

Keywords:whiteleg shrimp, *Penaeus vannamei*, aquaculture, nutrition; salinity, temperature, critical indices, optimum boundaries, RAS

Перспективы культивирования белоногой креветки *Penaeus vannamei* (Boone, 1931) в различных регионах России с учетом гидрохимических характеристик водоемов и сезонной динамики температурных показателей

DOI

Доктор биологических наук
Р.Р. Борисов – ведущий научный сотрудник отдела аквакультуры беспозвоночных;

Доктор биологических наук
Н.П. Ковачева – начальник отдела аквакультуры беспозвоночных;

И.Н. Никонова – ведущий специалист отдела аквакультуры беспозвоночных;

Кандидат биологических наук
Н.В. Кряхова – ведущий научный сотрудник
Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»)

@ borisovrr@mail.ru;
kovatcheva@vniro.ru;
ranico@yandex.ru;
nvkryachova@mail.ru

Ключевые слова:

белоногая креветка, *Penaeus vannamei*, аквакультура, питание, соленость, температура, критические показатели, границы оптимума, УЗВ

PROSPECTS FOR THE WHITELEG SHRIMP *PENAEUS VANNAMEI* (BOONE, 1931) CULTIVATION IN DIFFERENT REGIONS OF RUSSIA, TAKING INTO ACCOUNT THE HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF WATERBODIES AND THE SEASONAL DYNAMICS OF TEMPERATURE INDICATORS

Doctor of Biological Sciences **Borisov R.R.** – Leading Researcher of the Department of Invertebrate Aquaculture;

Doctor of Biological Sciences **Kovacheva N.P.** – Head of the Department of Invertebrate Aquaculture;

Nikonova I.N. – Leading specialist of the Invertebrate Aquaculture Department;

Candidate of Biological Sciences **N.V. Kryakhova** – Leading researcher All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO) Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography

Whiteleg shrimp *Penaeus vannamei* (Boone, 1931) is one of the most popular and promising objects of world aquaculture. In this article possibilities and prospects of cultivating this species in Russia, the results of studies of temperature and salinity effects on the survival rate, growth, activity and food intake of white-footed shrimp were discussed. The critical values of temperature and salinity for this species have been determined. The most progressive for whiteleg shrimp cultivation are the southern regions of Russia, which have an extended sea coastline or a lot of hyperhaline or brackish waterbodies. Technologies combining commercial pond rearing with preliminary rearing of juveniles in RAS are recommended to use to increase the efficiency of cultivation.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время белоногая креветка *Penaeus vannamei* (Boone, 1931) является одним из наиболее популярных и перспективных объектов мировой аквакультуры. Культивирование вида осуществляется более чем в сорока странах. По данным FAO [1], объем её производства составил в 2019 г. 5446 тыс. т, что

составляет более 50% от общего объема, выращенных в искусственных условиях, десятиногих ракообразных. Культивирование данного вида проводится как в прудах, так и с применением установок замкнутого водоиспользования (УЗВ). Аквакультура белоногой креветки начинает развиваться и в России [2; 3; 4]. Планирование работ по культи-

вированию белоногой креветки в России требует комплексного подхода, учитывающего ее климатические и географические особенности.

Температурный режим в водоемах региона имеет важное значение, поскольку температура – фундаментальный фактор, определяющий скорость роста ракообразных. Другим ключевым фактором является доступность и качество источников соленой воды. Существенное значение имеют наличие развитой транспортной и энергетической инфраструктуры, материальных и людских ресурсов, удаленность от потребителей продукции и поставщиков посадочного материала и др. От сочетания биологических особенностей вида и условий в месте планируемого производства зависит выбор технологических приемов культивирования, стоимость строительства и эксплуатации и, в конечном итоге, успех всего проекта [5]. Практический подход к выбору участка сводится к поиску места с оптимальными характеристиками, уравниванию благоприятных и менее благоприятных факторов, оценке экономических затрат. Цель нашего исследования – определение возможностей для культивирования белоногой креветки в разных регионах России с учетом анализа данных о сезонной динамике температур, солености водоемов и биологических особенностей вида.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сбор данных о солености водоемов и сезонной динамике температурных показателей в регионах России проводился с использованием справочной и обзорной литературы [6; 7; 8], а также межведомственной федеральной информационной системы – ЕСИМО [9] и энциклопедии «Вода России», созданной в рамках ФЦП «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах» [10].

