

УДК 597.554.3.591.47

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ У МОЛОДИ МАССОВЫХ ВИДОВ РЫБ  
КОЛЬЦОВО-МОРДОВИНСКОЙ ПОЙМЫ САРАТОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

© 2018 А.К. Минеев

Институт экологии Волжского бассейна Российской академии наук

Статья поступила в редакцию 04.04.2018

Водоёмы Кольцово-Мордовинской поймы Саратовского водохранилища являются обширными нерестилищами для большинства массовых видов карповых рыб (сем. Cyprinidae), наиболее многочисленными из которых – плотва (*Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758), язь (*Leuciscus idus* Linnaeus, 1758), уклейка (*Alburnus alburnus* Linnaeus, 1758), густера (*Blicca bjoerkna* Linnaeus, 1758), лещ (*Abramis brama* Linnaeus, 1758) и красноперка (*Scardinius erythrophthalmus* Linnaeus, 1758). Однако, на протяжении последних десятилетий среди личинок и мальков рыб высока доля особей с различными морфологическими нарушениями, что мы связываем с загрязнением воды водохранилища, как одним из основных компонентов комплексного воздействия негативных антропогенных факторов. Несмотря на относительную удаленность от крупных населенных пунктов, данные водоёмы – протоки, пойменные озера и крупные заливы в данной части Саратовского водохранилища, постоянно испытывают некоторое воздействие отрицательных факторов имеющих антропогенную природу. Эмбриональные и личиночные стадии развития молоди рыб являются очень чувствительными к воздействию даже незначительных сублетальных концентраций токсикантов, адаптационные процессы с течением времени стремительно преобразуются в патологические, что вызывает различные нарушения морфологии и гибель особей. В результате у молоди рыб из исследованной акватории на протяжении всего периода исследования обнаруживаются многочисленные морфологические аномалии, отнесенные нами к восьми основным группам, и значительно ослабляющие жизнеспособность особей. Аналогичное распределение обнаруженных типов и групп морфологических аномалий у молоди разных массовых видов рыб Кольцово-Мордовинской поймы свидетельствует о неспецифическом характере данных нарушений и возможности использования данного показателя в качестве биомаркера морфофизиологического состояния популяций разных видов рыб. Понижение до нуля доли аномальных особей среди молоди рыб с возрастом, выраженное у всех обследованных видов, свидетельствует о летальном характере всех обнаруженных морфологических нарушений. Большая доля особей с морфологическими аномалиями среди молоди рыб Кольцово-Мордовинской поймы связана с повышенным уровнем комплексного загрязнения исследованного участка Саратовского водохранилища.

**Ключевые слова:** Кольцово-Мордовинская пойма, нерестилища, молодь карповых рыб, загрязнение водоема, поллютанты, морфологические аномалии, динамика встречаемости аномальных особей.

## ВВЕДЕНИЕ

Период эмбрионально-личиночного развития является наиболее чувствительным этапом в онтогенезе рыб не только к действию абиотических факторов естественного характера (температура воды, содержание кислорода, величина рН, скорость течения, освещенность и т.п.), но и влиянию различных токсических веществ. В целом ряде экспериментальных работ [1-7] выявлены различные нарушения у личинок рыб, как под влиянием отдельных абиотических факторов среды, так и различных загрязнителей.

У рыб в процессе эмбриогенеза и на стадиях личиночного развития в условиях кратковременного, либо хронического, токсического воздействия

*Минеев Александр Константинович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории популяционной экологии. E-mail: mineev7676@mail.*

действия происходят такие же биохимические изменения, как и у половозрелых особей. Установлено, что у личинок атерины (*Atherina hepsetus* L.) из наиболее загрязненных акваторий Черного моря происходит увеличение активности антиоксидантных ферментов и гетерогенности электрофоретических белков [8], что можно считать неспецифическими адаптивными реакциями, направленными на нейтрализацию процессов интоксикации. В силу того, что эмбриональные и личиночные стадии развития молоди рыб являются очень чувствительными к воздействию даже незначительных сублетальных концентраций токсикантов, адаптационные процессы с течением времени стремительно преобразуются в патологические, что вызывает различные нарушения морфологии и гибель особей. Быстрота данных реакций объясняется еще и повышенной скоростью естественных биохимических обмен-

ных процессов в организмах на ранних стадиях эмбрионального и личиночного развития.

