на репродуктивные функции и темп роста производителей креветки были сформированы 5 групп по 40 особей, которые содержались в водной среде с минерализацией воды 0 ‰, 5 ‰, 10 ‰, 15 ‰ и 20 ‰. Для подсаливания воды применяли коммерческую морскую соль «Red sea».

Креветок кормили два раза в день гранулированным кормом Coppens VITAL (состав: 48 % сырого протеина, 10 % липидов и 1 % клетчатки). Суточная норма кормления креветок составляла 3 % от биомассы. Длительность исследования составила 11 месяцев.

Для определения наступления половой зрелости креветок и начала их размножения начиная с 3-хмесячного возраста ежедневно осматривали взрослеющих самок на предмет выявления у них икринок, и последующее превращения их в яйца с изменением их окраски. Яйценосных (беридных) самок с эмбрионами на плеоподах на стадии выраженной пигментации глаз (за 24–48 часов до вылупления личинок) отбирали и помещали в стеклянные аквариумы-нерестовики емкостью 40 л. Каждую самку сажали в отдельный аквариум без проточности.

После вылупления личинок, самку взвешивали и отсаживали в бассейны для дальнейшего содержания. Вылупившихся личинки пересаживали в эмалированную ёмкость объемом 60 л.

Учёт живых личинок проводился объёмным методом (подсчет личинок велся в 50 мл пробы воды, в трёх повторностях).

В процессе выращивания до половозрелости каждые 30 дней проводили измерение и взвешивание особей, оценивали выживаемость в каждом варианте опыта.

При наступлении половой зрелости самок, кроме стандартных измерений, оценивали фертильность, по срокам наступления половой зрелости и продуктивность самок по общей и относительной плодовитости. Исследования на фертильность и продуктивность проводились у первых пяти созревших самок в каждой группе.

Ежедневно контролировался температурный режим. Для оценки качества водной среды регулярно проводились измерения pH, растворённого кислорода, солености, общего содержания аммиачного азота, нитрит иона, азота нитритного и азота нитратного. Эти показатели анализировались в соответствии со стандартными методами [29, 30, 31, 32, 33, 34, 35].

Полученные в результате анализа данные обрабатывались с помощью программного обеспечения QA5400 – для предварительного расчета концентраций проб воды, статистическая обработка результатов проводилась в программе Microsoft Excel [36, 37].

Результаты исследования и их обсуждение. Качество воды в ходе эксперимента не выходило за рамки установленных норм ПДК. С повышением солёности воды отмечалось постепенное увеличение концентрации (NH_3-N) – от ≤0,01 мг/л в пресной воде до

0,058±0,003 мг/л при 20 ‰. Аналогично увеличивалось содержание нитратов (NO_3-N) в воде. Концентрация нитритов (NO_2-N) в воде всех рыбоводных емкостей оставалась на низком и стабильном уровне за всё время наблюдения. Растворённый кислород находился в пределах 7,00–7,65 мг/л, что соответствовало оптимальным условиям для культивирования креветок.

Водородный показатель (pH), в зависимости от уровня солёности воды, постепенно повышался от 7,3 при 0 ‰ до 8,81 при 20 ‰, что указывает на ощелачивание воды при увеличении концентрации солей (табл. 1). При высокой солёности воды замедляются процессы разложения органических соединений, снижается качество работы биофильтров и, как следствие, повышается содержание в воде всех соединений азота.

Температура воды, в которой культивировались все группы креветок, во время эксперимента поддерживалась в пределах 28,38–28,77 °C, что исключало её влияние на контролируемые параметры водной среды.

Таблица 1 – Параметры качества воды, во время эксперимента

Соленость воды (‰)	NH_3-N	NO_2-N	NO_3-N	Растворённый O_2	pH	T °C
	мг/л					
0	≤0,01	≤0,01	4,3±0,07	7,07±0,13	7,3 ±0,02	28,38±0,03
5	0,013±0,001	0,015±0,001	7,02±0,08	7,00±0,14	7,8±0,02	28,45±0,02
10	0,015±0,002	0,017±0,003	7,21±0,06	7,55±0,13	7,96±0,03	28,65±0,03
15	0,051±0,004	0,014±0,002	8,60±0,07	7,65±0,13	7,85±0,01	28,77±0,03
20	0,058±0,003	0,018±0,003	8,84±0,06	7,55±0,15	8,81±0,01	28,47±0,02

Скорость созревания креветки Розенберга зависела от степени минерализации воды. В пресной воде наступление созревания самок наблюдалось в возрасте 4 месяца. В варианте с соленостью 5 ‰ самки с икрой на плеоподах обнаружены в возрасте 4,5 месяца. Соленость в 10 ‰ и 15 ‰ увеличила длительность созревания до 7 и 8 месяцев, соответственно. В группе с соленостью 20 ‰ в течении 11 месяцев самок с икрой на плеоподах не было отмечено.

