

# Формирование окраски и товарный вид гигантской пресноводной креветки *Macrobrachium rosenbergii*

Канд. биол. наук **Р.Р. Борисов**;

**Д.С. Печёнкин**;

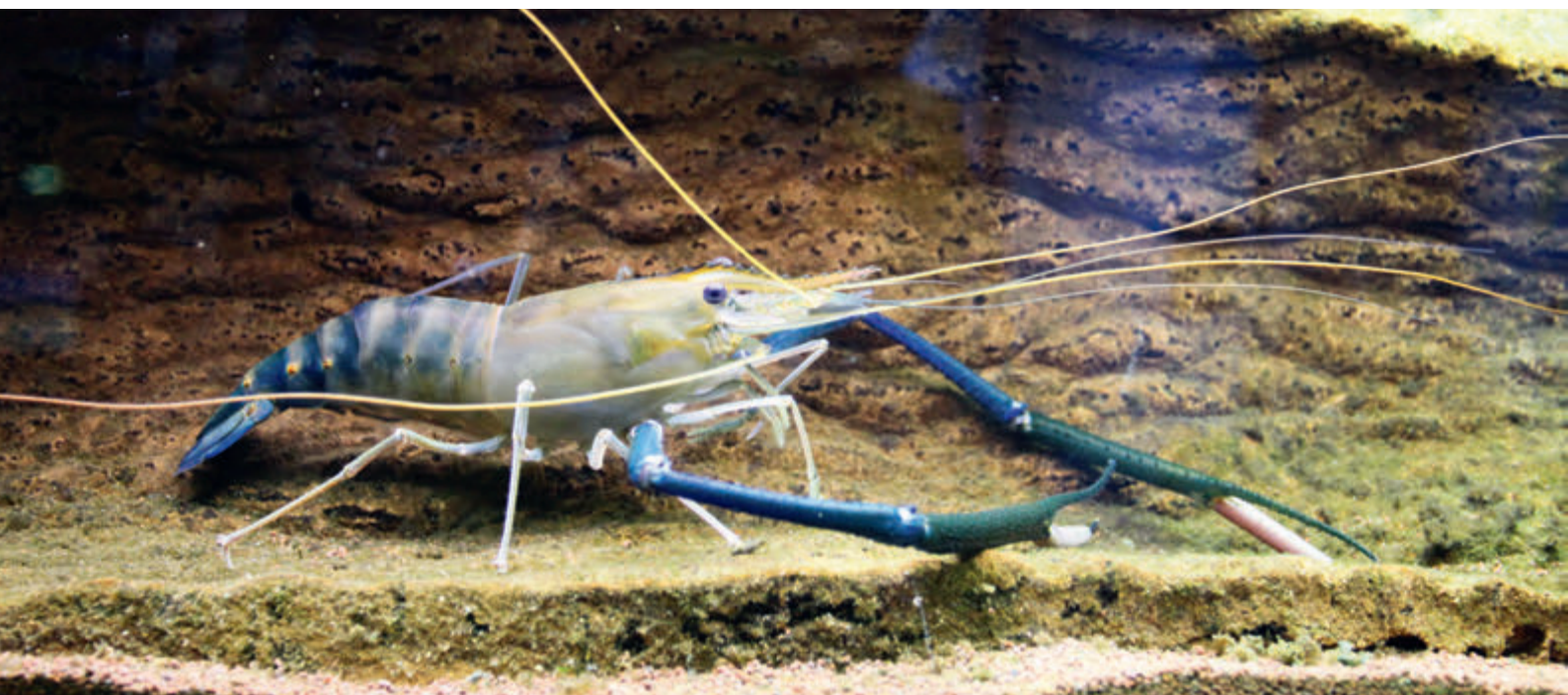
д-р биол. наук **Н.П. Ковачева** – Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва)

@ borisovrr@mail.ru; pechenkinds@gmail.com; kovatcheva@vniro.ru

**Ключевые слова:** окраска, гигантская пресноводная креветка, *Macrobrachium rosenbergii*, аквакультура, хроматофоры, астаксантин



Представленные в работе данные показывают, что у гигантской пресноводной креветки *Macrobrachium rosenbergii* изменение окраски, в соответствии с условиями окружающей среды, является многоплановым процессом, включающим в себя перераспределение пигментов в нескольких типах хроматофоров, формирование каротино-протеинового комплекса астаксантина и белка крустоцианина в клетках гиподермы и кутикуле. Предполагается, что красные хроматофоры участвуют в изменении окраски не только за счет перераспределения пигмента в своих отростках. По-видимому, они также выполняют функцию депо астаксантина для клеток гиподермы, где соединяется с крустоцианином, придавая особи синюю и зеленовато-синюю окраску. Основными факторами внешней среды, оказывающими влияние на окраску особей при их содержании в искусственных условиях, являются цвет дна и интенсивность освещения. Использование для культивирования емкостей черного цвета при ярком освещении позволяет получать особей с интенсивной темной окраской, что обеспечивает после варки яркий насыщенно-красный цвет товарной продукции.



