

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК
Государственное научное учреждение
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ИРРИГАЦИОННОГО РЫБОВОДСТВА

Сборник научных трудов

Научные основы
сельскохозяйственного рыбководства:
состояние и перспективы развития



Москва - 2010

УДК 639.3
ББК 47.2

Рецензенты: д.с.-х.н., профессор Козин Р.Б., Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии (МГАВМиБ) им. К.И.Скрябина.
д.б.н., профессор Панов В.П., Российский государственный аграрный университет - Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева (РГАУ – МСХА им. К.А.Тимирязева)

Научные основы сельскохозяйственного рыбоводства: состояние и перспективы развития. Сборник научных трудов. /ГНУ ВНИИ ирригационного рыбоводства – Москва, 2010. – 452 с.

Редакционная коллегия: Серветник Г.Е., Новоженин Н.П., Шишанова Е.И., Шульгина Н.К.

Ответственный за выпуск: Серветник Г.Е.

Все статьи приведены в авторской редакции

ISBN

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РЕЧНЫХ РАКОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОРОДА В ВОДНОЙ СРЕДЕ

© 2010 Н.Ю.Корягина

Всероссийский научно-исследовательский институт ирригационного рыбоводства Россельхозакадемии

В результате работы установлено, что снижение содержания кислорода и изменения температуры в воде, а так же одновременное их воздействие, увеличение плотности посадки оказывают значительное влияние на физиологические показатели речных раков. Имеются некоторые различия в адаптационной реакции речных раков на условия среды в зависимости от вида и пола. Полученные данные позволяют контролировать физиологическое состояние речных раков при их разведении и выращивании с учетом видовых особенностей и половой принадлежности.

Ключевые слова: речные раки, температура, кислород, среда, плотность посадки, физиологическое состояние

Корягина Наталья Юрьевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории разведения речных раков. E-mail: LJB@flexuser.ru

При разведении речных раков часто приходится сталкиваться с необходимостью установления оптимальных условий их содержания. Для этого необходимо провести исследования по влиянию изменения среды (уровня кислорода, температуры, плотности посадки и т.д.). Целью данной работы является изучение влияния этих факторов на физиологические показатели речных раков, исследования на которых в этой области не проводились. Особое внимание уделяется гематологическим показателям, так как они позволяют контролировать физиологическое состояние гидробионтов в процессе их культивирования, вести отбор в маточное стадо особей, наиболее устойчивых к воздействию негативных факторов и использовать их при разведении и выращивании в искусственных условиях.

Для каждого вида организмов существует свой необходимый набор факторов абиотической среды, обеспечивающий его нормальную жизнедеятельность. Абиотическую среду характеризуют как химические (состав воздуха, почвы, воды и т.д.), так и физические факторы (температура воздуха, воды, субстрата, освещение, радиационный фон и т.д.).

Температура воды и её колебания оказывают значительное влияние на гидробионтов, в частности, при снижении температуры воды повышается потребление углерода креветкой *Penaeus chinensis* [14]. У японского лангуста *Panulirus japonicus* [12] при таких условиях снижается частота сердцебиения и амплитуда сокращений за счет действия на маленькие нейроны [11]. Имеются

сведения [13], что снижение температуры приводит к увеличению межлиночного периода у личинок *Crangon uritai* (Decapoda, Crangonidae).

В организме животных с непостоянной температурой (например, рыб, речных раков и др.), интенсивность обмена веществ контролируется ферментами, активность которых значительно зависит от температуры водной среды. Скорость ферментативных реакций с увеличением температуры растёт [6]. При этом изменяется время созревания половых продуктов и развитие оплодотворённой икры рыб, что связано с общим повышением интенсивности обмена веществ.

Разные виды животных, в том числе гидробионты, по-разному реагируют на изменения температурного режима. Так с весенним повышением температур (10-26°C) *Procambarus clarkii* растёт быстрее, независимо от способов выращивания: одновидовой или двухвидовой [9]. А. Mannonen и другие [10] экспериментальным путем доказали, что температура окружающей среды (5-6°C) оказывает положительное влияние на выживаемость яиц широкопалого рака (*Astacus astacus*) и сигнального рака (*Pacifastacus leniusculus*). Перепады температуры и солёности вызывают изменения осмотической резистентности гемолимфы белого речного и красного болотного раков (*Procambarus clarkii*, *P. zonangulus*) [13].

Для каждого вида водных организмов существует определённый верхний и нижний предел температуры воды [4]. При понижении температуры они либо становятся вялыми, но без вредных последствий (потери способности к размножению, различные заболевания), либо гибнут. С повышением температуры обменные процессы в организме гидробионтов усиливаются, что вызывает увеличение потребления кислорода, в то время как растворимость в воде газов и, в частности кислорода, уменьшается. Наблюдается косвенное влияние повышения температуры на водные организмы, когда вопреки возрастающим потребностям обеспечение кислородом снижается, и животные в конечном итоге погибают от удушья. Следует отметить, что усиление обмена веществ (в частности, скорости переваривания пищи) наблюдается лишь в области оптимальных для данного вида гидробионтов температур. При превышении определённого порога включаются различные физиологические и биохимические защитные механизмы, благодаря чему, например, холодноводные рыбы на действие высоких температур отвечают снижением интенсивности питания и резким снижением активности. Если пересадить рыб из тёплой воды в холодную, у них наступит шоковое состояние, которое внешне проявляется в том, что рыбы плавают медленно, вяло шевеля плавниками и жабрами, или неподвижно лежат на дне. В конце концов, они гибнут. Если пересадить рыб из холодной в тёплую воду, они, напротив, мечутся, пытаются выпрыгнуть из воды.

От температуры зависит и количество растворенного в воде кислорода: при её повышении растворимость кислорода в воде уменьшается, быстрее он улетучивается. При этом рыбам становится труднее дышать, они поднимаются к поверхности и заглатывают воздух, что связано с уменьшением растворимости кислорода в воде [3]. Чем холоднее вода, тем больше кислорода она может принять. В табл. 1 представлена зависимость растворимости кислорода в воде от температуры.

Таблица 1. Растворимость кислорода в 100 г воды при нормальном атмосферном давлении и различных температурах [8]

Температура, °С	Растворимость кислорода, мл	Насыщение кислородом, мг/л
0	4,9	14,2
20	3,1	8,7
40	2,3	6,6

Известно, что на разных стадиях онтогенеза гидробионты по-разному переносят дефицит кислорода. У обитающих и размножающихся в озёрах (при пониженном содержанием кислорода) рыб часто встречается мелкая икра, что приводит к увеличению отношения поверхности икринки к её объёму и облегчает газообмен [17]. Икра других рыб имеет приспособления, обеспечивающие её развитие на богатой кислородом поверхности или в толще воды. Наличие у рыб проточных вод придонной икры связано с гораздо лучшей обеспеченностью её кислородом в сравнении с придонными зонами стоячих вод. Как и резкий недостаток кислорода, на гидробионтов губительно действует чрезмерное перенасыщение им воды.

Для большинства гидробионтов кислород очень часто является фактором, лимитирующим их развитие и расселение. Он участвует в очищении воды от ядов, т.к. разложение ядовитых веществ обеспечивают, в первую очередь, кислородозависимые бактерии. Содержание кислорода в среде влияет на ритм сердечных сокращений, вырабатываемый сердечным ганглием: прямая перфузия сердца оксигенированным раствором несколько увеличивает частоту сердечных сокращений [16]. Усвоение животными кислорода является основой всех процессов жизнедеятельности. По мере роста гидробионтов активность окислительных процессов в тканях уменьшается; созревание гонад, наоборот, вызывает увеличение потребления кислорода. Расход кислорода в организме самцов выше, чем у самок. Потребность в кислороде определяется энергетическими затратами организма на движение, работу внутренних органов, обеспечение потребностей каждой клетки тела. Следует различать обмен кислородом между организмом и внешней средой - газообмен и процессы, происходящие в организме (использования кислорода и образования углекислого газа в клетках -

тканевое или клеточное дыхание). Газообмен - очень важный для организма процесс, эффективность которого обеспечивает в конечном итоге его выживание. Одним из показателей дыхания является интенсивность дыхания, которая зависит от вида, пола, размеров, фазы онтогенеза, а также от биотических и абиотических факторов среды.

