

## АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ АКВАКУЛЬТУРЫ ДЕСЯТИНОГИХ РАКООБРАЗНЫХ (DECAPODA) В МИРЕ

© 2025 г. Р.Р. Борисов (spin: 5597-7051), Л.В. Воробьёва (spin: 3689-9235),  
Н.В. Кряхова (spin: 1180-6935)

ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Россия, Москва, 105187  
E-mail: borisovrr@vniro.ru

Поступила в редакцию 29.04.2025 г.

В последние годы число видов десятиногих ракообразных, задействованных в аквакультуре, сохраняет тенденцию к росту, а объёмы производства быстро увеличиваются, достигнув в 2022 г. 12,75 млн т. Семь наиболее популярных видов (*Penaeus vannamei*, *Procambarus clarkii*, *Eriocheir sinensis*, *Penaeus monodon*, *Macrobrachium rosenbergii*, *Macrobrachium nipponense*, *Scylla paramamosain*) суммарно составляют 95% всего мирового производства продукции аквакультуры ракообразных. Особенности биологии и жизненных циклов десятиногих ракообразных определяют возможность использования интенсивных и экстенсивных биотехник культивирования. На данный момент преимущество имеют теплолюбивые виды, для которых возможно использование интенсивных или сочетание интенсивных и экстенсивных биотехник. Доступность морских и солоноватоводных водоёмов является важным для аквакультуры десятиногих ракообразных, при этом водоёмы с низкой минерализацией обычно используются на заключительных этапах культивирования. Для аквакультуры десятиногих ракообразных в России перспективными являются получившие наибольшее распространение в мировой аквакультуре виды с высокими показателями продуктивности. При этом в связи с особенностями географии и климата России наиболее перспективным является сочетание интенсивных (использование УЗВ на ранних этапах жизненного цикла) и экстенсивных (использование прудов для подращивания до товарного размера) подходов к их культивированию. Кроме того, важным ресурсом для аквакультуры России являются нативные виды, представляющие важное промысловое значение.

**Ключевые слова:** аквакультура, десятиногие ракообразные, динамика объёмов производства, креветки, пресноводные раки, крабы, инвазивные виды.

### ВВЕДЕНИЕ

Использование ресурсов естественных водоёмов подошло к своему пределу в конце двадцатого века, а объёмы вылова достигли максимума и сейчас практически остаются неизменными. При этом аквакультура стремительно развивается и становится одной из ключевых отраслей сельского хозяйства (Bartley, 2022). Прогресс аквакультуры позволил значительно увеличить объём производства рыбы и других водных организмов, что особенно важно в условиях растущей численности насе-

ления и увеличивающегося спроса на белок. Одним из наиболее динамично развивающихся направлений аквакультуры за последние два десятилетия является выращивание десятиногих ракообразных. Отряд десятиногих ракообразных (Decapoda) объединяет 17455 видов (DecaNet eds., 2024). Среди десятиногих ракообразных много крупных представителей, обитающих как в морских, так и в пресноводных водоёмах. Их используют во многих кухнях мира и, как следствие, они являются важными объектами промысла и аквакультуры.

Аквакультура десятиногих ракообразных включает в себя их разведение и выращивание как в искусственных условиях, так и в естественной среде, а также выпуск ракообразных в водоёмы для увеличения запасов или для рекреационных целей. Реализация этих подходов может помочь снизить давление на естественные популяции, что важно для сохранения экосистем и поддержания биологического разнообразия. Это особенно актуально в условиях переловов и угрозы исчезновения некоторых видов (Froehlich et al., 2023).

Централизованный сбор данных об аквакультуре десятиногих ракообразных в разных странах мира осуществляется уже более 70 лет (Fishery and Aquaculture..., 2024). За это время накоплено большое количество информации о культивируемых видах, включающей данные о динамике объёма их производства и географии культивирования. Кроме того, культивирование видов в искусственных условиях является существенным стимулом для расширения исследований их биологии. Развитие технологий в области аквакультуры, таких как улучшенные методы разведения, кормления и внедрения установок замкнутого цикла водоиспользования, способствовало успешному выращиванию десятиногих ракообразных. В тоже время на территории России формирование хозяйств по культивированию ракообразных пока идёт медленно.

Несмотря на многолетнюю историю, аквакультура десятиногих ракообразных в последние десятилетия активно развивается и претерпевает значительные изменения. Обобщение и анализ накопленной информации важны как для прогнозирования общемировых процессов, так и для интенсификации аквакультуры десятиногих ракообразных на региональном уровне. Цель настоящего исследования – выявить тенденции развития аквакультуры десятиногих ракообразных в мире и проанализировать их в контексте биологии культивируемых видов.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В качестве эмпирической базы исследования в части культивируемых видов, объёмов

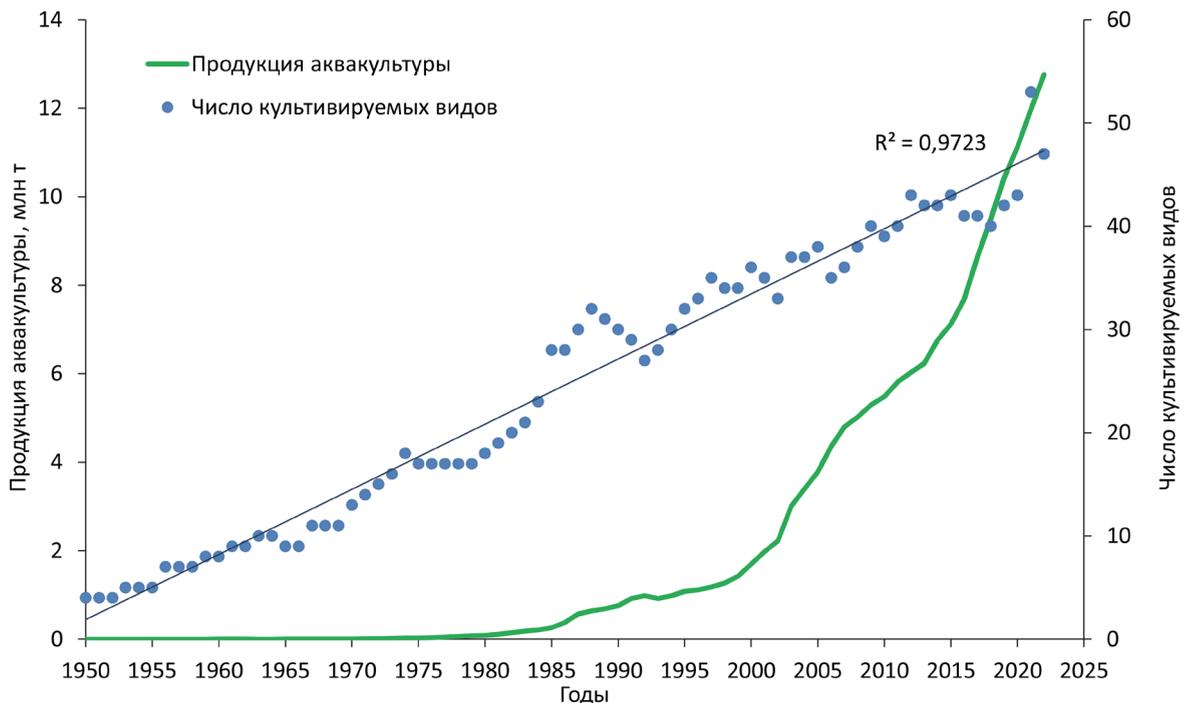
производства и перечня стран, развивающих их аквакультуру, использована электронная база данных Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (FAO FishStat) (Fishery and Aquaculture..., 2024), ежегодная отчётность о рыболовстве в Китае (China Fisheries..., 2020) послужила для уточнения данных по культивируемым в Китае видам. Для оценки инвазивности видов использовали глобальную базу данных инвазивных видов (Global Invasive..., 2021), данные электронной библиотеки Международной некоммерческой организации САВ International (CABI Digital Library) (CABI, 2024) и перечень 100 самых опасных инвазивных чужеродных видов в мире (Lowe et al., 2000; Compton et al., 2010). В исследовании также задействованы монографии, крупные обзоры и узконаправленные статьи о жизненном цикле, особенностях биологии и аквакультуры: креветок подотряда Dendrobranchiata из сем. Sergestidae и Penaeidae (Xiao, Greenwood, 1993; Ronquillo, Saisho, 1997; Chu, 1991; Crocos et al., 1996; Dall et al., 1990; Türkmen, 2003; Vance, Rothlisberg, 2020; Waiho et al., 2025; Kaya et al., 2020); речных раков сем. Astacidae, Cambaridae и Parastacidae (Biology of ..., 2002; Souty-Grosset et al., 2006; Борисов и др., 2011, 2024); креветок инфраотряда Caridea из сем. Atyidae и Palaemonidae (Mahmoud et al. 2020; Ковачева и др., 2015; Хмельова и др., 1988; *Freshwater prawns* ..., 2009; Yakovenko et al., 2022; Mizue, Iwamoto, 1961; Reeve, 1969); крабов инфраотряда Brachyura из сем. Portunidae, Carcinidae, Grapsidae, Majidae, Carpiliidae (Millikin, Williams, 1984; Rabby et al., 2024; Xu et al., 2022; Shelley, Lovatelli, 2011; Jantrarotai et al., 2004; Baylon, 2011; Nghia et al., 2007; Paran et al., 2022; Furota et al., 1999; Young, Elliott, 2020; Sui et al., 2011; Cheng et al., 2018; Guerao et al., 2008; Clark et al., 2005); лангустов инфраотряда Achelata из сем. Palinuridae и Scyllarida (Phillips et al., 2006; Jeffs et al., 2020; Spanier, Lavalli, 2006; Hidaka et al., 2022; Sekiguchi et al., 2007; Lobsters: biology ..., 2019).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

