

DOI: 10.24143/2073-5529-2019-2-66-71  
УДК 597.554.3-134/.135: 597-142.8 (282.247.41)

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЖАБР У МОЛОДИ ВОБЛЫ НА НЕРЕСТИЛИЩАХ ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ

*Н. Ю. Терпугова<sup>1</sup>, М. П. Грушко<sup>2</sup>, Н. Н. Федорова<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского  
института рыбного хозяйства и океанографии,  
Астрахань, Российская Федерация

<sup>2</sup> Астраханский государственный технический университет,  
Астрахань, Российская Федерация

Влияние антропогенной нагрузки в дельте р. Волги инициирует разнонаправленные метаморфозы биологических процессов в организмах гидробионтов. В первую очередь на изменения окружающей среды реагирует жаберный аппарат. Это объясняется тем, что жабры подвержены непосредственному воздействию негативных факторов водной среды, в том числе и различного рода загрязнений во временно заливаемых водоемах. Проведено гистологическое исследование жаберного аппарата представителя карповых рыб, а именно поздних личинок и ранних мальков воблы, которое позволяет выявить и описать экологическую ситуацию на нерестилищах дельты р. Волги. Были выявлены разные морфологические изменения жабр, свидетельствующие о нарушениях дыхательной функции. Обнаружено, что у поздних личинок и ранних мальков воблы происходит разрастание респираторного (дыхательного) эпителия на верхушках ламелл, пролиферация многослойного неороговевающего эпителия, расширение кровеносных сосудов, деформация и искривление хрящевой пластинки и филаментов, наблюдаются отсутствие ламелл, соединение боковых поверхностей и кровоизлияния филаментов. Выявлено, что, по сравнению с личиночными стадиями развития, в мальковом периоде количество случаев сращения респираторного эпителия увеличивается. Данные изменения в жаберном аппарате обследованных личинок и мальков воблы свидетельствуют о неудовлетворительном физиологическом состоянии рыб в отдельных водоемах дельты р. Волги.

**Ключевые слова:** вобла, мальки, личинки, нерестилище, гистология, жабры, дельта Волги.

**Для цитирования:** Терпугова Н. Ю., Грушко М. П., Федорова Н. Н. Особенности формирования жабр у молоди воблы на нерестилищах дельты Волги // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2019. № 2. С. 66–71. DOI: 10.24143/2073-5529-2019-2-66-71.

### Введение

Река Волга является уникальным водоемом, обладающим богатым составом биологических ресурсов. Особое внимание в Волго-Каспийском регионе уделяется повышению естественного воспроизводства во время нерестового периода. Объем воды в весеннем половодье бывает недостаточным, чтобы произвести залитие всех нерестилищ и создать необходимые условия для эффективного размножения и развития рыб. В настоящее время водоемы дельты Волги испытывают антропогенную нагрузку, которая отражается на представителях ихтиофауны. Организмы гидробионтов резко реагируют на ухудшение среды их обитания и инициируют разнонаправленные метаморфозы биологических процессов.

На изменения окружающей среды в первую очередь реагирует жаберный аппарат. Жабры являются чувствительным органом и могут послужить индикатором состояния всего организма при морфофункциональной оценке рыб. По литературным данным загрязняющие вещества (нефтеперерабатывающие продукты, пестициды и ртуть) являются наиболее распространенными токсикантами в Волго-Каспийском бассейне [1] и многократно превышают нормативные значения для рыбохозяйственных водоемов. Это может служить причиной аномального развития рыб в начальный период жизни и в результате стать губительным для ранней молоди.

Среди карповых видов рыб в полоях дельты р. Волги преобладает молодь воблы. В последние годы наблюдается снижение численности популяции воблы, основной причиной которого является

нестабильный гидрологический режим дельты Волги [2]. Из-за неблагоприятных условий в водоемах у рыб могут происходить нарушения внешней морфологии и наблюдаться различные патологии внутренних органов, в том числе и жабр, на ранних стадиях развития личинок и мальков [3]. Реакция жаберного эпителия зависит от различных концентраций токсических веществ и от физиологического состояния личинок рыб. Поэтому важным направлением исследований является изучение морфофункциональных нарушений жабр личинок и мальков воблы, которое позволит оценить современное состояние данного вида на нерестилищах дельты Волги.