Из выше изложенного следует, что содержание кислорода в воде и температурный фактор оказывают влияние на организмы.

Для изучения влияния таких факторов на речных раков разных видов рассматривались потребление ими кислорода, скорость обмена, рН и буферные свойства гемолимфы, время её свертываемости, гемоцитарная формула.

Исследования проводились в аквариумных условиях с аэрацией. Речных раков кормили мотылем и харой по потребности. Температура регулировалась с помощью холодильной установки. Минеральный состав воды определялся общеизвестными гидрохимическими методами. Использовали одновозрастных самок и самцов широкопалого *Astacus astacus* и длиннопалого *Pontastacus leptodactylus* речных раков при нормальной и плотной посадке в зависимости от температурного фактора и кислорода, как показателей, оказывающих наибольшее влияние на речных раков в природных условиях. В связи с тем, что оптимальными для содержания и питания речных раков являются температуры воды в пределах 16-20°C, то в данной работе рассматривались несколько интервалов температуры: с «пониженной» (6-10°C), «оптимальной» и «повышенной» (21-25°C). В качестве контроля при определении влияния кислорода на физиологические показатели рассматривали группу раков из аэрируемого аквариума. За опытную принимали группу раков, находящихся без аэрации в водной среде в течение 2-3 часов и свыше 25 часов (длительное содержание), при разных температурах воды. Было также рассмотрено влияние температурных колебаний на физиологические свойства длиннопалых речных раков при транспортировке без воды. В качестве контроля принимали показатели *Pontastacus leptodactylus* из водной среды с температурой 20°C, в опытах речные раки находились в обсушенном состоянии при разных температурах воздуха. На примере длиннопалого речного рака разного пола было изучено влияние температурного фактора и содержания кислорода в водной среде на их физиологическое состояние. Гемолимфу отбирали из вентрального синуса речных раков при сохранении их жизни и здоровья, с соблюдением правил асептики и антисептики. Активную реакцию (рН) гемолимфы и среды определяли с помощью тест полосок и рН-метра. Свертываемость - по Моравицу в модификации Тодорова [7]. Гемоцитарную формулу и ОЧГ (общее число гемоцитов)- подсчетом гемоцитов в камере Горяева на световом микроскопе Jenaval. Буферные свойства гемолимфы изучали путем потенциометрического титрования [1]. К гемолимфе добавляли порции 0,1N соляной кислоты HCl до рН=4, с дальнейшим построением

титрационных кривых и расчетом буферной емкости (dA/dpH) по формуле 1:

$$dA/dpH = \text{порции кислоты} / (pH \text{ начальная} - pH \text{ конечная}) \quad (1)$$

Количество кислорода, потребляемое организмом в единицу времени на единицу веса тела - интенсивность потребления кислорода (формула 2) - определяли по Л.В.Кляшторину и А.А.Яржомбеку [2]:

$$Q = (C_0 - C_t) \cdot V / t \cdot W, \quad (2)$$

где Q-интенсивность потребления кислорода в мл O_2 /час на г сырого веса, C_0 и C_t -концентрация кислорода в начале и в конце эксперимента; V-объем респирометра, (л); t- время продолжительности опыта (часы), W- масса рака, (г). Скорость обмена у раков определяли в mgO_2 на экз.-час.(формула 3):

$$Ск.об. = (C_0 - C_t) \cdot V / t \cdot n, \quad (3)$$

где n- количество особей в респирометре, (экземпляр).

Статистическую обработку полученных результатов (малая выборка: от 4 до 10 особей в каждой группе) проводили методом вариационной статистики с использованием программы «Microsoft Excel 2000». Использовался критерий t по Стьюденту, достоверными считались различия показателей при $p < 0,05$.

Результаты влияния температурного фактора на физиологические свойства речных раков показаны на рис. 1.

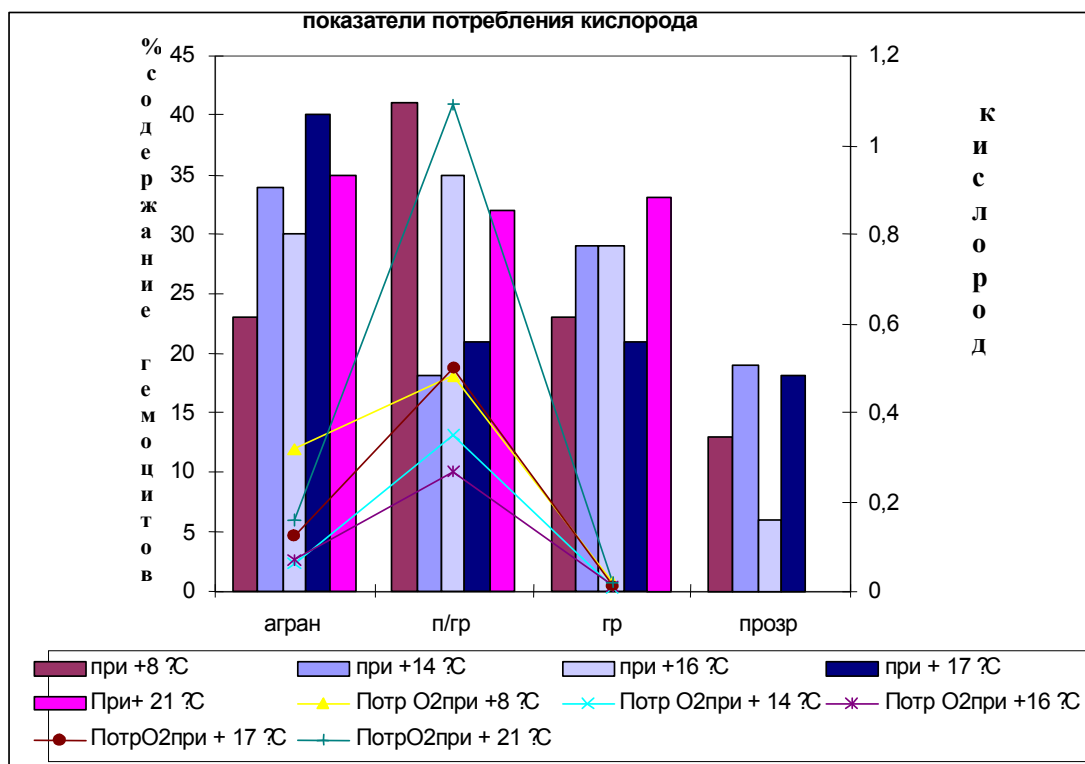


Рисунок 1. Показатели гемоглобиновой формулы и потребления кислорода длиннопалого рака *Pontastacus leptodactylus* при разных температурах воды в условиях нормальной посадки

При температуре воды 8-16°C скорость обменных процессов заторможены у длиннопалого рака *Pontastacus leptodactylus* в условиях нормальной посадки, в то время как при 17-21°C она значительно возрастает. Общее число гемоцитов (рис. 2) самое высокое при температуре 16°C по сравнению с показателями при 8 и 21°C.