Окраска креветок в основном зависит от наличия пигментов каротиноидов – преимущественно астаксантина. Астаксантин имеет красный цвет и присутствует в организме креветок в «свободной» (неэтерифицированной) или этерифицированной (в виде моно- или диэфира) формах [14]. Однако чаще всего

живые особи окрашены в зеленоватые и синеватые оттенки. Такая окраска обусловлена взаимодействием белка крустоцианина и свободного астаксантина. Образующийся в результате их взаимодействия каротино-протеиновый комплекс определяет различные варианты зеленой и синей окраски у десятиногих

ракообразных [15]. При термической обработке или дегидратации происходит разрушение данного комплекса [4; 7]. Высвободившийся астаксантин имеет ярко-красный цвет, что и является причиной изменения цвета раков и креветок в процессе варки.

Окраска тела играет важную роль в жизни креветок, позволяя им скрываться от хищников и охотиться из засады. Она обеспечивает защиту от воздействия ультрафиолета, несёт важную информацию при выборе полового партнёра и внутригрупповых взаимодействиях.

Эффективность покровительственной окраски зависит от ее соответствия условиям среды обитания. Однако эти условия непостоянны и могут меняться с течением времени или при перемещении особи из одного биотопа в другой. Таким образом, у гидробионтов возникает необходимость в корректировке окраски. У некоторых видов пенеидных креветок [14; 9; 15; 5] отмечена способность менять интенсивность окраски. Изменение окраски у ракообразных регулируется гормонами, в синтезе которых принимает участие синусовая железа, находящаяся в глазном стебельке [Rao, 1985; Rao, 2001]. На деятельность этой железы, в свою очередь, оказывает влияние информация, получаемая органами зрения.

Ракообразные не способны сами вырабатывать астаксантин и получают его с кормом [8; 13]. Несмотря на это, проведённые исследования, у выращиваемых в аквакультуре креветок *Penaeus monodon* и *Litopenaeus vannamei*, показали, что окраска особей определяется не столько количеством, поступающего с кормом, астаксантина, сколько условиями содержания, в том числе важное значение имеет цвет дна емкостей, в которых содержатся креветки [14; 9; 15].

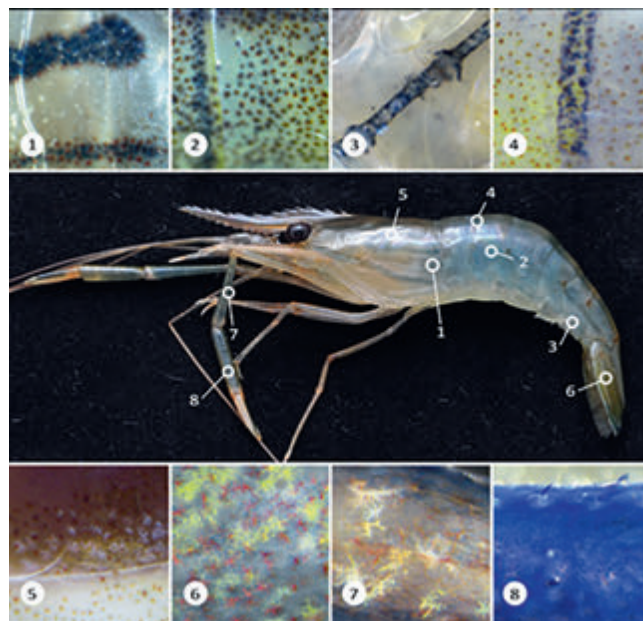
Интенсивность окраски как живых особей, так и продукции после термической обработки во многом определяет пищевую привлекательность продукта. То есть особи, имеющие темную, яркую, насыщенную окраску более востребованы потребителем. Для аквакультуры в этой связи важным является использование естественных механизмов формирования окраски, а исследование этих процессов приобретает существенное практическое значение.

Гигантская пресноводная креветка *Macrobrachium rosenbergii* – важный объект аквакультуры [1], но исследований процессов формирования окраски у этого вида не проводилось. Данное исследование направлено на расширение имеющихся знаний о формировании окраски у десятиногих ракообразных, а также на создание рекомендаций предпринимателям, занимающимся культивированием ракообразных.

### | Материал и методы |

Работы выполнены на особях гигантской пресноводной креветки в возрасте 5-8 мес. в аквариальной лаборатории мариккультуры беспозвоночных ФГБНУ «ВНИРО». Исследования морфологических структур, участвующих в формировании окраски, проводили с использованием стереомикроскопа Nikon SMZ18 (диапазон увеличения 4,5-300), оснащённого цифровой фотокамерой DS Fi2.