### Материал и методы

Материалом для работы послужили результаты гистологического обследования молоди воблы с нерестилищ дельты Волги. Сбор и обработку материала проводили по общепринятым в гистологии методикам [4]. Объектом исследования явились личинки и мальки воблы, выловленные в полях, расположенных у с. Трудфронт и с. Зеленга, в июне 2018 г. Отловленных личинок и мальков на стадиях развития  $D_2-F$  [5] фиксировали 4 %-м раствором формалина. Пробы заливали в парафин, далее изготавливали срезы, которые окрашивали гематоксилин-эозином. Всего проанализировано 30 гистологических препаратов, микрофотографирование которых осуществляли с помощью светового микроскопа «Микромед-2». Микрофотографию производили при помощи фотонасадки SONI DSC-W7.

### Результаты исследований

У исследованной молоди воблы основание каждого филамента жабр было разделено на две ножки; в среднем на каждой ножке находились с одной стороны по 12–13 ламелл. В месте деления филамента крупный сосуд образовывал бифуркацию на каждую ножку. Сосуд, идущий вдоль каждой ножки, примерно на треть был меньше в диаметре. От этого сосуда к каждой ламелле отходил капилляр, составлявший основу ламелл. Диаметр капилляра был равен диаметру эритроцита. Следует отметить, что на каждой ножке филамента имелись ламеллы, отходившие в разные стороны. Сверху ламеллы были выстланы очень низким кубическим, почти плоским эпителием. В ножках филаментов межламеллярные промежутки, как и вообще филаменты, были выстланы многослойным неороговевающим эпителием, клетки которого располагались в 3 ряда, артерии в ножках филаментов имели лакунарные расширения. Основу ножек составила относительно тонкая пластинка из гиалинового хряща, причем клетки в ней были плотно прижаты друг к другу в виде монетных столбиков. Основное аморфное вещество еще не сформировалось в хряще, хотя надхрящница была относительно толстой.

У всей обследованной молоди воблы, находящийся на ранних стадиях онтогенеза, жаберный аппарат имел разного рода патологические изменения, которые в результате сказывались на дыхательной функции развивающихся особей. В зависимости от стадии развития рыб патологии имели свои особенности.

У личинок на поздних стадиях развития на жаберных дугах наблюдали по семь очень коротких филаментов, которые почти сразу разделялась на две ножки неодинакового размера. В среднем на этих ножках филамента находились по 12–15 ламелл с каждой стороны. На некоторых из них из-за резкого разрастания многослойного неороговевающего эпителия, заполнившего все межламеллярные промежутки, происходила атрофия ламелл. Приносящие артерии жаберных дуг были резко расширены, как и артерии филаментов. В них наблюдалось множество кровеносных лакун, иногда встречались значительные кровоизлияния в ткань филаментов. Хрящевые пластинки во многих филаментах были искривлены, деформированы. Часто наблюдалось соединение боковых поверхностей некоторых филаментов за счет разрастания многослойного неороговевающего эпителия, чем была вызвана деформация соседних филаментов и полная атрофия ламелл с этих форм. Наблюдавшаяся деформация хрящевых пластинок приводила к изменениям прямолинейности их сосудов (рис. 1).



Рис. 1. Гистологический срез жабр поздних личинок воблы в дельте Волги:  
 1 – искривление (деформация) филламентов; 2 – срастание респираторного эпителия ламелл;  
 3 – отсутствие ламелл; 4 – соединение боковых поверхностей филламентов.  
 Окраска гематоксилин-эозином. УВ  $\times 100$

На верхушках филламентов наблюдалось отсутствие ламелл; на них обычно находилась небольшая «шапочка» из многослойного неороговевающего эпителия. Ниже «шапочки» располагались ламеллы, причем верхние из них были несколько короче, чем остальные. На многих филламентах наблюдалась полная атрофия ламелл, замена их сплошными эпителиальными пластинками из многослойного неороговевающего эпителия, т. е. отдельные филламенты представляли собой эпителиальные пластинки из этого эпителия, не принимающие участия в газообмене. Таких изменений структуры филламентов наблюдалось примерно треть от их числа. Обнаружены сращения клеток респираторного эпителия ламелл, особенно их верхушек. Хрящевые пластинки филламентов, являвшиеся их основой, стали длиннее и толще по сравнению с этими же структурами у личинок. Клетки хрящевых пластинок также располагались в виде монетных столбиков, но и в мальковом периоде аморфного вещества хряща (матрикса) было еще крайне мало. Во многих филламентах хрящевые пластинки изгибались, что приводило к дефектам этих структур. Артерии филламентов были неравномерно расширены, заполнены форменными элементами крови. В этих сосудах наблюдались значительной величины кровеносные лакуны. В связи с дефектами строения филламентов изменялись формы и длины ламелл. Межламеллярные промежутки были заполнены 5–6 рядами клеток многослойного неороговевающего эпителия.