На примере личинок и мальков рыб дельты Волги показано, что токсический фон нерестилищ оказывает на морфогенез молоди неспецифическое деформирующее действие, сила влияния которого в общем комплексе неблагоприятных факторов соответствует 29-84% [9]. На нерестилищах дельты Волги ежегодно наблюдается 28,1-63,29% предличинок фитофильных рыб (этапы развития А и В) с разнообразными нарушениями морфогенеза. Независимо от их характера к моменту перехода личинок на этапы С<sub>2</sub>-D<sub>1</sub> до 97,5% дефектных особей элиминируют. Элиминация личинок массовых видов (вобла, лещ, карась и др.), обусловленная воздействием фоновой токсичности нерестилищ (сумма превышений ПДК приоритетных загрязнителей равна 8-12), в среднем составляла 5,0-7,8%. А усиление токсической нагрузки (сумма ПДК 25-30) увеличивало данный показатель до 21,4-38,0% [9].

Анализируя многочисленные экспериментальные работы [10-14] можно говорить о том, что под влиянием различных по происхождению загрязнителей (сырая нефть, пестициды, тяжелые металлы и т.п.) у рыб обнаруживаются одни и те же виды аномалий развития, что так же свидетельствует о неспецифическом характере данных нарушений.

В настоящее время морфологические аномалии широко распространены как у молоди, так и взрослых рыб из водоемов с разным уровнем антропогенной нагрузки. Их наличие свидетельствует о неблагоприятном состоянии популяции, вызванным ухудшением качества водной среды [15-17].

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследования осуществлялись на акватории Кольцово-Мордовинской поймы Саратовского водохранилища в 1995-2015 гг. Личинки и мальки рыб отлавливались в весенне-летний период сачками из мелкочейстого газа в прибрежной зоне нерестилищ пойменных водоемов и водотоков. Видовую принадлежность и стадии развития личинок и мальков рыб устанавливали по определителю А.Ф. Коблицкой [18]. Методами патоморфологического анализа обследовано 16404 особи шести видов карповых рыб: 7745 плотвы, 653 леща, 574 уклейки, 3042 язя, 2187 густеры и 2203 красноперки. Статистическую обработку полученных данных проводили общепринятыми методами [19, 20] с применением программ Excel 2010, Statistica 12. Фотоснимки изготовлены на оборудовании ИЭВБ РАН: микроскоп МБС-10 и видеокомплекс Levenhuk (фотонасадка Levenhuk C 510 NG и программное обеспечение Levenhuk Tour View, V.3.5 Levenhuk, Inc.).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Воды Саратовского водохранилища в исследуемом районе на протяжении последних лет характеризуются как загрязненные и грязные 3 А и 3 Б класса качества [21-25], несмотря на то что данный участок расположен на относительно удалении от крупных населенных пунктов (ниже г. Самара на 45 км) и, соответственно, от потенциальных источников загрязнения. Однако, акватория водоема в районе Кольцово-Мордовинской поймы оказалась в значительной степени подверженной загрязнению различными группами поллютантов. Это, прежде всего техногенные загрязнения, поступающие в Саратовское водохранилище из расположенных выше по течению крупных промышленных центров – г. Тольятти, г. Самара и г. Чапаевск (с загрязненными водами р. Чапаевка, впадающей в водохранилище непосредственно в районе Кольцово-Мордовинской поймы), и, в меньшей степени, загрязнения, связанные с сельскохозяйственной деятельностью в данном районе и диффузными стоками от мелких населенных пунктов (с. Ермаково, с. Лбище, с. Севрюкаево и с. Мордово) и с сельхоз. угодий.

По данным Центральной лаборатории СФ ОАО «УТОК» (г. Сибай, респ. Башкортостан, ул. Горького, д. 54. Аттестат аккредитации № РОСС. RU.0001 5153, действительного до 27 июля 2017 г.) во многих водоемах поймы наблюдаются превышения рыбохозяйственных ПДК по соединениям меди, цинка, свинца и т.д. (табл. 1). В целом, в данном районе Саратовского водохранилища ежегодно фиксируется присутствие в воде таких загрязнителей как фенолы, нефтепродукты, сульфаты и т.д. (табл. 2), а качество воды характеризуется как загрязненная 3А или грязная 3Б класса качества.