Для выявления основных факторов, оказывающих влияние на естественную окраску и интенсивность красного цвета у гигантской пресноводной



**Рисунок 1. Разнообразие морфологических структур, отвечающих за формирование окраски тела креветки *Macrobrachium rosenbergii*:**

1 – окрашенные в синий цвет участки гиподермы и красные хроматофоры на карапаксе; 2 – красные хроматофоры и окрашенные в синий цвет участки гиподермы на абдомене; 3 – окрашенная в синий цвет нервная цепочка; 4 – окрашенный в синий цвет кишечник; 5 – белые хроматофоры на поверхности желудка; 6 – желтые и красные хроматофоры на уропоре; 7 – желтые, белые и красные хроматофоры на втором переопоре; 8 – окрашенная кутикула второго переопора

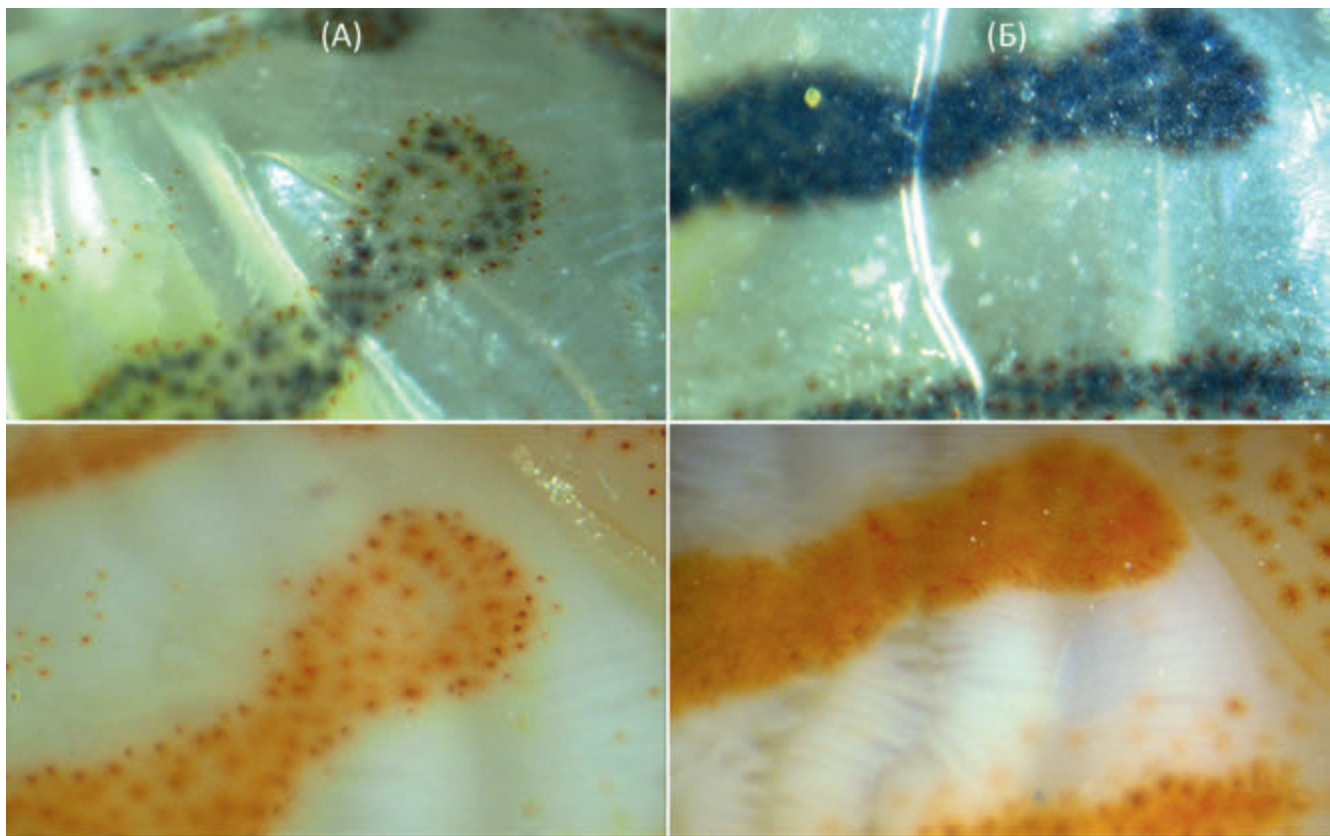
креветки после термической обработки, выполнено три эксперимента.

