

БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ВЕТЕРИНАРНЫЕ АСПЕКТЫ СОВРЕМЕННОГО АГРАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

УДК 574.5

М.Л. Калайда, М.Ф. Хамитова, С.Д. Борисова, Ф.А. Исмагилов

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ РАКООБРАЗНЫХ В АКВАБИОТЕХНОЛОГИЯХ НА ВОДАХ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ

Аннотация. Рассмотрены особенности выращивания речных раков в водах объектов энергетики. Приведены данные по состоянию популяции речных раков на территории Средней Волги до ее зарегулирования и после образования водохранилищ. Выделены три этапа в состоянии развития аквабиотехнологий в раководстве Среднего Поволжья. Первый этап – до зарегулирования р. Волга. Второй этап – пастбищная аквакультура в водохранилищах с работами по направленному улучшению водных экосистем. Показано, что размерно-весовые и эколого-биологические характеристики длиннопалых раков до зарегулирования реки и после образования Куйбышевского водохранилища близки. На современном этапе в Куйбышевском и Нижнекамском водохранилищах имеются узкопалые (*Pontastacus leptodactylus* Esch.) и широкопалые раки (*Astacus Astacus* L.).

В уловах присутствуют раки трех возрастов: двухгодовики – около 100 мм, трехгодовики – около 150 мм, четырехгодовики – около 170 мм длиной. Уравнение зависимости массы тела от зоологической длины речных узкопалых раков в Куйбышевском водохранилище: $y=0,6734x+81,316$, где x – длина, мм; y – масса, г.

Третий этап выделен в связи с расширением биотехнологий выращивания теплолюбивых раков в установках с замкнутым циклом водоснабжения. Выращивание красноклешневого рака *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868) на теплых водах объектов энергетики может стать важным элементом аквакультуры по производству элитной деликатесной продукции. Уравнение зависимости массы тела от зоологической длины красноклешневых раков в установке с замкнутым водоснабжением: $y=1,1105x+57,324$, где x – длина, мм; y – масса, г.

Развитие аквабиотехнологий позволяет использовать природные популяции раков для задач создания раководческих хозяйств и пастбищной аквакультуры на базе водохранилищ, а использование теплых вод – круглогодично выращивать новые объекты индустриального раководства. При этом не нарушаются природные экосистемы, а скорость прироста товарной продукции в контролируемых условиях производства позволяет только увеличить объемы аквакультурной продукции и снизить пресс вылова раков из природных экосистем.

Ключевые слова: аквакультура, речные раки, красноклешневые раки, Куйбышевское водохранилище, теплые воды, эколого-биологические характеристики, аквабиотехнологии.

SOME FEATURES OF CRAWLER CULTIVATION IN AQUABIOTECHNOLOGIES IN THE WATER OF POWER ENGINEERING FACILITIES

Abstract. The features of growing crayfish in the waters of energy facilities are considered. The data on the state of the crayfish population on the territory of the Middle Volga before its regulation and after the formation of reservoirs are presented. Three stages in the state of development of aquabiotechnology in the crustacean culture of the Middle Volga region have been identified. The first stage is before the regulation of the river. Volga. The second stage is pasture aquaculture in reservoirs with work on the targeted improvement of aquatic ecosystems. It is shown that the size-weight and ecological-biological characteristics of long-toed crayfish before the regulation of the river and after the formation of the Kuibyshev reservoir are similar. At the present stage, in the Kuibyshev and Nizhnekamsk reservoirs there are narrow-clawed (*Pontastacus leptodactylus* Esch.) And wide-clawed crayfish (*Astacus Astacus* L.).

The catches contain crayfish of three ages: two-year-olds - about 100 mm, three-year-olds - about 150 mm, four-year-olds - about 170 mm long. The equation for the dependence of body weight on the zoological length of narrow-clawed crayfish in the Kuibyshev reservoir: $y=0.6734x+81.316$.

The third stage is highlighted in connection with the expansion of biotechnologies for growing thermophilic crayfish in installations with a closed water supply cycle. The cultivation of the red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868) on the warm waters of energy facilities can become an important element of aquaculture for the production of elite gourmet products. The equation for the dependence of body weight on the zoological length of red claw crayfish in a plant with a closed water supply: $y=1.1105x+57.324$.

The development of aquatic technologies makes it possible to use natural crayfish populations for the tasks of creating crustacean farms and pasture aquaculture on the basis of reservoir waters, and the use of warm waters allows to grow new industrial crustaceans all year round. At the same time, natural ecosystems are not disturbed, and the rate of growth of marketable products under controlled production conditions only makes it possible to increase the volume of aquaculture products and reduce the pressure of catching crayfish from natural ecosystems.

Keywords: aquaculture, crayfish, red claw crayfish, Kuibyshev reservoir, warm waters, ecological and biological characteristics, aquabiotechnology.

Введение. Исторически технологическое и экономическое развитие региона Средней Волги тесно связано с развитием энергетики. Прошло 100 лет со дня принятия плана ГОЭЛРО, когда было принято решение о развитии промышленного потенциала страны за счет развития электрификации. Это событие изменило в последующем весь облик реки Волга и отразилось не только на комплексе физико-химических характеристик водного бассейна, но и на облике биоты.

Гидроэнергетическое значение Волжско-Камского каскада значимо в масштабах всей страны – это более 20% электроэнергии, производимой на ГЭС в России. В 1931 году Всесоюзному научно-исследовательскому институту энергетики и электрификации было поручено разработать рабочую гипотезу комплексной схемы использования Волги в энергетических и транспортных целях. Эта схема была рассмотрена на ноябрьской сессии Академии наук СССР в 1933 году, посвященной проблеме «Большой Волги» [1]. Проблема трактовалась как ирригационная, транспортная и энергетическая. Сразу возник целый ряд вопросов по изменению экосистемы главной водной артерии центра России.

В последующий период проблема «Большой Волги» была решена путем создания каскада водохранилищ [2].

Последовательное изменение водных экосистем в результате гидростроительства и увеличения антропогенной нагрузки, совершенствование экологической политики привели к развитию аквакультуры как новому этапу взаимодействия водных экосистем и человека.

Сегодня уже можно проследить значимые с экологических позиций изменения и наметить задачи по сохранению качества вод и водных биоресурсов [3, 4, 5]. Роль аквакультуры в решении задач по сохранению качества вод и водных биоресурсов на современном этапе тесно смыкается с управленческими задачами организационных социальных структур. Для успешной реализации намеченных действий с экологическими последствиями требуется применение принципов системного подхода к управлению водными биологическими ресурсами [6].

Своеобразными индикаторными организмами в водных экосистемах являются ракообразные, среди которых сохранились эволюционно древнейшие формы, такие как жаброногие рачки, среди которых есть важные для аквакультуры кормовые ракообразные – артемия (*Artemia Leach*, 1819).

Цель нашего исследования – показать разнообразие возможностей раководства в условиях современного Среднего Поволжья.

Материал и методика исследования. В ходе работы был проведен анализ результатов собственных исследований и литературных данных по экологии и биологии ценных в промышленном отношении раков, статистических сведений по выловам ракообразных. При анализе популяционной структуры и биологических характеристик раков использовались традиционные методы. Проанализированы и обобщены материалы по речным ракам Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ, рек Кама, Иж, Белая, Прость, отобраным весной и осенью 2017 и 2018 гг. В анализе использованы длиннопалые и красноклешневые раки, содержащиеся в установке с замкнутым циклом водообеспечения кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» ФГБОУ ВО КГЭУ с 2017 г.

Результаты исследования и их обсуждение. В развитии раководства на территории Среднего Поволжья можно выделить несколько этапов.

Первый этап – это период до реализации плана ГОЭЛРО. Для решения экологических задач в 30-х годах прошлого столетия проводятся работы по изучению пойменных волжских озер как будущих источников заселения водохранилища, проводится серия научных исследований компонент экосистем пойменных водоемов, ряд экспериментальных работ по определению реальной рыбопродуктивности [7]. Опыт, поставленный в 1935 г. на пойменном озере Долгом, стал классическим [8].

