

ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕЧНЫХ РАКОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В ИСКУССТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Н.Ю. Корягина,
ГНУ ВНИИР (пос. Воровского, Московская область)

Аннотация. Рассмотрены физиологические особенности речных раков трех различных видов. Оценено влияние абиотических факторов на их физиологическое состояние.

Ключевые слова: речной рак, гемолимфа, гранулоцит, полугранулированные гемоциты.

PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTIC OF CRAYFISH AT THE CULTIVATION UNDER THE ARTIFICIAL CONDITIONS

N.Yu. Koryagina

Summary. In article features of freshwater crayfish of three species are considered physiologically. The assessment of influence of abiotic factors on the physiological status of crayfish is spent.

Keywords: freshwater crayfish, hemolymph, granulocyte, semigranular hematocytes.

Являясь ценным объектом промысла благодаря высоким качествам и питательности мяса, речной рак пользуется большим спросом как на внутреннем, так и на внешнем рынке России. Выращивание речного рака в рыболовецких хозяйствах позволяет повысить их продуктивность на 10–20 %. По оценкам экспертов, мировой объем производства раков составляет от 120 до 150 тыс. т. Основными поставщиками товарных раков являются США, Турция, Испания, Китай. В то же время Финляндия и Россия из основных экспортеров речных раков превратились в импортеров. В Российской Федерации промысел раков поставлен не на должный уровень, нет хорошо налаженного промысла раков, добыча происходит стихийно.

Чтобы повысить запасы речного рака в естественных водоемах, необходимо проведение биотехнических мероприятий в реках и водохранилищах, искусственное разведе-

ние в прудах. Технология искусственного разведения речных раков сдерживается недостаточным уровнем изученности биологии и адаптивных возможностей этих гидробионтов. Для ракообразных определены следующие стресс-факторы: колебания температуры, недостаток кислорода, плотность посадки и другие (Newsom J.E.; Davis K.B., 1994; Mannonen A. et al, 1998; Ковалева Е.С., Ковалев В.Б., 2004; Борисов Р.Р. и др., 2005; May H.Y., Mercier A.J., 2006; Москалюк Т.А., 2009). Эти факторы прежде всего вызывают изменения внутренней среды организма животных. Однако механизм воздействия этих факторов на организм речных раков остается неизученным. Пределы референтных значений констант гомеостаза раков не определены, не известны особенности метаболизма раков разных видов, не установлены показатели, позволяющие контролировать их физиологическое состояние, в целом не

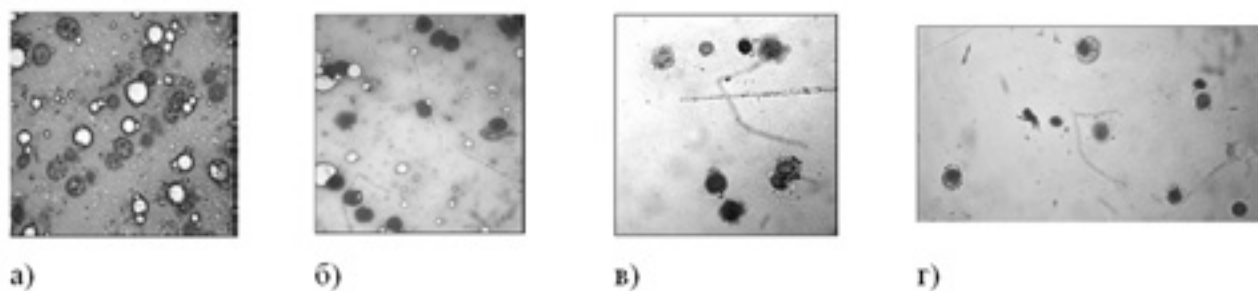


Рис. 1. Гемоциты рака: а) икры; б), в) личинки 2–3-й стадии; г) 10-я стадия

разработано понятие «физиологическая норма».

Согласно исследованиям отечественных авторов (Алякринская И.О., 1972; Житенева Л.Д. и др. 1989; Черкашина Н.Я., 1989; Александрова Е.Н. и др., 2004; 2005), объективным методом контроля физиологического состояния гидробионтов является общий и дифференциальный подсчет клеток гемолимфы. Биохимические показатели дополняют общую характеристику физиологического состояния речных раков (Huiqui C. et al, 2004).