*Культивируемые виды и объёмы производства аквакультуры десятиногих ракообразных в мире*

При рассмотрении динамики объёмов мировой аквакультуры десятиногих ракообразных (рис. 1) можно выделить три периода. До 1985 г., когда объёмы аквакультуры были незначительными, с 1985 по начало 2000-х годов, когда наблюдался постепенный рост объёмов производства, и с начала 2000-х годов по настоящий момент, когда произошло значительное увеличение скорости роста объёмов производства. В 2012 г. культивирование десятиногих ракообразных в аквакультуре достигло 6,9 млн т и превысило их вылов из естественных водоёмов (6,55 млн т). За следующее десятилетие объёмы производства увеличились более чем в два раза, и в 2022 г. в аквакультуре выращено 12,75 млн т десятиногих ракообразных. Это уже в два раза превышает объём их вылова из естественных водоёмов (5,8 млн т), который не только не увеличился, но даже снизился за этот период (Fishery and Aquaculture..., 2024).

Собранная информация об объёмах продукции аквакультуры различных десятиногих ракообразных, среде их обитания, а также особенностях жизненного цикла, представлена в таблице и послужила основой для дальнейшего анализа. На протяжении рассматриваемого периода число видов десятиногих ракообразных, выращиваемых в аквакультуре, демонстрирует тенденцию к постепенному увеличению (рис. 1). В базе данных ФАО (Fishery and Aquaculture..., 2024) имеется информация о 58 видах, выращиваемых в аквакультуре в период с 1950 по 2022 гг. (таблица). Из них 23 вида креветок из двух семейств подотряда Dendrobranchiata, еще 35 видов ракообразных принадлежит к подотряду Pleocyemata: семь видов речных раков (инфраотряд Astacidea) из трёх семейств, девять видов креветок (инфраотряд Caridea) из двух семейств, одиннадцать видов крабов (инфраотряд Brachyura) из пяти семейств, восемь видов лангустов (инфраотряд Achelata) из двух семейств. Наблюдаемые тенденции свидетельствуют о том, что в мире происходит не только уве-



**Рис.1.** Развитие аквакультуры десятиногих ракообразных в мире.

**Таблица.** Виды десятиногих ракообразных – объекты мировой аквакультуры, биологические особенности и основные показатели культивирования

Культивируемые виды	Климатическая зона	Среда культивирования	Культивирование		Продукция, среднее за 2018–2022 гг., т/г.	Инвазивность вида	Забота о потомстве	Личиночные стадии
			Период, гг.	Число стран				
Подотряд Dendrobranchiata								
<i>Acetes indicus</i>	Троп.	П, С	2021–н.в.	1	48,0		Нет	N <sup>2-4</sup> , pZ <sup>3</sup> , Ms <sup>2</sup> , Pl
<i>Acetes japonicus</i>	Троп.	С	1973–2008	1	–		Нет	N <sup>2-4</sup> , pZ <sup>3</sup> , Ms <sup>2</sup> , Pl
<i>Megokris granulatus</i>	Троп.	С	2021–н.в.	1	24,6		Нет	N <sup>7</sup> , pZ <sup>3</sup> , Ms <sup>3</sup> , Pl
<i>Metapenaeopsis barbata</i>	Троп.	С	2021–н.в.	1	3180,0		Нет	N <sup>6</sup> , pZ <sup>3</sup> , Ms <sup>3</sup> , Pl
<i>Metapenaeopsis novaeguineae</i>	Троп.	С	2021–н.в.	1	91,2		Нет	N <sup>7</sup> , pZ <sup>3</sup> , Ms <sup>3</sup> , Pl
<i>Metapenaeus ensis</i>	Субтроп.	С	1956–н.в.	1	173,4		Нет	N <sup>6</sup> , pZ <sup>3</sup> , Ms <sup>3</sup> , Pl
<i>Metapenaeus macleayi</i>	Троп.	С	1985–1991	1	–		Нет	N <sup>5</sup> , pZ <sup>3</sup> , Ms <sup>3</sup> , Pl
<i>Metapenaeus monoceros</i>	Троп.	С	2009–н.в.	1	4660,4		Нет	N <sup>7</sup> , pZ <sup>3</sup> , Ms <sup>3</sup> , Pl
<i>Penaeus aztecus</i>	Субтроп.	М	2019–н.в.	1	51,6	Сл. ин.	Нет	N <sup>6</sup> , pZ <sup>3</sup> , Ms <sup>3</sup> , Pl
<i>Penaeus chinensis</i>	Субтроп.	С	1970–н.в.	2	37760,4		Нет	N <sup>7</sup> , pZ <sup>3</sup> , Ms <sup>3</sup> , Pl
<i>Penaeus esculentus</i>	Троп.	С	1985–1989	1	–		Нет	N <sup>7</sup> , pZ <sup>3</sup> , Ms <sup>3</sup> , Pl
<i>Penaeus indicus</i>	Троп.	С	1970–н.в.	12	4011,5		Нет	N <sup>3</sup> , pZ <sup>3</sup> , Ms <sup>3</sup> , Pl
<i>Penaeus japonicus</i>	Субтроп.	С, М	1953–н.в.	13	49287,5	Выс. ин.	Нет	N <sup>6</sup> , pZ <sup>3</sup> , Ms <sup>3</sup> , Pl
<i>Penaeus kerathurus</i>	Субтроп.	С	2010–н.в.	2	0,7		Нет	N <sup>6</sup> , pZ <sup>3</sup> , Ms <sup>3</sup> , Pl
<i>Penaeus merguensis</i>	Троп.	С, М	1961–н.в.	7	5880,8		Нет	N <sup>6</sup> , pZ <sup>3</sup> , Ms <sup>3</sup> , Pl
<i>Penaeus monodon</i>	Троп.	С, М	1955–н.в.	29	738186,3	Ум. ин.	Нет	N <sup>6</sup> , pZ <sup>3</sup> , Ms <sup>3</sup> , Pl
<i>Penaeus penicillatus</i>	Троп.	С	1989–2015	1	–		Нет	N <sup>6</sup> , pZ <sup>3</sup> , Ms <sup>3</sup> , Pl
<i>Penaeus plebejus</i>	Троп.	С, М	1985–1987	1	–		Нет	N <sup>7</sup> , pZ <sup>3</sup> , Ms <sup>3</sup> , Pl

