

Основной титульный экран

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
ПРАВИТЕЛЬСТВО КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ
КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ

**Материалы X Международного Балтийского морского форума
26 сентября-1 октября 2022 года**

Том 3

X Национальная научная конференция

«Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов»

Электронное издание

**Калининград
Издательство БГАРФ
2022**

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ АВСТРАЛИЙСКОГО КРАСНОКЛЕШНЕВОГО РАКА (*CHERAX QADRICARINATUS*, VON MARTENS 1868) В АКВАПОННОЙ УСТАНОВКЕ

¹Юшко Любовь Владимировна, аспирант, специалист по УМР

²Шибает Сергей Вадимович, д-р биол. наук, профессор

^{1,2}ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: ¹lyubov.yushko@klgtu.ru; ²shibaev@klgtu.ru

*Рассматриваются результаты экспериментов по культивированию красноклешневого австралийского рака *Cherax quadricarinatus*, Von Martens, 1868 в аквапонной установке. В качестве растительного объекта в системе применялась микрозелень посевного гороха *Pisum sativum* L., 1753. Установлено что содержание раков в одной системе с растениями способствует увеличению выживаемости молоди в экспериментальных аквапонных установках (83,3–90 %) в сравнении с контрольной группой (60 %), выращиваемой без растений. Также было описано влияние гидропонного модуля на динамику некоторых органических веществ в воде.*

Введение

Аквапоника – направление ведения сельского хозяйства, основанное на совместном выращивании гидробионтов и растительных культур. Аквапонные системы характеризуются значительным экономическим потенциалом в связи с рядом преимуществ перед классическими рыбоводством и растениеводством, среди которых экономия ресурсов (водных и земельных), получения рыбной и растительной продукции в рамках одного предприятия, создание дополнительных рабочих мест, сокращение рисков, сопутствующих созданию предприятия – сроков окупаемости за счет получения и реализации дополнительной растительной продукции.

На данный момент аквапоника все еще находится в начале развития и не имеет разработанных методик применения технологии к различным формам аквакультуры, однако возрастающее количество новых публикаций ученых в России и за рубежом указывают на высокий интерес научного сообщества к данной теме.

Целью данной работы является проведение экспериментов по установлению возможности культивирования красноклешневого австралийского рака *Cherax quadricarinatus*, Von Martens, 1868 в аквапонной установке.

Материал и методика

Материалом для данной работы послужили данные о динамике гидрохимических показателей, росте раков и микрозелени, полученные в результате проведения экспериментальных исследований в лаборатории аквакультуры кафедры Водных биоресурсов и аквакультуры ФГБОУ ВО «КГТУ».

С целью постановки эксперимента была разработана аквапонная система с замкнутым циклом водоснабжения (рис. 1).

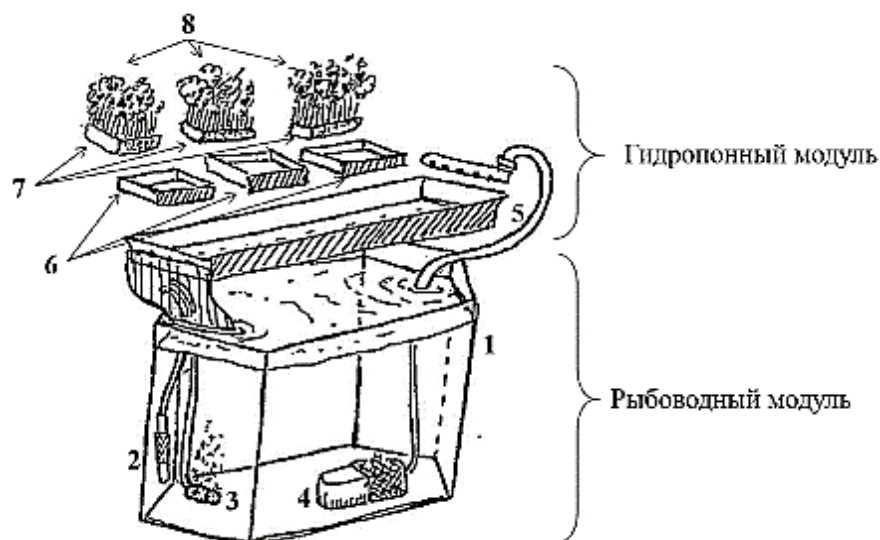


Рис.1. Схема аквапонных установок, разработанных в рамках проведенного исследования
[составлено автором]