Эксперименты по исследованию влияния температуры и солености на рост, активность, потребление кормов и выживаемость белоногой креветки выполнены в аквариальной отделе аквакультуры беспозвоночных ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии». Для содержания креветок использовали искусственную морскую воду, приготовленную на основе морской соли Red Sea CORAL PRO (Израиль). Соль разводили в водопроводной воде, пропущенной через установку обратного осмоса «Осмо СМВ Рона-250» (Россия). Креветок содержали в емкостях объемом 200 литров. Для очистки воды от продуктов азотистого обмена применяли внешние фильтры Eheim 2260 (Германия). Гидрохимические показатели (NH_4^+ , NO_2^- и NO_3^-) в период проведения соответствовали нормативам [11]. Для поддержания необходимых температур в экспериментах использовали проточные холодильники и нагреватели.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Биологические особенности. В естественных условиях белоногая креветка обитает в районах, где температура воды обычно выше 20°C в течение всего года. Нативный ареал вида охватывает тихоокеанское побережье Мексики в Центральной и Южной Америке и распространяется на юг до северных районов Перу [12; 13].

Взрослые особи белоногой креветки живут в шельфовых морях при солености близкой к океанической,

Белоногая креветка *Penaeus vannamei* (Boone, 1931) – один из наиболее популярных и перспективных объектов мировой аквакультуры. В статье рассмотрены возможности и перспективы культивирования этого вида в России, результаты исследований влияния температуры и солености на выживаемость, рост, активность и потребление кормов белоногой креветкой. Определены критические значения температуры и солености для данного вида. Наиболее перспективными, для культивирования белоногой креветки, являются южные регионы России, имеющие протяженную морскую береговую линию или большое количество соленых озер. Для повышения эффективности культивирования рекомендуется использовать технологии, совмещающие товарное прудовое выращивание с предварительным подращиванием молоди в установках замкнутого водоиспользования.

там же происходит нерест. Обычно самцы креветок становятся половозрелыми при массе 20 г, а самки – при массе 28 граммов. До момента достижения половой зрелости рост более интенсивен, чем после. В возрасте 6-7 месяцев самки белоногой креветки имеют массу 30-45 г и способны произвести 100-200 тыс. яиц [14]. Вымет яиц самками происходит в толщу воды. В дальнейшем, в ходе онтогенеза, креветка последовательно проходит шесть науплиальных стадий, три стадии зоза, три стадии мизиса и переходит на стадию постличинки, которую также можно считать первой стадией молоди. Постличинки мигрируют к берегу, где в прибрежных лагунах и мангровых лесах происходит их развитие в ювенильных особей, а также дальнейший рост до начала полового созревания [14].

В аквакультуре белоногой креветки выделяют два основных этапа: получение молоди и культивирование молоди до товарного размера. Применяемые биотехнические методы и требования к качеству воды на этих этапах существенно отличаются. Как правило, эти производства разнесены и, специализированные на получении молоди белоногой креветки, предприятия (инкубатории) предоставляют посадочный материал хозяйствам, выращивающим товарную продукцию. Посадочным материалом считают жизнестойкую молодь (постличинку) возрастом около 10-14 суток с момента перехода на стадию молоди [5].

По литературным данным [15; 16; 17; 18] оптимальным для культивирования белоногой креветки является диапазон температуры воды от 23 до 30°C . Для ускорения развития и роста молоди необходимо поддерживать более высокую температуру – $28-30^\circ\text{C}$ [3; 19; 20].

Имеются данные, что креветки при температурах ниже $12-15^\circ\text{C}$ теряют подвижность, перестают потреблять корм, а при длительном пребывании при этих температурах погибают [16; 21; 22; 23]. Учитывая, что низкие температуры характерны для всех регионов России, нами выполнены эксперименты по оценке влияния снижения температуры воды на белоногую креветку и определения критических значений при ее культивировании [2; 3].

В проведенном нами эксперименте, по изучению влияния температуры на потребление корма кревет-

ками при значениях ниже 21-22°C, наблюдалось существенное снижение (примерно в 2-3 раза) потребления корма, а уже при 15-19°C креветки потребляли не более 10-15% от начального рациона (рис. 1). При температуре ниже 15°C креветки прекратили питаться (рис. 1), а их двигательная активность заметно снизилась. При температуре 11-12°C креветки практически полностью утратили подвижность. У большинства особей, лежащих на дне, отмечались только редкие дыхательные движения скафогагидов. Во избежание гибели особей, дальнейшего снижения температуры не проводили.

При последующем постепенном повышении температуры первые случаи поедания креветками кормов зафиксированы при значении выше 16°C (рис. 1). Потребление корма креветками оставалось на очень низком уровне до температуры 19-20°C (рис. 1). При дальнейшем ее увеличении потребление корма закономерно продолжало возрастать (рис. 1).

На основе полученных результатов и литературных данных можно заключить, что активное питание, а следовательно и рост креветок возможны только при температуре воды выше 20°C. Снижение температуры ниже 15°C, а тем более 11-12°C приводит к утрате креветками двигательной активности и может вызывать гибель особей. В результате, проведение многих технологических мероприятий, в том числе вылов из прудов, могут стать невозможными при низких температурах. Таким образом, для культивирования молоди белоногой креветки, по нашим данным, оптимальная температура составляет 27-29°C; а нижняя граница температурного оптимума – 20-22°C. Температура 11-12°C является критической для выживания белоногой креветки. Данные результаты необходимо учитывать при организации выращивания креветок и выборе методов их культивирования на территории России.