Целью работы стало изучить влияние факторов среды на физиологическое состояние речных раков.

Материалы и методы исследования

Экспериментальная часть работы выполнена в период с 2006 по 2010 г. на базе ГНУ ВНИИР (пос. Воровского, Московская область) в рамках программы «Зоотехния» темы 06.01.02 и в условиях лаборатории кафедры физиологии и биохимии животных РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева.

В качестве объектов исследования использовались представители рода *Asiaais* *Fabrichts* – типичного широкопалого рака *Asiacus asiacus* и два вида понтичных раков (род *Pontastacus*) – типичного длиннопалого рака *Pontastacus leptodacryhts* и сухопалого рака *Pomasiacus* (Фомичев Н.И., 1986; Старобогатов Л.И., 1995), отличающихся рядом

биологических характеристик, из водоемов бассейна р. Великой Псковской области и теплых озер Электрогорска Московской области.

Физиология речных раков в онтогенезе изучалась на животных обоего пола: личинках (7–10 стадии), годовиках и взрослых особях (3–4 года).

Раки содержались в аэрируемых аквариумах объемом 54, 80 и 180 л, с оборотной водоочисткой. В качестве корма ракам в аквариумах давали хиронамиду (мотыля). Освещение – естественное и искусственное.

Условным контролем служили раки, с нормальной плотностью посадки, температурой воды $-18 - +20$ °С и содержанием кислорода в воде 8,8–10,0 мг/л.

Результаты исследований

и их обсуждение

Физиологические особенности речных раков

Личинка раков от выхода из икры до года проходит ряд преобразований. Не дифференцированные гемоциты у икры и личинок 1–3-й стадии к 10-й стадии имеют полную дифференцировку (рис. 1). В процессе онтогенеза наблюдалась тенденция к повышению в 1,4 раза общего числа гемоцитов у половозрелых 3–4-годовалых особей по сравнению с личинкой, рост доли содержания гранулоцитов: у взрослых 32,1 %, у годовиков – 19,4 % ($P < 0,05$).

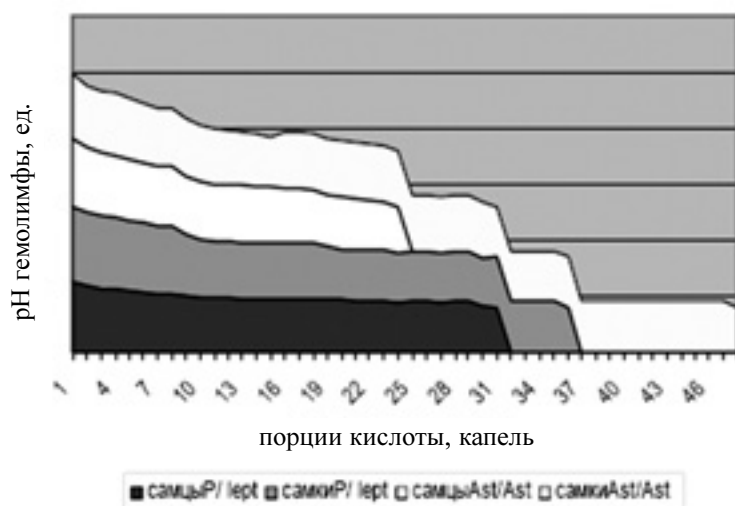


Рис. 2. Сравнительная оценка буферных свойств гемолимфы самцов и самок длиннопалого и широкопалого речных раков

Прозрачных клеток на личиночных стадиях было значительно больше (14,3 %), чем у других возрастных групп (1,4–3,4 %).

При исследовании гемолимфы широкопалого и длиннопалого речных раков обоих полов разных размеров прослеживалась прямая корреляция между размерными показателями и общим числом гемоцитов ($r = +0,78$), а также весовыми показателями и ОЧГ ($r = + 0,80$).

В ходе физиологических исследований было установлено, что рН гемолимфы самок (5,5–5,9) смещена в кислую сторону по сравнению с самцами (6,5). Интенсивность потребления кислорода самцами в 1,6 раза выше, чем самками. Однако с повышением температуры воды самки быстрее отвечают усилением кислородного обмена на 60 %. При оптимальных условиях содержания ОЧГ в гемолимфе самцов выше, чем у самок. Буферные свойства гемолимфы самок, особенно широкопалого рака, выше, чем у самцов (рис. 2).