Таблица. Продолжение

Культивируемые виды	Климатическая зона	Среда культивирования	Культивирование		Продукция, среднее за 2018-2022 гг., т/г	Инвазивность вида	Забота о потомстве	Личиночные стадии
			Период, гг.	Число стран				
<i>Penaeus schmitti</i>	Троп.	С	1987-2004	1	-		Нет	N <sup>2</sup> , pZ <sup>2</sup> , Ms <sup>3</sup> , Pl
<i>Penaeus semisulcatus</i>	Субтроп.	С	1996, 2009	3	-	Ум. ин.	Нет	N <sup>2</sup> , pZ <sup>2</sup> , Ms <sup>3</sup> , Pl
<i>Penaeus setiferus</i>	Субтроп.	С	1984-1985	2	0,1		Нет	N <sup>2</sup> , pZ <sup>2</sup> , Ms <sup>3</sup> , Pl
<i>Penaeus stylirostris</i>	Субтроп.	С, М	1973-н.в.	12	2406,7		Нет	N <sup>2</sup> , pZ <sup>2</sup> , Ms <sup>3</sup> , Pl
<i>Penaeus vannamei</i>	Троп.	С, М	1969-н.в.	54	5892599,0	Сл. ин.	Нет	N <sup>6</sup> , pZ <sup>3</sup> , Ms <sup>3</sup> , Pl
Подотряд Pleoсuemata, Инфраотряд Astacidea								
<i>Astacus astacus</i>	Умерен.	П	1995-н.в.	6	0,8		Яйца, мол.	Постэмбр. ст. <sup>2</sup>
<i>Pontastacus leptodactylus</i>	Умерен.	П	1995-н.в.	5	27,4	Сл. ин.	Яйца, мол.	Постэмбр. ст. <sup>2</sup>
<i>Pacifastacus leniusculus</i>	Умерен.	П	1987-2012	3	-	Ум. ин.	Яйца, мол.	Постэмбр. ст. <sup>2</sup>
<i>Cherax cainii</i>	Троп.	П	1984-н.в.	2	2,2	Сл. ин.	Яйца, мол.	Постэмбр. ст. <sup>2</sup>
<i>Cherax destructor</i>	Троп.	П	1985-н.в.	3	21,1	Ум. ин.	Яйца, мол.	Постэмбр. ст. <sup>2</sup>
<i>Cherax quadricarinatus</i>	Троп.	П	1988-н.в.	17	1984,6	Ум. ин.	Яйца, мол.	Постэмбр. ст. <sup>2</sup>
<i>Procambarus clarkii</i>	Умерен.	П, С	1950-н.в.	7	2405851,0	Выс. ин.	Яйца, мол.	Постэмбр. ст. <sup>2</sup>
Инфраотряд Caridea								
<i>Neocaridina denticulata</i>	Субтроп.	П	1994-н.в.	1	19,9	Ум. ин.	Яйца	Постэмбр. ст. <sup>1</sup>
<i>Macrobrachium lar</i>	Троп.	П	2009-2018	1	0,012		Яйца	Z <sup>13</sup> , Pl
<i>Macrobrachium malcolmsonii</i>	Троп.	П	2003-н.в.	2	176,6		Яйца	Z <sup>11</sup> , Pl
<i>Macrobrachium nipponense</i>	Умерен.	П	2000-н.в.	1	227833,8	Ум. ин.	Яйца	Z <sup>9-11</sup> , Pl

Таблица. Продолжение

Культивируемые виды	Климатическая зона	Среда культивирования	Культивирование		Продукция, среднее за 2018-2022 гг., т/г	Инвазивность вида	Забота о потомстве	Личиночные стадии
			Период, гг.	Число стран				
<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	Троп.	П, С	1970–н.в.	53	293831,5	Ум. ин.	Яйца	Z <sup>11</sup> , Pl
<i>Palaeomon adspersus</i>	Умерен.	С	2002–2012	1	-	Ум. ин.	Яйца	Z <sup>2</sup> , Pl
<i>Palaeomon paucidens</i>	Умерен.	П	2021–н.в.	1	0,06		Яйца	Z <sup>2</sup> , Pl
<i>Palaeomon varians</i>	Умерен.	С	2005–н.в.	1	249,1		Яйца	Z <sup>5-6</sup> , Pl
<i>Palaeomon serratus</i>	Умерен.	П, С	2004–н.в.	1	7,6		Яйца	Z <sup>6-11</sup> , Pl
Инфраотряд Brachyura								
<i>Callinectes sapidus</i>	Умерен.	С	1997–2004	1	-	Ум. ин.	Яйца	Z <sup>6-8</sup> , Mg
<i>Portunus pelagicus</i>	Субтроп.	С, М	2005–н.в.	2	26,3		Яйца	Z <sup>4</sup> , Mg
<i>Portunus trituberculatus</i>	Субтроп.	М	1960–н.в.	1	109,0		Яйца	Z <sup>4</sup> , Mg
<i>Scylla olivacea</i>	Троп.		2008–н.в.	4	25429,3		Яйца	Z <sup>5</sup> , Mg
<i>Scylla paramamosain</i>	Троп.	С	2003–н.в.	1	156897,4		Яйца	Z <sup>5</sup> , Mg
<i>Scylla serrata</i>	Троп.	С, М	1950–н.в.	18	108431,4		Яйца	Z <sup>5</sup> , Mg
<i>Carcinus aestuarii</i>	Умерен.	С	2011–н.в.	1	98,0	Ум. ин.	Яйца	Z <sup>4</sup> , Mg
<i>Carcinus maenas</i>	Умерен.	М	2012–2017	1	-	Выс. ин.	Яйца	Z <sup>4</sup> , Mg
<i>Eriocheir sinensis</i>	Умерен.	П	1989–н.в.	3	787046,5	Выс. ин.	Яйца	Z <sup>5</sup> , Mg
<i>Maja squinado</i>	Умерен.	М	2019–2021	1	1,3		Яйца	Z <sup>2</sup> , Mg
<i>Carpilius maculatus</i>	Троп.	М	2021–н.в.	1	3129,8		Яйца	Z <sup>3</sup> , Mg
Инфраотряд Achelata								
<i>Panulirus argus</i>	Троп.	М	2014–н.в.	2	4,4		Яйца	Ns, F <sup>11</sup> , PrI

Таблица. Окончание

Культивируемые виды	Климатическая зона	Среда культивирования	Культивирование		Продукция, среднее за 2018-2022 гг., т/г	Инвазивность вида	Забота о потомстве	Личиночные стадии
			Период, гг.	Число стран				
<i>Ranulirus homarus</i>	Троп.	М	2021–н.в.	1	0,02		Яйца	Ns, F <sup>11</sup> , Prl
<i>Ranulirus interturtus</i>	Субтроп.	М	2019–н.в.	1	1,3		Яйца	Ns, F <sup>11</sup> , Prl
<i>Ranulirus japonicus</i>	Субтроп.	М	1976–2001	1	–		Яйца	Ns, F <sup>11</sup> , Prl
<i>Ranulirus longipes</i>	Троп.	М	2021–н.в.	1	0,8		Яйца	Ns, F <sup>2</sup> , Prl
<i>Ranulirus polyrhagus</i>	Троп.	С, М	1981–н.в.	2	45,7		Яйца	Ns, F <sup>2</sup> , Prl
<i>Scyllarides squammosus</i>	Субтроп.	С, М	2021–н.в.	1	20		Яйца	F <sup>11-13</sup> , Nis
<i>Themis orientalis</i>	Троп.	М	1995–2010	2	3,4		Яйца	F <sup>4</sup> , Nis

**Примечание:** Климатическая зона: Умерен. – умеренная, Субтроп. – субтропическая, Троп. – тропическая. Среда культивирования: П – пресноводная, С – солоноватоводная, М – морская. Инвазивность вида: Сл. ин. – слабо инвазивный, Ум. ин. – умеренно инвазивный, Выс. ин. – высоко инвазивный. Личиночные стадии (цифровой индекс обозначает количество стадий): N – науплиус, pZ – прогозоа, Ms – мизис, Pl – постличинка, Z – зоа, Mg – металопа, Ns – науплиосома, F – филлосома, Prl – пуэрлуос, Nis – нисто, Постэмбр. ст. – постэмбриональные стадии (стадии моллюды у видов с сокращенным личиночным развитием после выхода из яйца до момента появления развитого щетиночного вооружения и набора конечностей, включающего уроподы).

личение объёмов производства отдельных видов, но и активно ведутся исследования, направленные на введение новых видов десятиногих ракообразных в аквакультуру. Во многом это происходит за счёт того, что больше внимания уделяется нативным видам, для которых разрабатываются новые подходы или адаптируются уже имеющиеся технологии.

Среди культивируемых видов ракообразных наиболее широко представлены креветки семейства Penaeidae (21 вид). В целом на их долю в 2022 г. приходилось 62% (7,9 млн т) от общей продукции аквакультуры десятиногих ракообразных, причём для семи видов этого семейства объёмы продукции превысили 1000 т в год. На втором месте речные раки – 23% (2,97 млн т), затем крабы – 10% (1,2 млн т) и креветки из инфраотряда Caridea 5% (0,6 млн т). Несмотря на достаточно значительное количество видов, указанных в качестве объектов аквакультуры, основной объём товарной продукции приходится всего на несколько из них. За период 2018–2022 гг. средний объём продукции свыше 150 тыс. т в год зарегистрирован для семи видов (таблица): белоногая креветка *Penaeus vannamei* Boone, 1931, красный болотный рак *Procambarus clarkii* (Girard, 1852), китайский мохнаторукий краб *Eriocheir sinensis* H. Milne Edwards, 1853, тигровая креветка *Penaeus monodon* Fabricius, 1798, гигантская пресноводная креветка *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879), японская креветка *Macrobrachium nipponense* (De Haan, 1849), вид мангровых (грязевых) крабов-плавунцов *Scylla paramamosain* (Estampador, 1950). Суммарно производство этих видов составляет около 95% всего объёма выращенных в аквакультуре десятиногих ракообразных.