Влияние цвета емкости на окраску креветок. Первоначально в процессе выращивания креветки содержались в выростных емкостях синего цвета. Из них по 15 особей высадили в черную и белую емкости. Продолжительность эксперимента составила 40 суток. Всех особей в начале и в конце эксперимента сфотографировали. Кроме того, выборку по 5 особей из каждого варианта эксперимента сварили и также сфотографировали.

Влияние освещённости на окраску креветок. Из выростных емкостей высадили по 12 особей в две черные емкости. Одну из емкостей дополнительно закрыли черной полиэтиленовой пленкой, снизив освещённость с 200 до 1 лк. Продолжительность эксперимента составила 14 суток. Всех особей в начале и в конце эксперимента сфотографировали.

Исследование динамики изменения окраски креветок. Особей, содержащихся в черной емкости (7 экз.), высадили в белую емкость, а особей из белой емкости (7 экз.) – в черную. В качестве контроля использовали по 7 особей, оставшихся в черной и белой емкостях. Особей сфотографировали на первые, вторые, пятые и десятые сутки эксперимента. На пятые и десятые сутки эксперимента из каждого варианта сварено по две особи. Морфологические различия между особями позволили идентифицировать каждую особь на протя-





**Рисунок 2. Участок карапакса с красными хроматофорами и участками гиподермы, окрашенными в синий цвет, до и после термической обработки: А – особь из белой емкости; Б – особь из черной емкости**

жении всего эксперимента. Это дало возможность проследить изменение окраски у каждой особи.

В качестве корма использовали сухой комбикорм TetraWaferMix (Tetra, Германия) и живых или замороженных личинок хирономид. Кормление креветок во всех экспериментах проводилось один раз в сутки по одинаковой схеме. Освещение включалось на 10-12 часов в сутки.

Фотографирование особей осуществляли с помощью цифровой камеры Nikon D90. Оценку изменений в окраске проводили в программе Adobe Photoshop CS6. Для всех фотографий выполнили коррекцию цвета, после чего на спинной части второго сегмента абдомена в цветовом пространстве Lab измерили показатели, характеризующие окраску особи. Сходная методика оценки цвета особей с использованием цветового пространства CIE Lab (CIE  $L^*a^*b^*$ ) применялась при изучении креветок *Penaeus monodon* [15], *Litopenaeus vannamei* [9] и омара *American lobsters* [12].

В цветовом пространстве Lab координатой L задана светлота (изменяется от 0 до 100, то есть от самого темного до самого светлого), а хроматическая составляющая – двумя декартовыми координатами а и b. Первая обозначает положение цвета в диапазоне от зеленого до красного, вторая – от синего до желтого. В нашем исследовании показатель L лучше всего характеризовал изменения в интенсивности окраски особей, значения хроматической составляющей менялись не столь существенно. Чем интенсивнее (темнее) окрашена особь, тем ниже значения показателя. После термической обработки интерпретация пока-

зателя менялась на противоположную, чем интенсивнее (ярче, краснее) окраска особи после варки, тем выше были показатели L.

Статистическую обработку данных проводили в программе Statistica 6.0 (StatSoft Inc.). Для определения достоверности различий в окраске особей в первом и втором эксперименте использовали t-критерий Стьюдента, а в третьем – непараметрический критерий Вилкоксона для двух связанных групп и непараметрический U-критерий Манна-Уитни. Статистически значимым уровнем различий считали  $p < 0,05$ .

### | Результаты и обсуждение |

#### **Исследование морфологических структур, участвующих в формировании окраски тела креветок.**

Молодь гигантской пресноводной креветки имеет почти прозрачную кутикулу, что делает её удобным объектом для наблюдения. Проведённые исследования показали наличие большого разнообразия морфологических структур, отвечающих за формирование окраски тела креветок (рис. 1).