При проведении биохимических исследований гемолимфы половозрелых самцов

и самок установлено, что содержание глюкозы в гемолимфе самцов (2,16 ммоль/л) достоверно ($P < 0,05$) находилось на гораздо более высоком уровне, чем у самок (0,50 ммоль/л). У самцов имелась тенденция к более высокому содержанию лактата в гемолимфе (62,7 мг/дл против 48,4 мг/дл), а у самок – триглицеридов (24,5 мг/дл, у самцов 9,4 мг/дл) и активности АЛТ (54,2 U/L, у самцов – 42,7).

Прослеживается достоверная прямая корреляция между содержанием в гемолимфе альбуминов и полугранулоцитов как у самцов ($r = +0,64$), так и у самок ($r = -0,75$); у самцов – полугранулоцитов с общим белком ($r = -0,79$) и активностью АЛТ ($r = +0,71$); у самок – активностью щелочной фосфатазы и количеством гранулоцитов ($r = +0,95$).

Изучение видовых особенностей речных раков показало, что гемоциты разных видов раков различаются внешне (рис. 3).

Сравнительная характеристика физиологических показателей трех видов раков указала на существенные межвидовые различия.

Для сухопалого рака характерна высокая скорость агглютинации гемолимфы (средняя 3,0 сек.), высокое общее число гемоцитов (1232), сравнительно низкое содержание полугранулированных клеток в гемолимфе (17,3 %).

У *Pomastacus leptodactylus* рН гемолимфы сдвинуты в щелочную сторону (6,5 против 5,9), выше общее число гемоцитов (911 шт./мкл), содержание альбумина (10,3 г/дл) и меди (322,0 мкг/дл), повышенная фагоцитарная активность по сравнению с широкопалым.

При понижении температуры воды у речных раков по-разному изменялось содер-

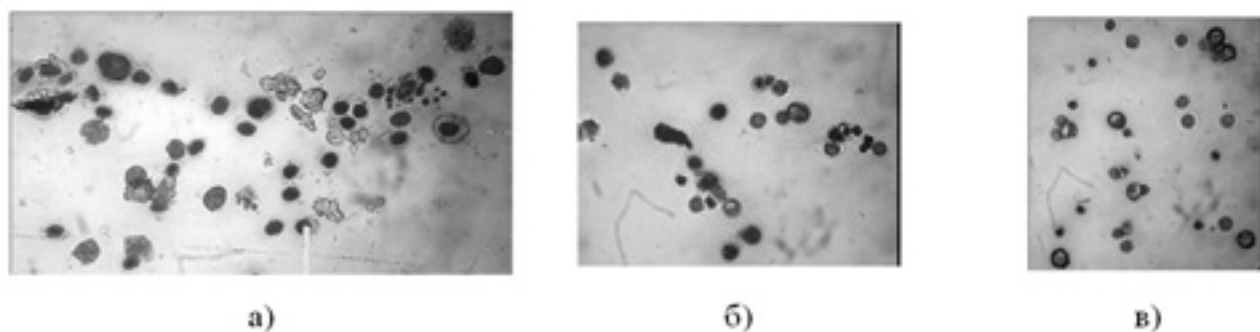


Рис. 3. Гемоциты речного рака, окрашенные по методу Паптенгейма: а) – сухопалого, б) – широкопалого, в) – длиннопалого

жание прозрачных клеток в гемолимфе: у длиннопалых увеличивалось, а у широкопалых – понижалось.

У широкопалого рака рН гемолимфы ниже, чем у *Pomastacus lepidodactylus*. При этом у этого вида зафиксирован более высокий уровень глюкозы в гемолимфе (2,63 ммоль/л) и пониженная активность ЩФ (< 20,0 U/L). Гемолимфа *Astacus astacus* обладает лучшими буферными свойствами (табл. 2) по сравнению с понтическими (*Pomastacus*) речными раками.

При определении фагоцитарной активности установлено, что катионный белок присутствовал в агранулоцитах, полугранулоцитах и даже иногда в небольшом количестве в прозрачных клетках речных раков.