Таким образом, постоянное присутствие в водоемах Кольцово-Мордовинской поймы целого комплекса загрязняющих веществ оказывает определенное отрицательное влияние на эмбрионально-личиночное развитие молоди рыб, выражающееся, прежде всего, в нарушениях морфогенеза, и на общее качество популяций рыб, обитающих в данных водоемах.

В Кольцово-Мордовинской пойме Саратовского водохранилища, где исследования молоди рыб осуществлялись ежегодно, и основные станции которой можно считать контрольными точками для акватории данного водоема, среднегодовая встречаемость аномальных особей среди всех обнаруженных видов рыб, укладываемая в границы условной нормы для естественных природных популяций, наблюдалось лишь дважды: 0,0% в р. Студенка (1998 г.) и 0,3% в Кольцовской воложке (2007 г.). (табл. 3). При этом в пробах доминировали особи старших

**Таблица 1.** Некоторые показатели загрязнения водоемов Кольцово-Мордовинской поймы

Водоем Кольцово-Мордовинской поймы	Основные загрязняющие вещества			
	Cu (ПДК)	Zn (мг/дм <sup>3</sup> )	Cd (мг/дм <sup>3</sup> )	Pb (мг/дм <sup>3</sup> )
Кольцовская воложка	3,5	0,7	0,02	0,133
оз. Солдатское	1,4	1,7	0,04	0,167
р. Студенка	1,3	1,0	0,06	0,017
оз. Круглое	1	4,1	0,16	0,333

**Таблица 2.** Содержание основных групп загрязняющих веществ в воде Саратовского водохранилища в районе Кольцово-Мордовинской поймы

Загрязняющее вещество	Среднегодовое содержание	Максимальное зафиксированное содержание
ХПК	2 ПДК	5 ПДК
БПК <sub>5</sub>	2 ПДК	3 ПДК
Нефтепродукты	2 ПДК	5 ПДК
Фенолы	3 ПДК	5 ПДК
Сульфаты	2 ПДК	5 ПДК
Mn	4 ПДК	11 ПДК
Cu	2 ПДК	30 ПДК

Примечание: ХПК - трудноокисляемые вещества (по химическому потреблению кислорода), БПК<sub>5</sub> - легкоокисляемые вещества (по биологическому потреблению кислорода), Таблица составлена на основе литературных данных о состоянии природной среды [21-28].

**Таблица 3.** Встречаемость аномальных особей среди личинок рыб на разных станциях Кольцово-Мордовинской поймы в отдельные годы

Год	Встречаемость аномальных особей на разных станциях исследования, %			Общая встречаемость аномальных особей за год, %
	р. Студенка	Кольцовская воложка	Пойменные озера	
1995	25,2**	45,6**	-	27,7**
1996	12,5**	-	8,8*	9,4*
1997	55,6**	88,9**	88,6**	81,5**
1998	0,0	14,5**	-	9,2*
1999	81,3**	-	58,9**	66,3**
2000	55,7**	90,7**	77,0**	75,2**
2002	5,2*	14,8**	-	10,9**
2003	10,7**	6,2*	-	8,7*
2004	17,8**	14,2**	-	17,0**
2005	71,3**	10,2**	-	56,5**
2006	53,0**	91,0**	43,8**	62,6**
2007	26,9**	0,3	-	2,5
2008	5,1*	52,0**	2,9	20,3**
2009	37,7**	-	-	37,7**
2010	85,5**	11,7**	-	48,6**
2011	37,8**	-	-	37,8**
2012	10,1**	-	-	10,1**
2013	23,4**	-	-	23,4**
2015	9,7*	-	-	9,7*

Примечание: «-» молодь рыб не обнаружена; [2,95] - встречаемость аномальной молоди рыб в пределах нормы; [8,8\*] - встречаемость аномальных особей превышает условную норму от 1 до 2 раз; [17,0\*\*] - встречаемость аномальных особей превышает условную норму более чем в два раза

возрастных групп – ранние мальки (стадии развития E-G).