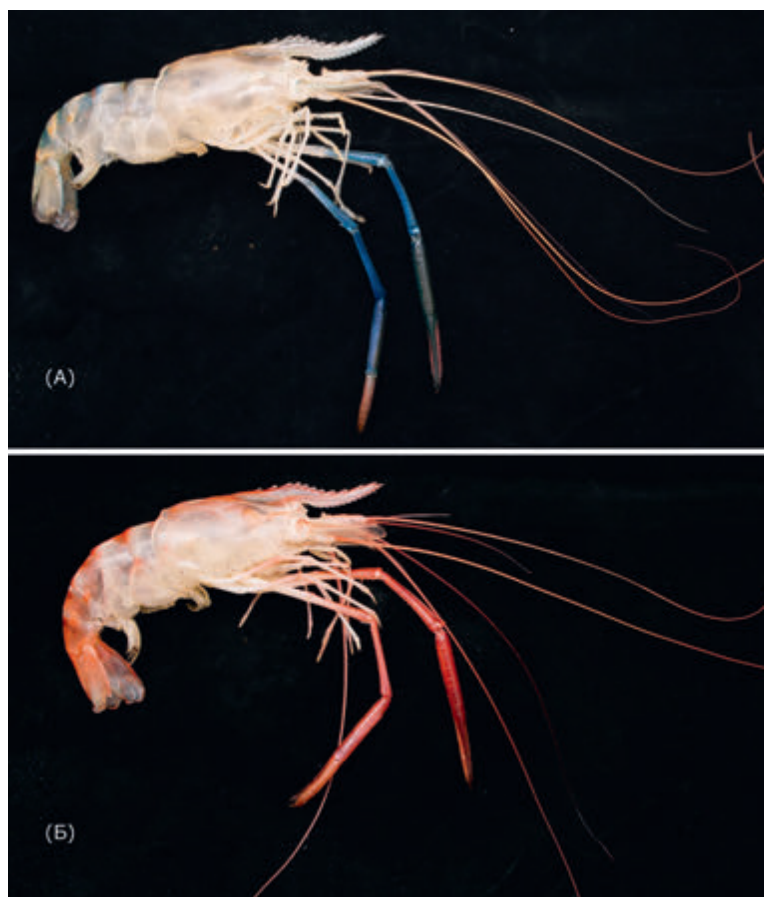
**Красные хроматофоры.** Это наиболее многочисленный тип хроматофоров. Красные хроматофоры располагаются в гиподерме по всей поверхности абдомена и на значительной части поверхности карапакса и конечностей (рис. 1). Красную окраску хроматофоров обеспечивает пигмент астаксантин [3; 13]. Пигмент может быть сконцентрирован в центре или распределён по сложной сети тончайших отростков хроматофора, в зависимости от освещённости и цвета окружающего

пространства. Перераспределение пигмента в хроматофоре происходит достаточно быстро и зависит от интенсивности изменения внешних условий. Первые изменения в распределении пигмента в хроматофорах становятся заметны уже через несколько минут после изменения цвета емкости или интенсивности освещения, а для полного «раскрытия» или «сжатия» хроматофоров может потребоваться несколько часов. После термической обработки форма и цвет хроматофоров остаются неизменными (рис. 2).

*Клетки гиподермы, окрашивающиеся в синий цвет.* Именно интенсивность окраски участков гиподермы в синий цвет является основным фактором, формирующим окраску особи, особенно на темном фоне. Локализация участков гиподермы, которые могут окрашиваться в синий цвет, чаще всего совпадает с расположением красных хроматофоров (рис. 1.1). После термической обработки эти участки становятся ярко-красными (рис. 2). Это свидетельствует, что их окраску обеспечивает каротино-протеиновый комплекс белка крустацианина и свободного незэтерифицированного астаксантина, который высвобождается при нагреве и дает красную окраску. Клетки гиподермы могут изменять свою окраску, становясь из полупрозрачных синими и наоборот.

*Синий цвет участков кутикулы.* В этом случае окраска формируется за счет пигментов, расположенных в кутикуле. Этот тип формирования окраски наиболее ярко выражен на второй паре клешней (рис. 1.8). После варки синие участки кутикулы краснеют. Это свидетельствует, что их окраска обеспечивается присутствием комплекса крустацианина и астаксантина. В местах интенсивной окраски, например, на клешнях, кутикула становится непрозрачной. Клетки гиподермы, расположенные под окрашенными участками кутикулы, также окрашены. Вклад этого механизма в формирование окраски особи постепенно увеличивается с возрастом. Ранняя молодь имеет практически прозрачную кутикулу, тогда как у взрослых особей многие элементы окраски формируются за счет располагающихся в кутикуле пигментов. Окраска участков кутикулы сохраняется на личном экзувии (рис. 3). Из-за своей локализации данный вид окраски практически не может изменяться в короткие промежутки. Но при длительном содержании особей на белом или черном фоне, их окраска может меняться после линьки в результате изменения интенсивности окраски новых покровов.

*Окраска кишечника и брюшной нервной цепочки.* Даже у находящихся в белой емкости почти прозрачных особей сквозь покровы просвечивают, окрашенные в темно-синий цвет, брюшная нервная цепочка (рис. 1.3) и кишечник (рис. 1.4). Таким образом, их окраска не зависит от цвета емкости, но, возможно, ее интенсивность может быть связана с интенсивностью освещения. Формируют окраску клетки, сходные по форме с хроматофорами. После термической обработки окрашенные участки становятся красными. Это свидетельствует, что их окраска обеспечивается присутствием комплекса крустацианина и астаксантина. Сходные отдельные окрашенные в синий цвет включения могут наблюдаться у некоторых особей в мышечной ткани. По-видимому, основная функция этой окраски – защита наиболее уязвимых внутрен-



**Рисунок 3.** Окраска личиночного экзувия взрослой особи креветки *Macrobrachium rosenbergii* до (А) и после термической обработки (Б)

них органов от воздействия ультрафиолета. Известно, что меланофоры и гуанофоры у личинок рыб защищают нервную систему и внутренние органы от воздействия ультрафиолета [2], многие ракообразные для защиты используют хроматофоры с различными пигментами, в том числе комплекс крустацианина и астаксантина [13; 6].