Влияние абиотических факторов на интерьерные показатели

Нами было изучено влияние различных факторов на физиологическое состояние разных видов раков, в том числе температура воды и воздуха, концентрации кислорода и др.

Понижение температуры воды или воздуха приводило к понижению потребления раками кислорода в 1,7 раза, смещению рН гемолимфы на 7 % в кислую сторону, повышению ОЧГ: у широкопалых на 36 %, длиннопалых – примерно в 2 раза. Снижалась доля фагоцитирующих полугранулоцитов на 33–44 %. При этом возрастало содержание прозрачных клеток на 4–5 %.

Повышение температуры воды или воздуха (при транспортировке в обсушенном виде) в условиях нормальной посадки приводило к понижению потребления кислорода широкопалыми речными раками на

Таблица 2
Показатели буферной емкости и активной реакции гемолимфы разнополых широкопалых и длиннопалых раков в оптимальных условиях содержания

Показатели	<i>Pomastacus leptodactylus</i>		<i>Astacus asxacus</i>		P*
	♂	♀	♂	♀	
рН, ед.	6,8±0,12 6,5–7,0	6,8±0,35 6,5–7,0	6,2±0,41 5,5–6,5	5,5±0,24 5,0–6,5	< 0,05
Буферная емкость (кислотная)	9,8±0,65 7,6–12,0	12,2±3,11 10,0–14,4	12,3±2,04 9,6–15,3	17,0±9,90 10,0–24,0	> 0,05

24–27 %, длиннопалыми – на 15 %. При высокой плотности посадки интенсивность потребления кислорода раками обоих видов возрастала на 6–12 %, а скорость обмена увеличивалась в несколько раз. рН гемолимфы сдвигалась в кислую сторону. Доля гранулоцитов повышалась в среднем на 10 %, а прозрачных клеток – в 1,2 раза независимо от вида и пола. Изменения температуры среды обитания вызывали повышение скорости агглютинации гемолимфы в среднем на 20 %.

При транспортировке в обсушенном виде раков *Pomastacus leptodactylus*, установлено, что охлаждение воздуха в емкости, где содержались раки, вызывало замедление агглютинации в 1,7 раза.

При этом в гемолимфе повышалось количество агранулоцитов на 10 % при снижении доли полугранулоцитов в 1,5 раза. При транспортировке раков этого вида при повышенных температурах воздуха рН гемолимфы сдвигалось на 10 % в кислую сторону и наблюдалось сокращение количества агранулоцитов на 12 % и полугранулоцитов на 23 %, при одновременном повышении доли гранулированных на 22 % и прозрачных клеток в 17 раз.

При сухой транспортировке раков в гемолимфе животных прослеживается тенденция к повышению общего числа гемоцитов на 30–45 %.

Изучение влияние концентрации кислорода в воде на физиологию раков показало, что содержание раков, особенно длительное, в воде с пониженным содержанием кислорода вызывает снижение его потребления в среднем на 70 %. В этих условиях доля полугранулированных гемоцитов гемолимфы у широкопалых и длиннопалых раков сокращалась в 1,4–1,7 раза (рис. 4). На уровне

тенденции увеличивалось количество прозрачных гемоцитов как у широкопалых, так и у длиннопалых раков на 30–70 %.

При одновременном снижении в жизненной среде уровня кислорода и температуры у широкопалых раков падала интенсивность потребления кислорода, повышалось на 19 % общее число гемоцитов. Доля полугранулоцитов в гемолимфе этих раков повышалась на 27 % при снижении количества гранулоцитов на 13 %.

Учитывая, что лимитирующим фактором для гидробионтов является не только содержание кислорода, но и ряда биогенных веществ, была проведена оценка зависимости между содержанием кальция в воде и физиологическим состоянием разных видов рака.