Белоногая креветка – эвригалинный вид и может расти при солёности от 0,5 до 50‰ [24; 25]. При этом комфортным для ее существования диапазоном является солёность 7-34‰, а наилучший рост достигается, по разным данным, при солёности 10-15‰ [12] или 10-25‰ [26]. В то же время есть результаты, указывающие на отсутствие существенной разницы в росте при культивировании белоногой креветки при солёностях 2, 4 и 8‰ [27]. В условиях дефицита соленой воды, в целях сокращения эксплуатационных затрат, может возникнуть необходимость снизить ее солёность до минимума, при котором сохраняются высокая скорость роста и выживаемость.

Результаты наших экспериментов продемонстрировали возможность культивирования белоногой креветки при существенном (до 2-3‰) снижении солёности (табл. 1). Однако наилучшие результаты

по скорости роста и выживаемости в эксперименте наблюдались при солёности 12-14‰, что соответствует зоне оптимальных показателей, приводимых многими другими авторами [12; 26]. Одной из причин ухудшения результатов выращивания, при снижении солёности, является увеличение нагрузки на систему осморегуляции и, как следствие, снижение иммунитета и устойчивости особей к токсинам, в том числе – аммиаку и нитритам [28], накопление



Рисунок 1. Потребление корма белоногой креветкой *Penaeus vannamei*, в зависимости от температуры: стрелками отмечены моменты существенного изменения в потреблении корма

Figure 1. Feed consumption of the whiteleg shrimp *Penaeus vannamei*, depending on temperature: the arrows indicate the moments of significant changes in feed consumption



Рисунок 2. Потребление корма белоногой креветкой *Penaeus vannamei* в зависимости от солёности воды. Стрелкой отмечен момент гибели 50% особей

Figure 2. Feed consumption of the whiteleg shrimp *Penaeus vannamei* depending on the salinity of the water. The arrow marks the moment of death of 50% of individuals

Таблица 1. Рост и выживаемость молоди белоногой креветки *Penaeus vannamei* при культивировании в течение 90 суток при различной солёности / **Table 1.** Growth and survival of juvenile whiteleg shrimp *Penaeus vannamei* during cultivation for 90 days at different salinity

Параметры	Соленость, ‰		
	12-14	6-8	3-4
Средняя начальная масса, г	0,15 ± 0,08	0,14 ± 0,09	0,14 ± 0,07
Средняя конечная масса, г	12,82 ± 2,64	11,19 ± 2,02	10,44 ± 2,36
Выживаемость, %	59	48	45



Рисунок 3. Товарные особи белоногой креветки *Penaeus vannamei*, выращенные в аквариальной отделе аквакультуры беспозвоночных ФГБНУ «ВНИРО»

Figure 3. Commercial specimens of the whiteleg shrimp *Penaeus vannamei*, grown in the aquarium department of invertebrate aquaculture of VNIRO

которых имеет место в замкнутых системах культивирования.

В эксперименте по влиянию солености воды на потребление корма, снижение потребления, а затем и отказ от корма были зафиксированы при солености ниже 1‰ (рис. 2), при этом существенно уменьшилась двигательная активность креветок. При солености ниже 0,5‰ погибла половина особей, а остальные креветки практически полностью утратили способность двигаться. Последующее увеличение солености сопровождалось восстановлением как двигательной, так и пищевой активности, оставшихся в живых, особей. Динамика снижения потребления корма в данном эксперименте оказалась более резкой по сравнению с экспериментом по снижению температуры и сопровождалась гибелью особей при солености менее 0,5‰. Таким образом, соленость ниже 1‰ можно считать критической для белоногой креветки.

Имеющиеся данные о культивировании белоногой креветки в воде с низкой соленостью показали, что не только величина солености, но и соотношение ионов являются важными факторами, влияющими на процесс осморегуляции у креветок [29]. Поэтому, при снижении солености, оптимальным является сохранение соотношения ионов, характерного для морской воды [29; 30].

Перспективы культивирования в России. Основные направления аквакультуры белоногой креветки связаны с использованием прудов и установок замкнутого водоиспользования. Культивирование в прудах выгодно отличается низкими эксплуатационными затратами, а также возможностью использовать естественную кормовую базу, но зависит от климатических условий и наличия источников соленой воды. Преимущества УЗВ – это универсальность месторасположения, стабильность и регулируемость условий содержания, исключение хищников, малый объем используемой воды, возможность круглогодичного получения продукции. К недостаткам УЗВ относятся – относительно высокая стоимость капитальных и эксплуатационных затрат, техническая сложность и возможность воз-

никновения поломок, необходимость обеспечения работоспособности и постоянного контроля за системой биологической фильтрации [20; 31]. Возможны также варианты комбинированного культивирования, совмещающие использование прудов и УЗВ. Такие подходы особенно актуальны для регионов, климатические условия в которых находятся на границе возможности использования методов прудового выращивания.