*Желтые и белые хроматофоры.* Хроматофоры содержат отражающее свет вещество желтого (рис. 1.6) или белого цвета (рис. 1.5). В ответ на яркое освещение пигмент перераспределяется по многочисленным отросткам хроматофора, а в темноте происходит концентрация пигмента. Наиболее вероятно,



**Рисунок 4.** Молодь креветки *Macrobrachium rosenbergii* до и после термической обработки: А – из черной емкости; Б – из белой емкости





**Рисунок 5. Изменение окраски особей при перемещении: А – из белой в черную емкость; Б – из черной в белую емкость**

что в качестве пигмента в клетках находится птерин – пигмент, характерный для ракообразных [3]. Большое количество желтых хроматофоров у креветок располагается на уropодах. Белые хроматофоры видны сквозь прозрачные покровы на поверхности желудка особи. На конечностях встречаются одновременно оба типа хроматофоров (рис. 1.7).

Наибольший вклад в изменение окраски у молоди гигантской пресноводной креветки вносят клетки

гиподермы, способные окрашиваться в синий цвет. Молодые особи креветки, содержащиеся в белых емкостях, практически не имели окрашенных участков гиподермы, а пигментные гранулы в красных звездчатых хроматофорах были сконцентрированы в центре (рис. 2.1). После помещения особи в емкость черного цвета при ярком освещении наблюдалось перераспределение пигмента в хроматофорах и постепенное окрашивание клеток гиподермы

в районе хроматофоров (рис. 2.2). При помещении креветки на белый фон наблюдалась обратная картина. Проведенные исследования концентрации различных форм астаксантина у креветки *Penaeus monodon*, в зависимости от цвета дна емкости [14], показали, что у креветок, содержащихся на разных цветных подложках, при одинаковом кормлении, общее количество астаксантина остается практически одинаковым, при этом соотношение свободного астаксантина и его этерифицированной моноэфирной формы различается. В черных емкостях у особей увеличивалось количество свободного астаксантина и уменьшалось количество моноэфира астаксантина. В белых емкостях наблюдалась обратная картина. Отсутствие окраски клеток гиподермы (в том числе после термической обработки) у особей, содержащихся на белой подложке (рис. 2.1), свидетельствует об отсутствии в этих клетках астаксантина. Эти процессы совпадают со сжатием или диффузией пигмента в красных хроматофорах. Кроме того, многочисленные ветвящиеся отростки хроматофоров располагаются в непосредственном контакте с клетками гиподермы. В связи с этим можно предположить, что красные звездчатые хроматофоры выполняют функцию депо астаксантина для клеток гиподермы. При помещении особи на темное дно происходит расширение хроматофоров, свободный астаксантин из них поступает в клетки гиподермы, где при соединении с крестоцианином дает синюю и зеленовато-синюю окраску особи. При помещении особи на белый фон происходит разрушение комплекса белка с астаксантином, который концентрируется в хроматофорах и возможно частично этерифицируется.

#### Исследование влияния внешней среды на окраску креветок

**Цвета емкости и окраска креветок.** По окончании эксперимента окраска особей в белой и черной емкостях достоверно отличалась в сравнении с началом эксперимента. В емкости белого цвета особи стали светлее ( $L = 55 \pm 7$ ) и были практически бесцветными с небольшим буровато-зеленым или голубоватым оттенком, а особи, содержащиеся в черной емкости, напротив, приобрели насыщенную темную окраску ( $L = 19 \pm 4$ ) с преобладанием синего и зеленовато-коричневого тонов. После термической обработки, особи, содержащиеся в белых емкостях, были практически белыми со слабым розовым оттенком на отдельных участках тела, а особи из черной емкости имели насыщенный красный цвет (рис. 4). Аналогичные изменения окраски, в зависимости от цвета дна емкости, ранее были отмечены у нескольких видов креветок [14; 9; 15].

**Освещённость и окраска креветок.** В обоих вариантах эксперимента окраска особей стала достоверно темнее. При этом особи, содержащиеся при ярком свете, были окрашены достоверно темнее (в начале  $L = 56 \pm 7$ ; в конце  $L = 26 \pm 8$ ), чем особи, содержащиеся в слабо освещённой емкости (в начале  $L = 56 \pm 7$ ; в конце  $L = 45 \pm 9$ ). Данный эксперимент подтвердил результаты, полученные для омара *Notarus americanus* [13], амфипод [6] и др., указывающие на положительную корреляцию интенсивности освещения и окраски у ракообразных.