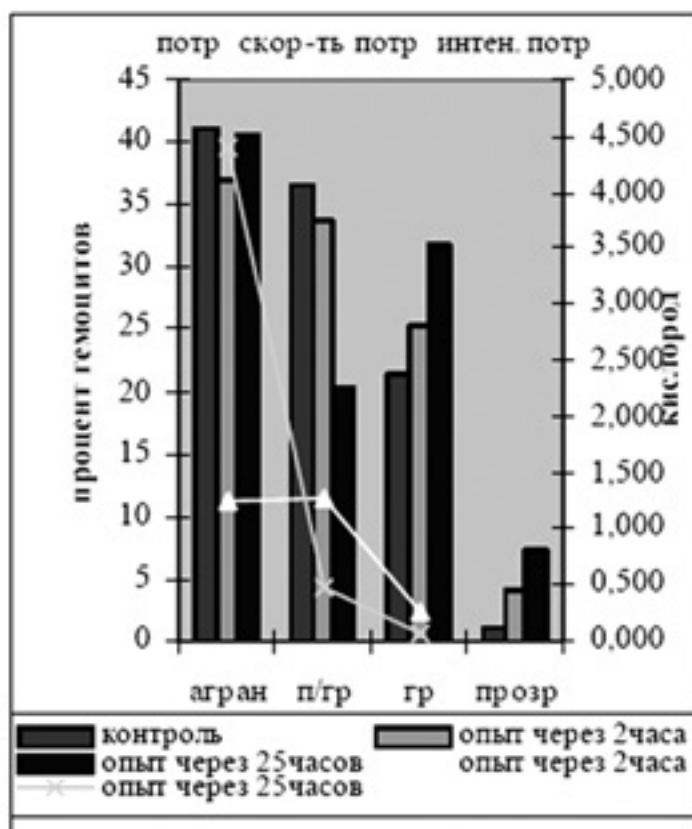


Рис. 4. Изменение потребления кислорода и гемоформулы длиннопалого рака при длительном содержании в воде с недостатком O₂

Понижение до 56 мг/л концентрации кальция в воде провоцировало синхронную линьку у длиннопалого речного рака, понижение ОЧГ в гемолимфе почти в 2 раза. У широкопалого рака в воде с низкой концентрацией кальция изменялась направленность морфогенеза, в частности снижалось значение морфометрического индекса (длина клешни в отношении к длине карапакса). Прослеживалась тенденция к увеличению процентного содержания агранулоцитов на 10 % и доли прозрачных клеток, снижению в 1,2–1,4 раза количества гранулоцитов у обоих видов раков.

Повышение содержания кальция в воде до 122–164 мг/л сопровождалось ростом на 3–5 % морфометрического индекса. Буферная емкость гемолимфы широкопалых раков снижалась, а у длиннопалых повышалась. Отмечался более низкий уровень альбуминов (3,1 г/дл) по сравнению с контролем (9 г/дл). В этих условиях снижалось содержание железа в гемолимфе до 25,3 мкг/дл и на треть замедлялась агглютинация гемолимфы.

Однако как при низкой концентрации кальция в воде, так и при ее повышенных значениях у всех речных раков прослеживается тенденция усиления фагоцитарной активности по НСТ-тесту. Например, у *Astacus astacus* при повышенном уровне кальция в воде НСТ при индуцировании зимозаном составил $2,52 \pm 0,063$ против $2,22 \pm 0,085$ контрольной группы ($P < 0,05$).

Накопление в водной среде соединений азота отрицательно воздействовало на речных раков. В опытной группе наблюдалась гибель 60 % особей, в то время как в контроле ни один рак не погиб.

У раков, находящихся в воде с повышенным содержанием нитритов, рН гемолимфы смещался в щелочную сторону (с 7,0 до 7,9). Достоверно по сравнению с контрольной группой снижалась доля гранулоцитов на 21,5 % при параллельном росте количества

агранулоцитов с 25,8 до 39,8 % и прозрачных клеток с 7,0 до 14,0 %.

Выводы:

1. Существуют межвидовые различия у раков *Poniaswais Salemts*, *Pontastaaa leptodactylus*, *Astaaais asiaais* по составу и свойствам гемолимфы. Так, у сухопалого речного рака выявлены наиболее высокая скорость агглютинации (среднее 3,0 с.), высокое ОЧГ (среднее 1232), низкое содержание полугранулированных гемоцитов (17,3 %). У этого же вида обнаружена повышенная фагоцитарная активность клеточных элементов гемолимфы по сравнению с широкопалым раком. Гемолимфа широкопалого рака обладает высокими буферными свойствами, высоким содержанием глюкозы (2,63 ммоль/л), самым низким значением рН (5,5–5,9) и активности щелочной фосфатазы (20U.L при 37 °С).

