

Промысловые виды и их биология

УДК 597.2/.5 572.524.1591.1

Красный и оранжевый цвет покровов рыб

А.А. Яржомбек, К.А. Жукова

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва

E-mail: yarzhambek@yandex.ru

Приводятся микрофотографии кожи и плавников рыб, имеющих красную и оранжевую окраску: кеты (*Oncorhynchus keta*) в брачном наряде, самцов гуппи (*Poecilia reticulata*), самца меченосца (*Xiphophorus hellerii*), золотой рыбки (*Carassius auratus*) и европейского (речного) окуня (*Perca fluviatilis*). В хвостовом плавнике пецилид *Poeciliidae* (гуппи и меченосцев) обнаружены типичные эритрофоры. В плавнике карповой золотой рыбки обнаружены пигментные включения, не организованные в хроматофоры. У пецилид и золотой рыбки пигментами являются птериновые соединения. Кожа кеты и окуня окрашена благодаря каротиноидным пигментам, находящимся вне хроматофоров.

Ключевые слова: окраска рыб, эритрофоры, птерины, каротиноиды, хроматофоры

ВВЕДЕНИЕ

Многие рыбы имеют элементы красной, оранжевой и жёлтой окраски покровов и даже могут быть окрашены в эти цвета целиком. Например, некоторые морские окуни *Sebastes* sp., пецилии (сем. *Poeciliidae*), золотая рыбка *Carassius auratus*. У многих видов имеются красные плавники (речной окунь, краснопёрка *Scardinius erythrophthalmus*, плотва *Rutilus rutilus*). Многие исследования посвящены красной окраске кожи рыб, обусловленные каротиноидной пигментацией [Яржомбек, 1970, 1972; Wedekind et al., 1998; Микулин, 2000; Wallat et al., 2005; Pavlidis et al., 2006]. Каротиноидные пигменты не синтезируются в теле рыбы, а поступают из пищи, однако, красная и жёлтая окраски могут быть вызваны нако-

плением красных и жёлтых птериновых пигментов (эритроптерин, ксантоптерин). Если рыба имеет яркую красную и жёлтую окраску при отсутствии в корме каротиноидов, это является безусловным показателем синтеза птеринов в коже. В качестве примеров можно привести золотую рыбку, цветных карпов кои (нисикигои — япон.), аквариальных живородок (меченосец *Xiphophorus hellerii*, пецилия, гуппи, моллинезия р. *Poecilia*).

Окраска кожи рыб обычно обусловлена наличием и сочетанием чёрных пигментных клеток (меланофоры), а также красных и жёлтых клеток (липофоры). Последние являются цветными элементами, имеющими каротиноидную природу и свойства липидов. Липиды в отличие от птеринов хорошо растворимы в поляр-

ных и неполярных органических растворителях (ацетон, спирт, петролейный эфир). Птерины растворимы в разбавленных кислотах и щелочах [Микулин, 2000].

Каротиноидная пигментация может быть обусловлена не только наличием пигментных клеток липофоров-эритрофоров и ксантофоров [Яржомбек, 1972]. В коже дальневосточных лососей р. *Oncorhynchus* во время брачного периода каротиноиды окрашивают коллагеновые структуры кориума, которые имеют вид окрашенных зон или цветных жировых капель. Тип окраски рыб определяется генетическими причинами. Имеются примеры поисков генетических различий по типу окраски [Макоедов, Черемных, 1990]. Различные типы окраски культивируемых рыб вырабатывались путём селекции и гибридизации [Катасонов, 1973; Климов, 2001]. Так были получены цветные варианты серебряного карася (золотая рыбка), карпа (кои), язя (орфа), аквариальных живородящих карпозубых *Surpinodontidae* (красные, жёлтые, золотые варианты) и др.

В настоящем сообщении мы приводим данные микроскопических исследований морфологии пигментных включений в коже и плавниках рыб.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Был исследован следующий биологический материал:

1. Образцы кожи кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum, 1792) из водоёмов о. Кунашир в брачной окраске, фиксированные в 4%-ном растворе формальдегида, а также кожа замороженных рыб.
2. Образцы хвостового плавника золотой рыбки *S. auratus* (L., 1758).
3. Образцы хвостовых плавников разных цветовых вариантов самцов аквариальных гуппи *Poecilia reticulata* Peters, 1859.
4. Образцы хвостового плавника самца красного меченосца *X. helleri* Heckel, 1848.
5. Образцы плавников годовиков речного окуня *Perca fluviatilis* L., 1758 из Сенежского озера.