Плодовитость самок, содержащихся в пресной воде была максимальной, при повышении солености наблюдалось снижение плодовитости особей креветок. В воде с соленостью 20 ‰ самок с икрой на плеоподах не обнаружено (табл. 2, рис. 1).

Общее количество личинок от одной самки было наибольшим у самок, выращенных в пресной воде, и составило в среднем 2 6784±789, с повышением солености количество личинок на одну самку снижалось и было наименьшим со значением 11 934±867 при солености 15 ‰. При содержании соли в воде 20 ‰ яйценосные самки на стадии глазка не выявлялись (рис.1).

Среднее количество личинок на грамм массы самки также снижалось при повышении солености от 1 054±21,9 в пресной воде до 453±14 в воде с солёностью 15 ‰.

Культивирование *M. rosenbergii* в течение 11 месяцев при различных уровнях солёности воды повлияло на конечную среднюю массу самок (табл.1). Более крупные самки (57,4±1,1 г) были при культивировании в пресной воде (солёность – 0‰). Увеличение солености воды привело к снижению конечной средней массы самок. Самки, которых выращивались при солености воды 5, 10, 15 и 20‰, имели среднюю массу 51,1±1,1 г, 39,8±0,9 г, 35,6±1,1 г и 29,9±0,9 г соответственно.

Таблица 2 – Результаты влияния солёности на рост и продуктивность самок креветки *M. Rosenbergii*

Показатель	Соленость воды (‰)				
	0	5	10	15	20
Количество постличинок в каждой группе, шт.	40	40	40	40	40
Длина ♀ в начале эксперимента, см	0,55±0,006	0,53±0,004	0,56±0,006	0,54±0,005	0,53±0,05
Длина ♀ в конце эксперимента, см	9,6±0,01	8,6±0,008	8,1±0,008	7,7±0,09	7,5±0,07
Средняя масса постличинок, г	0,15±0,005	0,14±0,004	0,15±0,004	0,15±0,006	0,14±0,004
Срок наступления половой зрелости ♀, мес.	4	4,5	7	8	—
Соотношение ♂/♀ в период полового созревания, шт.	37 (14/23)	38 (17/21)	39 (16/23)	38 (15/23)	39 (15/24)
Средняя масса ♀ после нереста (г)	25,4±0,1	24,9±0,09	27,9±0,09	26,3±0,09	—
Количество личинок от 1 ♀	26 784±789	24 138±918	16 381±996	11 934±867	—
Количество личинок на 1 г. массы ♀	1 054±21	858±17	587±17	453±14	—
Соотношение ♂/♀ в конце эксперимента, шт.	28 (7/21)	30 (9/21)	30 (9/21)	34 (11/21)	37 (13/24)
Выживаемость ♂/♀ , %	50/91	60/100	56/100	73/91	87/100
Средняя масса ♀ в конце эксперимента, г	57,4±1,2	51,1±1,1	39,8±0,9	35,6±1,1	29,9±0,9
Выживаемость особей за период эксперимента, %	70	75	75	80	95