В другие периоды наблюдений общее количество особей с морфологическими аномалиями стабильно превышало условную норму для благополучных природных популяций (5,0% по В.С. Кирпичникову, 1987) [29] и свидетельствует о значительном уровне воздействия отрицательных факторов среды на молодь рыб.

В большинстве обследованных участков поймы за двадцатилетний период исследования (1995-2015 гг.) встречаемость аномальных личинок и мальков рыб превышала условно принятую норму (5,0%) более чем в два раза, а в некоторых – многократно, достигая критических значений. Так в 1997 г. на трех станциях поймы процент аномальной молоди в пробах варьировал от 55,6% в р. Студенка, до 88,9% в Кольцовской воложке, в 2000 г. от 55,7% в р. Студенка до 90,7% в Кольцовской воложке. В 2006 г. в Кольцовской воложке был зафиксирован наибольший процент встречаемости аномальных особей для водоемов Кольцово-Мордовинской поймы за весь период исследований - 91,0%.

Соответственно и среднегодовые показатели встречаемости аномальных личинок и мальков рыб в Кольцово-Мордовинской пойме на протяжении большинства лет изучения существенно превышали значение условно принятой нормы. Лишь в 1996, 1998, 2003 и 2015 годах данный показатель превышал условную норму менее чем в два раза - 9,4%, 9,2%, 8,7% и 9,7%, соответственно, а в 2007 г. среднегодовое содержание аномальной молоди в пробах не выходило за пределы нормы (табл. 3). Примечателен тот факт, что начиная с 2009 и до 2015 года как среднегодовая встречаемость аномальной молоди рыб в Кольцово-Мордовинской пойме, так и ее встречаемость на отдельных станциях исследования, стабильно превышает условную норму более чем в два раза, либо молодь рыб не обнаруживается вовсе из-за отсутствия необходимых нормальных условий нереста на основных нерестилищах.

Ситуация по состоянию молоди рыб, сложившаяся и стабильно сохраняющаяся на протяжении двух десятилетий в водоемах поймы, которые являются одними из основных нерестилищ рыб Саратовского водохранилища, является следствием ряда причин:

во-первых: одним из основных источников загрязнения исследуемых водоемов являются диффузный водосбор с сельскохозяйственных угодий Правобережья р. Волги, последующее накопление пестицидов, гербицидов, инсектицидов содержащих Cu, Zn, Cd и Pb в воде и донных отложениях пойменных водоемов;

во-вторых: поступление загрязнений от г. Самары и из устья р. Чапаевки, расположенного в 10 км выше водоемов поймы. Воды реки Чапаевка, поступающие в Саратовское водохранилище, постоянно содержат большое количество загрязняющих веществ. В отдельные годы концентрация изомеров гексахлорциклогена (альфа-, бета-, гамма-ГХЦ) выше нормативов в десятки раз. Зафиксированы также значительные превышения концентрации меди 2-30 ПДК, марганца 4-18 ПДК, кадмия 8 ПДК [26]. Район населенного пункта Новый путь, который расположен в верховьях Кольцово-Мордовинской поймы, испытывает непосредственное влияние сильно загрязненных вод р. Чапаевка. На протяжении ряда лет этот район являлся наиболее загрязненным легко окисляемыми органическими веществами (2-3 ПДК), фенолами (3-5 ПДК), фосфором (3-9 ПДК) [26], а концентрация марганца в воде в 1997 г. достигала 11 ПДК [27]. Вода с такими химическими характеристиками поступает непосредственно в Кольцовскую воложку и пойменные озера острова Кольцовский.

На протяжении всего периода исследования нами осуществлялись исследования морфологического состояния молоди шести массовых видов карповых рыб (табл. 4), выловленной на нерестилищах в исследуемом районе Саратовского водохранилища. Общее количество обследованных особей составило всего 16404 экземпляра, а общая встречаемость аномальных

**Таблица 4.** Общая встречаемость особей с морфологическими аномалиями среди молоди шести видов рыб Кольцово-Мордовинской поймы за весь период исследования

Вид рыб	Количество обследованных особей, экз.	Количество аномальных особей, экз.	Доля аномальных особей, %
Плотва	7745	2821	36,4±0,55
Язь	3042	1072	35,2±0,87
Густера	2187	859	39,3±1,79
Красноперка	2203	605	27,5±0,95
Уклейка	574	100	17,4±1,58
Лещ	653	197	30,2±1,04
<b>Общие показатели</b>	<b>16404</b>	<b>5654</b>	<b>34,5±0,37</b>



особей за весь период исследования среди разных видов рыб представлена в таблице 4.