В этот же период проводятся и исследования речных раков в регионе Среднего Поволжья [9], включая исследования на озере Долгом. Проведенные исследования выявили, что

встречались узкопалый и широкопалый раки, причем в 30-е годы XX столетия в основном отмечался только узкопалый речной рак. Соотношение в уловах самок к самцам составляло 30 : 70% в летних уловах и осенью – 44 : 56%.

Отмечалось [9], что в начале жизни самки и самцы раков растут с одинаковой скоростью, а затем при половом созревании скорость роста самок снижается. Годовики раков имели длину примерно 4 см, двухгодовики самки и самцы – в среднем 10,5 см, трехгодовики самцы – 14,5 см, а самки – 13,5 см. Четырехлетние особи встречались размером около 17,5 см, и все были самцами. Темп роста раков в пойменных озерах реки Волга был выше, чем в малых реках (рис. 1).

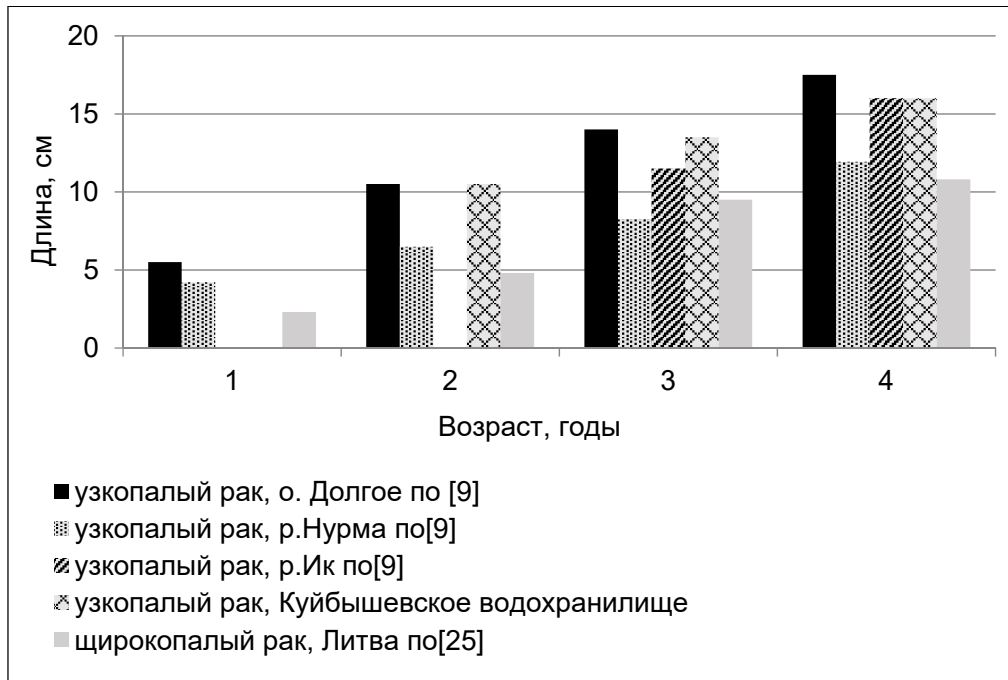


Рис. 1 – Темп роста узкопалых раков в водоемах Республики Татарстан в 30-е годы XX столетия по [9] и в Куйбышевском водохранилище

Зависимость массы длиннопалого речного рака от длины в условиях р. Волга из сетных уловов в 30-х годах XX столетия представлена на рис. 2 по [9].

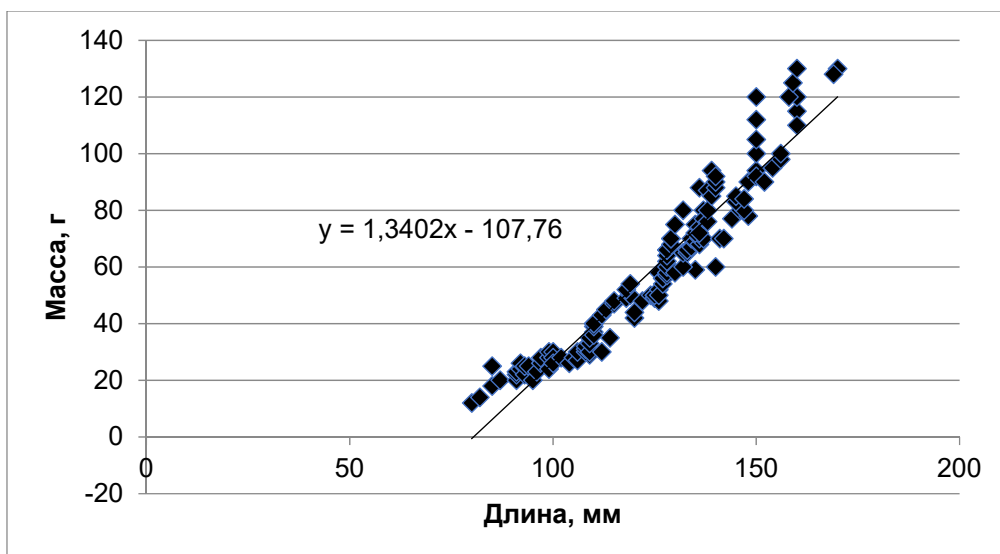


Рис. 2 – Зависимость массы тела от длины речных узкопалых раков до зарегулирования реки Волга из сетных уловов, где x – длина, мм; y – масса, г.

Уравнение зависимости массы тела от длины речных узкопалых раков в р. Волга до ее зарегулирования: $y=1,3402x-107,76$, где x – длина, мм; y – масса, г.

Половая зрелость у самок раков наступала на третьем году жизни и связана со скоростью роста. В результате проведенных рыбохозяйственных исследований гидробионтов до зарегулирования р. Волга были предложены промысловая длина длиннопалых раков, при добыче в малых реках не менее 8,0-8,5 см, для продуктивных озер – более 10,5-12,5 см [9]. Раки старше четырех лет в малых реках и пойменных озерах не встречались.

Отмечалась высокая степень зараженности раков трематодами [10]. Раки крупнее 4,3 см были заражены в 82,4% случаев. Количество паразитов варьировало в разных особях от 4 экземпляров до нескольких сотен на одну особь. Местами локализации двуусток являлись: половые железы, мускулы брюшка, жаберные крышки, полость головогруды, мышцы и боковые стенки, печень, стенки кишечника, половые протоки, сердце [10, 11]. С наличием паразитических двуусток *Astacotrema tuberculatum* (*A. cirrigerum*) и *Distomum isostomum* связывалась рачья чума. Считалось, что раки являются вторыми промежуточными хозяевами для рода *Astacotrema*.

В литературе отмечалось, что примерно каждые 8 лет происходит цикл, когда популяции речных раков достигают своего максимума, а затем их численность снижается до минимума. Это создает определенные трудности при использовании речных раков для добычи. Способы определения запасов раков, возрастной, половой структуры популяций значительно отличаются от определения рыбных запасов как техникой, так и сроками их определения [12]. Добыча длиннопалых раков, согласно историческим справкам, осуществляется в основном в нижней части волжского бассейна и в Каспийском море с 80-х гг. XIX в [13]. В 1910-1974 гг. промысел раков на восточном побережье Каспийского моря обусловил годовые уловы в среднем около 50 т, колеблясь от 0,96 (1998 г.) до 119 т (1962 г.) [13, 14].

Таким образом, промысловый лов пресноводных раков в этот период основывался на длиннопалых речных раках, широкопалые раки практически отсутствовали.