**Рисунок 6. Изменение окраски тела особей после варки:** А – особи, содержащиеся в белой емкости; Б – особи из белой емкости, пересаженные в черную емкость на 11 суток; В – особи из черной емкости, пересаженные в белую емкость на 11 суток; Г – особи, содержащиеся в черной емкости

**Динамика изменения окраски креветок.** В этом эксперименте окраска особей из контрольных групп изменилась незначительно. Особи контрольной группы, находившиеся в белой емкости, стали достоверно светлее ( $L = 61 \pm 8$ ), чем в начале эксперимента ( $L = 51 \pm 6$ ), а достоверных изменений в окраске особи из черной емкости зафиксировано не было (в начале  $L = 26 \pm 8$ ; в конце  $L = 20 \pm 7$ ). Существенные изменения окраски были отмечены у особей, пересаженных из белой в черную (в начале  $L = 60 \pm 6$ ; в конце  $L = 37 \pm 7$ ) и из черной в белую емкости (в начале  $L = 28 \pm 6$ ; в конце  $L = 50 \pm 4$ ) (рис. 5).

Особи, пересаженные из черной в белую емкость, быстро изменили свою окраску (рис. 4). Уже через сутки особи стали значительно светлее (в начале  $L = 28 \pm 6$ ; через сутки  $L = 51 \pm 3$ ) и на протяжении оставшегося времени эксперимента достоверных изменений в их окраске отмечено не было, яркость окраски не отличалась достоверно от особей из контрольной группы. Изменение окраски, пересаженных из белой в черную емкость, особей происходило более плавно и заняло более суток (в начале  $L = 60 \pm 6$ ; первые сутки  $L = 44 \pm 7$ ; четвертые сутки  $L = 31 \pm 4$ ; в конце  $L = 37 \pm 12$ ). Кроме того, даже в конце эксперимента эти особи были достоверно светлее, чем особи из контрольной группы, содержащиеся в черной емкости (рис. 5). Возможно, это обусловлено тем, что при длительном содержании особей в белой емкости количество крестоцианина в клетках гиподермы снижается, и на его синтез и накопление, после изменения условий среды, требуется время. Для креветок *Penaeus monodon* показано, что количество белка крестоцианина в клетках гиподермы, при содержании в белых емкостях, сокращается, а в черных – увеличивается [15]. Но процесс синтеза и накопления белка занимает значительное время, в результате потемнение окраски особей происходит постепенно и продолжается несколько суток.



Окраска особей после термической обработки коррелировала с интенсивностью их прижизненной окраски (рис. 6). Особи, содержащиеся в черных емкостях, после варки имели более яркий и насыщенный красный цвет, при этом особи контроля из черной емкости имели самую насыщенную окраску (рис. 6).

### | Заключение |

У гигантской пресноводной креветки изменение окраски является многоплановым процессом, включающим в себя изменение распределения пигментов в нескольких типах хромотофоров, формирование каротино-протеинового комплекса астаксантина и белка крустоцианина в клетках гиподермы и кутикуле. Красные хромотофоры участвуют в изменении окраски не только за счет перераспределения пигмента в отростках клеток, по-видимому, они также выполняют функцию депо астаксантина для клеток гиподермы. Поскольку в формировании окраски у гигантской пресноводной креветки главную роль играет астаксантин, то интенсивность естественной окраски имеет положительную корреляцию с насыщенностью красного цвета, который приобретает товарная продукция после термической обработки.

Основными факторами внешней среды, оказывающими воздействие на окраску особей при их содержании в искусственных условиях, являются цвет дна емкости и интенсивность освещения. Наиболее существенные изменения окраски происходят в период от нескольких часов до суток и являются результатом изменения распределения пигмента в хромотофорах и окраски клеток гиподермы. При этом особи на черном фоне темнеют быстрее и интенсивней, чем светлеют на белом. Формирование максимально выраженной окраски занимает около месяца. Содержание креветок в емкостях черного цвета при ярком освещении позволяет получать особей интенсивной темной окраски, что обеспечивает после варки яркий насыщенно-красный цвет товарной продукции. Использование для культивирования емкостей разного цвета позволяет получать товарную продукцию как минимум двух хорошо различимых вариантов окраски без использования искусствен-

ных красителей, что может быть использовано в кулинарии и ресторанном бизнесе.