2. На протяжении онтогенеза речных раков наблюдались закономерные изменения в составе гемолимфы: повышалось ОЧГ, возрастало количество гранулоцитов. Доля прозрачных клеток уменьшалась с 14,3 % у личинок до 3,4 % у взрослых особей. Перед гибелью раков повышается ОЧГ, понижаются количество полугранулоцитов и буферная емкость гемолимфы.

3. Раки чувствительны к температуре среды и реагируют:

– на снижение температуры воды или воздуха понижением потребления кислорода (30–40 %), сдвигом в кислую сторону активной реакции гемолимфы, повышением ОЧГ (в 1,5 раза), снижением количества полугранулированных гемоцитов (на 33–44 %) и прозрачных, ростом числа гранулированных клеток:

– на повышение температуры среды обитания при нормальной посадке снижением потребления кислорода (в среднем на 22 %), ростом доли гранулоцитов (30–40 %), а при плотной посадке повышением потребления кислорода на 6–12 %;

– на любые изменения температуры среды повышением скорости агглютинации гемолимфы.

4. Снижение уровня кислорода в воде приводит к понижению его потребления раками на 70 %, к повышению доли гранулоцитов на 11 % в гемолимфе и прозрачных клеток на 50 %. При этом рН гемолимфы сдвигается в щелочную сторону. При одновременном понижении концентрации кислорода и температуры воды у речных раков в гемолимфе повышается ОЧГ удельный вес полугранулоцитов и прозрачных клеток на фоне снижения доли гранулоцитов.

5. Концентрация кальция в воде выступает существенным абиотическим фактором. При изменениях концентрации кальция в воде рН гемолимфы раков сдвигается в щелочную сторону, замедляется агглютинация гемолимфы, снижается ОЧГ содержание агранулоцитов, альбуминов и железа. Изменение концентрации кальция в воде:

– снижение до 56 мг/л провоцирует линьку у длиннопалого речного рака и приводит к снижению морфометрического индекса у широкопалого рака;

– повышение сопровождается ростом морфометрического индекса, а следовательно, и продуктивности, на 3–5 %.

Литература

1. *Soderhall K., Johansson M.W. and Smith V.J. Internal Defence Mechanisms. Freshwater crayfish // Biology, management and exploitation, edited by D.M Holdich and R.S. Lowery. – 1988. – P. 213–235.*

2. *Алякринская И.О. Гемоглобины и гемоцианины беспозвоночных: (Биохимические адаптации к условиям среды). Бесполое размножение, соматический эмбриогенез и регенерация: [сб. ст.]. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1972. – 317 с.*

3. *Пронина Г.И., Корягина Н.Ю., Ревакин А.О. Сравнительная оценка речных раков разных видов по биохимическим и гематологическим показателям // Известия Оренбургского государственного аграрного университета – № 4. – 2009. – С. 186–189.*

4. *Старобогатов Я.И. Высшие раки. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. – Т. 2. – СПб., 1995. – С. 174–187.*

5. *Фомичев Н.И. Речной рак: методы исслед. – Л.: Наука, Ленингр. отд-ние, 1986. – 93 с.*

КОРОТКО О ВАЖНОМ

МИРОВОЕ РЫБОЛОВСТВО НЕ ЗАМЕДЛИТ ТЕМПОВ РАЗВИТИЯ

По прогнозам аналитиков, к 2015 г. общемировое производство рыбной продукции рыболовной отраслью и аквакультурой составит 137,8 млн т.

Рыба является основным источником протеина почти для 1 млрд людей на планете, особенно в развивающихся странах. Согласно данным, приведенным в новом докладе «Коммерческое рыболовство: глобальный обзор» аналитической компании GIA, наиболее быстрыми темпами рост показателей будет происходить в секторе аквакультуры.

Однако и компании, занятые промышленным рыболовством, также будут неуклонно наращивать объемы вылова. В этом плане особую роль будет играть Тихий океан, причем как его северная, так и южная часть. В докладе дается развернутый анализ рыночных тенденций, статистических данных как общемирового масштаба, так и по рынкам отдельных стран.