В мальковом периоде (по сравнению с личиночным) увеличилось количество сращаний респираторного эпителия на верхушках соседних ламелл. При сопоставлении размеров ламелл одного филламента с другими отмечалась значительная разница их длин, достигавшая 6-кратного различия (рис. 2).

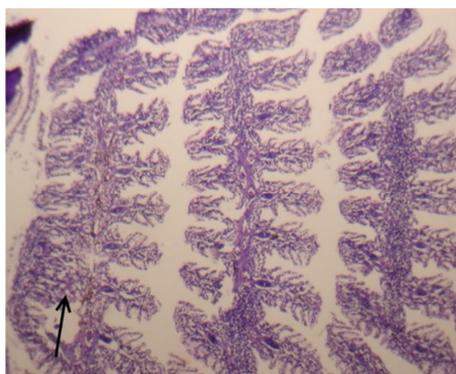


Рис. 2. Гистологический срез жабр ранних мальков воблы дельты Волги  
 (стрелкой указан участок сращения респираторного эпителия на соседних ламеллах).  
 Окраска гематоксилин-эозином. УВ  $\times 100$

В свою очередь, расположение (чередование) разноразмерных ламелл не носило выраженного системного характера, и значительные отличия по длине регистрировались у ламелл, находившихся как в непосредственном контакте друг с другом, так и на разных сторонах жаберного филамента.

В результате проведенный нами гистологический анализ выявил значительные изменения морфологических показателей в жаберном аппарате личинок и мальков воблы. Были обнаружены изменения жаберных структур: расширение кровеносных сосудов, деформация отдельных филamentos, разрастание респираторного эпителия ламелл, соединение боковых поверхностей филamentos, пролиферация многослойного неороговевающего эпителия, искривление хрящевой пластинки и отсутствие ламелл. Из литературных источников известно, что подобные патологические изменения регистрировались у рыб под влиянием токсикантов [1, 6–8]. В связи с тем, что в дельте р. Волги регулярно отмечают присутствие поллютантов, концентрации которых превышают предельно допустимые значения [9–11], вполне вероятно, что появление вышеуказанных патологий, зарегистрированных у поздних личинок и ранних мальков воблы, могли быть вызваны действием загрязнителей.