В этот период закладываются основы акклиматизации гидробионтов, когда в 1940-1941 годах В.И. Жадиным [15] в связи с волжским гидростроительством была высказана мысль о ненасыщенности фауны создаваемых водохранилищ и возможности ее обогащения путем акклиматизации беспозвоночных из других водоемов. Ф.Д. Мордухай-Болтовской (1947) подчеркнул, что обитающая в Азово-Черноморском бассейне каспийская фауна в целом может рассматриваться как богатый фонд для акклиматизации гидробионтов во многих внутренних водоемах. Для вселения в водохранилища были использованы 52 вида беспозвоночных. В зоогеографическом отношении подавляющее большинство вселяемых беспозвоночных (более 70%) относятся к автохтонной фауне каспийского типа [16].

В регионе Среднего Поволжья наиболее представленной группой речных пресноводных раков являются узкопалые раки. Отмечается, что в каждом регионе у них сформировались специфические биологические особенности, которые позволяют выделить подвиды, морфы или расы [18]. Представляет интерес и процесс расселения узкопалых раков [18, 19, 20]: они расселялись из Понто-Каспийского бассейна зоологическими волнами, оттесняя широкопалых раков на север и северо-запад.

Проводились работы и по акклиматизации раков: из американских речных раков вселялись полосатый рак *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) и сигнальный рак *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852). Полосатый рак был вселен в водоемы Европы в конце XIX столетия. Он стал доминирующим видом в XX столетии в озерах и реках Германии. Распространился во Франции, Калининградской области, Литве [17]. Полосатый рак *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) из водоемов Польши и Беларуси проник в водоемы Литвы [23]. В местах распространения полосатый рак не охраняется, его лов разрешен в течение всего года из-за его относительно низкой товарной ценности: выход мяса составляет около 13% [17, 24]. Его быстрый рост, высокая плодовитость, способность хорошо выживать в условиях высоких концентраций органических веществ и относительно низкого содержания кислорода приводят к его доминированию и вытеснению аборигенных видов.

Второй этап развития аквабиотехнологий в области раководства может быть выделен после организации каскада волжских водохранилищ и формирования гидробиоценозов.

Характерными направлениями исследований в этот период стали работы по выявлению факторов динамики численности раков для разработки мероприятий по увеличению их запасов и сохранения популяции [17, 20].

Первые работы по формированию ихтиоценоза Куйбышевского водохранилища были связаны с созданием условий для воспроизводства рыб путем ограничения их вылова. Вселение гидробионтов в Куйбышевское водохранилище было начато в 1957 году (Лукин, Иоффе, Егерев, 1968) и продолжалось до 1968 года [21]. На следующем этапе проводились выпуски молоди сазана, а затем и растительоядных рыб. При планировании уловов рыбы в Куйбышевском водохранилище основное внимание уделялось лещу, сазану, судаку, щуке и осетровым [1]. В период организации Куйбышевского водохранилища в Республике Татарстан раки как существенные объекты пастбищной аквакультуры не рассматривались.

Создание водохранилищ и ограничение вылова на первых этапах их существования способствовали увеличению запасов речных раков, в первую очередь, длиннопалых.

К концу XX столетия запасы речных раков и общие допустимые уловы по [22] в волжских водохранилищах представлены на рис. 3.

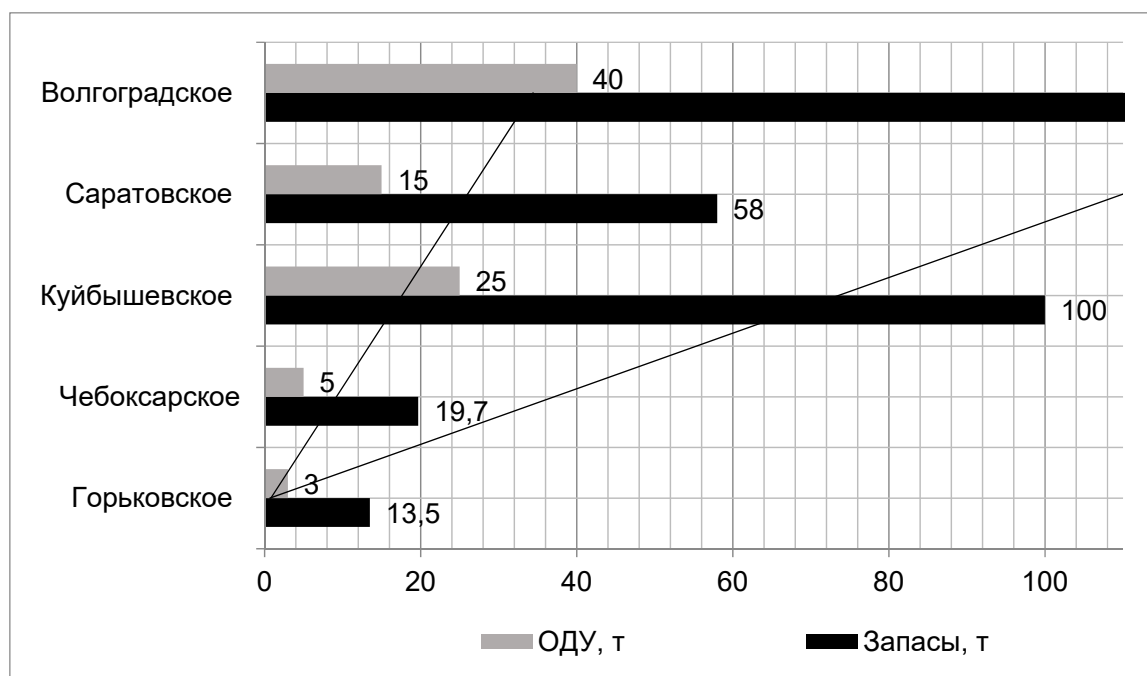


Рис. 3 – Запасы и общие допустимые уловы (ОДУ) речных раков в водохранилищах реки Волга по [22]

В 1980 гг. экспорт речных раков из России практически прекратился, и в начале первого десятилетия XXI в. (2003 г.) запасы раков и их общий допустимый вылов (ОДУ) оценивали: по Нижневолжскому району – в 217 т, ОДУ – в 52,2 т; по Доно-Кубанскому региону – в 140 т, ОДУ – 23-24 т [20].

Можно отметить, что в Куйбышевском водохранилище не проводились работы по оценке запасов речных раков, не организовывался промысловый вылов, как и не проводились работы по интродукции американских видов раков. К 1990-м годам сформировалось представление об инвазионных – чужеродных видах, и американские сигнальный и полосатый раки были включены в списки опасных инвазионных животных, и их распространение в водоемах ряда стран, например, Литвы было запрещено. В связи с этим с конца XX столетия их интродукция не осуществляется, приняты меры к ограничению их распространения [25]. Аналогична ситуация и в России: интродукция сигнального рака не рекомендуется с 1990 г. [17].

Исследования речных раков Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ и рек Кама, Иж, Белая, Прость, проведенные нами в 2017 и 2018 годах, выявили ряд современных эколого-биологических характеристик речных раков [26, 27] в водоемах Среднего Поволжья.

Исследования показали, что в Среднем Поволжье представлены оба вида речных раков: широкопалый, или благородный, рак (*Astacus astacus* L.) и узкопалые раки (*Pontastacus leptodactylus* Esch.) (рис.4), причем встречались и раки голубой окраски.

В зоне Куйбышевского водохранилища соотношение узкопалых к широкопалым ракам составляло на отдельных участках (у г. Болгары) 1 : 0, в районе ГПКЗ «Спасский» – 3 : 2, а в зоне Нижнекамского водохранилища – 1 : 1. При этом самки узкопалых раков составили 27,8%, а самки широкопалых раков – 20% от общей численности раков этого вида. Раки встречались в уловах на разных глубинах: с начала февраля – от 2 до 3 м, в конце февраля не ловились ни на каких глубинах, в марте ловились на глубинах более 3 м, с середины марта еще глубже – до 6 м.

В Волжско-Камском плесе в уловах в феврале ловились особи с максимальной массой раков 60 г при максимальной зоологической длине тела от рострума до конца абдомена около 130 мм. В марте на этих же участках встречались особи до 100 г при длине тела – 170 мм.