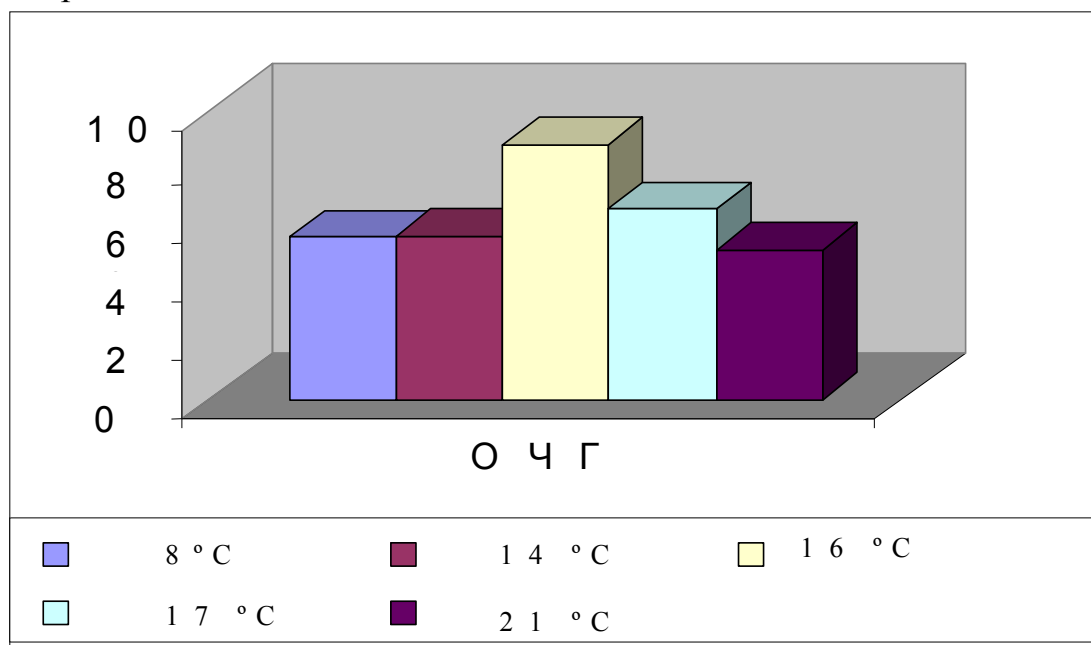


Рисунок 2. Общее число гемоцитов длиннопалого рака *Pontastacus leptodactylus*, содержащегося в воде с разной температурой (нормальная посадка)

При температуре 8 и 16°C в гемолимфе длиннопалого рака наблюдается высокое содержание полугранулированных клеток по сравнению с агранулоцитами и гранулоцитами. В то же время оно выше вместе с общим числом гемоцитов и по сравнению с этими показателями при температурах 14, 17 и 21°C. При 21°C процентное содержание всех групп гемоцитов примерно одинаково, за исключением прозрачных клеток, содержание которых равно 0%.

Результаты потребления кислорода самцами широкопалого *Astacus astacus* и длиннопалого *Pontastacus leptodactylus* речных раков при нормальной и плотной посадке в зависимости от температурного фактора представлены в табл. 2.

У широкопалого и длиннопалого речных раков эти показатели значительно варьировали при изменении температуры среды обитания. Отклонение от оптимальной (16-20°C) температуры в ту или иную сторону при нормальной посадке вызывало снижение потребления, скорости обмена и интенсивности потребления кислорода у обоих исследуемых видов речных раков, связанное, вероятно, с превышением определенного температурного порога, с включением защитных механизмов (физиологических и биохимических), понижающих активность речных раков. Аналогичное снижение потребления кислорода раками

наблюдалось в условиях плотной посадки при понижении температуры воды, что, вероятно, связано с замедлением интенсивности обменных процессов, контролируемых ферментами, активность которых зависит от температуры, и приводит к вялости, состоянию временной пониженной физиологической активности, свойственной членистоногим – пауза.

Таблица 2. Потребление кислорода самцами широкопалого *Astacus astacus* и длиннопалого *Pontastacus leptodactylus* речных раков при нормальной и плотной посадке в зависимости от температурного фактора

Температура воды, °С	Широкопалый рак <i>Astacus astacus</i>		Длиннопалый рак <i>Pontastacus leptodactylus</i>	
	Нормальная посадка	Плотная посадка	Нормальная посадка	Плотная посадка
Потребленный кислород, мл				
6-10	0,94±0,355	0,68±0,205	-	-
11-15	3,04±0,515	0,06±0,001	-	0,06±0,001
16-20	1,36±0,483	0,10±0,008	0,52±0,001	0,21±0,054
21-25	0,16±0,001	2,24± 0,226	0,16±0,001	1,25±0,256
Скорость обмена гО ₂ /экз*час				
6-10	2,24±0,292	1,02± 0,307	-	-
11-15	4,46±0,859	0,35±0,001	-	0,35±0,001
16-20	3,99±1,445	0,50±0,106	7,09±0,001	0,91±0,255
21-25	1,09±0,001	2,24±0,226	1,09±0,001	1,27±0,523
Интенсивность потребления, мл/г*час				
6-10	0,094±0,013	0,042±0,013	-	-
11-15	0,219±0,050	0,008±0,001	-	0,007±0,001
16-20	0,078±0,025	0,013±0,002	0,124±0,001	0,015±0,006
21-25	0,019±0,001	0,107±0,008	0,019±0,001	0,258±0,106

В то же время, при плотной посадке повышение температуры (по сравнению с оптимальной) приводило к усилению процессов обмена: скорости обмена и интенсивности потребления кислорода.

Температурный интервал 11-15°C можно отнести к области низких температур для взрослых особей теплолюбивого длиннопалого рака, вероятно поэтому при плотной посадке этого вида скорость обмена и интенсивность потребления кислорода замедляются. Снижение потребления кислорода наблюдается при 11-15°C и у широкопалых речных раков при плотной посадке, в то время как при нормальной - усиливается.

При низких или оптимальных температурах воды и плотной посадке показатели потребления кислорода у широкопалого рака *Astacus astacus* значительно ниже, чем при нормальной посадке, а при повышенных (21-25°C) относительно оптимальных – выше. Причиной может служить снижение обеспеченности раков кислородом (уменьшается растворимость газа) и их скученность (для речных раков характерно доминирование), приводящая к усилению процессов метаболизма.

Повышение температуры водной среды (от оптимального), так и понижение приводят к ускорению агглютинации («свертывание») гемолимфы во всех группах раков (табл. 3). Активная реакция (рН) гемолимфы широкопалых раков сдвигается в кислую сторону при снижении температуры в условиях нормальной и плотной посадки, а также при повышении температуры при плотной посадке, что может привести к изменению биохимических процессов и заболеваниям раков, организм «закисляется».

Таблица 3. Влияние изменения температуры водной среды на агглютинацию и активную реакцию (рН) гемолимфы самцов широкопалого (*Astacus astacus*) и длиннопалого (*Pontastacus leptodactylus*) речных раков при нормальной и плотной посадке

Температура воды, °С	Широкопалый рак <i>Astacus astacus</i>		Длиннопалый рак <i>Pontastacus leptodactylus</i>	
	Нормальная посадка	Плотная посадка	Нормальная посадка	Плотная посадка
Время свертываемости, сек				
6-10	2,1±0,15	2,0±0,01	-	-
11-15	-	5,0±0,71		4,7±0,41
16-20	2,5±0,71	4,3±0,45	2,5±0,001	3,8±0,22
21-25	2,0±0,01	3,0±0,01	2,0±0,001	3,3±0,31
рН гемолимфы				
6-10	5,9±0,28	5,0±0,01	-	-
11-15	-	5,5±0,61		6,7±0,41
16-20	6,3±0,35	5,4±0,25	7,0±0,001	6,3±0,22
21-25	6,5±0,001	5,0±0,35	6,8±0,35	7,0±0,01

В группах с *плотной* посадкой, агглютинация происходит более медленно, а активная реакция гемолимфы более кислая в отличие от групп с *нормальной* посадкой. Агглютинация гемолимфы раков 2-х видов мало чем отличается, в то время как рН гемолимфы длиннопалого (*Pontastacus leptodactylus*) речного рака более щелочная, по сравнению с широкопалым.