Образцы плавников золотой рыбки, гуппи и меченосца брали у живых рыб; плавники окуня и кожа кеты исследованы у замороженных рыб.

Микроскопический анализ покровных тканей проведён на световых микроскопах Leica DMLC и OLYMPUS BX45 с фотокамерой Leica DC с фотокамерой Leica DC100.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 1 приведены изображения рыб и микрофотографии образцов их кожи. Элементы кожи кеты, окрашенные астаксантином, представлены на рис. 1 а — в [Яржомбек, 1973]. Каротиноидные элементы представлены округлыми окрашенными каплями и зонами окрашенного коллагенового слоя. Красные образования находились в коже глубже меланофоров в коллагеновом слое кориума.

Окрашенные области хвостового плавника самца гуппи «дикого» типа (рис. 1 д) содержали множество мелких круглых эритрофоров, заполненных красными гранулами. Эритрофоры имели множество коротких отростков в виде «сосочков». Эритрофоры самца гуппи с красным хвостом шлейфового типа (рис. 1 е) были крупными с древовидными отростками и чётко обособленным ядром. Красный пигмент у гуппи был не каротиноидной природы, поскольку проявлялся вне зависимости от наличия каротиноидов в пище.

В хвостовом плавнике меченосца (рис. 1 з, и) хорошо видны круглые, яркие эритрофоры, заполненные красными гранулами и снабженные ядром. Окраска красного меченосца не зависит от наличия каротиноидов в пище, поэтому это, скорее всего, эритроптерин.

В хвостовом плавнике золотой рыбки (рис. 1 л, м) было отмечено большое количество бесформенных оранжевых образований ксантоптерина [Микулин, 2000]. Ядер у них не выявлено. Вероятно, они не являлись ксантофорами, а были областями пигмента, сорбированного в коллагеновых структурах.

В хвостовом плавнике речного окуня (рис. 1 о, п), в плавниковой кайме выявлены бесформенные окрашенные области без ядер и заметной клеточной оболочки, которые нельзя отнести к хроматофорам. Пигмент плавника окуня легко растворялся в ацетоне, давая оранжевую окраску. Спектр светопоглощения (рис. 2) показал, что это был каротиноидный пигмент, подобный нейроспорину [Яржомбек, 1970].