Рис. 4 – Речные раки из уловов р. Волга, р. Кама и р. Белая в 2017 г.

Анализ размерно-весовых характеристик раков из сетных уловов и раколовки показал, что более крупные размерные характеристики у длиннопалых раков из уловов раколовками. Размерно-весовая характеристика самок и самцов узкопалых раков из уловов раколовками в Волжско-Камском плесе представлена на рис. 5.

Основная масса раков представлена самцами с размерными характеристиками около 150 мм длины и массой около 100 г. Самцы имеют большую массу по сравнению с самками – за счет массы клешней.

Исследование размерно-возрастной структуры речных раков показало, что в уловах присутствуют раки трех возрастов: двухгодовики имели длину около 100 мм, трехгодовики составляли основу вылавливаемых особей и имели длину около 150 мм, единичные особи самцов-четырёхгодовиков – около 170 мм, при этом их масса превышала 160 г.

Половая зрелость у самок длиннопалых раков р. Волга до ее зарегулирования наступала на третьем году жизни при зоологической длине от 12 до 13,5 см [9]. При организации промысла предлагалось использовать промысловую длину для раков из малых рек не менее 8,0-8,5 см, для продуктивных озер – более 10,5-12,5 см. Раки старше четырех лет не встречались [9].

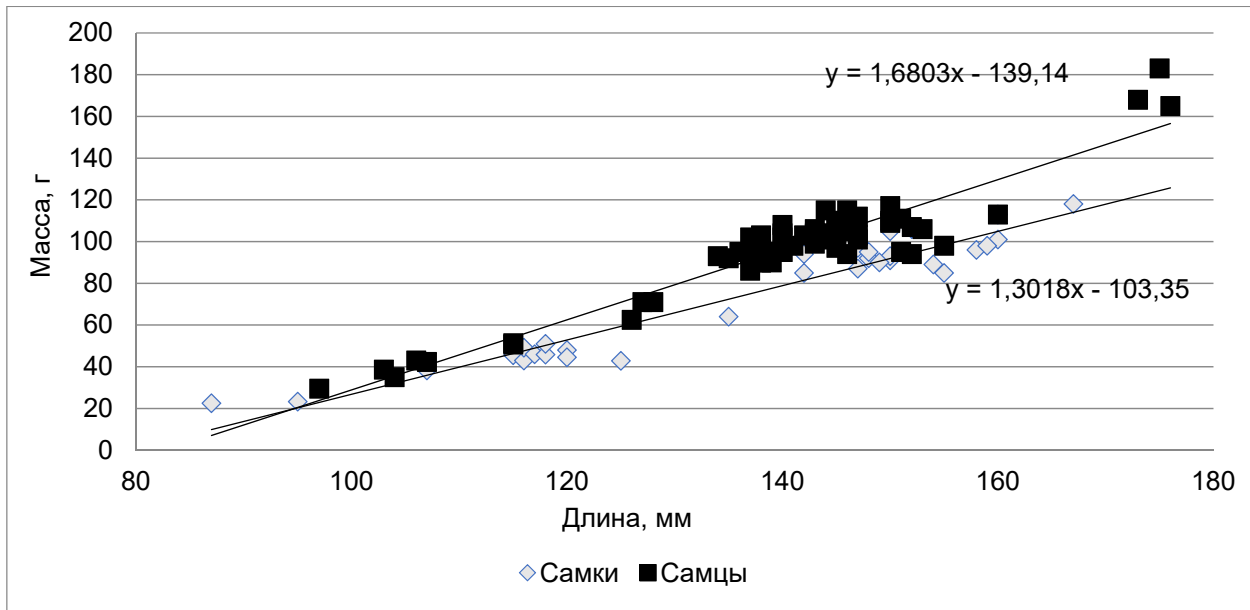


Рис. 5 – Сравнение массы тела и длины у самок и самцов длиннопалых раков в Волжско-Камском плесе Куйбышевского водохранилища, где x – длина, мм; y – масса, г.

В наших материалах самки с икрой встречались с 10 по 20 мая как в сетных уловах, так и в раколовках. Самки с икрой имели зоологическую длину от 12 до 15,5 см.

Анализ накопления массы раками в зависимости от зоологической и промысловой длины представлен на рис.6. При минимальном промысловом размере добываемых раков 10 см, в соответствии с правилами рыболовства для Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна, все раки имеют массу более 40 г. Раки высокого товарного качества – более 100 г – имели промысловую длину 130 мм при зоологической длине 145 мм.

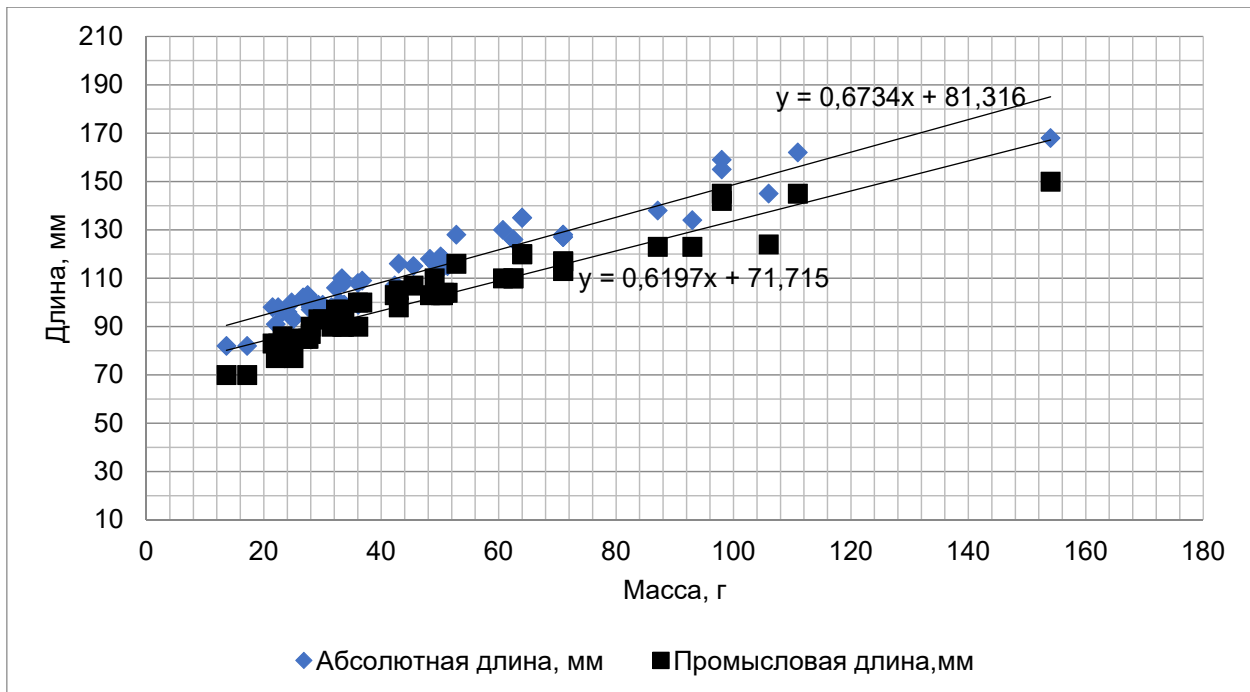


Рис. 6 – Зависимость массы тела от абсолютной и промысловой длины у длиннопалых раков в Волжско-Камском плесе Куйбышевского водохранилища, где x – длина, мм; y – масса, г.

Анализ размерно-возрастной структуры выявил, что в уловах присутствуют раки трех возрастов: двухгодовики имели длину около 100 мм, трехгодовики составляли основу вылавливаемых особей и имели длину около 150 мм, единичные особи самцов длиной около 170 мм имели возраст четырехгодовиков, при этом их масса превышала 160 г. Сравнивая размерно-

возрастные характеристики узкопалых раков из Волжско-Камского плеса Куйбышевского водохранилища с аналогичными характеристиками до зарегулирования р. Волга – с узкопалыми раками из пойменного волжского озера Долгое, можно отметить сходные характеристики (рис. 1.). При этом узкопалые раки в условиях Среднего Поволжья существенно опережают широкопалых раков из более северных территорий по скорости роста (рис. 1).