У всех экспериментальных групп при понижении температуры прослеживается тенденция к повышению ОЧГ (табл. 4), кроме группы с *нормальной* посадкой *Astacus astacus*: общее число гемоцитов у них уменьшается. Общее число гемоцитов у обоих видов при *нормальной* посадке выше, чем при *плотной*. ОЧГ у длиннопалого рака *Pontastacus leptodactylus* выше, чем у широкопалого.

С понижением температуры воды гранулированные клетки, вероятно, дегранулируют, в то время как увеличивается процент полугранулоцитов, являющихся фагоцитами. Повышается процентное содержание прозрачных клеток.

Таблица 4. Влияние изменения температуры водной среды на гемаформулу самцов широкопалого (*Astacus astacus*) и длиннопалого (*Pontastacus leptodactylus*) речных раков при нормальной и плотной посадке

Температура воды, °С	Широкопалый рак <i>Astacus astacus</i>		Длиннопалый рак <i>Pontastacus leptodactylus</i>	
	Нормальная посадка	Плотная посадка	Нормальная посадка	Плотная посадка
ОЧГ				
6-10	548,6±130,4	756,3±217,20	-	-
11-15	-	458,3±118,60	-	888,3±206,89
16-20	707,5±293,45	528,6±78,26	2407,5±6,65	1139,0±260,80
21-25	855,0±473,76	336,7±53,56	1297,5±611,65	750,7±286,19
Агранулоциты, %				
6-10	32,3±3,07	24,3±1,09	-	-
11-15	-	32,0±1,41	-	37,0±10,20
16-20	22,0±4,24	30,9±4,39	29,5±2,12	32,2±2,68
21-25	31,0±5,66	27,7±4,08	42,0±2,83	36,9±4,54
Полугранулоциты, %				
6-10	26,4±2,62	42,0±5,44	-	-
11-15	-	25,3±4,97	-	19,7±4,02
16-20	50,0±15,56	28,3±5,46	39,5±9,19	27,0±1,46
21-25	33,5±2,12	18,0±9,89	22,0±7,07	33,7±5,32
Гранулоциты, %				
6-10	39,1±2,80	24,8±8,06	-	-
11-15	-	31,7±2,68	-	26,7±3,89
16-20	23,5±10,61	32,6±6,55	26,0±7,07	32,6±5,22
21-25	35,5±3,54	35,7±1,78	33,0±5,66	25,3±6,73
Прозрачные гемоциты, %				
6-10	3,6±2,22	7,5±3,00	-	-
11-15	-	11,0±6,04	-	16,7±6,38
16-20	4,5±0,71	8,3±2,71	5,0±4,24	8,2±2,75
21-25	0	10,7±4,14	3,0±4,24	4,1±2,20

На снижение температуры разные виды раков реагируют по-разному: процент прозрачных клеток у широкопалых понижается, у длиннопалых, как более теплолюбивых, увеличивается. При плотной посадке процентное содержание прозрачных клеток - предшественников - выше, чем при нормальной посадке, что связано с повышенной их выработкой при усилении метаболизма.

В табл. 5 представлено влияние кислородного и температурных факторов на физиологические показатели раков двух видов (*Astacus astacus* и *Pontastacus leptodactylus*) при плотной посадке в аэрируемых (контроль) и не аэрируемых (опыт) условиях.

Время агглютинации гемолимфы речного рака в большей степени зависело от температуры водной среды, чем от содержания кислорода в ней: при понижении и повышении температуры агглютинация происходила быстрее, а при недостатке кислорода мало чем отличалась от контрольной группы.

Таблица 5. Влияние одновременно содержания кислорода и температурных факторов на физиологические показатели раков двух видов (*Astacus astacus* и *Pontastacus leptodactylus*)

Показатели	<i>Astacus astacus</i>							<i>Pontastacus leptodactylus</i>	
	Контроль 16°C	Опыт 16°C	Контроль 16°C	Опыт 8°C	Контроль 16°C	Опыт 8°C	Опыт 21°C	Контроль 21-23,5°C	Опыт 21-23,5°C
Длина тела, мм	96,7± 3,58	95,5± 2,67	93,8± 0,35	93,8± 0,35	93,5± 2,12	93,5± 2,12	88,0± 0,71	47,0± 7,07	-
Вес, г	24,14± 0,86	27,85± 0,06	23,88± 1,59	23,9± 1,59	25,1± 0,62	25,06± 0,62	21,00± 0,96	3,30± 1,37	-
Потребление O ₂ , г/л	-	0,96± 0,001	-	0,64± 0,226	0,07± 0,001	0,72± 0,570	2,24± 0,226	-	1,25± 0,256
Скорость обмена г O ₂ /экз. *ч	-	3,77± 0,001	-	0,96± 0,339	0,22± 0,063	1,08± 0,849	2,24± 0,226	-	1,265± 0,523
Интенсивность обмена мг O ₂ /г*час	-	0,145± 0,001	-	0,041± 0,017	0,009± 0,002	0,044± 0,035	0,107± 0,008	-	0,258± 0,106
Время свертываемости, с	3,3± 0,41	3,7± 1,08	3,5± 0,71	2,0± 0,001	4,5± 0,71	2,0± 0,001	3,0± 0,001	3,0± 0,001	3,3± 0,31
pH, ед.	5,5± 0,61	6,0± 0,35	5,8± 1,06	5,0± 0,001	6,3± 0,35	5,0± 0,001	5,0± 0,35	6,8± 0,3	7,0± 0,001

При недостатке кислорода в воде произошло смещение активной реакции гемолимфы в щелочную сторону у обоих видов раков. У широкопалых изменение pH было более значительным (с 5,5 до 6,0), чем у длиннопалых (с 6,8 до 7,0). Вероятно, это связано с различиями исходных значений pH гемолимфы: у *Pontastacus leptodactylus* она выше, чем у *Astacus astacus*.

На снижение кислорода в воде (табл. 6) длиннопалые раки реагируют увеличением общего числа гемоцитов (ОЧГ), примерно, в 1,6 раза, а широкопалые – его снижением, как при оптимальных температурах, так и при понижении их. У обоих видов снижение кислорода вызывает разрушение клеток гемолимфы, но у *Pontastacus leptodactylus* при этом включаются механизмы восстановления запаса клеток, а у *Astacus astacus* нет.

При одновременном снижении уровня кислорода и температуры (в данном случае до 8°C) наблюдается более высокое общее число гемоцитов по сравнению с широкопалыми раками содержащимися в воде при температуре 16°C.

Процент содержания полугранулированных гемоцитов в гемолимфе у речных раков обоих видов при снижении уровня кислорода сокращается (за счет увеличения гранулированных клеток), а у *Astacus astacus*, при снижении температуры – растет. В последнем случае процент гранулированных клеток

уменьшается, возможно, за счет выброса гранул.