Продолжительность культивирования белоногой креветки, при оптимальных температурах, от посадочного материала до товарной продукции (рис. 3) составляет порядка 4-х месяцев [2]. В этой связи выращивание креветок в прудах возможно только в регионах, в водоемах которых температура воды держится выше 20°C четыре и более месяцев. Такие условия имеются в регионах, принадлежащих к VI зоне прудового рыбоводства (табл. 2). Повысить эффективность культивирования в прудах и использовать водоемы с меньшим периодом допустимых температур (V зоны прудового рыбоводства) можно за счет использования прудов-теплиц и проведения подращивания посадочного материала в течение месяца в УЗВ при оптимальных температурах. Другим важнейшим ресурсом для культивирования белоногой креветки является соленая вода, источниками которой могут быть моря, а также – соленые озера.

Большая часть вод Черного, Азовского и Каспийского морей хотя и имеют соленость ниже океанической, хорошо подходят для культивирования белоногой креветки (рис. 4). Следует учитывать, что прибрежные акватории морей бывают значительно опреснены, особенно сильно это проявляется в местах впадения крупных рек, таких как Дон, Волга и др., где соленость воды в определенных периоды может опускаться ниже критических, для белоногой креветки, значений. Моря Дальнего Востока и бассейна Северного Ледовитого океана имеют соленость близкую к океанической. Однако температурные режимы этих регионов не позволяют использовать пруды, а высокие затраты, необходимые на обогрев систем УЗВ, делают их использование нерентабельным. Кроме того, в ряде регионов России проблемы могут возникнуть из-за отсутствия инфраструктуры и невозможности осуществить транспортировку посадочного материала и сбыт готовой продукции.

Наиболее перспективными для культивирования белоногой креветки являются южные регионы России, имеющие протяженную морскую береговую линию или большое количество соленых озер. В первую очередь это: Дагестан, Крым, Краснодарский край, Калмыкия, Астраханская обл., Ставропольский край. В данных регионах возможно культивирование креветки с использованием прудов, перспективным является совмещение прудового выращивания и подращивания молоди в УЗВ.

В регионах V зоны прудового рыбоводства, таких как Волгоградская и Ростовская области, целесообразно использование только технологий, совмещающих прудовое выращивание и подращивание молоди в УЗВ или с применением подогрева бассейнов и системы УЗВ. Перед началом работ в этих регионах следует выполнить мониторинг температурного режима водоемов конкретной местности, чтобы оценить возможность и продолжительность использования прудов.

Важным ресурсом для проведения работ по культивированию белоногой креветки, как в прудах, так

и в системах УЗВ, являются соленые озера, располагающиеся во многих, преимущественно южных, регионах России (рис. 4). Соленые озера могут существенно отличаться как по уровню минерализации, так и по солевому составу. Использование водных ресурсов этого типа позволяет располагать предприятия на удалении от моря. Вместе с тем следует учитывать, что их ионный состав часто существенно отличается от морской воды [24; 32; 33; 34; 35; 36]. Причиной этого является избирательное и неравномерное осаждение солей, в результате испарения воды, удаление ионов, в результате реакций с почвой, и другими геологическими материалами [37]. Это может потребовать специальной адаптации особей, а также негативно сказаться на росте и выживаемости креветок, особенно при использовании вод с низкой соленостью [29].

Среди соленых озер особое место занимают гипергалинные водоемы (соленость более 40‰), которые не

только могут быть ресурсом соленой воды, но и источником качественных живых кормов, таких как артемия [38]. Использование живых кормов повышает качество товарной продукции (рис. 5). В частности, астаксантин, которым богата артемия, необходим для получения особями после варки насыщенной окраски [3; 39], что является привлекательным для потребителя [40; 41].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Допустимыми для культивирования белоногой креветки являются температура 22-30°C и соленость 3-34‰, оптимальными – 27-29°C и 10-25‰, критическими для выживания – 12-15°C и 0,5-1‰.