### Заключение

Таким образом, жаберные структуры (филamentos и ламеллы) молоди воблы из естественных водоемов дельты Волги уже имеют небольшие разрастания как респираторного эпителия ламелл, где непосредственно происходит газообмен, так и многослойного неороговевающего эпителия, покрывающего филamentos. В мальковом периоде этот процесс несколько усиливается, формируя структуры филamentos и ламелл. Считаем, что пролиферация эпителия жабр может являться адаптивной реакцией развивающегося организма рыб на современное загрязнение волжской воды.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конькова А. В., Иванов В. П., Федорова Н. Н., Карыгина Н. В., Галлей Е. В., Львова О. А. Влияние загрязнения экосистемы Волго-Каспийского бассейна нефтепродуктами, пестицидами и ртутью на морфологию органов молоди леща *Abramis brama* (Linnaeus, 1758) // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2015. № 3. С. 12–17.
2. Барабанов В. В., Никифоров С. Ю. К вопросу регулирования режима рыболовства в Волго-Каспийском бассейне (Астраханская область), на примере северокаспийской воблы // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2018. № 2. С. 41–48.
3. Минеев А. К. Гистологическая картина новообразований у молоди рыб Средней и Нижней Волги // Изв. Самар. науч. центра Рос. акад. наук. 2011. Т. 13. № 5. С. 242–248.
4. Волкова О. В., Елецкий Ю. К. Основы гистологии с гистологической техникой. М.: Медицина, 1982. 304 с.
5. Коблицкая А. Ф. Определитель молоди пресноводных рыб. М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1981. 208 с.
6. Крючков В. Н., Абдурахманов Г. М., Федорова Н. Н. Морфология органов и тканей водных животных. М.: Наука, 2004. 144 с.
7. Конькова А. В., Иванов В. П., Федорова Н. Н., Чепурная А. Г. Паразитофауна и болезни молоди леща и воблы дельты Волги и северной части Каспийского моря: моногр. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2018. 211 с.
8. Лукин А. А., Шарова (Лукина) Ю. Н., Беличева Л. А. Оценка состояния организма рыб при загрязнении водных экосистем нефтепродуктами и отходами целлюлозно-бумажного производства // Рыбное хозяйство. 2010. № 6. С. 47–52.
9. Матей В. Е. Функциональная морфология жаберного эпителия пресноводных костистых рыб // Физиология, биохимия и токсикология пресноводных животных. Л.: Наука, 1990. С. 104–136.
10. Карыгина Н. В., Попова Э. С. Нефтяное загрязнение экосистемы Северного Каспия (вода, донные отложения, гидробионты) в современный период // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер. Рыбное хозяйство. 2016. № 1. С. 14–21.
11. Бреховских В. Ф., Островская Е. В. Загрязняющие вещества в водах Волго-Каспийского бассейна. Астрахань: Изд-во Сорокин Роман Васильевич, 2017. 408 с.

Статья поступила в редакцию 15.02.2019

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Терпугова Надежда Юрьевна** – Россия, 414056, Астрахань; Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии; младший научный сотрудник лаборатории ихтиопатологии; n.terpugova@bk.ru.

**Грушко Мария Павловна** – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; г-р биол. наук, доцент; профессор кафедры гидробиологии и общей экологии; mgrushko@mail.ru.

**Федорова Надежда Николаевна** – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; г-р мед. наук, профессор; профессор кафедры гидробиологии и общей экологии; fedorova37@mail.ru.



## FEATURES OF GILL FORMATION IN ROACH FRY ON SPAWNING GROUNDS OF THE VOLGA DELTA

*N. Yu. Terpugova<sup>1</sup>, M. P. Grushko<sup>2</sup>, N. N. Fedorova<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Volga-Caspian branch of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography, Astrakhan, Russian Federation*

<sup>2</sup> *Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russian Federation*

**Abstract.** The article focuses on the influence of anthropogenic load initiating multidirectional metamorphosis of biological processes in the aquatic organisms in the Volga delta. The gill apparatus responds primarily to the environmental changes. There has been carried out a histological study of the gill apparatus of carp species, actually, late larvae and early roach fry, which helps to identify and describe the ecological situation on the spawning grounds in the Volga delta. Various morphological changes in the gills indicating respiratory disturbances were revealed. The late roach larvae and fry have been found to obtain the overgrown respiratory epithelium on the lamella tops, proliferation of multilayered non-keratinizing epithelium, vasodilation, deformation and curvature of the cartilage plate and filaments, lack of lamellae, joining of the side surfaces and filament hemorrhage. It has been stated that in comparison with the larval stages of development, in the fry period the occurrence of the respiratory epithelium accretion increases. The changes found in the gill apparatus of the examined roach larvae and fry indicate the unsatisfied physiological state of the fish in some water bodies of the Volga delta. This is explained by the fact that the gills suffer from the direct impact of the negative factors of the aquatic environment including different pollutants in the flooded water bodies.

**Key words:** roach, fry, larvae, spawning ground, histology, gills, the Volga delta.

**For citation:** Terpugova N. Yu., Grushko M. P., Fedorova N. N. Features of gill formation in roach fry on spawning grounds of the Volga delta. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry.* 2019;2:66-71. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-5529-2019-2-66-71.