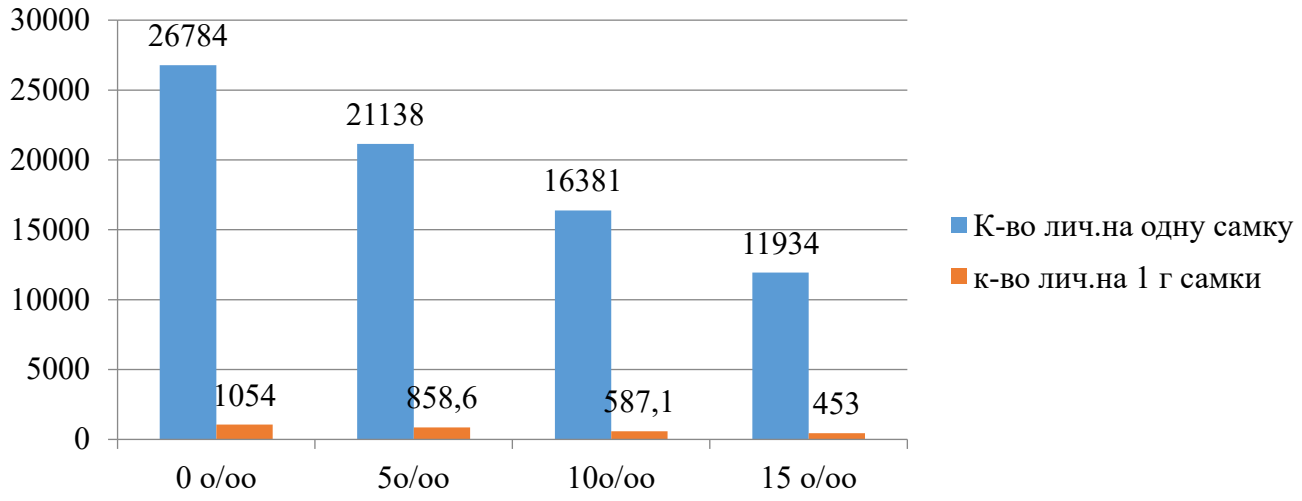

Рисунок 1 – Влияние солености воды на общую и относительную плодовитость самок креветки Розенберга

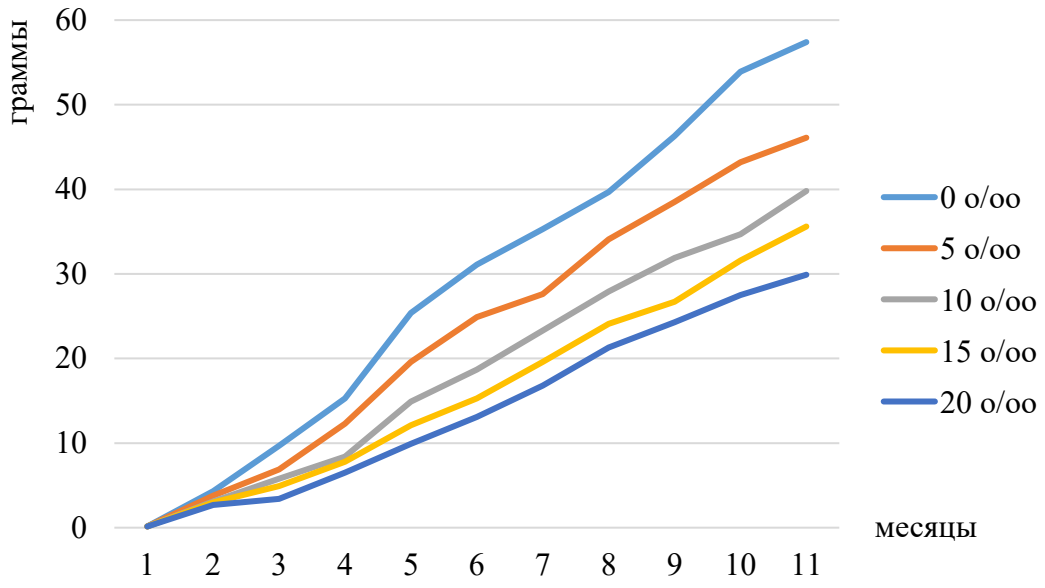

Рисунок 2 – Влияние солености на динамику роста массы самок креветки Розенберга

Анализ полученных нами данных по выживаемости креветок, культивируемых в воде с разными уровнями солёности, показал, что с её повышением общая выживаемость креветок увеличивается с 70 % в пресной воде до 95 % в воде с соленостью 20 г/л. При этом во всех экспериментальных группах смертность в период роста постличинки до полового созревания была минимальной и составила от 7,5 до 2,5 %.

Наибольшая смертность во всех группах, кроме группы с соленостью 20‰ наблюдалась после полового созревания креветок. Так в группе с соленостью 0 ‰ гибель была зафиксирована в количестве 25,7 %, в группах с соленостью 5 ‰, 10 ‰ и 15 ‰ – 20,1 %, 18 % и 13,2 % соответственно. При том, что выживаемость самок во всех группах была существенно выше и колебалась от 0 до 9 %.