2. Наиболее перспективными для культивирования белоногой креветки на территории России являются регионы, где возможно выращивание в прудах и есть источники соленой воды: Республика Дагестан, Республика Крым, Краснодарский край, Республика Калмы-

Таблица 2. Регионы I-VI зон прудового рыбоводства, имеющие благоприятные температурные условия для культивирования белоногой креветки *Penaeus vannamei*, и/или имеющие на своей территории источники соленой воды / **Table 2.** Regions of the I-VI zones of pond fish farming, having favorable temperature conditions for the cultivation of the whiteleg shrimp *Penaeus vannamei*, and/or having salt water sources on their territory

Регион	Зона прудового рыбоводства	Наличие в регионе морского побережья			Наличие в регионе соленых озер
		Название моря	Средняя соленость, ‰	Кол-во месяцев с температурой воды в море выше 20°C	
Астраханская обл.	VI	Каспийское	0,3-7,0	3	да
Республика Дагестан	VI	Каспийское	5-12	4	да
Республика Калмыкия	VI	Каспийское	2-7	4	да
Краснодарский край	VI	Черное	17-18	3-4	да
		Азовское	6-10	3-4	
Республика Крым	VI	Черное	15-18	4	да
		Азовское	12-13	4	
Ставропольский край	VI	-	-	-	да
Чеченская республика	VI	-	-	-	нет
Волгоградская обл.	V	-	-	-	да
Кабардино-Балкарская республика	V	-	-	-	нет
Ростовская обл.	V	Азовское	0,7 – 7,0	3	да
Оренбургская обл.	IV	-	-	-	да
Приморский край - ю.ч.	III	Японское	29-34	1-2	нет
Самарская область	III	-	-	-	да
Алтайский край	II	-	-	-	да
Калининградская обл.	II	Балтийское	5-7	<1	нет
Курганская обл.	II	-	-	-	да
Челябинская обл.	II	-	-	-	да
Республика Хакасия	II	-	-	-	да
Омская обл.	I	-	-	-	да
Ленинградская обл. - ю.ч.	I	Балтийское	0,2-4,4	<1	нет
Тюменская обл. - ю.ч.	I	-	-	-	да
Новосибирская обл.	I	-	-	-	да
Хабаровский край - ю.ч.	I	Охотское	20-31	<1	нет
		Японское	32-33	<1	

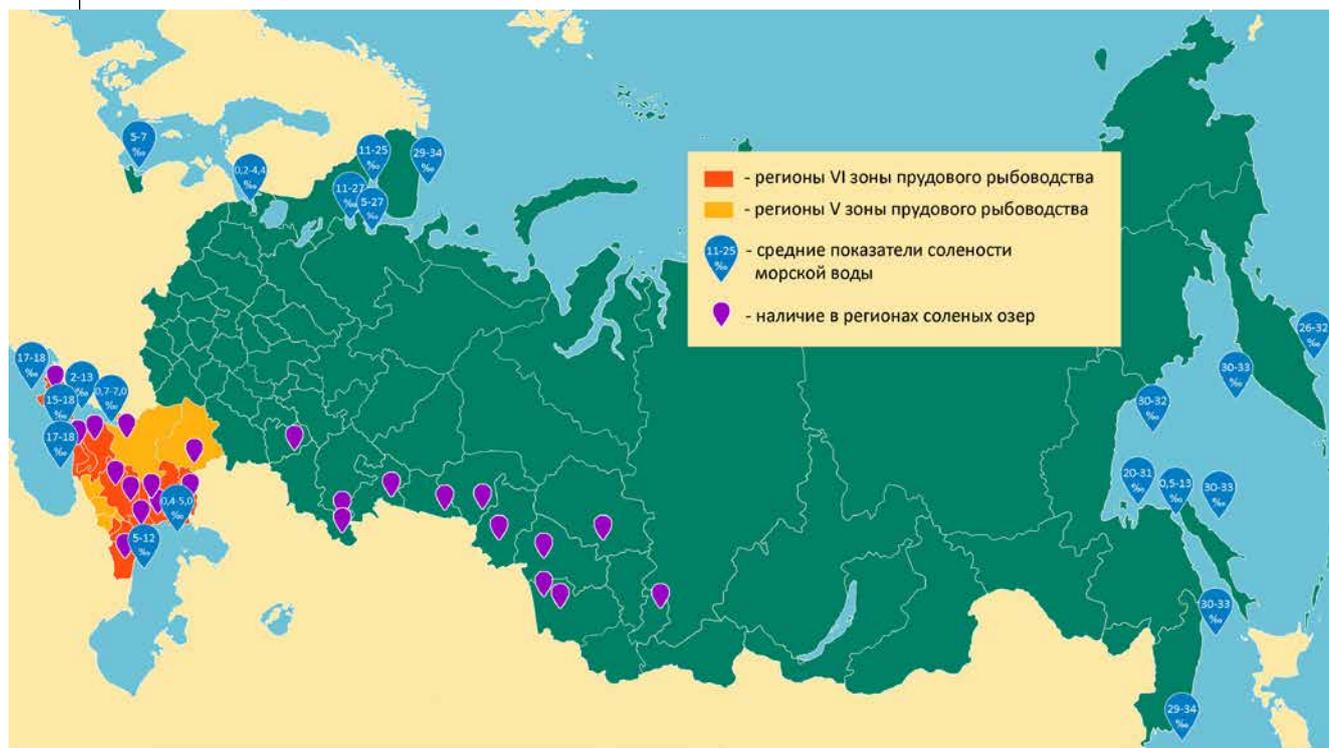


Рисунок 4. Расположение регионов России, имеющих благоприятные температурные условия для культивирования белоногой креветки *Penaeus vannamei*, и/или имеющие на своей территории источники соленой воды