Наиболее массовым видом по объёму полученной продукции аквакультуры на сегодняшний день является креветка *Penaeus vannamei*. В 2022 г. её выращено 6,8 млн т, что составило более половины объёма общего

производства десятиногих ракообразных. В последние 20 лет объёмы её производства постоянно увеличивались (рис. 2). Так же с начала 2000-х годов постоянно увеличивается число стран, в которых ведётся культивирование этого вида (рис. 2). Рост популярности креветки *P. vannamei* обусловлен рядом её конкурентных преимуществ. Большая устойчивость к заболеваниям и меньший уровень агрессии и каннибализма, чем у других видов креветок, для многих производителей стали определяющими при выборе объекта для культивирования (Chen, Xiong, 2018; Amelia et al., 2021). Решение проблемы по увеличению устойчивости к заболеваниям у креветки *P. vannamei* начиналось с двух направлений: с формирования отбора толерантных к патогенам особей в качестве исходного поголовья с одной стороны, и процесса развития свободных от патогенов популяций с другой. В завершённой фазе происходило объединение обоих направлений для формирования поголовья, которое является как SPF (свободным от патогенов), а также обладает устойчивостью к патогенам на генетическом уровне (Wyban, 2019). Особенно важным это оказалось для развития культивирования в системах с замкнутым водоиспользованием. При общем сходстве жизненного цикла креветок *P. vannamei* и *P. monodon*, креветка *P. vannamei* менее агрессивна. В результате появилась возможность выращивания её в системах с замкнутым циклом водообмена при высокой плотности посадки молодых особей исходной массы 0,5–2,0 г (до 300–450 экз./м<sup>2</sup>). Максимальный урожай белоногой креветки в таких суперинтенсивных культурах может достигать 28–68 т/га (Briggs, 2006). Несмотря на широкое распространение технологий культивирования креветки *P. vannamei* в мире, этот вид рассматривается как обладающий низкой инвазивной активностью (САВИ, 2024), что является дополнительным плюсом при выборе для культивирования именно его.



Рис. 2. Продукция и число стран, культивирующих креветку *P. vannamei*.

По объёму культивированной креветки *P. vannamei* в мире лидирует Китай – около 2,1 млн т. Китай также доминирует и по суммарному количеству выращенных десятиногих ракообразных методами аквакультуры, его доля в мире составляет около 50% (на 2022 год – 50,5%, 6,85 млн т). Наиболее значимыми объектами аквакультуры в Китае являются: рак *P. clarkii* (2890 тыс. т), креветка *P. vannamei* (2098 тыс. т), краб *E. sinensis* (815 тыс. т), креветка *M. nipponense* (226 тыс. т), креветка *M. rosenbergii* (178 тыс. т), краб *S. paramamosain* (154 тыс. т), креветка *P. monodon* (114 тыс. т), голубой японский краб *Portunus trituberculatus* (Miers, 1876) (109 тыс. т), креветка курума *Penaeus japonicus* Spence Bate, 1888 (46 тыс. т), китайская белая креветка *Penaeus chinensis* (Osbeck, 1765) (30 тыс. т), а также ряд других видов, как, например, австралийский красноклешневый рак *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868). Важную роль в аквакультуре Китая играет интегрированное выращивание риса и водных животных. Это направление аквакультуры обеспечило в 2022 г. 3,87 млн т различных водных продуктов, что

составляет 11,77% от общего объёма продукции пресноводной аквакультуры Китая (Yu et al., 2023).

#### Особенности биологии десятиногих ракообразных и методы аквакультуры

В зависимости от солёности воды, в которой проводится выращивание гидробионтов, аквакультура десятиногих ракообразных подразделяется на пресноводную, солоноватоводную, а также марикультуру. Около 66% продукции приходится на виды, культивируемые в солоноватоводных водоёмах (таблица). При этом для получения молоди и выращивания взрослых особей часто требуются разные условия. Такая специфика культивирования обусловлена особенностью жизненного цикла видов. Например, у креветки *P. vannamei*, как и других пенеидных креветок, личиночное развитие происходит в морской воде с солёностью, близкой к океанической, тогда как молодь для кормления и роста мигрирует в эстуарии (Dall et al., 1990). В этом случае для спаривания, откладки яиц и развития личинок требуются стабильные условия и вода с

океанической солёностью, а для подращивания молоди до товарного размера используют водоёмы, солёность которых может колебаться в широком диапазоне (Saoud et al., 2003; Xu et al., 2018). Оптимальным диапазоном солёности для подращивания молоди *P. vannamei* до товарного размера считается 10–25‰ (De Muylder et al., 2010).

Среди видов, культивируемых в пресных водоёмах, широко представлены виды, часть жизненного цикла которых проходит в пресной, а часть в солёной или солоноводной среде. Например, крабы *E. sinensis* большую часть жизненного цикла обитают в пресной воде, но спаривание и развитие личинок у них происходит в воде с более высокой солёностью или морской воде (Herborg et al., 2005). У креветки *M. rosenbergii* спаривание происходит в пресной воде, а развитие личинок при солёности 10–20‰ (Ковачева и др., 2015; Freshwater prawns..., 2009).

Ряд пресноводных и эвригаллиных видов, культивируемых в пресных водоёмах, на протяжении жизненного цикла не нуждается в солёной воде. Для них характерно отсутствие планктонной личинки, как у речных раков, или существенное сокращение личиночного развития, как у некоторых видов креветок (таблица). Вместе с тем, даже виды, жизненный цикл которых полностью проходит в пресной воде, как, например, у речных раков *P. clarkii*, *C. quadricarinatus*, *Pontastacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) или креветки *M. nipponense*, способны выдержать существенное повышение солёности воды (Wang et al., 2004; Salman et al., 2006; Meineri et al., 2014; Liu et al., 2020; Luo et al., 2024). Это позволяет для их культивирования использовать солоноватые водоёмы с низкой солёностью (до 10–12‰).

Таким образом, при планировании работ по аквакультуре десятиногих ракообразных важным ресурсом, на доступность которого необходимо обращать внимание, являются солоноватоводные и морские водоёмы. Качественный состав солей и их количество так же

являются важными показателями, определяющими возможность использования воды для культивирования тех или иных видов, а также проведения работ по получению посадочного материала. Например, креветка *P. vannamei* считается высокоэффективным осморегулятором и может переносить широкий диапазон солёности от 0,5 до 50‰ (Saoud et al., 2003; Xu et al., 2018), но при этом важным условием является соотношение ионов солей, которое должно быть близко к морской воде (Roy et al., 2010). Кроме того, с использованием воды солёностью ниже 5‰ у креветки *P. vannamei* связывают снижение выживаемости, темпов роста, стрессоустойчивости и устойчивости к болезням (Lin, Chen, 2003; Li et al., 2007, 2008).

Тип личиночного развития, плодовитость и другие репродуктивные характеристики видов определяют технологические подходы и характер биотехники как при полноцикловом выращивании видов, так и при проведении работ по восстановлению естественных популяций. Например, сложное и продолжительное личиночное развитие у лангустов (продолжительность планктонной стадии филлосомы составляет от 4 до 24 мес.), несмотря на существенные усилия, предпринятые японскими исследователями (Murakami et al., 2007), стало препятствием на пути к созданию биотехники их полноциклового культивирования. Сходной является ситуация и с большинством видов, обитающих в холодных (например, арктических) водах. Длительное развитие и рост от личинки до особи товарного размера, как, например, у камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815), у которого этот период занимает около 10 лет, делают полноцикловое выращивание в искусственных условиях нерентабельным (Ковачева и др., 2022).

Учитывая различные аспекты биологии и жизненного цикла (таблица), виды десятиногих ракообразных условно можно разделить на две группы. Для первой группы характерны: высокая плодовитость, наличие планктонных личиночных стадий, забота о потомстве

проявляется только в вынашивании яиц на плеоподах, а у некоторых видов отсутствует полностью. Для второй группы характерны: сравнительно низкие показатели плодовитости, укорачивание или отсутствие планктонного развития, забота о потомстве, в том числе не только на стадии яйца, но и на первых стадиях молоди. Для биотехник культивирования видов из первой группы характерно разделение операций по производству посадочного материала и выращивания молоди до товарного размера. Примерами могут служить креветки *P. vannamei*, *P. monodon* и *M. rosenbergii*, а также краб *E. sinensis*. Такое разделение позволяет существенно повысить интенсивность культивирования. Для второй группы, характерными представителями которой являются речные раки, забота о потомстве и сокращение личиночного развития в большинстве случаев упрощает процесс получения жизнестойкого потомства, но при этом количество молоди, получаемой от одной самки, значительно меньше. Для таких видов больше подходят методы экстенсивного выращивания с широким использованием самовоспроизводящихся популяций. При этом создание питомников с использованием систем УЗВ для получения посадочного материала речных раков является важным элементом биотехники культивирования этих видов и отчасти позволяет её интенсифицировать.

Для большинства культивируемых видов десятиногих ракообразных характерен широкий пищевой диапазон, что позволяет им эффективно использовать естественную кормовую базу водоёмов. Это способствует распространению экстенсивных и полунтенсивных технологий выращивания.