### | ЛИТЕРАТУРА |

1. Ковачева Н.П., Жигин А.В., Борисов Р.Р., Кряхова Н.В., Лебедев Р.О., Паршин-Чудин А.В. 2015. Биология и культивирование гигантской пресноводной креветки *Macrobrachium rosenbergii* (de Man, 1876).- М.: Изд-во ВНИРО. – 112 с.
2. Микулин А.Е. 2000. Функциональное значение пигментов и пигментации в онтогенезе рыб. М: ВНИРО. 232 с.
3. Макаров Ю.Н. 2004. Десятиногие ракообразные // Фауна Украины. Т. 26. Вып. 1–2. Высшие ракообразные. Киев: Наукова думка. 429 с.
4. Cianci M, Rizkallah PJ, Olczak A, Raftery J, Chayen NE, Zagalsky PF, Helliwell JR. 2002. The molecular basis of the coloration mechanism in lobster shell: beta-crustacyanin at 3.2-Å resolution // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. V. 99. P. 9795–9800.
5. Ertl N.G., Elizur A., Brooks P., Kuballa A. V., Anderson T.A., Knibb W.R. 2013. Molecular characterisation of colour formation in the prawn *Fenneropenaeus merguensis* // PLoS ONE V. 8, № 2. e56920. doi:10.1371/journal.pone.0056920
6. Fuhrmann M.M., Nygard H., Krapp R.H., Berge J., Werner I. 2011. The adaptive significance of chromatophores in the Arctic under-ice amphipod *Apherusa glacialis* // Polar. Biol., V. 34. P. 823–832.
7. Helliwell J.R. 2010. The structural chemistry and structural biology of coloration in marine crustacean // Crystallography Reviews. V. 16. P. 231–242.
8. Latscha. T. 1989. The role of astaxanthin in shrimp pigmentation // Advances in tropical aquaculture. V. 9. P. 319-325.
9. Parisenti J., Beirao L.H., Mourino J.L., Vieira F.N., Buglione C.C., Maraschim M. 2011. Effect of background color on shrimp pigmentation // Bol. Inst. Pesca, V. 37. № 2. P. 177-182.
10. Rao K.R. 2001. Crustacean pigmentary-effector hormones: chemistry and functions of RPCH, PDH, and related peptides // Amer. Zool., V. 41. P. 364–379.
11. Rao, K. R. 1985. Pigmentary effectors. in The Biology of Crustacea: Integument, Pigments and Hormonal Processes, D. E. Bliss and L. H. Mantel, eds. Academic Press, New York. P. 395–462.
12. Tlustý M. 2005. Use of digital colour analysis to assess variation within individual adult American lobsters (*Homarus americanus*) and the process of addition of colour in white lobsters // New Zeal. J. Mar. and Fresh. Res., V. 39. P. 571–580.
13. Tlustý M.F., Metzler A., Huckabone S., Suanda S., Guerrier S.. 2009. Morphological colour change in the american lobster (*Homarus americanus*) in response to background colour and UV light // New Zeal. J. of Mar. and Fresh. Res., V. 43. P. 247-255.
14. Tume R.K., Sikes A.L., Tabrett S., Smith D.M. 2009. Effect of background colour on the distribution of astaxanthin in black tiger prawn (*Penaeus monodon*): Effective method for improvement of cooked colour // Aquaculture. V. 296. P. 129–135.
15. Wade N.M., Anderson M., Sellars M.J., Tume R.K., Preston N.P., Glencross B.D. 2012. Mechanisms of colour adaptation in the prawn *Penaeus monodon* // J. Exp. Biol. V. 215. P. 343-350.



### MECHANISMS OF COLOR ADAPTATION AND MARKET QUALITY OF GIANT FRESHWATER PRAWN, *MACROBRACHIUM ROSENBERGII* (DE MAN, 1879)

**Borisov R.R.**, PhD, **Pechenkin D.S.**, **Kovacheva N.P.**, Doctor of Sciences – Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography, [borisovrr@mail.ru](mailto:borisovrr@mail.ru); [pechenkind@gmail.com](mailto:pechenkind@gmail.com); [kovatcheva@vniro.ru](mailto:kovatcheva@vniro.ru)

The presented data demonstrate that the coloration changes in giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* depends on environmental conditions and seems to be complex process. The process includes a redistribution of pigments in several types of chromatophores and formation of carotene-protein astaxanthin complex and crustacyanin in the cells of the hypodermis and the cuticle. It is suggested, that the red chromatophores are involved in the coloration changes not only due to the redistribution of pigment in their processes but also by functioning as a depot of astaxanthin for hypodermal cells. When chromatophores expand, internal free astaxanthin enters the hypodermis cells, where it aggregates with the crustacyanin giving the blue and greenish-blue color of the individual. The main environmental factors that affect the color of individuals under artificial conditions are background color of the tanks and light intensity. In cultivation the usage of black tanks and high light intensity allows to receive individuals with intense dark color, which provides bright rich red cooked prawn color for market products.

**Keywords:** color, giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, aquaculture, chromatophores, astaxanthin