Figure 4. Location of the regions of Russia with favorable temperature conditions for the cultivation of the whiteleg shrimp *Penaeus vannamei*, and/or having salt water sources on their territory



Рисунок 5. Окраска мяса белоногой креветки *Penaeus vannamei* после питания комбикормом, содержащим артемию

Figure 5. Coloring of the meat of the whiteleg shrimp *Penaeus vannamei* after feeding with a compound feed containing artemia

кия, Астраханская область, Ставропольский край.

3. Для повышения эффективности культивирования рекомендуется использовать технологии, совмещающие товарное прудовое выращивание с предварительным подращиванием молоди в УЗВ.

4. В регионах V зоны прудового рыбоводства целесообразно применять технологии, совмещающие прудовое выращивание и подращивание молоди в УЗВ или использовать подогреваемые бассейны и системы УЗВ.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Fishery and Aquaculture Statistics. Global aquaculture production 1950-2019 (FishStatJ). [Электронный ресурс] // FAO Fisheries and Aquaculture Department. Rome. Updated 2021. URL: <https://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en> (date accessed: August 26, 2021)
2. Ковачева Н.П. Выращивание белоногой креветки (*Penaeus vannamei*, *Penaeidae*, *Decapoda*) в рециркуляционных установках: первый опыт экспериментального культивирования вида в России / Н.П. Ковачева, Р.Р. Борисов, И.Н. Никонова, Н.В. Кряхова, Е.С. Чертопруд, Р.О. Лебедев // Рыбное хозяйство. – 2018. – № 3. – С. 62-69.
2. Kovacheva N.P. White shrimp (*Penaeus vannamei*, *Penaeidae*, *Decapoda*) cultivation in closed recycling water system: the first experience of the species experimental cultivation in Russia / N.P. Kovacheva, R.R. Borisov, I.N. Nikonova, N.V. Kryakhova, R.O. Lebedev // Fisheries. – 2018. – No. 3. – Pp. 62-69.
3. Ковачева Н.П. Рост и развитие белоногой креветки (*Penaeus vannamei*, *Penaeidae*, *Decapoda*) при питании разными типами комбикормов в искусственных условиях / Н.П. Ковачева, Р.Р. Борисов, И.Н. Никонова, Е.С. Чертопруд // Рыбное хозяйство. – 2020. – № 1. – С. 78-82.
3. Kovacheva N.P. The growth and development of whiteleg shrimp (*Penaeus vannamei*, *Penaeidae*, *Decapoda*) when feeding with different types of combined feeds in artificial conditions / N.P. Kovacheva, R.R. Borisov, I.N. Nikonova, E.S. Chertoprud // Fisheries. – 2020. – No. 1. – Pp. 78-82.
4. Чемерис А. Деликатес отечественного производства: чем уникальна крымская креветка / А. Чемерис // Русская рыба. – 2020. – № 2. – С. 66-69.
4. Chemeris A. Domestic delicacy: what makes the Crimean shrimp unique / A. Chemeris // Russian fish. – 2020. – No. 2. – Pp. 66-69.
5. Wickins J.F. Crustacean farming ranching and culture (Second Edition) / J.F. Wickins, D.O.C. Lee – Wiley Blackwell, 2002. – 464 p.
6. Козлов В.И. Справочник рыбовода / В.И. Козлов, Л.С. Абрамович. – М.: Россельхозиздат, 1980. – 220 с.
6. Kozlov V.I. Fish farmer's guide / V.I. Kozlov, L.S. Abramovich. – M.: Rosselkhozizdat, 1980. – 220 p.