1 – аквариум, 2 – терморегулятор, 3 – распылитель аэраатора, 4 – насос, 5 – гидропонный лоток, 6 – индивидуальные лотки микрозелени, 7 – субстрат, 8 – микрозелень посевного гороха

В качестве живых объектов аквапонной установки использовалась молодь красноклещевого австралийского рака в возрасте 4 месяца, средней массой 6,9 г, которая была получена от маточного стада, содержащегося в лаборатории аквакультуры. Австралийский красноклещевый рак *Cherax quadricarinatus*, Von Martens, 1868 (рис. 2.3) был выбран в качестве животного объекта в системе так как данный вид характеризуется высокой экономической эффективностью – оптимальным соотношением между количеством съедобной части (30% мяса в теле против 20% у других видов раков) и высокими темпами роста (могут достигать товарной массы в 50-100 г за полгода-год выращивания). Растительными объектами выращивания в экспериментальных установках стали горох посевной *P. sativum* (рис. 2.1). Данная культура была выбрана ввиду высокой скорости роста до фазы микрозелени, высоком спросе и стоимости микрозелени на рынке, а также простоте в выращивании. Растения выращивались в лотках для рассады с габаритами 51*30 см, сами семена высаживались в индивидуальные лотки (15*10 см), в качестве субстрата применялся нетканый материал, выложенный в два слоя. Гидропонный модуль устанавливался поверх аквариума с раками, водообмен обеспечивался аквариумной помпой (рис. 2.2).



Рис. 2. Аквапонная установка и объекты выращивания [фото автора]

1 – микрозелень гороха посевного; 2 – общий вид аквапонной системы; 3 – молодь *C. quadricarinatus*

Эксперимент приходил с 4 апреля по 5 мая 2022 года, было задействовано 4 системы – три экспериментальных аквапонных и по одной контрольной системе – гидропонной с микрозеленью гороха и аквариум с красноклешневыми раками без растений. Полив контрольной группы микрозелени осуществлялся дистиллированной водой. Схема высадки растений в контрольных и экспериментальных группах представлена в таблице 1.

Таблица 1

Схема высадки растений в эксперименте

№ аквариума	ПП растений кг/м ²	Общее кол-во семян в системе, г
Контроль	2,3	102
2	1,1	51
4	2,3	102
6	3,4	153

В эксперименте применялась общепринятая методика получения микрозелени гороха. Товарной микрозеленью считаются молодые побеги растений, в стадии первых листьев. Качество полученной микрозелени оценивалось по показателям, отмеченным для микрозелени гороха [1], а также согласно ГОСТ 32883-2014 [2]. Также производились замеры морфологических показателей раков, их массы. При анализе продукции микрозелени гороха рассматривалась их урожайность, отношение массы высаженных семян к массе полученной продукции. В процессе эксперимента регистрировались изменения гидрохимического состава воды применялись общеизвестные методики [3] [4] [5]. Проводилось ежедневное измерения кислорода в воде по методу Винклера и с помощью оксиметра, регистрировалась температура воздуха и воды, pH.

Результаты исследований и обсуждение

Рост раков. Одной из главных целей работы являлся анализ роста раков и сравнение его в экспериментальной и контрольной емкостях. При полном совпадении условий содержания и максимальной однородности выборки посадочного материала, конечные данные различались, для удобства, кратность посадки растений в аквапонные системы (таблица 2).