При культивировании десятиногих ракообразных одной из главных и частых проблем является высокий уровень агрессии и каннибализма. В первую очередь эти проблемы характерны для систем УЗВ, где культивирование происходит в группах с повышенной плотностью содержания (Борисов и др., 2024). Данные проблемы характерны не

только для заключительных этапов подращивания молоди, у многих видов отмечен высокий уровень каннибализма и на личиночных стадиях (Ковачева и др., 2022). В результате можно говорить о том, что каннибализм является одним из главных препятствий для интенсификации аквакультуры десятиногих ракообразных.

В большинстве случаев наибольшие показатели производства имеют виды, для которых возможно использование технологий интенсивного культивирования, такие как креветки *P. vannamei*, *P. monodon* и *M. rosenbergii*, краб *E. sinensis*. Наиболее ярким исключением является рак *P. clarkii*, производство которого в мире в 2022 г. составило 2,97 млн т. Рак *P. clarkii* является традиционным объектом культивирования на юге Северной Америки. Этот вид отличается неприхотливостью при культивировании и способен переносить достаточно длительный период осушения водоёма. Для его выращивания используются как специальные пруды, так и рисовые чеки. Видимо, неслучайно, что после того, как этот вид был ввезён в Китай, он быстро получил там широкое распространение, а объёмы его производства стали расти (Chen et al., 2024). На сегодня Китай является основным производителем этого вида, объём его продукции составляет 2,89 млн т. Вместе с тем следует отметить, что рак *P. clarkii* рассматривается как высокоинвазивный вид (Loureiro et al., 2015). В Европе он считается нежелательным (Souty-Grosset et al., 2016) ещё и потому, что является переносчиком опасного для местных видов речных раков заболевания – «рачьей чумы», вызываемого грибом *Aphanomyces astaci* Schikora, 1906. В связи с этим он может представлять опасность для нативных видов раков, обитающих на территории России. Несмотря на это, есть сведения, что попытки культивирования этого вида в прудах проводятся в Краснодарском крае.

Другим видом, получившим широкое распространение в аквакультуре Китая, является краб *E. sinensis*. Он производится и

потребляется почти исключительно в Китае. Этот вид рассматривается как один из самых опасных инвазивных видов, представляющих угрозу для местных сообществ, и внесён в список 100 наиболее опасных инвазивных видов в мире (Lowe et al., 2000; Global Invasive..., 2021) и 100 наиболее опасных инвазивных видов России (Березина, Фенёва, 2018). Взрослые особи краба *E. sinensis* поднимаются по рекам на сотни километров выше устья, а для спаривания возвращаются в море. Личинки развиваются в солёной воде, что облегчает их перенос из одного водного бассейна в другой вместе с балластными водами. Краб *E. sinensis* был завезён в Европу в 1920 г. и на сегодня отмечен в большинстве стран с приморской береговой зоной (Макаров, 2004) и даже в нескольких странах, не имеющих непосредственного выхода к морю. Позже он также был завезён в Северную Америку (Rudnick et al., 2003). К настоящему моменту в регионах России этот вид, в сравнении с другими ракообразными-вселенцами, имеет самую большую область встречаемости (Залота, 2017).

Еще одним видом, культивирование которого преимущественно экстенсивными методами успешно развивается в Китае, является креветка *M. nipponense*. Эта креветка имеет значительно более мелкие размеры, чем другой близкий и широко культивируемый вид рода *M. rosenbergii*. Но личинки креветки *M. nipponense* способны развиваться в пресной воде, тогда как развитие личинок гигантской пресноводной креветки происходит в воде солёностью 12‰. Упрощение биотехники культивирования, по-видимому, стало тем преимуществом, которое перевесило недостатки (мелкий размер) конечного продукта.

Анализируя биологические особенности видов десятиногих ракообразных, выращиваемых в аквакультуре, можно отметить некоторые общие для них черты. Подавляющее большинство видов являются тепловодными, с оптимумом для роста и развития в диапазоне 26–30°C. Высокие температуры коррелируют с высокой скоростью роста и позволяют

получать особей товарного размера в кратчайшие сроки, собирая два и более урожая в год. Кроме того, многие виды, по крайней мере, на определённых этапах своего жизненного цикла, нуждаются в морской или солоноватой воде. Часто развитие личинок проходит в солёной воде, а рост молоди – в воде с более низкой солёностью или в пресных водоёмах. Это позволяет разделить производственный цикл на два этапа. Первый этап включает в себя проведение спаривания, получение личинок и выращивание их до стадии молоди. На втором этапе молодь подращивается до товарного размера. В связи с существенным различием биотехник и требований к характеристикам воды, предприятия часто специализируются или на получении молоди, или на её подращивании до товарного размера.

#### *Перспективные для аквакультуры России виды десятиногих ракообразных*

Из анализа мирового опыта аквакультуры можно сделать вывод, что двумя наиболее важными характеристиками регионов, которые определяют выбор объектов для культивирования, являются температурный режим водоёмов и возможность использования солёной воды из естественных источников. В России наиболее благоприятными для культивирования десятиногих ракообразных являются южные регионы, относящиеся к V и VI зонам прудового рыбоводства: Астраханская область, республика Дагестан, республика Крым, Краснодарский край, Ставропольский край, Ростовская область, Волгоградская область. В этих регионах сезонные температуры позволяют использовать пруды для культивирования тропических видов в летний период. Здесь перспективными являются направления культивирования тепловодных видов с использованием технологий, сочетающих прудовое выращивание в летний период и индустриальные подходы с использованием УЗВ в зимнее время. Для более холодных регионов перспективны различные варианты экстенсивных технологий выращивания

нативных видов и применение индустриальных методов культивирования полного цикла в условиях УЗВ. Подавляющая часть территории России оказывается неподходящей для устойчивого культивирования тропических и субтропических видов в прудах, но в ряде случаев возможно развитие культивирования нативных видов.

Помимо естественных водных объектов для целей аквакультуры можно использовать сбросные пруды ТЭЦ и АЭС, при повышенной температуре воды в которых можно выращивать больший спектр аквакультурных видов в более холодных регионах. Это позволит как расширить ассортимент аквакультурной продукции, так и получать её круглогодично.

В первую очередь для аквакультуры России перспективными являются виды, получившие наибольшее распространение в мире, с высокими показателями продукции и демонстрирующие устойчивый рост показателей производства. При этом, учитывая особенности географии и климата России, наибольший интерес представляют виды, при культивировании которых имеется возможность использовать сочетание интенсивных и экстенсивных подходов к культивированию. Использование систем УЗВ на отдельных этапах культивирования позволит адаптировать биотехники культивирования тепловодных видов к нестабильным условиям России.

Важным ресурсом для аквакультуры России также являются нативные виды, представляющие промысловое значение, в отношении которых имеется необходимость проведения работ по восстановлению численности естественных популяций, а также промысловые виды, в отношении которых возможно развитие биотехник предпродажного содержания в живом виде. В некоторых случаях в качестве перспективных видов могут быть рассмотрены вселенцы с низкой инвазивностью, высокий адаптивный потенциал которых может быть использован для аквакультуры без ущерба для нативных видов (Борисов и др., 2024). При этом в первую очередь

необходимо обращать внимание на наличие или отсутствие у них опасных для нативных видов заболеваний.

Анализируя имеющуюся информацию о темпах развития мировой аквакультуры, можно сказать, что наиболее интересными и перспективными могут быть виды, объёмы культивирования которых динамично увеличиваются в последние годы, так как это свидетельствует о наличии у них преимуществ по сравнению с другими видами. Примером такого вида может служить креветка *P. vannamei*, которая считается видом с низкой инвазивной опасностью. Во многом это обусловлено особенностями её жизненного цикла. Молодь креветки *P. vannamei* активно растёт в эстуариях, а спаривание, откладка яиц и развитие личиночных стадий происходит в воде с океанической солёностью. Это, по-видимому, является достаточной страховкой от проникновения вида в естественные биотопы. Кроме того, данный вид тропический, и имеющиеся данные о границах его температурных предпочтений свидетельствуют о невозможности пережить зиму в водоёмах на территории России (Борисов и др., 2021).

К другой группе, на которую следует обратить внимание, относятся виды, культивирование которых ведётся во многих странах, особенно европейских. К таким видам можно отнести, например, рака *S. quadricarinatus*, который культивируется почти в двух десятках (17 по данным ФАО) стран преимущественно тропических регионов. Кроме того, попытки его промышленного культивирования проводятся в странах Европы и в России. В ряде стран тропического региона отмечено вселение этого вида в естественные водоёмы (Sallehuddin et al., 2021), но на территории России температуры воды в водоёмах зимой опускаются ниже критической границы для данного вида, и опасность его проникновения в естественные водоёмы отсутствует. В тоже время быстрый рост молоди в прудах (Пятикопова и др., 2024), находящихся в VI–IV зонах рыбоводства, делают его перспек-

тивным объектом аквакультуры для южных регионов нашей страны (Борисов и др., 2024).