Таблица 6. Сравнительная характеристика показателей гемолимфы *Astacus astacus* и *Pontastacus leptodactylus* (плотная посадка) при содержании в аэрируемых (контроль) и не аэрируемых (опыт) условиях, при разных температурах водной среды

Показатели	<i>Astacus astacus</i>							<i>Pontastacus leptodactylus</i>	
	Контроль 16°C	Опыт 16°C	Контроль 16°C	Опыт 8°C	Контроль 16°C	Опыт 8°C	Опыт 21°C	Контроль 21-23,5°C	Опыт 21-23,5°C
ОЧГ	833,3± 105,14	546,7± 207,19	877,5± 180,31	677,5± 498,51	630,0± 360,62	835,0± 388,91	336,7± 153,56	452,5± 350,02	750,7± 286,19
Агранулоциты, %	28,0± 2,55	21,7± 7,36	28,5± 4,95	25,5± 2,12	20,0± 14,14	23,0± 0,00	27,7± 4,08	41,0± 7,07	36,9± 4,54
Полугранулоциты, %	35,00± 4,30	27,7± 10,87	38,5± 0,71	48,0± 8,49	22,5± 17,68	36,0± 7,07	18,00± 9,89	36,5± 16,26	33,7± 5,32
Гранулоциты, %	28,33± 1,78	40,0± 15,35	28,5± 3,54	15,5± 0,71	47,0± 25,46	34,0± 15,56	35,70± 1,78	21,5± 9,19	25,3± 6,73
Прозрачные клетки, %	8,7± 5,12	10,7± 3,19	4,5± 0,71	8,0± 2,83	10,5± 6,36	7,0± 8,49	10,70± 4,14	1,0± 0,001	4,1± 2,20

При одновременном снижении уровня содержания кислорода и температуры в воде как у широкопалых, так и у длиннопалых раков наблюдается тенденция к увеличению прозрачных гемоцитов. При понижении только температуры воды в условиях с пониженным содержанием кислорода в ней количество прозрачных клеток у широкопалых речных раков снижается.

Значительное влияние на физиологические показатели речных раков оказывает их длительное пребывание в воде без аэрации (табл. 7). Скорость обмена и интенсивность потребления кислорода при таких условиях снижаются, что вызывает нарушение обмена веществ в организме и приводит к вялости, малоподвижности раков. Агглютинация гемолимфы замедляется, а активная реакция гемолимфы (рН) незначительно смещается в щелочную сторону.

Таблица 7. Показатели агглютинации, активной реакции (рН) гемолимфы и потребления кислорода длиннопалого рака *Pontastacus leptodactylus* (плотная посадка) при длительном содержании в условиях пониженного кислорода

Показатели	Контроль	Экспозиция опыта	
		2 час	25 час
Длина тела, мм	47,0±7,071	59,9±2,60	56,5±7,15
Вес, г	3,3±1,37	5,9±0,99	5,9±1,88
Потребление O ₂ , мг/л	-	1,25±0,256	4,41±1,717
Скорость обмена, мг O ₂ /экз.*час	-	1,27±0,523	0,47±0,253
Интенсивность потребления, мг O ₂ /г*час	-	0,26±0,106	0,08±0,038
Время свертываемости, сек	3,0±0,0001	3,3±0,31	3,7±0,41
рН гемолимфы, ед.	6,8±0,35	7,0±0,00	7,0±0,00

На рис. 3 изображена зависимость общего числа гемоцитов от длительности пребывания длиннопалого рака (плотная посадка) в условиях пониженного содержания кислорода в воде и её температуре 21-23,5°C.

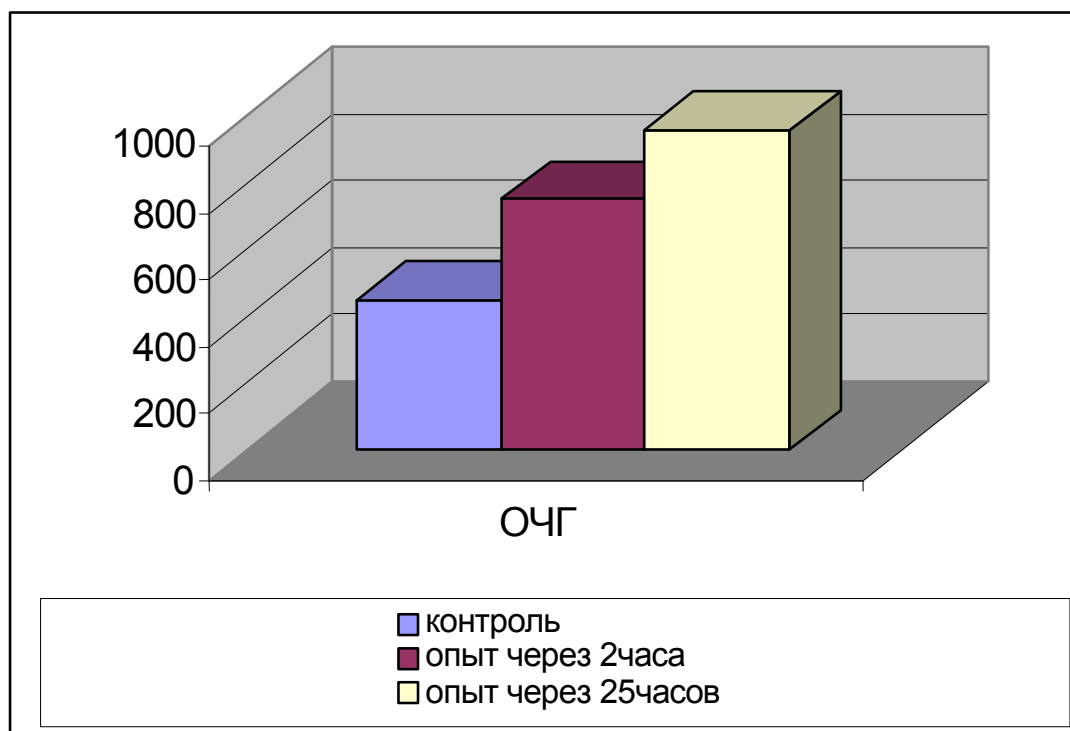


Рисунок 3. Изменение показателей общего числа гемоцитов *Pontastacus leptodactylus* при длительном кислородном голодании

В контроле ОЧГ было на уровне 450 ед./л. Через 2 часа пребывания *Pontastacus leptodactylus* в данных условиях значение ОЧГ возросло, примерно в 1,7 раза. Через 25 часов содержания раков в воде без аэрации количество гемоцитов в гемолимфе возрастает свыше 960 ед./л (табл. 8).

Таблица 8. Сравнение показателей гемоформулы длиннопалого рака *Pontastacus leptodactylus* (плотная посадка) при длительном содержании в условиях с отключенной аэрацией

Показатели	Контроль	Экспозиция опыта	
		2 час	25 час
ОЧГ, ед./л	452,5±350,02	750,7±286,19	961,7±314,99
Агранулоциты, %	41,0±7,07	36,9±4,54	40,7±9,65
Полугранулоциты, %	36,5±16,26	33,7±5,32	20,3±11,01
Гранулоциты, %	21,5±9,19	25,3±6,73	31,7±3,49
Прозрачные клетки, %	1,0±0,001	4,1±2,20	7,3±4,26

Количественный состав гранулированных гемоцитов и прозрачных клеток (рис. 4) при длительном содержании речных раков в условиях без аэрации повышается. Одновременно отмечается снижение содержания полугранулированных гемоцитов (табл. 8).