### REFERENCES

1. Kon'kova A. V., Ivanov V. P., Fedorova N. N., Karygina N. V., Gallei E. V., L'vova O. A. Vliianie zagriazneniia ekosistemy Volgo-Kaspiiskogo basseina nefteproduktami, pestitsidami i rtut'iu na morfologiiu organov molodi leshcha Abramis (Linnaeus, 1758) [The impact of polluting ecosystem of the Volga-Caspian basin with oil products, pesticides and mercury on morphology of organs of bream juveniles Abramis brama (Linnaeus, 1758)]. *Zashchita okruzhaiushchei sredy v neftegazovom komplekse*, 2015, no. 3, pp. 12-17.
2. Barabanov V. V., Nikiforov S. Iu. K voprosu regulirovaniia rezhima rybolovstva v Volgo-Kaspiiskom basseine (Astrakhanskaia oblast'), na primere severokaspiiskoi vobly [On the problem of regulating of fishing regime in the Volga-Caspian basin (the Astrakhan region) on example of the north-Caspian roach]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo*, 2018, no. 2, pp. 41-48.

3. Mineev A. K. Gistologicheskaja kartina novoobrazovanii u molodi ryb Srednei i Nizhnei Volgi [Histological feature of new growths in fish fry of the Central and Lower Volga]. *Izvestiia Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*, 2011, vol. 13, no. 5, pp. 242-248.
4. Volkova O. V., Eletskii Iu. K. *Osnovy gistologii s gistologicheskoi tekhniki* [Principles of histology with histological techniques]. Moscow, Meditsina Publ., 1982. 304 p.
5. Koblitskaia A. F. *Opredelitel' molodi presnovodnykh ryb* [Determinant of fresh water fish juveniles]. Moscow, Legkaia i pishchevaia promyshlennost' Publ., 1981. 208 p.
6. Kriuchkov V. N., Abdurakhmanov G. M., Fedorova N. N. *Morfologiya organov i tkanei vodnykh zhivotnykh* [Morphology of organs and tissues of aquatic organisms]. Moscow, Nauka Publ., 2004. 144 p.
7. Kon'kova A. V., Ivanov V. P., Fedorova N. N., Chepurnaia A. G. *Parazitofauna i bolezni molodi leshcha i vobly del'ty Volgi i severnoi chasti Kaspiiskogo moria: monografiia* [Parasitofauna and diseases of brim and roach fry in the Volga delta and Northern part of the Caspian Sea: monograph]. Astrakhan', Izd-vo KaspNIRKh, 2018. 211 p.
8. Lukin A. A., Sharova (Lukina) Iu. N., Belicheva L. A. Otsenka sostoianiia organizma ryb pri zagriaznenii vodnykh ekosistem nefteproduktami i otkhodami tselliulozno-bumazhnogo proizvodstva [Assessment of fish organisms in water ecosystems polluted by oil products and pulp and paper manufacturing]. *Rybnoe khoziaistvo*, 2010, no. 6, pp. 47-52.
9. Matei V. E. Funktsional'naiia morfologiya zhabernogo epiteliia presnovodnykh kostistykh ryb [Functional morphology of gill epithelium of freshwater bony fish]. *Fiziologiya, biokhimiia i toksikologiya presnovodnykh zhivotnykh*. Leningrad, Nauka Publ., 1990. Pp. 104-136.
10. Karygina N. V., Popova E. S. Neftianoe zagriaznenie ekosistemy Severnogo Kaspiia (voda, donnye otlozheniia, gidrobionty) v sovremennyi period [Oil pollution of the North Caspian ecosystem (water, bottom sediments, hydrobionts) at the present time]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo*, 2016, no. 1, pp. 14-21.
11. Brekhovskikh V. F., Ostrovskaiia E. V. *Zagriazniaiushchie veshchestva v vodakh Volgo-Kaspiiskogo basseina* [Pollutants in the Volga-Caspian basin]. Astrakhan', Izd-vo Sorokin Roman Vasil'evich, 2017. 408 p.

The article submitted to the editors 15.02.2019

#### **INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Terpugova Nadezhda Yurievna** — Russia, 414056, Astrakhan; Volga-Caspian branch of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography; Junior Researcher of Laboratory of Ichthyopathology; n.terpugova@bk.ru.

**Grushko Maria Pavlovna** — Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Doctor of Biology, Assistant Professor; Professor of the Department of Hydrobiology and General Ecology; mgrushko@mail.ru.

**Fedorova Nadezhda Nikolaevna** — Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Doctor of Medicine, Professor; Professor of the Department of Hydrobiology and General Ecology; fedorova37@mail.ru.