Таблица 2

Рост раков в аквапонной установке

Показатели	Плотность посадки растений, кг/м ²			
	0	1,1	2,3	3,4
Порядковый номер системы	3	2	4	6
Исходная плотность посадки раков, шт. м ²	44	44	44	44
Общее кол-во раков, шт.	15	15	15	15
Выживаемость				
шт.	9	14	12	12
%	60,0	93,3	80,0	80,0
Средняя масса, г:				
исходная	7	6,9	7,9	7,3
конечная	10,8	9,5	10,2	10,9
Абсолютный прирост массы, г	3,8	2,6	2,3	3,6
Абсолютный среднесуточный прирост, г	0,127	0,087	0,077	0,120
Абсолютный прирост длины, см	1,1	1,2	1,0	1,1
Коэффициент вариации по массе конечный, %	36,2	42,9	33,4	38,4
Общая биомасса, г				
исходная	122,4	124,1	127,3	122,3
конечная	97,1	127,3	122,9	130,9
Абсолютный прирост биомассы, г	-25,3	3,2	-4,4	8,6
Продукция, г/м ² в месяц	289,0	378,9	365,8	389,6

Первое и наиболее интересное различие состоит в разности выживаемости раков в контрольной и экспериментальных группах. Для контрольного аквариума без аквапоники этот показатель составил 60%, нижний порог нормы для раков ввиду характерного им каннибализма. Во всех экспериментальных емкостях выживаемость была более 80%, а максимальная – 93% отмечена в аквариуме №2. Предполагаем, что это эффект фитонцидов – веществ, вырабатываемых растениями в виде раствора и газа выполняющих защитную функцию. Вероятно, общий эффект фитонцидов убивающий и подавляющий рост простейших, бактерий и грибов положительно повлиял на выживаемость раков. Соответственно, с выживаемостью в системе связан как индивидуальный рост особей. Наибольший абсолютный прирост массы отмечен в контрольном аквариуме №3 – 3,8 г. Это связано с уже известными для разведения раков в искусственных условиях закономерностями [6]. Для экспериментальных систем наибольший этот показатель можно отметить для аквариума №6 – 8,6 г/м². Оценивая прирост биомассы выращиваемых раков за месяц следует отметить, что наибольшее значение было также зафиксировано в аквариуме №6.

1. Динамика гидрохимических показателей

Динамика гидрохимических показателей. На этапе планирования эксперимента изначально было выдвинуто предположение о том, что использование гидропонного модуля при выращивании раков в промышленных условиях окажет положительное влияние на содержание в воде органических соединений, в первую очередь это должно отразиться на сокращении содержания нитратов и фосфатов.

После окончания эксперимента были проанализированы данные динамики азот и фосфорсодержащих соединений в воде аквапонных систем и в контрольном аквариуме, и на их основе построены графики динамики данных веществ во всех исследуемых системах (рис. 3)