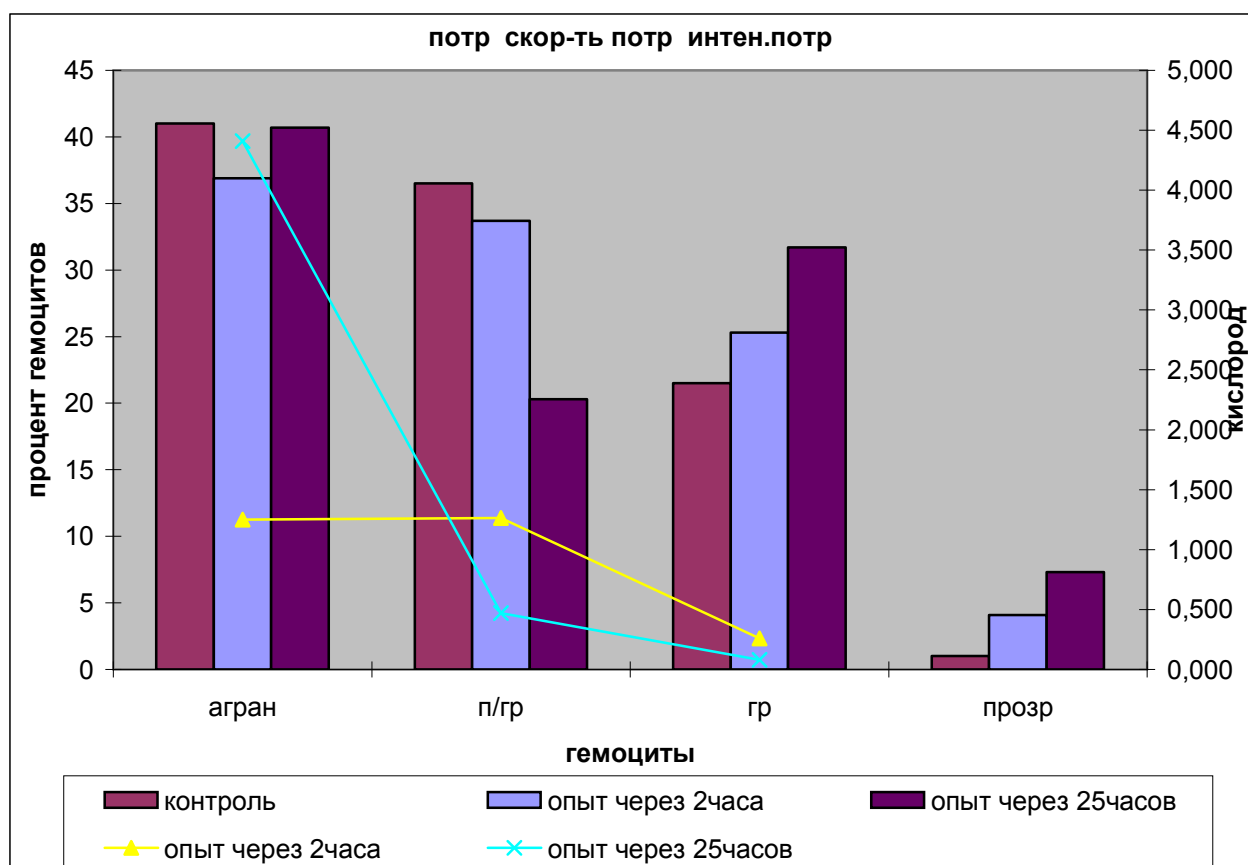


Рисунок 4. Изменение показателей потребления кислорода и гемоформулы длиннопалого рака в зависимости от длительности пребывания в условиях при сниженном уровне кислорода в воде

При нахождении речных раков в обсушенном состоянии на холоде замедляется свертываемость гемолимфы, имеется тенденция к ее закислению как при повышенных (20°C), так и при пониженных (10°C) температурах воздуха по сравнению с контрольной группой (табл. 9).

Таблица 9. Зависимость гематологических показателей речных раков *Pontastacus leptodactylus* от показателей окружающей среды

Показатели	Контроль*	Температура 10°C^{**}	Достоверность (P)	Температура 20°C^{***}	Достоверность (P)
Время свертывания, с	$3,0 \pm 0,20$	$5,3 \pm 2,36$	$>0,05$	$3,0 \pm 0,47$	$>0,05$
РН, ед.	$7,0 \pm 0,14$	$6,5 \pm 0,25$	$>0,05$	$6,3 \pm 0,29$	$<0,05$
ОЧГ, ед./л	$456,0 \pm 98,43$	$590,8 \pm 164,95$	$>0,05$	$702,5 \pm 206,35$	$>0,05$
Агранулоциты, %	$35,6 \pm 3,46$	$45,8 \pm 7,52$	$>0,05$	$31,5 \pm 4,87$	$>0,05$
Полугранулоциты, %	$39,6 \pm 5,44$	$26,7 \pm 2,11$	$<0,05$	$30,5 \pm 7,67$	$>0,05$
Гранулоциты, %	$24,3 \pm 3,47$	$26,3 \pm 6,05$	$>0,05$	$29,5 \pm 4,87$	$>0,05$
Прозрачные клетки, %	$0,5 \pm 0,20$	$1,2 \pm 1,28$	$>0,05$	$8,5 \pm 4,28$	$>0,05$

Примечание. *раки находились в воде при температуре 20°C -контроль

**раки находились в обсушенном состоянии на льду в ящике в течение 2 часов.

***раки находились в обсушенном виде на воздухе при температуре 20°C в течении 2ч.

Общее число гемоцитов повышается по сравнению с контролем, особенно при нахождении раков в обсушенном состоянии при температуре 20°C.

При одной и той же температуре (20°C), гемолимфа раков в обсушенном состоянии содержит значительно меньше полугранулированных и агранулированных гемоцитов, чем контрольная группа (рис. 5).

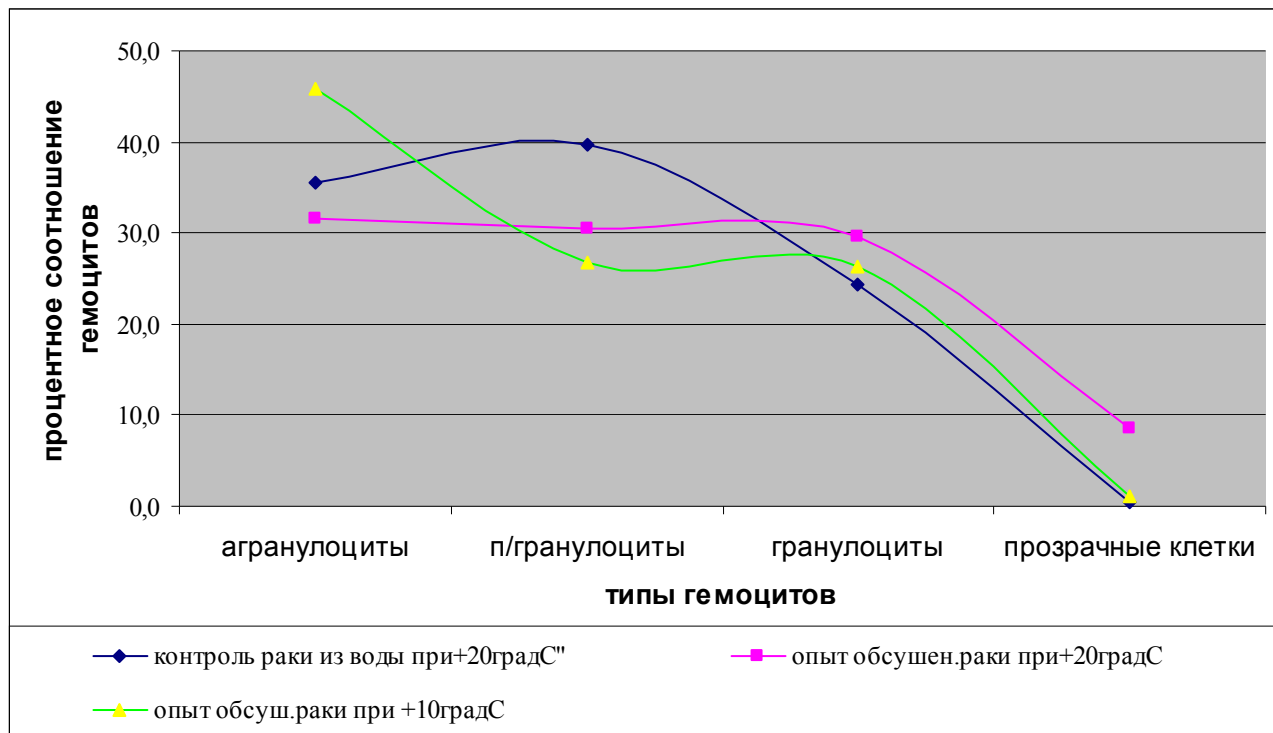


Рисунок 5. Изменения гемоцитарной формулы длиннопалого речного рака *Pontastacus leptodactylus* в зависимости от условий окружающей среды

В то же время повышается относительное количество гранулированных и прозрачных клеток.