7. Добровольский А.Д. Моря СССР / А.Д. Добровольский, Б.С. Залогин – М.: Изд-во МГУ, 1982. – 192 с.
7. Dobrovolsky A.D. Seas of the USSR / A.D. Dobrovolsky, B.S. Zalugin - Moscow: Moscow State University Publishing House, 1982. – 192 p.
8. СП 131.13330.2020 Строительная климатология СНиП 23-01-99* Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2021
8. SP 131.13330.2020 Stroitel'naya klimatologiya SNiP 23-01-99* Official'noe izdanie. M.: Standartinform, 2021
9. Климат морей России [Электронный ресурс] // Межведомственная федеральная информационная система – ЕСИМО. URL: <http://esimo.ru/portal/portal/esimo-user/services/climate> (дата обращения: 26.08.2021).
9. The climate of the seas of Russia [Electronic resource] // Interdepartmental federal information system - ESIMO. URL: <http://esimo.ru/portal/portal/esimo-user/services/climate> (date accessed: August 26, 2021).
10. Вода России [Электронный ресурс] // Энциклопедия URL: https://water-ru.ru/Регионы_России (дата обращения: 26.08.2021)
10. Voda Rossii [Elektronnyj resurs] // Enciklopediya URL: https://water-ru.ru/Регионы_России (date accessed: August 26, 2021).
11. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение // М.: ВНИРО, 1999. – 304 с.
11. The list of fishery standards: maximum permissible concentrations (MPC) and tentatively safe exposure levels (TSEL) of harmful substances for water of water bodies of economic importance // M.: VNIRO, 1999. – 304 p.
12. Wyban J.A., Sweeney J.N. Intensive shrimp production technology / J.A. Wyban, J.N. Sweeney – High Health Aquaculture Inc., Hawaii. 1991. 158 p.
13. Rosenberry B. World shrimp farming 2002 / B. Rosenberry. – Shrimp News International, 2002. – 276 p.
14. Briggs M. Cultured Aquatic Species Information Programme. *Penaeus vannamei*. Cultured Aquatic In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [Электронный ресурс] / M. Briggs // – Режим доступа: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Penaeus_vannamei/en. Rome. (Дата обращения 26.08.2021).
14. Briggs M. Cultured Aquatic Species Information Programme. *Penaeus vannamei*. Cultured Aquatic In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [Elektronnyj resurs] / M. Briggs // – URL: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Penaeus_vannamei/en. Rome. (date accessed: August 26, 2021).
15. Kitani H. Larval development of the White Shrimp *Penaeus vannamei* Boone reared in the laboratory and the statistical observation of its naupliar stages / H. Kitani // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. – 1986. – V. 52. – Pp. 1131-1139.
16. Wyban J. Temperature effects on growth, feeding rate and feed conversion of the Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*) / J. Wyban, W.A. Walsh, D.M. Godin // Aquaculture. – 1995. – V. 138. – Pp. 267-279.
17. Juarez L.M. Maturation and larval rearing of the Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei* / L.M. Juarez, S.M. Moss, E. Figueras // The Shrimp Book. Nottingham: University Press, 2010. – Pp. 305-352.
18. Cobo M.L. Intensification of white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) larviculture / M.L. Cobo // Ph.D. thesis. Ghent: University Belgium, 2013. – 219 p.
19. Van Wyk P.M. Water Quality Requirements and Management / P. M. Van Wyk, J. Scarpa. In: Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems. - Chap. 8. / P.M. Van Wyk, J. Scarpa – Florida: Florida Department of Agriculture and Consumer Services - Harbor Branch Oceanic Institute, 1999. – Pp. 141-162.
20. Suantika G. Development of a zero water discharge (ZWD) – recirculating aquaculture system (RAS) hybrid system for super intensive white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture under low salinity conditions and its industrial trial in commercial shrimp urban farming in Gresik, East Java, Indonesia / G. Suantika, M.L. Situmoranga, J.B. Kurniawan, Sh.A. Pratiwi, P. Aditiawatia, D.I. Astuti, F.F.N. Azizah, Y.A. Djohan, U. Zuhri, T.M. Simatupang // Aquacultural Engineering. – 2018. – V. 82. – Pp. 12-24.
21. Fan L. Comparative proteomic identification of the hemocyte response to cold stress in white shrimp, *Litopenaeus vannamei* / L. Fan, A. Wang, Y. Wu // Journal of Proteomics. – 2013. – V. 80. – Pp. 196-206.
22. Huang W. Transcriptomic analyses on muscle tissues of *Litopenaeus vannamei* provide the first profile insight into the response to low temperature stress / W. Huang, C. Ren, H. Li, D. Huo, Y. Wang, X. Jiang // PLoS One. 2017. 12:e178604. 10.1371/journal.pone.0178604,