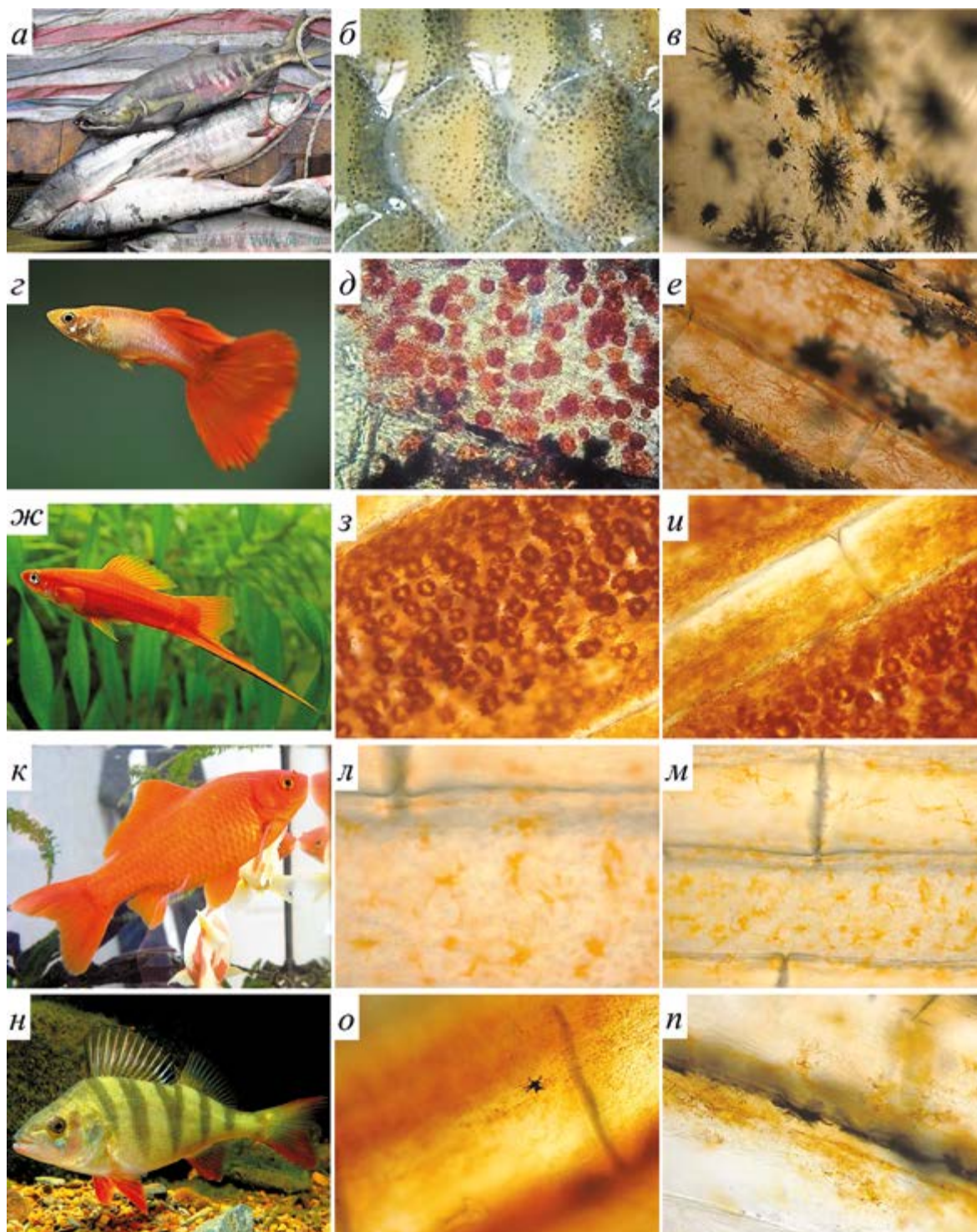


Рис. 1. Окрашенные элементы покровов рыб:

а — кета в брачном наряде и незрелая; б, в — кожа кеты при малом увеличении; г — самец гуппи с красным шлейфовым хвостом; д — эритрофоры хвоста самца гуппи «дикого» типа; е — эритрофоры самца гуппи-хромиста; ж — самец красного меченосца; з, и — эритрофоры хвоста меченосца-хромиста; к — золотая рыбка; л, м — птериновые пятна в плёнке хвостового плавника золотой рыбки; н — речной окунь; о, п — каротиноидные пятна в хвостовом плавнике окуня. Увеличение: 10×22, 10×20х (м, о), 10×40х (в, д, е, з, и, л, м, о, п)