Третий этап развития аквабиотехнологий в области раководства может быть выделен в связи с расширением биотехнологий выращивания теплолюбивых раков на базе установок с замкнутым циклом водоснабжения.

Этот этап закономерно развивает на территории Среднего Поволжья общемировые тенденции увеличения производства ракообразных в аквакультуре [28]. Если ведущую роль в структуре мировой торговли играет мороженая рыба [29], как наиболее удобный в хранении и транспортировке продукт, то на втором месте по объемам продаж находятся ракообразные: в уловах доминировали омары, гастроподы, крабы и креветки [29, 30] (рис.7).

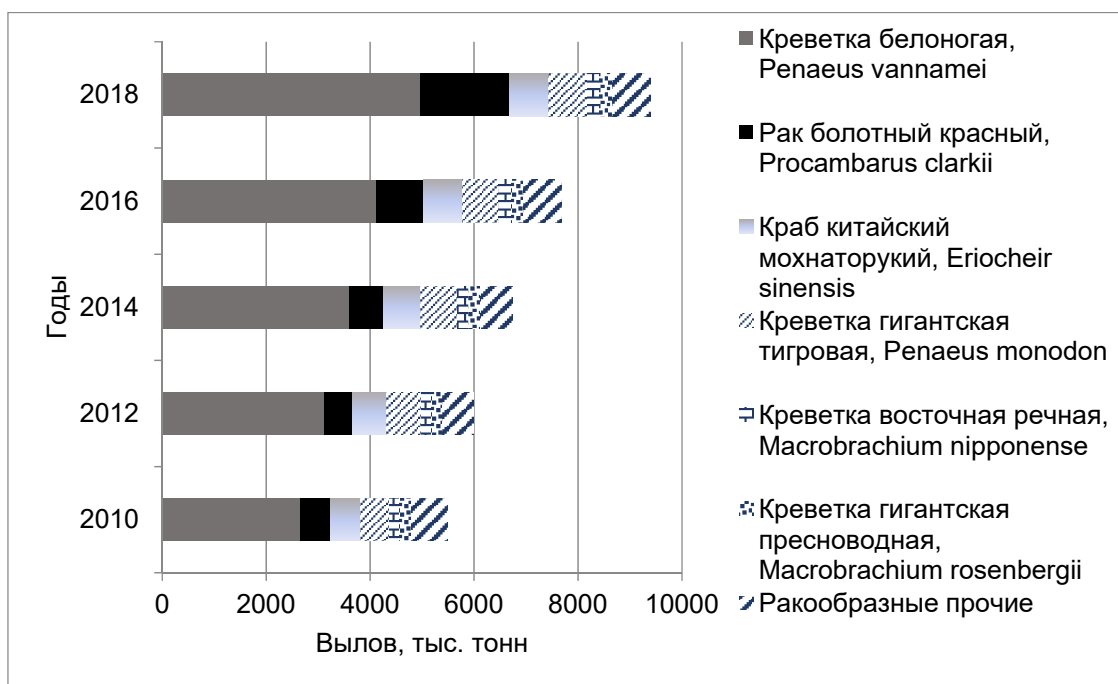


Рис. 7 – Виды ракообразных, производимые в мировой аквакультуре в самых больших объемах по [29]

Выращивание австралийского красноклешневого или краснопалого рака *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868) как экологически чистой продукции на теплых водах может стать важным элементом аквакультуры по производству элитной деликатесной продукции. Австралийский красноклешневый рак, по сравнению с речными раками Средней Волги (узкопалый рак, широкопалый рак), характеризуется высокой скоростью роста, способностью расти в условиях высоких температур при относительно невысоких значениях содержания кислорода в воде [31]. Проведенные экспериментальные исследования по выращиванию и воспроизводству красноклешневых раков в установке с замкнутым водооборотом на кафедре Водные биоресурсы и аквакультура ФГБОУ ВО «КГЭУ» позволили определить биотехнологические задачи для увеличения продуктивности системы. Исследование морфометрических и ростовых характеристик красноклешневых раков выявило значительно более высокие скорости роста у красноклешневых раков по сравнению с узкопалыми (рис. 8). Если промысловых размеров узкопалые раки достигают к трем годам, то красноклешневые опережают их к возрасту 1+.

Уравнение зависимости массы тела от зоологической длины речных узкопалых раков в Куйбышевском водохранилище: $y=0,6734x+81,316$, где y – длина, мм; x – масса, г.

Уравнение зависимости массы тела от зоологической длины красноклешневых раков в установке с замкнутым водоснабжением: $y=1,1105x+57,324$, где y – длина, мм; x – масса, г.

Впервые созревающие самки красноклешневых раков имели зоологическую длину от 9 до 11 см при промысловой длине от 8,2 до 13 см. Их масса варьировала от 15 до 29 г. Повторно нерестившаяся самка с икрой на плеоподах имела длину 151 мм, массу 100 г, при этом ширина ее брюшка составила 40 мм. У остальных самок она варьировала от 22 до 25 мм.

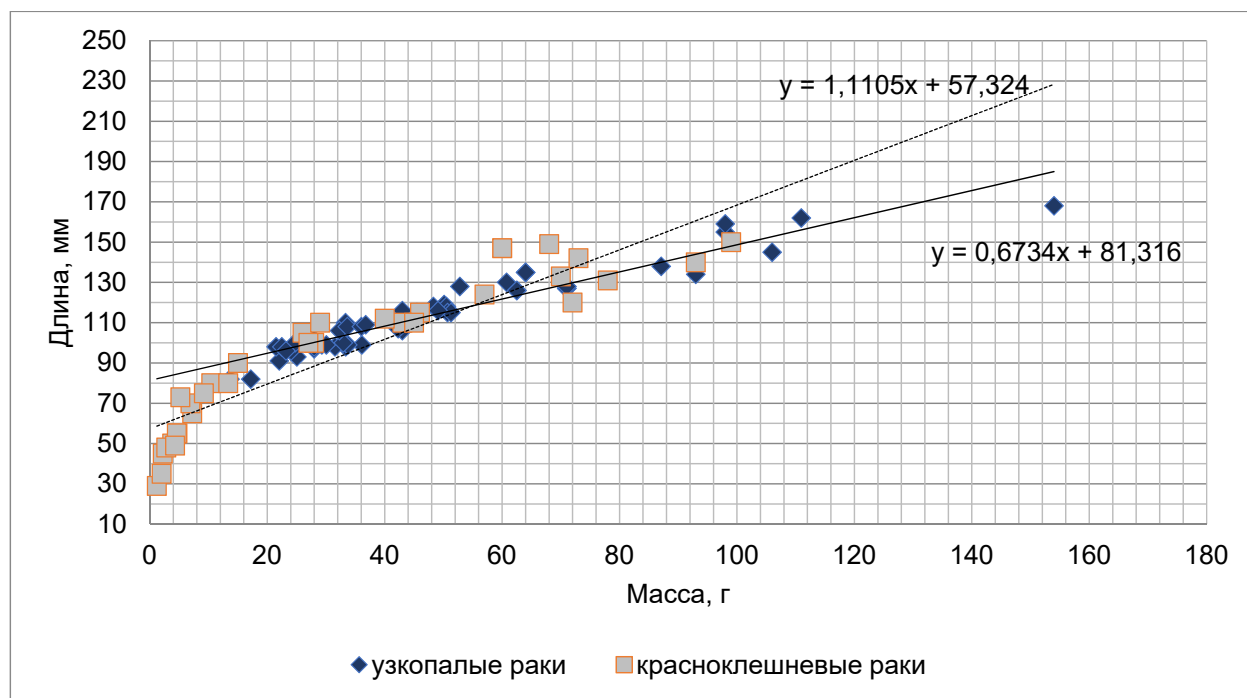


Рис. 8 – Зависимость массы тела от абсолютной длины у длиннопалых раков в Куйбышевском водохранилище и красноклешневых раков из установки с замкнутым водоснабжением, где y – длина, мм; x – масса, г

Самцы половозрелых красноклешневых раков имели зоологическую длину от 10,8 до 14 см при промысловой длине от 10 до 12 см; ширина брюшка варьировала от 18 до 27 мм. Масса самцов составила от 40 до 93 г.