Максимальная смертность самцов была в группе с соленостью 0 г/л (50 %), а минимальная – была в группе с соленостью 20 ‰ (3 %). В группах с соленостью 5 ‰, 10 ‰ и 15 ‰ смертность самцов составила 40 %, 44 % и 27 %, соответственно.

Полученные результаты позволяют предполагать, что высокая смертность самцов креветки при половом созревании скорее всего вызвана их социальным (борьба за территорию) и половым поведением (борьба за самок для спаривания).

Среднее количество выводимых личинок на одну самку и на грамм массы самки уменьшалось с увеличением солености. Поскольку в данном исследовании не проводился специальный мониторинг вылупления, оплодотворения и плодовитости, любой из этих факторов по отдельности или в сочетании мог способствовать снижению выхода личинок из яйцевых оболочек. Наши результаты подтверждают предположения New M.B. [25] о влиянии солености на частоту вылупления. В работах, [6] установлено, что у производителей *Macrobrachium idella* при солености 15 ‰ попытки спаривания после линьки были в основном неудачными и оплодотворения яиц не происходило.

Наибольшее среднее число личинок, отмеченное в пресной воде, составило 1 054±81,9 шт./г массы самки. Похожие результаты был получены в работах Cavalli R.O., Lavens P., Sorgeloos P. [27, 28] и New M.B. [24].

Полученные результаты показали, что более высокая соленость задерживала созревание самок креветок (на 0,5 месяца при солености 5 ‰, 3 месяца при солености 10 ‰ и 4 месяца при солености 15 ‰). При солености 20 ‰ за 11 месяцев эксперимента яйценосные самки не были

обнаружены, что свою очередь возможно положительно повлияло на выживаемость креветки.

Выводы. Изменением солености воды при содержании маточного стада возможно достигнуть синхронизации получения личинок креветки и существенно снизить смертность и сократить численность маточного стада в условиях индустриальной аквакультуры. Повышая соленость воды при содержании маточного стада до 20 ‰ возможно снизить активность полового поведения до минимума, когда у креветок не происходит процесс спаривания. При необходимости получения единовременного определенного количества личинок креветки солёность воды понижается до 0‰, активируя половое поведение производителей и их спаривание в короткие сроки. Для подтверждения данной гипотезы и получения практических результатов, подтверждающих ее, необходимо проведение в дальнейшем дополнительных исследований.

Список использованной литературы:

1. ФАО. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры. Рим, 2024. URL: https://doi.org/10.4060/cd0683ru (дата обращения: 18.04.2025).
2. FAO. Fisheries and Aquaculture Department, Statistical Collections. Online Query Panels. FAO-FIGIS. Global Aquaculture Production. 2024. URL: https://www.fao.org/fishery/statistics-query/en/aquaculture (дата обращения: 18.04.2025).
3. *New M.B., Singholka S.* Freshwater prawn farming. A manual for the culture of Macrobrachium rosenbergii // FAO Fish. Techn. Pap. 1985. Rev. 1. 118 p.
4. *New M.B., Valenti W.C.* Freshwater Prawn Culture. The farming of Macrobrachium rosenbergii. Blackwell, 2000. 443 p.
5. *Kumlu M., Jones D.A.* Salinity tolerance of hatchery-reared postlarvae of Penaeus indicus H. Milne Edwards originating from India // Aquaculture. 1995. Vol. 130. P. 287–296.
6. *Jayalakshmy B., Natarajan P.* Влияние солености на оплодотворение и вывод потомства Macrobrachium idella в лабораторных условиях. // Journal of Aquaculture in the Tropics. 1996. Vol. 11. P. 33–38.
7. *Kumlu M., Eroldogan O.T., Aktas M.* The effect of salinity on larval growth: survival and development of Penaeus semisulcatus (Decapoda: Penaeidae) // Isr. J. Aquac. Bamidgeh. 1999. Vol. 51. P. 114–121.
8. *Kumlu M., Eroldogan O.T., Aktas M.* Effects of temperature and salinity onlarval growth, survival and development of Penaeus semisulcatus // Aquaculture. 2000. Vol. 188. P. 167–173.
9. *Pequeux A.* Osmotic regulation in crustaceans // J. Crustac. Biol. 1995. Vol. 15. P. 1–60.
10. *Saoud I.P., Davis D.A., Rouse D.B.* Suitability studies of inland well watersfor Litopenaeus vannamei culture// Aquaculture. 2003. Vol. 217. P. 373–383.
11. *Parado-Estepa F., Ferraris R.P., Ladja, J.M., de Jesus E.G.* Responses ofintermolt Penaeus indicus to large fluctuations in environmental salinity// Aquaculture. 1987. Vol. 64. P. 175–184.
12. *Rouse D.B., Kartamulia I.* Influence of salinity and temperature on moltingand survival of the Australia freshwater crayfish (Cherax tenunimanus) // Aquaculture. 1992. Vol. 105. P. 47–52.
13. *Kumlu M., Eroldogan O.T., Saglamtimur B.* The effect of salinity and addedsubstrates on growth and survival of Metapenaeus monoceros post-larvae (Decapoda: Penaeidae) // Aquaculture. 2001. Vol. 196. P. 177–188.
14. *Romano N., Zeng C.* The effects of salinity on the survival, growth andhaemolymph osmolality of early juvenile blue swimmer crabs, Portunuspelagicus // Aquaculture. 2006. Vol. 260. P. 51–162.
15. *Ye L., Jiang S., Zhu X., Yang Q., Wen W., Wu K*. Effects of salinity ongrowth and energy budget of juvenile Penaeus monodon // Aquaculture. 2009. Vol. 290. P. 140–144.
16. *Ковачева Н.П., Жигин А.В., Борисов Р.Р., Кряхова Н.В., Лебедев Р.О., Паршин-Чудин А.В.* Биология и культивирование гигантской пресноводной креветки Macrobrachium rosenbergii