В России при выборе новых для культивирования видов следует учитывать и существующие риски. Наиболее существенными из них является проникновение в естественную среду, а также распространение опасных для нативных видов заболеваний. Примерами таких видов могут служить высокоинвазивный краб *E. sinensis*, а также американские речные раки *P. clarkii*, *P. leniusculus* и другие виды, являющиеся переносчиками рачьей чумы. Эти виды не могут быть рекомендованы в качестве объектов для аквакультуры России.

В последнее время одновременно с ростом производства отдельных видов, всё ещё остаются перспективы внедрения новых видов в аквакультуру. При развитии аквакультуры в новых для неё регионах ответственное отношение к экологической безопасности делает приоритетным выращивание нативных видов. В качестве одного из таких потенциальных объектов следует отметить длиннопалого рака *P. leptodactylus*. Этот вид встречается на большой территории и демонстрирует огромное морфологическое разнообразие на всём своём ареале (Bláha et al., 2023). Для данного вида имеется существенное количество разработанных подходов к культивированию, выполненных в различных частях ареала, в той или иной степени учитывающих региональную специфику и включающие экстенсивные и интенсивные элементы культивирования (Александрова, 1994, 2005, 2014; Черкашина, 2002, 2007; Мицкевич, 2006).

Изменения, происходящие на потребительском рынке, также могут способствовать расширению списка культивируемых видов и развитию новых технологий. Кроме того, продажа гидробионтов в живом виде стимулирует создание и развитие биотехник предпродажного содержания гидробионтов и транспортировки их в живом виде. В первую очередь актуальным является разработка и совершенствование таких технологий для морских холодноводных видов.

В заключении хочется отметить, что регистрирующееся на сегодня в мире увеличение среднегодовых температур (Kennedy et al., 2010; Santer et al., 2019) может оказаться стимулом для расширения тепловодной аквакультуры в России в первую очередь в её южных регионах. Наблюдения показывают, что в последние годы наметился ощутимый тренд повышения температуры воды в Азовском и Чёрном морях (Гинзбург и др., 2021). Повышение среднегодовых температур способствует расширению временных границ сезонного культивирования тепловодных видов в прудах и сдвигу благоприятных для культивирования зон дальше на север.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На протяжении всего периода наблюдений число культивируемых видов десятиногих ракообразных постепенно увеличивалось. На сегодня, по данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН, более 50 видов используется в аквакультуре. В последние годы показатели производства продукции аквакультуры ракообразных демонстрируют активный рост. За последние 10 лет объём производства удвоился и в 2022 г. составил 12,75 млн т, что в два раза больше вылова из естественных водоёмов. Семь наиболее популярных видов (креветка *P. vannamei*, рак *P. clarkii*, краб *E. sinensis*, креветка *P. monodon*, креветка *M. rosenbergii*, креветка *M. nipponense*, краб *S. paramamosain*) суммарно составляют 95% объёма всего мирового производства продукции аквакультуры. Безусловно лидирующую позицию в этом списке занимает креветка *P. vannamei*, культивируемая в 54 странах, и объём продукции, которой составляет больше, чем всех прочих видов в мире. Подавляющее большинство культивируемых видов являются тепловодными, с оптимумом для роста и развития в диапазоне 26–30°C. Высокие температуры коррелируют с высокой скоростью роста и позволяют получать особей товарного размера в кратчайшие сроки. Около 66% продук-

ции приходится на виды, культивируемые в солоноватоводных водоёмах. При этом часто развитие личинок проходит в солёной воде, а рост молоди – в воде с более низкой солёностью или в пресных водоёмах. Особенности биологии и жизненных циклов видов десятиногих ракообразных определяют использование интенсивных и экстенсивных биотехник культивирования. При этом каннибализм является одним из главных препятствий для интенсификации аквакультуры десятиногих ракообразных. На данный момент имеют преимущество виды, для которых возможно использование интенсивных технологий или сочетание интенсивных и экстенсивных технологий. При этом необходимость использования различных ресурсов для аквакультуры обусловило наличие среди наиболее популярных как видов, для культивирования которых используются преимущественно интенсивные биотехники культивирования, так и видов, в выращивании которых применяются экстенсивные подходы. Возможность использования морских и солоноватоводных водоёмов является важным ресурсом для современной аквакультуры десятиногих ракообразных. В тоже время пресные водоёмы и водоёмы с низкой минерализацией широко используются особенно на заключительных этапах культивирования. Для аквакультуры десятиногих ракообразных в России перспективными являются виды десятиногих ракообразных, получившие наибольшее распространение в мировой аквакультуре, с высокими показателями продукции и демонстрирующие устойчивый рост показателей производства. При этом в связи с особенностями географии и климата России наиболее желательным условием является возможность использовать сочетание интенсивных (использование УЗВ на ранних этапах жизненного цикла) и экстенсивных (использование прудов для подращивания до товарного размера) подходов к их культивированию. Кроме того, ценным ресурсом для аквакультуры России являются нативные виды, представляющие важное промысло-

вое значение. Полученные обзорные материалы и выполненные на их основе обобщения могут послужить основой для создания программ по развитию аквакультуры десятиногих ракообразных в России и выбора промышленниками объектов для культивирования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Александрова Е.Н.* Методические указания по культивированию посадочного материала раков в заводских условиях и увеличению ракопродукции естественных водоёмов путем вселения молоди раков. М.: Россельхозакадемия, 1994. 68 с.

*Александрова Е.Н.* Научные подходы к доместикации российских речных раков // Вестник РАСХН. 2014. №1. С. 57–61.

*Александрова Е.Н.* Технология культивирования речных раков в неспускаемых водоёмах по пастбищному типу. М.: ГНУ ВНИИР, 2005. 24 с.

*Березина Н.А., Фенёва И.Ю.* *Eriocheir sinensis* – китайский мохнаторукий краб. В книге: Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100) // Ред. Дгебуадзе Ю.Ю., Петросян В.Г., Хляп Л.А. М.: Тов-во научных изданий КМК. 2018. С. 392–398.

*Борисов Р.Р., Ковачева Н.П., Чертопруд Е.С.* Речной рак. Биология, воспроизводство и культивирование. М. Изд. ВНИРО, 2011. 96 с.

*Борисов Р.Р., Никонова И.Н., Паршин-Чудин А.В. и др.* Оценка эффективности методов регулирования окраски белоногой креветки *Penaeus vannamei* в аквакультуре // Труды ВНИРО. 2021. Т. 183. С. 87–95.

*Борисов Р.Р., Ковачева Н.П., Жигин А.В. и др.* Аквакультура австралийского красноклещевого рака *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868). М.: Изд-во ФГБНУ «ВНИРО», 2024. 200 с.

*Гинзбург А.И., Костяной А.Г., Серых И.В., Лебедев С.А.* Климатические изменения гидрометеорологических параметров Чёрного и Азовского морей (1980–2020 гг.) // Океанология. 2021. Т. 61. № 6. С. 900–912.

*Залота А.К.* Чужеродные виды десятиногих ракообразных (Crustacea, Decapoda) в морях

России и сопредельных водах: Дис. ... канд. биол. наук. М.: ФГБУН ИО РАН, 2017. 250 с.

Ковачева Н.П., Борисов Р.Р., Жигин А.В. и др. Аквакультура камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815). М.: Изд-во ФГБНУ «ВНИРО», 2022. 224 с.

Ковачева Н.П., Жигин А.В., Борисов Р.Р. и др. Биология и культивирование гигантской пресноводной креветки *Macrobrachium rosenbergii* (de Man, 1876). М.: Изд-во ВНИРО, 2015. 112 с.

Макаров Ю.Н. Десятиногие ракообразные // Фауна Украины. Высшие ракообразные. Киев: Наукова думка, 2004. Т. 26. Вып. 1–2. 429 с.

Мицкевич О.И. Раколовство и раководство на водоёмах европейской части России. С.-Пб.: ФГНУ ГосНИОРХ, 2006. 207 с.

Пятикопова О.В., Бедрицкая И.Н., Попов Д.А., Тангатарова Р.Р. Опыт прудового выращивания красноклешневого рака в Астраханской области // Известия ТИНРО. 2024. Т. 204. № 3. С. 659–669.

Хмелева Н.Н., Гигиняк Ю.Г., Кулеш В.Ф. Пресноводные креветки. М.: Агропромиздат, 1988. 128 с.

Черкашина Н.Я. Динамика популяций раков родов *Pontastacus* и *Caspiastacus* (Crustacea, Decapoda, Astacidae) и пути их увеличения. М.: Нацрыбресурс, 2002. 256 с.

Черкашина Н.Я. Сборник инструкций по культивированию раков и динамике их популяций. Ростов-на-Дону: Медиа-полис, 2007. 118 с.

Amelia F., Yustiati A., Andriani Y. Review of Shrimp (*Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)) Farming in Indonesia: Management Operating and Development // World Scientific News: 2021. P. 145–158.