Процентное содержание агранулоцитов у раков, находящихся без воды в течение 2 часов при температуре +10°C, резко возрастает, а полугранулированных достоверно ($P < 0,05$) снижается по сравнению с контрольной группой, при незначительных изменениях гранулоцитов и прозрачных клеток.

При более низких температурах (16°C) потребление кислорода и его интенсивность замедляются независимо от половой принадлежности (табл. 10), в то время как с повышением температуры у самок процессы потребления кислорода ускоряются. При изучаемых температурах среды имеются значительные различия показателей потребления кислорода, его интенсивность и скорость обмена в зависимости от пола: в организме самцов они выше, чем самок.

Что касается агглютинации (свертываемости) гемолимфы, то она мало реагирует на изменение температуры: у самцов и самок находится примерно на одном уровне. Активная реакция среды (рН) у речных раков обоих полов при повышении температуры (21-23,5°C) смещается в щелочную сторону (табл. 11).

Таблица 10. Влияние температурных факторов на потребление кислорода длиннопалых речных раков *Pontastacus leptodactylus* разного пола (плотная посадка)

Показатели	16°C		21°C		23,5°C	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Длина тела, мм	140,4± 9,15	134,8± 3,89	55,5± 0,01	43,7± 2,45	58,1± 1,56	45,0± 1,87
Вес, г	83,6±17,16	61,8±4,84	4,8±0,21	2,4±0,24	4,5±1,46	2,5±0,16
Потребленный O ₂ , мг/л	0,16±0,001	0,16± 0,001	0,59± 0,075	0,20± 0,0218	1,65± 0,830	0,84± 0,317
Скорость обмена гO ₂ /экз.*час	0,69±0,072	0,87± 0,001	0,45± 0,264	0,15± 0,054	1,95± 1,990	0,90± 0,480
Интенсивность потребления, мгO ₂ /г*час	0,009± 0,001	0,011± 0,001	0,106± 0,033	0,058± 0,031	0,380 ± 0,325	0,327± 0,203

Таблица 11. Сравнительная характеристика агглютинации и активной реакции гемолимфы длиннопалых раков *Pontastacus leptodactylus* разного пола (плотная посадка) в зависимости от температурного фактора

Показатели	16°C		21°C		23,5°C	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Время свертываемости, сек	3,8±0,29	3,5±0,71	2,5±0,71	2,7±0,41	3,5 ±0,71	3,3±0,41
рН гемолимфы, ед.	6,1±0,14	6,0±1,41	7,0±0,00	6,8±0,35	7,0±0,00	6,8±0,20

Наблюдаются различия у самцов и самок по общему числу гемоцитов. Так у самцов оно значительно выше, чем у самок (табл. 12).

Таблица 12. Влияние температуры на гемоцитарную формулу самцов и самок длиннопалых раков *Pontastacus leptodactylus* при плотной посадке

Показатели	16°C		21°C		23,5°C	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀
ОЧГ, ед./л	983,8± 259,53	652,5± 654,07	1135,0± 414,214	642,5± 166,17	652,5± 399,52	285,0± 64,90
Агранулоциты, %	31,3± 3,28	23,0± 15,56	42,0± 4,24	47,5± 9,19	23,5± 4,95	37,0± 1,87
Полугранулоциты, %	26,8±1,91	21,5±3,54	42,0±2,83	36,0± 16,97	23,0± 8,49	36,0± 10,03
Гранулоциты, %	32,8±6,95	50,5± 12,02	15,5±2,12	14,0± 5,66	42,5 ± 9,19	27,0± 11,11
Прозрачные клетки, %	9,3±3,31	5,0±0,00	0,5±0,71	2,5± 2,12	11,0 ± 5,68	0

С повышением температуры у самцов возрастает общее число гемоцитов,

а у самок наблюдается его снижение. При дальнейшем повышении температуры происходит снижение ОЧГ как у самок, так и у самцов.

Гемоцитарная формула мало отличалась у обоих полов, однако у самок при температуре 16°C преобладают гранулоциты.

Таким образом, для всех исследуемых видов речных раков характерно:

1. Понижение от оптимального значения температуры воды или воздуха (при транспортировке в обсушенном виде) приводит к понижению потребления раками кислорода; сдвигу в кислую сторону активной реакции их гемолимфы (рН); к повышению общего числа гемоцитов (ОЧГ); снижению процента полугранулоцитов и прозрачных гемоцитов, при росте процентного содержания гранулированных клеток в гемолимфе. Снижение прозрачных клеток наблюдается и при снижении температуры в условиях со сниженным содержанием кислорода в воде.

2. Повышение температуры воды (воздуха – при транспортировке в обсушенном виде) в условиях нормальной посадки приводит к понижению потребления кислорода речными раками, к повышению процентного числа прозрачных клеток в гемолимфе, а при плотной посадке наблюдается ускорение обменных процессов и активная реакция гемолимфы (рН) сдвигается в кислую сторону.

3. Повышение или понижение температуры воды от оптимального показателя в условиях нормальной посадки приводят к ускорению агглютинации («свертывания») гемолимфы.

4. При содержании раков, особенно длительном, в воде с пониженным содержанием кислорода замедляется его потребление, прослеживается тенденция в гемолимфе к повышению общего числа гемоцитов (ОЧГ), снижению полугранулоцитов за счет увеличения гранулированных и прозрачных клеток. Активная реакция гемолимфы (рН) при этом, независимо от длительности пребывания в данных условиях, сдвигается в щелочную сторону.

5. Снижение уровня кислорода, независимо от длительности, и изменение (повышенная, пониженная) температуры воды при нормальной посадке понижают потребление кислорода речными раками. При одновременном понижении содержания кислорода и температуры в воде повышается ОЧГ в гемолимфе, процент полугранулоцитов, количество прозрачных клеток, вероятно за счет снижения процента гранулированных.

6. При транспортировке речных раков в обсушенном виде прослеживается тенденция к повышению общего числа гемоцитов (ОЧГ) при повышенных (20°C) или пониженных (10°C) температурах. Температура окружающего воздуха при такой транспортировке оказывает влияние на физиологические показатели речных раков: при +10°C свертываемость (агглютинация) гемолимфы раков замедляется, повышается количество агранулоцитов при снижении полу-

гранулоцитов; при +20°C снижается процентное содержание агранулоцитов и полугранулоцитов, за счет увеличения гранулированных клеток, роста процентного содержания прозрачных клеток.

7. По-разному реагируют на изменения среды речные раки разного пола. На повышение температуры воды (+20°C) больше реагируют самки усилением обменных процессов, особенно потреблением кислорода. Более значительное повышение температуры приводит к снижению ОЧГ у раков обоих полов. В гемоцитарной формуле самок преобладает содержание гранулоцитов (при 16°C). Уровень и интенсивность потребления кислорода, скорость обмена, а также общее число гемоцитов в гемолимфе самцов выше, чем у самок.