(de Man, 1876). М.: Изд-во ВНИРО, 2015. 112 с.
17. *Limpadanai D., Tansakul R.* Culture of giant freshwater prawn (Macrobrachium rosenbergii) in a small reservoir // Aquaculture. 1980. Vol. 20. P. 257–260.
18. *Cheng W., Liu C.H., Cheng C.H., Chen J.C.* Osmolality and ion balance in giant river prawn Macrobrachium rosenbergii subjected to changes in salinity: role of sex // Aquaculture Research. 2003. Vol. 34. Pp. 555–560.
19. *Ismael D., New M.B.* Valenti W.C. (eds.) Freshwater Prawn Culture, the Farming of Macrobrachium rosenbergii. Oxford: Blackwell Science, 2000. P. 69–90.
20. *New M.B.* Status of freshwater prawn farming: a review // Aquaculture Research. 1995. Vol. 26. P. 1–54.
21. *Singh T.* The isosmotic concept in relation to the aquaculture of the giant prawn, Macrobrachium rosenbergii // Aquaculture. 1980. Vol. 20. P. 251–256.
22. *Smith T.I.J., Sandifer P.A., Jenkins W.E., (ed.)* Growth and survival of prawns, Macrobrachium rosenbergii pond reared at different salinities. In: New M.B. (ed.) // Giant Prawn Farming. Developments in Aquaculture and Fisheries Science. Vol. 10. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing, 1982. P. 191–202.
23. *Law A.T., Wong Y.H., Abol-Munafi A.B.* Effect of hydrogen ion on Macrobrachium rosenbergii (de Man) egg hatchability in brackish water // Aquaculture. 2002. Vol. 214. P. 247–251.
24. *New M.B.* Farming freshwater prawns. A manual for the culture of the giant river prawn (Macrobrachium rosenbergii). Rome: FAO, 2002. № 428. 212 p.
25. *New M.B.* Freshwater prawn farming: global status, recent research and a glance at the future // Aquaculture Research. 2005. Vol. 36. P. 210–230.
26. *Mohanta K.N.* Создание маточного стада гигантской пресноводной (креветки). NAGA. Development of giant freshwater broodstock. NAGA // The ICLARM Quarterly Journal. 2000. Vol. 23 (3). P. 18–20.
27. *Cavalli R.O., Lavens P., Sorgeloos P.* Performance of Macrobrachium rosenbergii broodstock fed diets with different fatty acid composition // Aquaculture. 1999. Vol. 179. P. 387–402.
28. *Cavalli R.O., Lavens P., Sorgeloos P.* Reproductive performance of Macrobrachium rosenbergii females in captivity // Journal of the World Aquaculture Society. 2001. Vol. 32 (1). P. 61–67.
29. APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. Washington DC: American Public Health Association, 1999.
30. РД 52.10.243-92. Руководство по химическому анализу морских вод (соленость) // СПб.: Росгидрометеоиздат, 1993. 127 с.
31. РД 52.24.380-2017. Массовая концентрация нитратного азота в водах методика измерений фотометрическим методом с реактивом Грисса. Методика измерений фотометрическим методом с реактивом Грисса после восстановления в кадмиевом редукторе. Ростов-на-Дону: Росгидромет, ФГБУ «ГХИ», 2017. 32 с.
32. РД 52.24.381-2017. Массовая концентрация нитритного азота в водах. Методика измерений фотометрическим методом с реактивом Грисса. Ростов-на-Дону: Росгидромет, ФГБУ «ГХИ», 2017. 21 с.
33. РД 52.24.383-2018. Массовая концентрация аммонийного азота в водах. Методика измерений фотометрическим методом в виде индофенолового синего. Ростов-на-Дону: Росгидромет, ФГБУ «ГХИ», 2018. 39 с.
34. РД 52.24.419-2019. Массовая концентрация растворенного кислорода в водах. Методика измерений йодометрическим методом. Ростов-на-Дону: Росгидромет, ФГБУ «ГХИ», 2019. 27 с.
35. РД 52.24.495-2017. Водородный показатель вод. Методика измерений потенциометрическим методом. Ростов-на-Дону: Росгидромет, ФГБУ «ГХИ», 2017. 11 с.