Товарной массы 70 г достигали самцы красноклешневых раков при зоологической длине 12 см.

Учитывая, что для речных раков промысловых размеров в Куйбышевском водохранилище характерны массы более 60 г, можно отметить, что такой массы достигают красноклешневые раки при их зоологической длине 12,5 см. Особую значимость имеет и то, что включение новых перспективных объектов выращивания не влияет на состояние естественных экосистем.

Заключение. Выделены три этапа в состоянии развития аквабиотехнологий в раководстве Среднего Поволжья. Первый этап – до зарегулирования р. Волга и образования каскада водохранилищ. Для него характерно изучение морфо-биологических и экологических характеристик аборигенных речных раков. Второй этап – это использование водохранилищ под задачи пастбищной аквакультуры с работами по направленному улучшению водных экосистем. Для этого этапа характерно включение американских раков: сигнального рака (*Pacifastacus leniusculus* Dana, 1852) и полосатого рака (*Orconectes limosus* Rafinesque, 1817) в экосистемы отечественных водоемов. Показано изменение во времени в связи с накоплением информации по состоянию вселенцев и аборигенных видов, отношения к вселению чужеродных видов раков в экосистемы водохранилищ. В Куйбышевское и Нижнекамское водохранилища американские раки не вселялись.

Исследование речных раков в регионе Среднего Поволжья показало, что на современном этапе развития экосистемы Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ присутствуют узкопалые (*Pontastacus leptodactylus* Esch.) и широкопалые раки (*Astacus Astacus* L.). Основная масса раков в уловах представлена самцами с размерными характеристиками около

150 мм длины и массой около 100 г. Самцы имеют большую массу по сравнению с самками. Исследование размерно-возрастной структуры речных раков показало, что в уловах присутствуют раки трех возрастов: двухгодовики – около 100 мм, трехгодовики составляли основу вылавливаемых особей и имели длину около 150 мм, единичные особи самцов – около 170 мм имели возраст четырехгодовиков, при этом их масса превышала 160 г. Показано, что размерно-весовые и эколого-биологические характеристики длиннопалых раков, составляющих большинство в биоценозах, до зарегулирования и после образования водохранилища близки.

Третий современный этап может быть выделен в связи с расширением биотехнологий выращивания теплолюбивых раков на базе установок с замкнутым циклом водоснабжения. Для этого этапа характерно увеличение доли ракообразных в мировом производстве объектов аквакультуры на фоне существенного увеличения производства аквакультурных объектов.

Выращивание австралийского красноклешневого рака *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868) на теплых водах в установках с замкнутым циклом водообеспечения может стать важным элементом аквакультуры по производству элитной деликатесной продукции.

Раководство в структуре аквакультуры Среднего Поволжья может стать важной компонентой. Развитие аквабиотехнологий позволяет использовать природные популяции раков для задач создания раководческих хозяйств и пастбищной аквакультуры на базе водохранилищ как объектов энергетики. Использование теплых вод позволяет круглогодично выращивать новые объекты индустриального раководства – красноклешневого рака. При этом не нарушаются природные экосистемы, а скорость прироста товарной продукции в контролируемых условиях производства позволяет не только увеличить объемы аквакультурной продукции, но и снизить пресс вылова раков из природных экосистем.

Библиография

1. Калайда М.Л. История и перспективы развития рыбного хозяйства Татарстана. Казань: Изд-во «Матбугат йорты», 2001. 96 с.
2. Водоохранилища мира. М. : Наука, 1979. 287 с.
3. Калайда М.Л. Обеспечение качества вод в Республике Татарстан – глобальный гражданский долг каждого современного человека / Хартия земли – практический инструмент решения фундаментальных проблем устойчивого развития: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 15-летию реализации принципов Хартии Земли в Республике Татарстан. Казань : Татар. кн. изд-во, 2016. С. 148-152.
4. Хамитова М.Ф., Калайда М.Л. Исследование изменений гидробиологических характеристик в условиях локальных загрязнений в регионе Средней Волги. / LAP LAMBERT Academic Publishing (OmniScriptum GmbH & Co. KG), Saarbrücken, Germany / Германия. 2018, 310 с.
5. Калайда М.Л. Задачи развития аквакультуры в Республике Татарстан на современном этапе. // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2017. – № 8 (139). – 2017. – С.7-16.
6. Богерук А.К., Луканова И.А. Мировая аквакультура: опыт для России: науч. издание. М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 364 с. ISBN 978-5-7367-0775-1
7. Лукин А.В. Результаты использования поемных озер для нагула карпа в Татарстане. / Труды Общества естествоиспытателей при Казанском университете. – 1938. – Т. 55. – Вып. 3-4. – С. 55-68.
8. Мартышев Ф.Г. Прудовое рыбоводство. М. : Советская наука, 1955. – 145 с.
9. Стройкова М.С. Наблюдения над биологией раков в Татарстане. / Труды общества естествоиспытателей при Казанском университете. Казань: КГУ, 1937. – Т. LV, вып.1-2. – С. 171-180.
10. Соснина М.Ф. К биологии паразита длиннопалого рака *Astacotrema tuberculatum* Zaw. / Труды общества естествоиспытателей при Казанском университете. Казань : КГУ, 1947. – Т. LVII, вып.3-4. – С. 165-171.
11. Воронин В.Н. Изменение паразитофауны речных раков за длительный период наблюдений / Сборник научных трудов ГосНИОРХ, 1989. – Вып.300. – С. 149-152.
12. Федотов В.П. Разведение раков. С.-Пб. : Биосвязь, 1993. – 106 с.
13. Колмыков Е.В. Характеристика длиннопалых раков Нижней Волги // Междунар. регион. совещание астакологов (Астрахань, 2-6 авг. 1999 г.). Астрахань : КаспНИРХ, 2000. С. 89-91.
14. Мирзоян А.В., Ходоревская Р.П. Биоразнообразие объектов водных биологических ресурсов Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна. / Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство, 2017. № 4. – С.49-60. DOI: 10.24143/2073-5529-2017-4-49-60, ISSN 2073-5529.
15. Жадин В.И. Проблема реконструкции фауны Волги и Каспия в связи с волжским гидростроительством // Тр. ЗИН АН СССР, 1941. Т. 7. – Вып. 1, С. 28-36.
16. Иоффе Ц.И. Обоснование и результаты акклиматизации беспозвоночных в крупных водохранилищах Волги и Дона // Акклиматизация рыб и беспозвоночных в водоемах СССР. М. : Наука, 1968. – С.148-155.