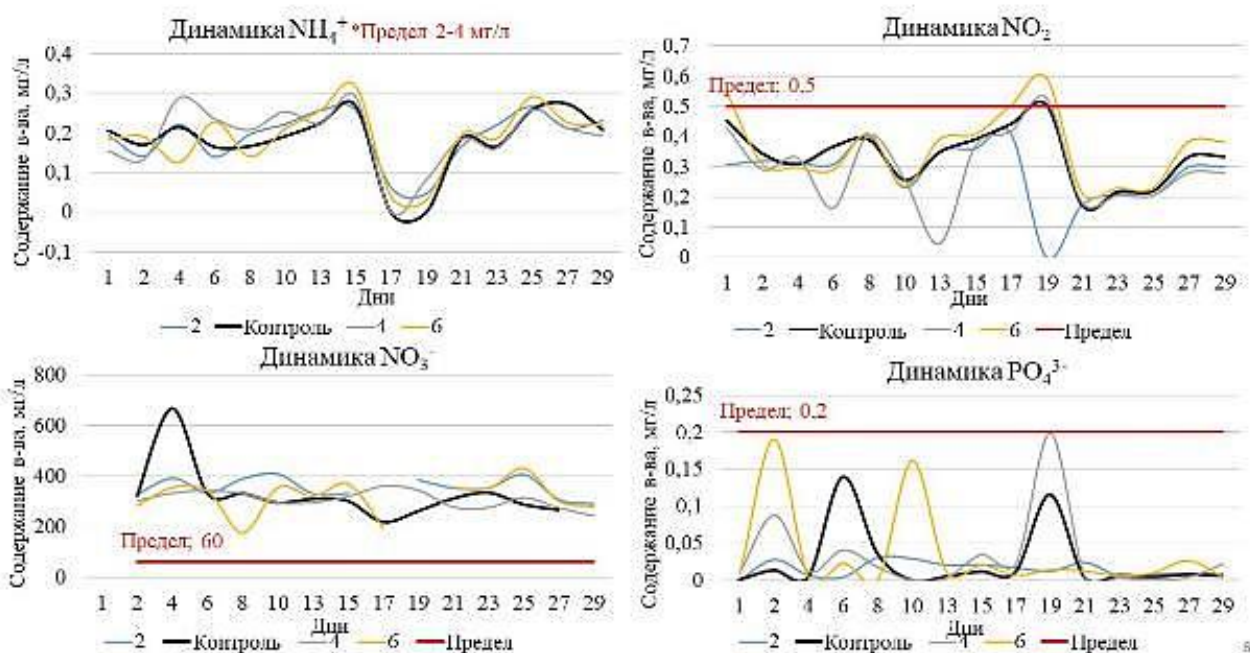


Рис.3. Динамика содержания некоторых органических веществ

Исходя из представленных графиков можно сделать общий вывод о незначительном вкладе гидропонного модуля с заданной по плану эксперимента плотностью посадки растений в очищение оборотной воды от органических загрязнений. Вероятно, это связано с тем, что согласно литературным источникам [7] на ранних этапах развития, к которым можно отнести и микрорезель, молодое растение потребляет на рост большей степенью энергию семечки, и в меньшей вещества корневой системой.

Значительных различий в динамике аммонийного азота между графиками контрольной и экспериментальных аквариумах нет. Это говорит о том, что аммонийный азот не является потребляемой микрозеленью гороха группой веществ. Однако, в то же время содержание NH_4^+ в воде системы даже не приближалось к заданным Жигиным [8, 9] технологическим нормативам.

Нитриты являются токсичным для гидробионтов веществом, колебание содержания которого сложно поддается объяснению, так как в рыбоводных системах гетеротрофными бактериями производится процесс нитрификации (превращения NO_2^- в NO_3^-). Согласно представленному графику наилучшее качество воды по нитритам характерно для экспериментального аквариума №2 – при исследованиях в нем не отмечено приближение к предельным значениям. Для остальных аквариумов характерны скачки значений, хотя явных изменений в системах не наблюдалось (изменения температуры, содержание O_2 , отход).

Анализ содержания нитратов оказался несколько более затрудненным чем ожидалось в связи с их исходным высоким содержанием, превосходящим даже кратковременно допустимые значения в несколько раз, а также трудоемкой методике измерения концентрации химическим методом. Исходя из полученных в ходе эксперимента данных можно сделать вывод что по мере увеличения количества выращиваемых в рамках системы растений количество нитратов сокращается, об этом говорит то что график аквариума №2 (с плотностью посадки микрозелени $1,1 \text{ кг/м}^2$) большую часть времени располагается выше графиков №4 и №6 (с плотностью посадки $2,3$ и $3,4 \text{ кг/м}^2$). В это время низкие концентрации нитратов в воде контрольного аквариума №3 могут объясняться большим отходом в сравнении с экспериментальными аквариумами, соответственно меньшей численностью раков и меньшей экскрецией.

График динамики фосфатов показал наиболее эффективную утилизацию данной группы веществ растениями из системы №2 и №4 (кратность посадки $1,1$ и $3,4 \text{ г/м}^2$ соответственно). Это можно связать с тем, что наиболее активный вегетативный рост микрозелени наблюдался именно при плотности $1,1 \text{ г/м}^2$ – горох в системе №2 достигал товарного размера на 1-2 дня раньше других групп, а растения в других системах (№4 и №6) за заданный период не успевали полностью продемонстрировать свой ростовой потенциал. Однако все же можно отметить, что при увеличении количества растений в системе количество фосфатов в воде снижается.