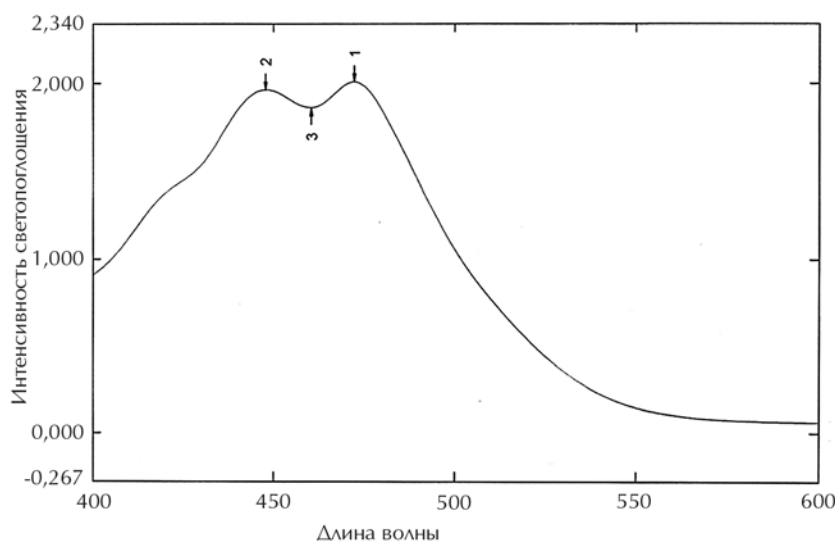


Рис. 2. Спектр светопоглощения в ацетоновой вытяжке из плавников окуня

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Красная, оранжевая и жёлтая окраска кожи рыб может быть вызвана пигментами-каротиноидами (жирорастворимыми веществами) или веществами птеринового характера (циклические азотистые соединения). Каротиноидная пигментация характерна для лососёвых и окунёвых рыб. Каротиноиды могут поступать в организм только из естественной или искусственной пищи. У карповых и карпозубых рыб окраска определяется птериновыми пигментами, синтезируемыми самим организмом. Пигменты в коже могут находиться как в составе пигментных клеток (хроматофоров), так и в свободном виде, возможно в виде сорбированных молекул на коллагеновых внеклеточных структурах.

Брачная окраска лососёвых определяется каротиноидами, поступающими из мышц в кожу и откладывающимися в кориуме в виде капель или внеклеточных включений.

Каротиноиды в плавниках окуня имеют вид внеклеточных включений. Птериновые пигменты кожи золотой рыбки — внеклеточных элементов. В коже живородящих пецилид птериновые пигменты находятся в составе эритрофоров и ксантофоров с ядрами и оболочкой. В плавниках флоридской лукании *Lucania*

goodei были обнаружены жёлтые и красные птерины (с максимумом спектра поглощения 400 и 500 нм) и каротиноидные пигменты (450 и 475 нм) [Johnson, Fuller, 2014].

Таким образом, общепринятое выражение, что цвет кожных покровов рыб определяется тёмными меланофорами и цветными липофорами является не совсем корректным. Красные, оранжевые и жёлтые элементы внешней окраски рыб могут быть как хроматофорами, так и внеклеточными включениями пигментов в коллагеновых структурах кориума кожных покровов. Цветные элементы кожи рыб могут быть как веществами липоидного характера (каротиноиды), так и циклическими азотистыми веществами (птеринами). Важным физиолого-биохимическим различием этих веществ является их происхождение. Каротиноиды имеют пищевое происхождение — в естественной среде они, как правило, поступают в организм с пищей, главным образом, ракообразными. В рыбоводстве они накапливаются в организме только при их наличии в искусственных кормосмесях или гранулированных кормах. Птериновые пигменты накапливаются в организме посредством синтеза вне зависимости от наличия их в пище.

ЛИТЕРАТУРА

- Катасонов В.Я. 1973. Исследование окраски у гибридов обычного и декоративного (японского) карпа // Генетика. Т. 9. Вып. 8. С. 59–69.
- Климов А.В. 2001. Типирование окраски тела у декоративного карпа из коллекции ВНИИПРХа // Вопросы генетики и селекции племенного дела в рыбководстве. М.: Изд-во ВНИРО. С. 65–68.
- Макоедов А.Н., Черемных М.Г. 1990. Фены хвостового плавника горбуши // Биология моря. № 2. С. 43–47.
- Микулин А.Е. 2000. Функциональное значение пигментов и пигментации в онтогенезе рыб. М.: Изд-во ВНИРО. 231 с.
- Яржомбек А.А. 1970. Каротитноиды лососевых и их связь с воспроизводством этих рыб // Труды ВНИРО. Т. 69. С. 234–267.
- Яржомбек А.А. 1972. Каротиноидные пигменты и систематика лососевых рыб // Труды ВНИРО. Т. 85. С. 148–152.
- Johnson A.M., Fuller R.C. 2014. The meaning of melanin, carotenoid, and pterin pigments in the bluefin killifish, *Lucania goodei* // Behavioral Ecology. V. 26. № 1. P. 158–167.
- Pavlidis M., Papandroulakis N., Divanach P. 2006. A method for the comparison of chromaticity parameters in fish skin: preliminary results for coloration pattern of red skin Sparidae // Aquaculture. V. 258. № 1–4. P. 211–219.
- Wallat G.K., Lazur A.M., Chapman F.A. 2005. Carotenoids of different types and concentrations in commercial formulated fish diets affect color and its development in the skin of the red oranda variety of goldfish // North American Journal of Aquaculture. V. 67. № 1. P. 42–51.
- Wedekind C., Meyer P., Frischknecht M., Niggli U.A., Pfander H. 1998. Different carotenoids and potential information content of red coloration of male three-spined stickleback // Journal of Chemical Ecology. V. 24. № 5. P. 787–801.