17. Александров А.К. Состояние запасов, проблемы охраны и воспроизводства раков в водоемах России / Проблемы охраны, рационального использования и воспроизводства речных раков. / Александров А.К., Задоев И.Н., Строганова Н.З. – М. : Мединор, 1997. – С.6-14.
18. Мацкявичене Г., Мицкенене Л., Плюрайте В., Йонинене Б. Искусственное воспроизводство широкопалого рака *Astacus astacus* L. / Биотехника искусственного воспроизводства рыб, раков и сохранение запасов промысловых рыб. Вильнюс, 2008. – 178 с.
19. Бродский С.Я. *Astacidae* водоемов Килийской дельты Дуная и некоторые соображения о происхождении речных раков водоемов северо-западного Причерноморья / Лимнологические исследования Дуная. Киев : Наукова Думка, 1969. – С. 308-315.
20. Александрова, Е.Н. Основные положения стратегии воспроизводства ресурсов российских речных раков (*Astacinae Latreille*, 1802). / Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство, 2017. № 4. – С. 9-21. DOI: 10.24143/2073-5529-2017-4-9-21, ISSN 2073-5529.
21. Лукин А.В., Иоффе Ц.И., Егерова И.В. Современное состояние работ по акклиматизации рыб и кормовых животных в Куйбышевском водохранилище // Акклиматизация рыб и беспозвоночных в водоемах СССР. М. : Наука, 1968. – С.145-148.
22. Дёмин А.П. Водохозяйственный комплекс России: понятие, состояние, проблемы // Водные ресурсы, 2010. – № 37 (5). – С. 617-632.
23. Цукерзис Я.М. Межвидовая конкуренция у близкородственных видов речных раков (*Astacus astacus* L., *A. leptodactylus* Esch., *Pacifastacus leniusculus* Dana, *Decapoda*, *Crustacea*) // ДАН СССР, 1976. – Т. 229, № 1. – С. 250-252.
24. Roquerlo Charles. Un regain d'interet pour les ec renissen // Adour – Garonne, 1991. – № 51. – С. 13-17.
25. Souty-Grosset C., Holdich D.M., Noel P.Y., Reynolds J.D., Haffner P. (eds.). / Atlas of crayfish in Europe. Museum national d'Histoire naturelle. Paris (Patrimoines naturels, 64). 2006. 187 p.
26. Kalayda M.L., Bogatyrev I.A. Crayfish in the reservoirs of the Republic of Tatarstan. – International Scientific and Practical Conference: Water Power Energy Forum 2018 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 288 (2019) 012045, doi:10.1088/1755-1315/288/1/012045.
27. Калайда М.Л.; Хамитова М.Ф.; Богатырев И.А. Особенности химического состава речных раков // Бутлеровские сообщения, 2019. Т. 57. – № 1 – С.72-79.
28. Федеральное агентство по рыболовству. URL: <http://fish.gov.ru/otraslevaya-deyatelnost/akvakultura> (дата обращения: 26.10.2020).
29. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций. // Состояние мирового рыболовства и аквакультуры, 2018. URL: <http://aquacultura.org/upload/files/pdf/library/fao/Состояние202018.pdf> (дата обращения: 20.02.2020).
30. John A. Hargreaves. Biofloc Production Systems for Aquaculture. SRAC Publication. №. 4503 April 2013.
31. Калайда М.Л., Садыкова Л.Н. Перспективы выращивания австралийских красноклешневых раков *Cherax quadricarinatus* на теплых водах объектов энергетики // Международный водно-энергетический форум – 2018: сборник материалов докладов. Казань : Казан. гос.энерг. ун-т, 2018. Т. 1. – С. 97-101.

References

1. Kalajda M.L. Istorija i perspektivy razvitija rybnogo hozjajstva Tatarstana [History and prospects for the development of the fisheries of Tatarstan]. Kazan, Izd-vo «Matbugat jorty», 2001, PP. 96.
2. Vodohranilishha mira [Reservoirs of the world]. Moscow, Izd-vo Nauka, 1979, PP. 287.
3. Kalajda M.L. Obespechenie kachestva vod v Respublike Tatarstan – global'nyj grazhdanskij dolg kazhdogo sovremennogo cheloveka [Ensuring water quality in the Republic of Tatarstan is a global civic duty of every modern person], Hartija zemli – prakticheskij instrument reshenija fundamental'nyh problem ustojchivogo razvitija: sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvjashhennoj 15-letiju realizacii principov Hartii Zemli v Respublike Tatarstan [The Earth Charter is a practical tool for solving fundamental problems of sustainable development: a collection of materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 15th anniversary of the implementation of the Earth Charter principles in the Republic of Tatarstan]. Kazan, Tatar Publishing House, 2016, PP. 148-152.
4. Hamitova M.F., Kalajda M.L. Issledovanie izmenenij gidrobiologicheskikh harakteristik v uslovijah lokal'nyh zagtrjaznenij v regione Srednej Volgi. [Study of changes in hydrobiological characteristics under conditions of local pollution in the Middle Volga region]. Saarbrücken Germany, LAP LAMBERT Academic Publishing (OmniScriptum GmbH & Co. KG), 2018, PP. 310.
5. Kalajda M.L. Zadachi razvitija akvakul'tury v Respublike Tatarstan na sovremennom jetape [Tasks of the development of aquaculture in the Republic of Tatarstan at the present stage]. Rybovodstvo i rybnoe hozjajstvo [Fish farming and fish farming]. 2017, V. 8, PP. 7-16.
6. Bogeruk A.K., Lukanova Mirovaja akvakul'tura: opyt dlja Rossii: nauch. izdanie [World aquaculture: experience for Russia: scientific publication]. Moscow, FGUN «Rosinformagrotech», 2010, PP. 364. ISBN 978-5-7367-0775-1
7. Lukin A.V. Rezul'taty ispol'zovanija poemnyh ozer dlja nagula karpa v Tatarskij Respublike [Results of using floodplain lakes for feeding carp in Tatarstan]. Trudy Obshhestva estestvoispytatelej pri Kazanskom universitete [Proceedings of the Society of Naturalists at Kazan University]. 1938, V. 55, V. 3-4, PP. 55-68.
8. Martyshev F.G. Prudovoe rybovodstvo [Pond fish farming]. Moscow, Soviet science, 1955, PP. 145.