8. Плотность посадки также влияет на физиологические показатели речных раков. Потребление кислорода широкопалым раком при низких и оптимальных температурах в условиях нормальной посадки выше, чем при плотной. При повышенных температурах наоборот: при нормальной потребности кислорода широкопалым раком ниже, чем при плотной посадке. В условиях *нормальной* посадки активная реакция гемолимфы речных раков более щелочная, ОЧГ выше, содержание прозрачных клеток ниже, в отличие от групп с *плотной* посадкой.

Имеются видовые различия физиологических реакций длиннопалого (*Pontastacus leptodactylus*) и широкопалого (*Astacus astacus*) речных раков. У *Pontastacus leptodactylus* рН гемолимфы более щелочная, общее число гемоцитов выше, по сравнению с *Astacus astacus*. У длиннопалых речных раков, как более теплолюбивых, содержание прозрачных гемоцитов в гемолимфе при понижении температуры увеличивается, а у широкопалых – понижается.

По результатам проведенной работы можно сделать вывод, что изменения температуры, снижение содержания кислорода в воде (разная экспозиция), увеличение плотности посадки оказывают значительное влияние на физиологические показатели речных раков обоих полов изучаемых видов. Изменения этих факторов среды не выходили за пределы пороговых значений. Наибольшее стрессовое воздействие происходит при одновременном действии перечисленных факторов. Имеются некоторые различия в адаптационной реакции речных раков на условия среды в зависимости от вида и пола. В основном они связаны с врожденными свойствами, приобретенными в ходе эволюции. Например, теплолюбивый длиннопалый рак обоих полов в большей степени реагирует на понижение температуры по многим показателям гемолимфы, чем широкопалый. Полученные данные позволяют контролировать физиологическое состояние речных раков при их разведении и выращивании с учетом видовых особенностей и половой принадлежности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Алякринская И.О. О буферных свойствах гемолимфы некоторых моллюсков. - М.: Зоологический журнал, 1972. -Т.11. -В.2. -С.189-196.
2. Кляшторин Л.В., Яржомбек А.А. Методика определения интенсивности дыхания рыб / В кн. Методика Морфофизиологического и биохимического исследования рыб. - М.:ВНИРО. -1972. -90 с.
3. Ковалёва Е., Ковалёв В. Почему болеют рыбы? - С-П.: Аквариум. -№5. - 2004. -5 с.
4. Максимов В.Н., Булгаков Н.Г., Левич А.П. Количественные методы экологического контроля: диагностика, нормирование, прогноз // Экология и устойчивое развитие города. - М., 2000. -С.79-83.
5. Мошаров А. Влияние температуры среды на рН. -М.:Аквариумистика, 2004.
6. Мусил Я., Новакова О., Кунц К. Современная биохимия в схемах.-М.:Мир, 1981. -216 с.
7. Тодоров Йордан. Клинические лабораторные исследования в педиатрии / Йордан Тодоров; пер. под ред. Г.Г.Газенко. -6-е рус. изд. София: Медицина и физкультура, 1968. - 1064 с.
8. Хомченко И. Г., Трифонов А. В., Разуваев Б. Н.. О воде и других электролитах.// «Современный аквариум и химия». -М.:Новая волна, 2002. -С.24.
9. Mazlum Yavuz - Effects of temperature on the survival and growth of two cambarid crayfish juveniles *Cambaridae*.- *Crustaceana*. - 2007. - 80, № 8. -С. 947- 954.
10. Mannonen A., Tulonen J., Erkamo E., Savolainen R 1998. The survival rate of the eggs of noble crayfish (*Astacus astacus*) and signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) at three different stocking temperatures.12-th International Symposium, August 3-9,1998 Augsburg/Germany(Abstracts).
11. Kiramoto T., Nakamura M. The effect of cooling on palpitation at Japanese lobster in vitro:[Pap.] 63rd Annu. Meet. Zool. Soc. Jap., Sendai, Oct. 7-9, 1992 11 Zool Sci. -1992. -9, № 6. -С.1217.
12. Nakamura M., Kuramoto T. The effect of cooling on palpitation at Japanese lobster in vivo. [Pap.] 63rd Annu. Meet. Zool. Soc. Jap., Sendai, Oct. 7-9, 1992 Zool. Sci. -1992. -9, № 6. - С.1216.
13. Newsom J. E.; Davis K. B. 1994. Osmotic responses of haemolymph in red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) and white river crayfish (*P. zonangulus*) to changes in temperature and salinity //Aquaculture. V.126. -P.373-381.
14. Li Hui Yu, Hong Sung Yun. The effect of temperature and salinity on survival and growth of *Crangon uritai* (Decapoda: Crangonidae) larvae reared in the laboratory. -Mar. Ecol. -2007. - 28, № 2. -С.288-295.
15. Zhang Shuo, Dong Shuanglin, mg Fang. The effect of temperature and body weight on carbon of shrimp *Penaeus chinensis* / Yingyong shengtai xuebao = Chin. J. Appl. Ecol. -30. -11. № 4. -С.615-617.
16. Wilkens, J. L. Revaluation of the assumption that frequency of cardiac beat crustaceous depends on [size]distension: Abstr. Annu. Meet. Amer. Soc, Zool. with Anim. Behav. Soc., Amer. Microsc. Soc, Can. Soc. Zool., Crustacean Soc, Int. Assoc. Astacol., Vancouver, Dec. 26-30, 1992.-Amer. Zool. -1992. -32, № 5. -С 69.

17. Zoo.City-Portal.ru [Электронный ресурс] Кислород, углекислый газ, сероводород, азот в воде. Зачем они нужны. /Аквариумы. Вода в аквариуме. - Москва, 2010.- Режим доступа: <http://Aquariumhome.narod.ru/d.html>

PHYSIOLOGICAL INDEX OF CRAYFISH DEPENDING ON TEMPERATURE AND THE OXYGEN CONTENT IN THE WATER ENVIRONMENT

© 2010 N.Ju.Korjagina

All-Russian Scientific Research Institute of Irrigational Fish Breeding
of the Russian Academy of Agricultural Sciences

In a result of the work it was established, that decrease of content of oxygen and change of temperature in water, and also their simultaneous influence, increase in density of landing influence considerably on physiological index of crayfish. There are some distinctions in adaptable reaction of crayfish to conditions of environment depending on their type and sex. The obtained data allows to control physiological condition of crayfish at their breeding and cultivation taking into account their specific features and sex.

Key words: crayfish, temperature, content of oxygen, the water environment, density of landing, physiological condition

Koryagina Natalia Juryevna, Candidate of Biology, Senior Researcher of the Laboratory of Cultivation of Crayfish. E-mail: LJB@flexuser.ru

УДК 639.3.053.7

РОЛЬ ФИТОПЛАНКТОНА В АГРОГИДРОБИОЦЕНОЗЕ

© 2010 А.С. Куликов, Е.Н. Куликова

Всероссийский научно-исследовательский институт ирригационного
рыбоводства Россельхозакадемии

В статье рассмотрены материалы по исследованию роли фитопланктона в агрогидробиоценозах. Показана роль фитопланктона в формировании продуктивности биоценозов.

Ключевые слова: фитопланктон, агрогидробиоценоз, трансформация органического вещества, пищевые цепи, рыба

Куликов Александр Сергеевич, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории культивирования высокоценных видов рыб

E-mail: LJB@flexuser.ru

Куликова Елена Николаевна, библиотекарь I категории. E-mail: LJB@flexuser.ru

Введение

В соответствии с концепцией и методологией изучения агрогидробиоценозов АГБЦ [49, 50] мы сформулировали цель: создать экологически безопасное и высокорентабельное сельскохозяйственное производство. Строительство