Поступила в редакцию 09.02.2018 г.
Принята после рецензии 19.03.2018 г.

Commercial species and their biology

Red and orange skin color of fish

A.A. Yarzhombek, K.A. Zhukova

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI «VNIRO»), Moscow

Photomicrographs of skin with red and orange coloration presented for fish: chum salmon (*Oncorhynchus keta*) in nuptial coloration, guppy males (*Poecilia reticulata*), green swordtail males (*Xiphophorus helleri*), goldfish (*Carassius auratus*) and european perch (*Perca fluviatilis*). Typical erythrophores were noted in the caudal fin of peccillids (guppies and green swordtailes). Pigment inclusions that were not organized in chromatophores are found in the tail fin of the goldfish. Pigments are pterine compounds in peccillids and goldfish. Skin of chum and perch is colored due to carotenoid pigments, which were not organized in chromatophores.

Keywords: fish coloration, carotenoids, pterins, chromatophores.

REFERENCES

- Katasonov V. Ya. 1973. Issledovanie okraski u gibridov obychnogo i dekorativnogo (yaponskogo) karpa [Study of coloration in hybrids of ordinary and ornamental (Japanese) carp] // Genetika. № 9. V. 8. P. 59–69.
- Klimov F. V. 2001. Tipirovanie okraski tela u dekorativnogo karpa iz kollekzii VNIIPRKHa [Typical body coloring from ornamental carp from the collection of VNIIPRKH] // M.: Izd-vo VNIRO. P. 65–68.
- Makoyedov A. N., Cheremnykh M. G. 1990. Feny khvostovogo plavnika gorbushi [Phenes of the caudal fin of pink salmon] // Russian Journal of Marine Biology. № 2. P. 43–47.
- Mikulin A. E. 2000. Funktsional'noye znachenie pigmentov i pigmentatsii v ontogeneze ryb [Functional significance of pigments and pigmentation in fish ontogeny] // M.: Izd-vo VNIRO. 231 p.
- Yarzhombek A. A. 1970. Karotinoidy lososevych i ich svyaz s vosproizvodstvom etich ryb [Carotenoids of salmonids and their relation to the reproduction of these fish] // Trudy VNIRO. V. 69. P. 234–267.
- Yarzhombek A. A. 1972. Karotinoidnye pigment i sistematika lososevych ryb [Carotenoid pigments and taxonomy of salmonids] // Trudy VNIRO. V. 85. P. 148–152.
- Johnson A. M., Fuller R. C. 2014. The meaning of melanin, carotenoid, and pterin pigments in the bluefin killifish, *Lucania goodei* // Behavioral Ecology. V. 26. № 1. P. 158–167.
- Pavlidis M., Papandroulakis N., Divanach P. 2006. A method for the comparison of chromaticity parameters in fish skin: preliminary results for coloration pattern of red skin Sparidae // Aquaculture. V. 258. № 1–4. P. 211–219.
- Wallat G. K., Lazur A. M., Chapman F. A. 2005. Carotenoids of different types and concentrations in commercial formulated fish diets affect color and its development in the skin of the red oranda variety of goldfish // North American Journal of Aquaculture. V. 67. № 1. P. 42–51.
- Wedekind C., Meyer P., Frischknecht M., Niggli U. A., Pfander H. 1998. Different carotenoids and potential information content of red coloration of male three-spined stickleback // Journal of Chemical Ecology. V. 24. № 5. P. 787–801.

FIGURE CAPTIONS

Fig. 1. Colored element of fish skin:

a — chum salmon in nuptial coloration and in immature coloration; б, в — chum salmon skin at low magnification; г — guppy male with a red tail; д — male guppy tail erythrophores of the “wild” type; е — erythrophores of male guppy, ж — green swordtail male; з, и — erythrophores of green swordtail male; к — goldfish; л, м — pterin spots in goldfish tail; н — european perch; о, п — carotenoid spots in european perch tail. Magnification: 10×22, 10×20x (м, о), 10×40x (в, д, е, з, и, л, м, о, п)

Fig. 2. Light absorption spectrum in acetone extract from european perch fins