36. *Гланц С.* Медико-биологическая статистика. М.: Практика, 1998. 459 с.
37. *Zar J.H.* Biostatistical Analysis. 4th ed. Prentice-Hall, 1999. 931 p.

References:

1. *FAO. Sostoyanie mirovogo rybolovstva i akvakul'tury* [FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture]. Rome, 2024. (In Russian). Available at: https://doi.org/10.4060/cd0683ru (accessed 18.04.2025).
2. FAO. Fisheries and Aquaculture Department, Statistical Collections. Online Query Panels. FAO-FIGIS. *Global Aquaculture Production*. 2024. (In English). Available at: https://www.fao.org/fishery/statistics-query/en/aquaculture (accessed 18.04.2025).
3. New M.B., Singholka S. Freshwater prawn farming. A manual for the culture of Macrobrachium rosenbergii. *FAO Fish. Techn. Pap.*, 1985, review 1, 118 p. (In English).
4. New M.B., Valenti W.C. *Freshwater Prawn Culture. The farming of Macrobrachium rosenbergii*. Blackwell, 2000, 443 p. (In English).
5. Kumlu M., Jones D.A. Salinity tolerance of hatchery-reared postlarvae of Penaeus indicus H. Milne Edwards originating from India. *Aquaculture*, 1995, vol. 130, pp. 287–296. (In English).
6. Jayalakshmy B., Natarajan P. Influence of salinity on fertilization and hatching of Macrobrachium idella under laboratory condition. *Journal of Aquaculture in the Tropics*, 1996, vol. 11, pp. 33–38. (In English).
7. Kumlu M., Eroldogan O.T., Aktas M. The effect of salinity on larval growth: survival and development of Penaeus semisulcatus (Decapoda: Penaeidae). *Isr. J. Aquac. Bamidgeh.*, 1999, vol. 51, pp. 114–121. (In English).
8. Kumlu M., Eroldogan O.T., Aktas M. Effects of temperature and salinity on larval growth, survival and development of Penaeus semisulcatus. *Aquaculture*, 2000, vol. 188, pp. 167–173. (In English).
9. Pequeux A. Osmotic regulation in crustaceans. *J. Crustac. Biol.*, 1995, vol. 15, pp. 1–60. (In English).
10. Saoud I.P., Davis D.A., Rouse D.B. Suitability studies of inland well waters for Litopenaeus vannamei culture. *Aquaculture*, 2003, vol. 217, pp. 373–383. (In English).
11. Parado-Estepa F., Ferraris R.P., Ladja, J.M., de Jesus E.G. Responses of intermolt Penaeus indicus to large fluctuations in environmental salinity. *Aquaculture*, 1987, vol. 64, pp. 175–184. (In English).
12. Rouse D.B., Kartamulia I. Influence of salinity and temperature on molting and survival of the Australian freshwater crayfish (Cherax tenunimanus). *Aquaculture*, 1992, vol. 105, pp. 47–52. (In English).
13. Kumlu M., Eroldogan O.T., Saglamtimur B. The effect of salinity and added substrates on growth and survival of Metapenaeus monoceros post-larvae (Decapoda: Penaeidae). *Aquaculture*, 2001, vol. 196, pp. 177–188. (In English).
14. Romano N., Zeng C. The effects of salinity on the survival, growth and haemolymph osmolality of early juvenile blue swimmer crabs, Portunuspelagicus. *Aquaculture*, 2006, vol. 260, pp. 51–162. (In English).
15. Ye L., Jiang S., Zhu X., Yang Q., Wen W., Wu K. Effects of salinity ongrowth and energy budget of juvenile Penaeus monodon. *Aquaculture*, 2009, vol. 290, p. 140–144. (In English).
16. Kovaceva N.P., Zhigin A.V., Borisov R.R., Kryakhova N.V., Lebedev R.O., Parshin-Chudin A.V. *Biologiya i kul'tivirovaniye gigantskoy presnovodnoy krevetki Macrobrachium rosenbergii (de Man, 1876)* [Biology and cultivation of the giant freshwater prawn Macrobrachium rosenbergii (de Man, 1876)]. Moscow, VNIRO Publ., 2015, 112 p. (In Russian).
17. Limpadanai D., Tansakul R. Culture of giant freshwater prawn (Macrobrachium rosenbergii) in a small reservoir. *Aquaculture*, 1980, vol. 20, pp. 257–260. (In English).
18. Cheng W., Liu C.H., Cheng C.H., Chen J.C. Osmolality and ion balance in giant river prawn