Bartley D.M. World Aquaculture 2020 – A brief overview. FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1233. Rome, FAO. 2022. <https://doi.org/10.4060/cb7669en>

Baylon J.C. Survival and development of larvae and juveniles of the mud crab *Scylla olivacea* Forskal (Crustacea: Decapoda: Portunidae) at various temperatures and salinities // Philipp Agric Scientist. 2011. V. 94. №2. P. 195–204.

*Biology of freshwater crayfish*. D.M. Holdich (ed.). UK, Oxford: Blackwell Science, 2002. 702 p.

Bláha M., Patoka J., Polícar T. et al. Phylogeographic patterns of genetic diversity in *Pontastacus leptodactylus* (Decapoda: Astacidae): is the hypothesis of the taxonomically rich genus *Pontastacus* true? // Zool. J. Linn. Soc. 2023. V. 199. P. 140–155.

Briggs M. *Penaes vannamei*. Cultured Aquatic Species Information Programme. FAO Fisheries and Aquaculture. – Rome, 2006. Updated 2006–08–17. Cited June 5th 2024.

CABI Digital Library (Электронный ресурс) – [www.cabidigitallibrary.org/journal/cabicompndium](http://www.cabidigitallibrary.org/journal/cabicompndium). Дата обращения: 20.05.24.

Chen B., Xu X., Chen Y. et al. Red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) as a growing food source: opportunities and challenges in comprehensive research and utilization // Foods. 2024. V. 13. № 23. P. 3780.

Cheng Y., Wu X., Li J. Chinese mitten crab culture: current status and recent progress towards sustainable development. In book: *Aquaculture in China. Success Stories and Modern Trends*. Wiley Blackwell. Gui J.F. et al., (eds). 2018. P. 197–217.

Chen X., Xiong J. Development of the Culture of the White Legged Shrimp, *Penaes vannamei*. *Aquaculture in China. Success Stories and Modern Trends*. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2018. P. 378–392.

*China Fisheries Statistical Yearbook*. China Agriculture Press, Beijing, 2020. V. 38. 22 p.

Chu K.H. Larval rearing of the shrimps *Metapenaes ensis* (de Haan) and *Penaes chinensis* (Osbeck) on artificial feed // *Aquaculture and Fisheries Management*. 1991. V. 22. P. 473–479.

Clark P.F., Ng P.K.L., Noho H., Shokita S. The first-stage zoeas of *Carpilius convexus* (Forskål, 1775) and *Carpilius maculatus* (Linnaeus, 1758) (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Xanthoidea: Carpiliidae): An example of heterochrony // *J. of Plankton Research*. 2005. V. 27. № 2. P. 211–219.

Compton T.J., Leathwick J.R., Inglis G.J. Thermogeography predicts of the potential global range of the invasive European green crab (*Carcinus maenas*) // *Diversity and Distributions*. 2010. 16. P. 243–255.

- Crococ P., Smith D., Keys S., Preston N.* Development of the aquaculture capability of the brown tiger prawn, *Penaeus esculentus*. CSIRO, Fisheries Research & Development Corporation, Melbourne, 1996. 77 p.
- Dall W., Hill B.J., Rothlisberg P.C., Sharples D.J.* The Biology of the Penaeidae. Advances in marine biology, 1990. V. 27. 489 p.
- De Muyllder E., Claessens L., Martens F.* Inclusion of a mineral premix for low-salinity culture of *Litopenaeus vannamei* // International Aquafeed. 2010. V. 13 № 4. P. 1–4.
- DecaNet eds.* 2024. DecaNet. Accessed at <https://www.decanet.info> on 2024-04-19.
- Fishery and Aquaculture Statistics. Global aquaculture production 1950–2022 (Fishstat)*. In: *FAO Fisheries and Aquaculture Department. Rome. Updated 2024.* Режим доступа: [www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en](http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en) (Дата обращения 20.05.24).
- Freshwater prawns. Biology and farming.* New M.B., Valenti W.C., Tidwell J.H. et al. (eds). Wiley-Blackell, 2009. 544 p.
- Froehlich H.E., Montgomery J.C., Williams D.R. et al.* Biological life-history and farming scenarios of marine aquaculture to help reduce wild marine fishing pressure // *Fish and Fisheries*. 2023. 00:1–14. DOI: 10.1111/faf.12783
- Furota T., Watanabe S., Watanabe T. et al.* Life history of the Mediterranean green crab, *Carcinus aestuarii* Nardo, in Tokyo Bay, Japan // *Crustacean Research*. 1999. V. 28. P. 5–15.
- Global Invasive Species Database 2021.* Downloaded from [http://www.iucngisd.org/gisd/100\\_worst.php](http://www.iucngisd.org/gisd/100_worst.php) on 03-11-2021.
- Guerao G., Pastor E., Martin J. et al.* The larval development of *Maja squinado* and *M. brachydactyla* (Decapoda, Brachyura, Majidae) described from plankton collected and laboratory-reared material // *J. of Natural History*. 2008. V. 42. № 33–34. P. 2257–2276.
- Herborg L.M., Rushton S.P., Clare A.S., Bentley M.G.* The invasion of the Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) in the United Kingdom and its comparison to continental Europe // *Biological Invasions*. 2005. V. 7. № 6. P. 959–968.
- Hidaka C., Yang C.-H., Wakabayashi K.* Finding the missing puzzle piece of the nisto stage in the larval cycle of the slipper lobster *Scyllarides squammosus*: a molecular and morphological approach // *Zoological Studies*. 2022. V. 61:73. P. 1–12.
- Jantrarotai P., Tempakdee P., Pripanapong S.* Evaluation of different larval feeds for survival and development of early stage mud crab (*Scylla olivacea*) // *Kasetsart Journal (Natural Sciences) (Thailand)*, 2004. V. 38. № 4. P. 484–492.
- Jeffs A., Daniels C., Heasman K.* Aquaculture of marine lobsters // *The Natural History of the Crustacea*. V. 9: Fisheries and Aquaculture. Lovrich G, Thiel M., (Eds.). Oxford University Press, 2020. P. 285–311.
- Kaya D., Genc E., Genc M.A. et al.* Biofloc technology in recirculating aquaculture system as a culture model for green tiger shrimp, *Penaeus semisulcatus*: Effects of different feeding rates and stocking densities // *Aquaculture*. 2020. V. 528. P. 735526.
- Kennedy J.J., Thorne P.W., Peterson T.C. et al.* How do we know the world has warmed? in: 2. *Global Climate*, in: *State of the Climate in 2009* // *Bull. Amer. Meteor. Soc. Journal*. 2010. V. 91. N. 7. P. 26.
- Li E., Chen L., Zeng C. et al.* Comparison of digestive and antioxidant enzymes activities, haemolymph oxyhemocyanin contents and hepatopancreas histology of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at various salinities // *Aquaculture*. 2008. V. 274. P. 80–86.
- Li E., Chen L., Zeng C., Chen X. et al.* Growth, body composition, respiration and ambient ammonia nitrogen tolerance of the juvenile white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at different salinities // *Aquaculture*. 2007. V. 265. P. 385–390.
- Lin Y.C., Chen J.C.* Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels // *Aquaculture*. 2003. V. 224. P. 193–201.
- Liu S., Qi C., Jia Y. et al.* Growth and intestinal health of the red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, reared under different salinities // *Aquaculture*. 2020. V. 524. P. 735256.