По итогам эксперимента можно отметить, что все показатели качества воды колебались в диапазоне технологической нормы для выращивания десятиногих ракообразных, кроме нитратов, по которым замечено значительное превышение. Предполагается, что это связано с изначально высоким содержанием этого вещества в воде системы. Решить данную проблему можно двумя способами – более активной заменой воды в системе или выращиванием большего количества растений на более взрослых стадиях развития – что обеспечит утилизацию нитратов из системы.

Выводы

Результаты эксперимента показывают, что выращивание раков в аквапонных системах возможно. Во всех экспериментальных системах отмечен более высокая (>80%) выживаемость, чем в контрольной (60%). Достоверного улучшения качество воды в аквапонных системах в сравнении с контрольной отмечено не было, что указывает на необходимость проведения дальнейших исследований для уточнения потенциала гидропонного модуля в очистке оборотной воды от органических загрязнений. Целесообразно продолжить эксперименты также и с целью оценки экономических показателей культивирования ракообразных с разными растительными культурами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Микрозелень проростков гороха овощного и стандарт организации / Л.М. Шило., О.В. Ушакова., В.А. Ушаков., Л.В. Павлов., А.В. Молчанова // Картофель и овощи. 2019. №8. С. 21-22.
2. Аквапоника – технология сельского хозяйства будущего» // сб. материалов // под отв. Ю. Щербинина, А.А. Антоненко. Белгород: ОГАУ «ИКЦ АПК». 2015. 45 с.
3. ГОСТ 33045-2014 Вода. Методы определения азотсодержащих веществ [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200115428> (дата обращения: 11.01.2022).

4. ГОСТ 18309-2014 Вода. Методы определения фосфорсодержащих веществ [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200115799> (дата обращения: 11.01.2022).

5. ГОСТ 58797-2020 Вода питьевая, расфасованная в емкости. Определение массовой концентрации растворенного кислорода. [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200170807> (дата обращения: 11.01.2022).

6. Арыстангалиева В.А. Разработка технологии выращивания посадочного материала австралийского красноклешневого рака (*Cherax quadricarinatus*) в установке с замкнутым водоиспользованием: дис. канд. биол. наук. М.: 2017. 132 с.

7. Смирнов П.М., Муравин Э.А. Агрехимия. 2-е издание, перераб. И доп. М.: Колос, 1984. 304 с.

8. Жигин А.В. Особенности циркуляционных установок для выращивания креветок и других ракообразных // междунар. Науч.-практ. конф., посв. 60-летию Московской рыбководно-мелиоративной опытной станции и 25-летию ее реорганизации в ГНУ ВНИИР: сб. науч.тр. ГНУ ВНИИР и РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. Т.3. М.: ГНУ ВНИИ ирригационного рыбководства. 2005. С. 155-160.

9. Жигин А.В. Установка с замкнутым циклом водоиспользования для выращивания гигантских пресноводных креветок и других ракообразных / А.В. Жигин, Н.П. Ковачева, А.В. Калинин, Р.О. Лебедев // Прибрежное рыболовство и аквакультура: Аналит. и реферативн. информ. / ВНИ-ЭРХ. Вып. 1. 2006. С. 23-25.

EXPERIMENTAL STUDY OF THE CULTURATION OF THE AUSTRALIAN RED CLAW Crayfish (*CHERAX QADRICARINATUS*, VON MARTENS 1868) IN AQUAPON INSTALLATION

¹Yushko Lyubov Vladimirovna, post-graduate student, specialist in methodological work

²Shibaev Sergej Vadimovich, PhD in Biology, professor

^{1,2}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia,
e-mail: ¹lyubov.yushko@klgtu.ru; ²shibaev@klgtu.ru

*The aim of the work is to study the cultivation of the red-clawed Australian crayfish *Cherax quadricarinatus*, Von Martens, 1868 in an aquaponic system. Microgreens of sown peas *Pisum sativum* L., 1753 were used as a plant object in the system. The novelty of the work is that growing crayfish in the aquaponic system together with peas has not been practiced before, despite the fact that growing valuable food objects in a single system will significantly increase the profit of the enterprise. Besides the economic effect, the higher survival rate of crayfish in the experimental aquaponic systems was noted during the experiment in comparison with the control group grown without plants.*