Macrobrachium rosenbergii subjected to changes in salinity: role of sex. *Aquaculture Research*, 2003, vol. 34, pp. 555–560. (In English).
19. Ismael D., New M.B., Valenti W.C. (eds.) *Freshwater Prawn Culture, the Farming of Macrobrachium rosenbergii*. Oxford, Blackwell Science, 2000, pp. 69–90. (In English).
20. New M.B. Status of freshwater prawn farming: a review. *Aquaculture Research*, 1995, vol. 26, pp. 1–54. (In English).
21. Singh T. The isosmotic concept in relation to the aquaculture of the giant prawn, Macrobrachium rosenbergii. *Aquaculture*, 1980, vol. 20, pp. 251–256. (In English).
22. Smith T.I.J., Sandifer P.A., Jenkins W.E. *Growth and survival of prawns, Macrobrachium rosenbergii pond reared at different salinities*. In: New M.B. (ed.). Giant Prawn Farming. Developments in Aquaculture and Fisheries Science, vol. 10. Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing, 1982, pp. 191–202. (In English).
23. Law A.T., Wong Y.H., Abol-Munafi A.B. Effect of hydrogen ion on Macrobrachium rosenbergii (de Man) egg hatchability in brackish water. *Aquaculture*, 2002, vol. 214, pp. 247-251. (In English).
24. New M.B. *Farming freshwater prawns. A manual for the culture of the giant river prawn (Macrobrachium rosenbergii)*. Rome, FAO, 2002, no. 428, 212 p. (In English).
25. New M.B. Freshwater prawn farming: global status, recent research and a glance at the future. *Aquaculture Research*, 2005, vol. 36, pp. 210–230. (In English).
26. Mohanta K.N. Development of giant freshwater broodstock. NAGA. *The ICLARM Quarterly Journal*, 2000, vol. 23 (3), pp. 18–20. (In English).
27. Cavalli R.O., Lavens P., Sorgeloos P. Performance of Macrobrachium rosenbergii broodstock fed diets with different fatty acid composition. *Aquaculture*, 1999, vol. 179, pp. 387–402. (In English).
28. Cavalli R.O., Lavens P., Sorgeloos P. Reproductive performance of Macrobrachium rosenbergii females in captivity. Journal of the World Aquaculture Society, 2001, vol. 32 (1), pp. 61–67. (In English).
29. *APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th ed. Washington DC, American Public Health Association, 1999. (In English).
30. RD 52.10.243-92. *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu morskikh vod (solenost')* [Guide to the chemical analysis of seawater (salinity)]. St. Petersburg, Roshydrometeoizdat Publ., 1993, 127 p. (In Russian).
31. RD 52.24.380-2017. *Massovaya kontsentratsiya nitratnogo azota v vodakh metodika izmereniy fotometricheskim metodom s reaktivom Grissa. Metodika izmereniy fotometricheskim metodom s reaktivom Grissa posle vosstanovleniya v kadmiyevom reduktore* [Mass concentration of nitrate nitrogen in waters. Measurement technique by photometric method with Griess reagent. Measurement technique by photometric method with Griess reagent after reduction in cadmium reducer]. Rostov-on-Don, Roshydromet Publ., GHI Publ., 2017, 32 p. (In Russian).
32. RD 52.24.381-2017. *Massovaya kontsentratsiya nitritnogo azota v vodakh. Metodika izmereniy fotometricheskim metodom s reaktivom Grissa* [Mass concentration of nitrite nitrogen in waters. Measurement technique by photometric method with Griess reagent]. Rostov-on-Don, Roshydromet Publ., GHI Publ., 2017, 21 p. (In Russian).
33. RD 52.24.383-2018. *Massovaya kontsentratsiya ammoniynogo azota v vodakh. Metodika izmereniy fotometricheskim metodom v vide indofenolovogo sinego* [Mass concentration of ammonium nitrogen in waters. Measurement technique by photometric method in the form of indophenol blue]. Rostov-on-Don, Roshydromet Publ., GHI Publ., 2018, 39 p. (In Russian).
34. RD 52.24.419-2019. *Massovaya kontsentratsiya rastvorennogo kisloroda v vodakh. Metodika izmereniy yodometricheskim metodom* [Mass concentration of dissolved oxygen in waters. Methodology for measuring by iodometric method]. Rostov-on-Don, Roshydromet Publ., GHI Publ., 2019, 27 p. (In Russian).