9. Strojko M.S. Nabljudenija nad biologiej rakov v Tatarskoy Respublike [Observations on the biology of crayfish in the Republic of Tatarstan]. Trudy obshchestva estestvoispytatelej pri Kazanskom universitete [Proceedings of the Society of Naturalists at Kazan University]. Kazan, KSU, 1937, V. 55, V. 1-2, PP. 171-180.
10. Sosnina M.F. K biologii parazita dlinnopalogo raka *Astacotrema tuberculatum* Zaw. [Biology of the parasite of long-toed crayfish *Astacotrema tuberculatum* Zaw.]. Trudy obshchestva estestvoispytatelej pri Kazanskom universitete [Proceedings of the Society of Naturalists at Kazan University]. Kazan, KSU, 1947, V. 57, V. 3-4, PP. 165-171.
11. Voronin V.N. Izmenenie parazitofauny rechnyh rakov za dlitel'nyj period nabljudenij [Changes in the parasite fauna of crayfish over a long observation period]. Sbornik nauchnyh trudov GosNIORH [Collection of scientific papers GosNIORKh]. 1939, V. 300, PP. 149-152.
12. Fedotov V.P. Razvedenie rakov [Breeding crayfish]. St. Petersburg, Biocommunication, 1993, PP. 106.
13. Kolmykov E.V. Harakteristika dlinnopalych rakov Nizhnej Volgi [Characteristics of long-toed crayfish of the Lower Volga]. Mezhdunar. region. soveshh. astakologov (Astrahan', 2-6 avgusta 1999 g.) [Int. region. meeting of astakologists (Astrakhan, August 2-6, 1999)]. Astrakhan, CaspNIRKH, 2000, PP. 89-91.
14. Mirzojan A.V., Hodorevskaja R.P. Bioraznoobrazie obektov vodnyh biologicheskikh resursov Volzhsko-Kaspijskogo rybohozjajstvennogo bassejna [Biodiversity of objects of aquatic biological resources of the Volga-Caspian fishery basin]. Vestnik AGTU. – Ser.: Rybnoe hozjajstvo [AGTU Bulletin. – Ser.: Fisheries]. 2017, V. 4, PP. 49-60. DOI: 10.24143/2073-5529-2017-4-49-60, ISSN 2073-5529.
15. Zhadin V.I. Problema rekonstrukcii fauny Volgi i Kaspija v svjazi s volzhskim gidrostroitel'stvom [The problem of reconstruction of the fauna of the Volga and the Caspian Sea in connection with the Volga hydro-construction]. Tr. ZIN AS USSR, 1941, V. 7, V. 1, PP. 28-36.
16. Ioffe C.I. Obosnovanie i rezul'taty akklimatizacii bespozvonochnyh v krupnyh vodohranilishhah Volgi i Dona [Justification and results of invertebrate acclimatization in large reservoirs of the Volga and Don]. Akklimatizacija ryb i bespozvonochnyh v vodoemah SSSR [Acclimatization of fish and invertebrates in water bodies of the USSR]. Moscow, Izd-vo Nauka, 1968, PP. 148-155.
17. Aleksandrov A.K., Zadoenko I.N., Stroganova N.Z. Sostojanie zapasov, problemy ohrany i vosproizvodstva rakov v vodoemah Rossii [State of stocks, problems of protection and reproduction of crayfish in water bodies of Russia]. Problemy ohrany, racional'nogo ispol'zovanija i vosproizvodstva rechnyh rakov [Problems of protection, rational use and reproduction of crayfish]. Moscow, Medinor, 1997, PP. 6-14.
18. Mackjavichene G., Mickenene L., Pljurajte V., Joninene B. Iskusstvennoe vosproizvodstvo shirokopalogo raka *Astacus astacus* L. [Artificial reproduction of wide-clawed crayfish *Astacus astacus* L.]. Biotekhnika iskusstvennogo vosproizvodstva ryb, rakov i sohranenie zapasov promyslovyh ryb [Biotechnology of artificial reproduction of fish, crayfish and preservation of stocks of commercial fish]. Vilnius, 2008, PP. 178.
19. Brodskij S.Ja. Astacidae vodoemov Kilijskoj del'ty Dunaja i nekotorye soobrazhenija o proishozhdenii rechnyh rakov vodoemov severo-zapadnogo Prichernomor'ja [Astacidae of reservoirs of the Kiliya Danube delta and some considerations on the origin of crayfish in reservoirs of the northwestern Black Sea region]. Limnologicheskie issledovanija Dunaja [Danube Limnological Research]. Kiev, Naukova Dumka, 1969, PP. 308-315.
20. Aleksandrova E.N. Osnovnye polozenija strategii vosproizvodstva resursov rossijskikh rechnyh rakov (Astacinae Latreille, 1802) [The main provisions of the strategy of reproduction of resources of Russian crayfish (Astacinae Latreille, 1802)]. Vestnik AGTU. – Ser.: Rybnoe hozjajstvo [AGTU Bulletin. - Ser.: Fisheries]. 2017, V. 4, PP. 9-21. DOI: 10.24143/2073-5529-2017-4-9-21, ISSN 2073-5529.
21. Lukin A.V., Ioffe C.I., Egereva I.V. Sovremennoe sostojanie rabot po akklimatizacii ryb i kormovyh zhivotnyh v Kujbyshevskom vodohranilishhe [The current state of work on the acclimatization of fish and forage animals in the Kuibyshev reservoir]. Akklimatizacija ryb i bespozvonochnyh v vodoemah SSSR [Acclimatization of fish and invertebrates in water bodies of the USSR]. Moscow, Izd-vo Nauka, 1968, PP. 145-148.
22. Djomin A.P. Vodohozjajstvennyj kompleks Rossii: ponjatje, sostojanie, problem [Water management complex of Russia: concept, state, problems]. Vodnye resursy [Water resources]. 2010, № 37 (5), PP. 617-632.
23. Cukerzjs Ja.M. Mezhhvidovaja konkurencija u blizkorodstvennyh vidov rechnyh rakov (*Astacus astacus* L., *A.leptodactylus* Esch., *Pacifastacus leniusculus* Dana, Decapoda, Crustacea) [Interspecies competition in closely related crayfish species (*Astacus astacus* L., *A.leptodactylus* Esch., *Pacifastacus leniusculus* Dana, Decapoda, Crustacea)]. DAN USSR, 1976, V. 229, V. 1, PP. 250-252.
24. Roquerlo Charles. Un regain d'interet pour les ec renissen // Adour – Garonne. – 1991. – № 51. – C.13-17.
25. Souty-Grosset C., Holdich D.M., Noel P.Y., Reynolds J.D., Haffner P. (eds.). 2006. Atlas of crayfish in Europe. Museum national d'Histoire naturelle. Paris (Patrimoines naturels, 64). 187 p.
26. Kalayda M.L., Bogatyrev I.A. Crayfish in the reservoirs of the Republic of Tatarstan. – International Scientific and Practical Conference: Water Power Energy Forum 2018 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 288 (2019) 012045, doi:10.1088/1755-1315/288/1/012045.
27. Kalajda M.L., Hamitova M.F.; Bogatyrev I.A. Osobennosti himicheskogo sostava rechnyh rakov [Features of the chemical composition of crayfish]. Butlerovskie soobshhenija [Butlerov messages]. 2019, V. 57, V. 1, PP. 72-79.
28. Federal'noe agentstvo po rybolovstvu [Federal Agency for Fisheries]. URL: <http://fish.gov.ru/otraslevaya-deyatelnost/akvakultura> (data obrashhenija: 26.10.2020). – Tekst : jelektronnyj.
29. Prodovol'stvennaja i sel'skohozjajstvennaja organizacija Ob#edinennyh Nacij. Sostojanie mirovogo rybolovstva i akvakul'tury, 2018 [Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of World Fisheries

and Aquaculture, 2018]. URL: <http://aquacultura.org/upload/files/pdf/library/fao/Состояние202018.pdf> (data obrashhenija: 20.02.2020). – Tekst : jelektronnyj.

30. John A. Hargreaves. Biofloc Production Systems for Aquaculture. SRAC Publication №. 4503. April 2013.

31. Kalajda M.L., Sadykova L.N Perspektivy vyrashhivaniya avstralijskih krasnokleshnevyyh rakov Cherax quadricarinatus na teplyh vodah obektov jenergetiki [Prospects for growing Australian red claw crayfish Cherax quadricarinatus on warm waters of energy facilities]. Mezhdunarodnyj vodno-jenergeticheskij forum – 2018: sbornik materialov dokladov [International Water and Energy Forum – 2018: collection of reports]. Kazan, KSPEU, 2018, V. 1, PP. 97-101.

Сведения об авторах

Калайда Марина Львовна, доктор биол. наук, профессор, заведующий кафедрой «Водные биоресурсы и аквакультура» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», Россия, 420066, РТ, г. Казань, ул. Красносельская, д.51, e-mail: kalayda4@mail.ru.

Борисова Светлана Дмитриевна, кандидат техн. наук, доцент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», Россия, 420066, РТ, г. Казань, ул. Красносельская, д.51, e-mail: Svetlana-zag@bk.ru.

Хамитова Мадина Фархадовна, кандидат биол. наук, доцент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», Россия, 420066, РТ, г. Казань, ул. Красносельская, д.51, e-mail: it-sk@bk.ru.

Исмагилов Фархад Азатович, магистрант по направлению «Водные биоресурсы и аквакультура» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», Россия, 420066, РТ, г. Казань, ул. Красносельская, д.51, e-mail: f903342251@yandex.ru.

Information about the authors

Kalaida Marina L., Dr. biol. sci., Professor, Head of the Department «Aquatic Bioresources and Aquaculture», Kazan State Power Engineering University, Russia, 420066, RT, Kazan, st. Krasnoselskaya, 51, e-mail: kalayda4@mail.ru.

Borisova Svetlana D., cand. of technical sciences, Associate Professor at the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture, Kazan State Power Engineering University, Russia, 420066, RT, Kazan, st. Krasnoselskaya, 51, e-mail: Svetlana-zag@bk.ru.

Khamitova Madina F., cand. of biological sciences, Associate Professor at the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture, Kazan State Power Engineering University, Russia, 420066, RT, Kazan, st. Krasnoselskaya, 51, e-mail: it-sk@bk.ru.

Ismagilov Farkhad A., master student in the direction Aquatic Bioresources and Aquaculture, Kazan State Power Engineering University, Russia, 420066, RT, Kazan, st. Krasnoselskaya, 51, e – mail: f903342251@yandex.ru.