- Lobsters: biology, fisheries and aquaculture.* Radhakrishnan E.V., Phillips B.F., Achamveetil G. (ed.). Springer Singapore, 2019. p.
- Loureiro T.G., Anastácio P.M.S.G., Araujo P.B. et al. Red swamp crayfish: biology, ecology and invasion – an overview. // *Nauplius*. 2015. V. 23. №1. P. 1–19.
- Lowe S., Browne M., Boudjelas S., De Poorter M. 100 of the world's worst invasive alien species. A selection from the Global Invasive Species Database // The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN). 2000. 12 p.
- Luo L., Yang L.S., Huang J.H. et al. Effects of different salinity stress on the transcriptomic responses of freshwater crayfish (*Procambarus clarkii*, Girard, 1852) // *Biology*. 2024. V. 13. №7. P. 530.
- Mahmoud H.H.A., Sastranegara M.O.H.H., Kusmintarsih E.S.K. The lifecycle of *Neocaridina denticulata* and *N. palmata* in aquariums // *Biodiversitas J. of Biological Diversity*. 2020. V. 21. №. 6. P. 2396–2402.
- Meineri E., Rodriguez-Perez H., Hilaire S., Mesleard F. Distribution and reproduction of *Procambarus clarkii* in relation to water management, salinity and habitat type in the Camargue. // *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 2014. V. 24. № 3. P. 312–323.
- Millikin M.R., Williams A.B. Synopsis of Biological Data on the Blue Crab, *Callinectes sapidus* Rathbun // *FAO Fisheries Synopsis*. 1984. V. 138. 39 p.
- Mizue K., Iwamoto Y. On the development and growth of *Neocaridina denticulata* de Haan // *長崎大学水産学部研究報告*. 1961. V. 10. P. 15–24.
- Murakami K., Jinbo T., Hamasaki K. Aspect of the technology of phyllosoma rearing and metamorphosis from phyllosoma to puerulus in the Japanese spiny lobster *Panulirus japonicus* reared in the laboratorii // *Bull. of Fisheries Research Agency*. 2007. V. 20. P. 59–67.
- Nghia T.T., Wille M., Binh T.C. et al. Improved techniques for rearing mud crab *Scylla paramamosain* (Estampador 1949) larvae // *Aquaculture Research*. 2007. V. 38. P. 1539–1553.
- Paran B.C., Jeyagobi B., Kizhakedath V.K. et al. Production of juvenile mud crabs, *Scylla serrata*: Captive breeding, larviculture and nursery production // *Aquaculture reports*. 2022. V. 22. P. 101003.
- Phillips B. F., Booth J. D., Cobb J. S. et al. CHAPTER 7 Larval and Postlarval Ecology In book: *Lobsters: biology, management, aquaculture and fisheries* (ed. Phillips B.F.), Blackwell Publishing Ltd. 2006. P. 231–262.
- Rabby A.F., Rahman T., Islam Z. et al. Growth, development and survival rate of the blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) Cultured using different larvae feeds // *Indonesian J. of Marine Sciences*. 2024. V. 29. № 1. P. 147–155.
- Reeve M.R. Growth, metamorphosis and energy conversion in the larvae of the prawn, *Palaemon serratus* // *J. of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 1969. V. 49. № 1. P. 77–96.
- Ronquillo J.D., Saisho T. Larval development of *Metapenaeopsis barbata* (de Haan, 1844) (Crustacea: Decapoda: Penaeidae) // *Marine and freshwater research*. 1997. V. 48. №. 5. P. 401–414.
- Roy L.A., Davis D.A., Saoud I.P. et al. Shrimp culture in inland low salinity waters // *Rev. Aquacult*. 2010. V. 2. P. 191–208.
- Rudnick D.A., Hieb K., Grimmer K.F., Resh V.H. Patterns and processes of biological invasion: the Chinese mitten crab in San Francisco Bay // *Basic and Applied Ecology*. 2003. V. 4. № 3. P. 249–262.
- Sallehuddin A.S., Kamarudin A.S., Ismail N. Review on the global distribution of wild population of Australian Redclaw Crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) // *Bioscience research*. 2021. V. 18. № 2. P. 194–207.
- Salman, S.D., Page, T.J., Naser, M.D., Yasser, A.G. The invasion of *Macrobrachium nipponense* (De Haan, 1849) (Caridea: Palaemonidae) into the Southern Iraqi marshes // *Aquatic Invasions*. 2006. V. 1. № 3. P. 109–115.
- Santer, B.D., Bonfils, C.J.W., Fu Q. et al. Celebrating the anniversary of three key events in climate change science. *Nature Climate Change*,

2019. 9(3). . P. 180–182. doi:10.1038/s41558-019-0424-x.
- Saoud I.P., Davis D.A., Rouse D.B. Suitability studies of inland well waters for *Litopenaeus vannamei* culture // Aquaculture. 2003. V. 217. P. 373–383.
- Sekiguchi H., Booth J.D., Webber W.R. Early Life Histories of Slipper Lobsters. In book: The Biology and Fisheries of the Slipper Lobster. 2007. P. 69–90.
- Shelley C., Lovatelli A. Mud crab aquaculture: a practical manual // FAO Fisheries and aquaculture technical paper. 2011. № 567. 78 p.
- Souty-Grosset C., Anastácio P.M., Aquiloni L. et al. The red swamp crayfish *Procambarus clarkii* in Europe: impacts on aquatic ecosystems and human well-being. Limnologica. 2016. V. 58. P. 78–93.
- Souty-Grosset C., Holdich D.M., Noel P.Y. et al. Atlas of Crayfish in Europe. Museum national d`Histoire naturelle. Paris. Patrimoines naturels. 2006. V. 64. 187 p.
- Spanier E., Lavalli K.L. Chapter 14 Scyllarides Species. In book: Lobsters: biology, management, aquaculture and fisheries (ed. Phillips B.F.), Blackwell Publishing Ltd. 2006. P. 462–496.
- Sui L., Wille M., Cheng Y. et al. Larviculture techniques of Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* // Aquaculture. 2011. V. 315. P. 16–19.
- Türkmen G. Larval Development of the Grooved Shrimp (*Penaeus kerathurus* Forskal, 1775) Under Laboratory Conditions // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2003. V. 3. P. 97–103.
- Vance D.J., Rothlisberg P.C. The biology and ecology of the banana prawns // Advances in Marine Biology. 2020. V. 86. № 1. P. 1–139.
- Waiho K., Ling Y., Ikhwanuddin M. et al. Current advances in the black tiger shrimp *Penaeus monodon* culture: A review // Reviews in Aquaculture. 2025. V. 17. № 10.1111/rag.12958.
- Wang W.N., Wang A.L., Bao L. et al. Changes of protein-bound and free amino acids in the muscle of the freshwater prawn *Macrobrachium nipponense* in different salinities // Aquaculture. 2004. V. 233. № 1–4. P. 561–571.
- Wyban J. Selective breeding of *Penaeus vannamei*: Impact on world aquaculture and lessons for future. In: Jithendran K.P.; Saraswathy R.; Balasubramanian C.P. et al. (eds.), BRAQCON: World Brackishwater Aquaculture Conference. Journal of Coastal Research, 2019. V. 86. P. 1–5.
- Xiao Y., Greenwood J.G. The biology of *Acetes* (Crustacea; Sergestidae) // Oceanogr. Mar. Biol. 1993. V. 31. P. 256–444.
- Xu C. Li E., Liu Y. et al. Effect of dietary lipid level on growth, lipid metabolism and health status of the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* at two salinities // Aquac. Nutr. 2018. V. 24. P. 204–214.
- Xu H., Dou J., Wu Q. et al. Photoperiod affects the survival rate but not the development of larval swimming crab *Portunus trituberculatus* // Aquaculture International. 2022. V. 30. P. 1769–1778.
- Yakovenko V., Shadrin N., Anufriieva E. The prawn *Palaemon adspersus* in the hypersaline Lake Moynaki (Crimea): Ecology, long-term changes, and prospects for aquaculture // Water. 2022. V. 14. № 18. P. 2786.
- Young A.M., Elliott J.A. Life history and population dynamics of green crabs (*Carcinus maenas*) // Fishes. 2020. V. 5. № 1, 4.
- Yu X., Hao X., Dang Z., Yang L. Industrial development report on integrated rice-fish farming in China (2023) // China Fish. News. 2023. V. 3. P. 1–12.

REVIEWS

**ANALYSIS OF DECAPODA AQUACULTURE  
DEVELOPMENT TRENDS IN THE WORLD**

© 2025 y. R.R. Borisov, L.V. Vorob'eva, N.V. Kryakhova

*State Scientific Center of the Russian Federation «VNIRO»,  
Russia, Moscow, 105187*

In recent years, the number of decapod crustacean species used in aquaculture has continued to increase, and production volumes are growing rapidly, reaching 12,75 million tonnes in 2022. The seven most popular species (*Penaeus vannamei*, *Procambarus clarkii*, *Eriocheir sinensis*, *Penaeus monodon*, *Macrobrachium rosenbergii*, *Macrobrachium nipponense*, *Scylla paramamosain*) together account for 95% of the world's total aquaculture production. The specific biology and life cycles of decapod crustacean species determine the possibility of using intensive and extensive farming biotechnologies. At present, thermophilic species have an advantage, for which it is possible to use intensive biotechnologies or a combination of intensive and extensive biotechnologies. The need to use various resources for aquaculture has led to the presence among the most popular species both those for which intensive farming biotechnologies are mainly used, and those for which extensive approaches are used. The possibility of using marine and saltwater reservoirs is an important resource for modern decapod aquaculture. At the same time, freshwater reservoirs and low mineralization reservoirs are widely used, especially in the final stages of cultivation. The most promising species for decapod aquaculture in Russia are those with the highest production rates, which are the most widely used in global aquaculture. At the same time, due to the peculiarities of Russia's geography and climate, the ability to use a combination of intensive (the use of ultrasound in the early stages of the life cycle) and extensive (the use of ponds for growing to marketable size) approaches to their cultivation is the most imperative condition. In addition, indigenous species of significant commercial importance are an important resource for Russian aquaculture.

*Keywords:* aquaculture, decapod crustaceans, production dynamics, shrimps, freshwater crayfish, crabs, invasive species.