35. RD 52.24.495-2017. *Vodorodnyy pokazatel' vod. Metodika izmereniy potentsiometricheskim metodom* [Hydrogen index of waters. Methodology for measuring by potentiometric method]. Rostov-on-Don, Roshydromet Publ., GHI Publ., 2017, 11 p. (In Russian).
36. Glanz S. *Mediko-biologicheskaya statistika* [Medical and biological statistics]. Moscow, Praktika Publ., 1998, 459 p. (In Russian).
37. Zar J.H. *Biostatistical Analysis*. 4th ed. Prentice-Hall, 1999, 931 p. (In English).

Сведения об авторах / Information about authors

Иванов Сергей Сергеевич	младший научный сотрудник 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	Junior Researcher of the Aquaculture Center, Faculty of Biotechnology and Fisheries Moscow State University of Technology and Management named after K. G. Razumovsky (PKU) 109004, Moscow, Zemlyanoy Val str., 73 npanop@inbox.ru
Брежнев Леонид Леонидович	младший научный сотрудник Центра «Зеленых акватехнологий» факультета биотехнологий и рыбного хозяйства Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского (ПКУ) 109004, г. Москва, ул. Земляной вал, 73 brezhnev2011@list.ru
Brezhnev Leonid Leonidovich	Junior researcher of the Center of “Green Aquatechnologies” Faculty of Biotechnology and Fisheries of the Moscow State University of Technology and Management named after K. G. Razumovsky (FCU) 109004, Moscow, Zemlyanoy Val str., 73 brezhnev2011@list.ru
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) ponomarev88888888@gmail.com
Ponomarev Andrey Konstantinovich	Ph.D. (Biol.), Associate Professor of the Department of Ichthyology and Fish Farming, Faculty of Biotechnology and Fisheries Moscow State University of Technology and Management named after K. G. Razumovsky (FCU) ponomarev88888888@gmail.com
Бахарева Анна Александровна	д-р с.-х. наук, профессор кафедры ихтиологии и рыбоводства факультета биотехнологий и рыбного хозяйства Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского (ПКУ) bahareva.anya@yandex.ru

Bakhareva
Anna Alexandrovna
Dr. Sci. (Agricult.), Professor, Department of Ichthyology and Fish Farming, Faculty of Biotechnology and Fisheries
Moscow State University of Technology and Management named after K. G. Razumovsky (FCU)
bahareva.anya@yandex.ru

Сапрыкин
Владимир Павлович
д-р мед. наук, профессор, ведущий научный сотрудник Центра Аквакультуры факультета биотехнологий и рыбного хозяйства
Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского (ПКУ)
v_p_s@mail.ru

Saprykin
Vladimir Pavlovich
Dr. Sci. (Medic.), Professor, Leading Researcher, Aquaculture Center, Faculty of Biotechnology and Fisheries
Moscow State University of Technology and Management named after K. G. Razumovsky (FCU)
v_p_s@mail.ru