23. Wang Z. Investigating the physiological responses of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* to acute cold-stress / Z. Wang, Y. Qu, X. Zhuo, J. Li, J. Zou, L. Fan // PeerJ. – 2019. – Pp. 1-15. 7. e7381. 10.7717/peerj.7381
24. Saoud I.P. Suitability studies of inland well waters for *Litopenaeus vannamei* culture / I.P. Saoud, D.A. Davis, D.B. Rouse // Aquaculture. – 2003. – V. 217. – Pp. 373-383.
25. Xu C. Effect of dietary lipid level on growth, lipid metabolism and health status of the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* at two salinities / C. Xu, E. Li, Y. Liu, S. Wang, X. Wang, K. Chen, J.G. Qin, L. Chen // Aquac. Nutr. – 2018. – V. 24. – Pp. 204-214.
26. Treece G.D. Shrimp culture / G.D. Treece // Encycl. Aquacul. – 2000. – V. 1. Pp. 806–868.
27. Samocha T.M. Growth and survival of juvenile *Penaeus vannamei* in low salinity water in a semi-closed recirculating system / T.M. Samocha, A.L. Lawrence, D. Pooser // Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgheh. 1998. - V. 50. No. 2. – Pp. 55-59.
28. Li E.-C. Physiological change and nutritional requirement of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* at low salinity / E.-C. Li, X. Wang, C. Ke, C. Xu, J. Qin, L. Chen // Reviews in Aquaculture. – 2017. – V. 9. – Pp. 57-75.
29. Roy L.A. Shrimp culture in inland low salinity waters / L.A. Roy, D.A. Davis, I.P. Saoud, C.A. Boyd, H.J. Pine, C.E. Boyd // Reviews in Aquaculture. – 2010. – V. 2. – Pp. 191-208.
30. Davis D.A. Acclimating pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, to inland, low-salinity waters / D.A. Davis, T.M. Samocha, C.E. Boyd // SRAC Publ. 2601, June.
31. Funge-Smith S. Aquaculture systems and species / S. Funge-Smith, M.J. Phillips – In: Aquaculture in the Third Millennium. Technical proceedings of the conference on aquaculture in the Third Millennium, Bangkok, 2001. – Pp. 129-135.
32. Boyd C.E., Thunjai T. Concentrations of major ions in waters of inland shrimp farms in China, Ecuador, Thailand, and the United States / C.E. Boyd, T. Thunjai // J. of the World Aquaculture Society. – 2003. – V. 34. – Pp. 524-532.
33. Sowers A.D. Nitrite toxicity to *Litopenaeus vannamei* in water containing low concentrations of sea salts or mixed salts / A.D. Sowers, S.P. Young, Isely J.J., C.L. Browdy, J.R. Tomasso // J. of the World Aquaculture Society. – 2004. – V. 35. – Pp. 445-451.
34. Sowers A.D. Responses of *Litopenaeus vannamei* (Boone) in water containing low concentrations of dissolved solids / A.D. Sowers, D.M. Gatlin, S.P. Young, J.J. Isely, C.L. Browdy, J.R. Tomasso // Aquaculture Research. – 2005. – V.36. – Pp. 819-823.
35. Sowers A.D. Hemolymph osmolality and cation concentrations in *Litopenaeus vannamei* during exposure to low concentrations of dissolved solids: relationship to potassium flux / A.D. Sowers, S.P. Young, M. Grosell, C.L. Browdy, J.R. Tomasso // Comparative Biochemistry and Physiology. – 2006. – V. 145 (A). – Pp.176-180.
36. Parmenter K.J. Culture of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* in a mixed-ion solution / K.J. Parmenter, J.H. Bisesi, S.P. Young, S.J. Klaine, J.L. Atwood, C.L. Browdy, Z. Bros, J.R. Tomasso // North American Journal of Aquaculture. – 2009. – V. 71. – Pp. 134-137.
37. Gong H. A dietary modification approach to improve the osmoregulatory capacity of *Litopenaeus vannamei* cultured in the Arizona desert / H. Gong, D.H. Jiang, D.V. Lightner, C. Collins, D. Brock // Aquaculture Nutrition. – 2004. – V. 10. – Pp. 227-236.
38. Литвиненко Л.И. Артемия в озерах Западной Сибири / Л.И. Литвиненко, А.И. Литвиненко, Е.Г. Бойко. – Новосибирск.: Наука. – 2009. – 309 с.
39. Борисов Р.Р. Оценка эффективности методов регулирования окраски белой креветки *Penaeus vannamei* в аквакультуре / Р.Р. Борисов, И.Н. Никонова, А.В. Паршин-Чудин, Н.П. Ковачева // Труды ВНИРО. – 2021. – Т. 183. – С. 87-95.
39. Borisov R.R. Evaluation effectiveness of methods for regulating the coloring of whiteleg shrimp *Penaeus vannamei* in aquaculture / R.R. Borisov, I.N. Nikonova, A.V. Parshin-Chudin, N.P. Kovacheva // Trudy VNIRO. – 2021. – V. 183. – Pp. 87-95.
40. Fujii K. Potential use of the astaxanthin-producing microalga, *Monoraphidium* sp. GK12, as a functional aquafeed for prawns / K. Fujii, H. Nakashima, Y. Hashidzume, T. Uchiyama, K. Mishiro, Y. Kadota // J. of Applied Phycology. – 2010. – V. 22. – No3. Pp. 363-369.
41. Parisenti J. Preference ranking of colour in raw and cooked shrimps / J. Parisenti, L.H. Beirao, V.L.C.G. Tramonte, S. Fabiana, B. Camila, M. Caroline // International Journal of Food Science & Technology. – 2011. – No. 46. – Pp. 2558-2561.