Аномальные экземпляры обнаружены среди всех шести видов рыб, а их общая доля в популяциях составляла около трети особей, как среди общего количества обследованных рыб, так и среди отдельных видов. Процент молодых рыб с морфологическими аномалиями варьировал от 27,5% среди красноперки до 39,3% среди густеры. Исключение составила встречаемость аномальных особей уклейки, которая была минимальной среди всех видов рыб - 17,4%. Подобные различия можно объяснить различной видовой чувствительностью обследованных видов рыб к воздействию неблагоприятных факторов среды. Различия по встречаемости аномальных особей среди разных видов рыб в пределах одного водоема объясняется также встречаемостью в отдельных пробах личинок и мальков рыб, находящихся на разных стадиях личиночного развития. Это происходит в силу того, что каждый вид рыб, изучаемый нами, имеет свои, отличающиеся от других видов, сроки нереста, зависящие от температуры воды, скорости течения, освещенности и т.д. В результате, нерест каждого вида рыб на одном нерестилище происходит с определенной разницей во времени, соответственно, стадии эмбрионально-личиночного развития протекают у каждого вида в разные сроки. Таким образом, в одной пробе оказываются представители разных видов рыб находящиеся на различающихся стадиях личиночного и малькового развития. Однако, значения встречаемости аномальных личинок и мальков значительно превышают порог условной нормы для благополучных природных популяций среди всех шести массовых видов рыб Кольцово-Мордовинской поймы: в 3,4 раза (уклейка) - в 7,8 раза (густера).

Таким образом, в условиях определенного уровня загрязнения какого-либо водоема встречаемость аномальных личинок и мальков рыб пропорционально повышается сразу среди всех видов рыб при усилении токсической нагрузки, и, напротив, понижается среди всех исследованных видов рыб при ее понижении.

Большинство рыб с момента выхода из икринки и до превращения в малька проходят так называемый личиночный период жизни, когда строение и внешние признаки особей все время меняются [18]. С момента выхода и до окончания личиночного периода - превращения личинки в малька - в среднем проходит около 1 месяца или немногим более, а продолжительность малькового периода жизни (мальки, сеголетки) может длиться от нескольких месяцев до одного года. Личиночный период развития дифференцируется на более мелкие этапы. Каждый этап (или стадия развития) - это такой отрезок

развития особи, на котором происходят лишь медленные, постепенные изменения и рост особи, но не совершается существенных качественных изменений ни в строении, ни в функциях, ни в поведении рыбы [30]. Описание этапов развития рыб в литературе дано далеко не для всех видов, однако, для большинства карповых рыб, обитающих в волжских водоемах, стадии личиночного и малькового развития хорошо изучены и практически не различаются по своим характеристикам среди разных видов.

Каждая стадия личиночного и малькового развития отличается от другой особенностями формирования тех или иных морфологических признаков. Как правило, формирование основных или наиболее важных органов и их систем у карповых рыб (органы чувств, плавники и т.д.) формируются уже на самых ранних стадиях развития предличинок и ранних личинок (А - С<sub>1</sub>), а на последующих стадиях развития происходит лишь их развитие и дифференцировка.

На стадии развития В - предличинки, большинство морфологических признаков у особей еще не сформированы, при этом морфологические аномалии, которые могут быть заложены при воздействии неблагоприятных факторов на развитие тех или иных морфологических признаков еще в процессах эмбриогенеза, не проявились. Этим объясняется и достаточно невысокая встречаемость аномальных особей на стадии развития В (в нашем случае она у большинства видов меньше, чем на стадии С<sub>1</sub>), однако уже на следующей стадии развития С<sub>1</sub> - ранние личинки, доля аномальных особей максимальна, так как происходит переход личинок на внешнее питание и начинается активное развитие основных морфологических признаков и, соответственно, заложенных в их развитии морфологических нарушений. Так на данной стадии развития общая встречаемость особей с морфологическими аномалиями достигала 42,9% среди всех обследованных особей, тогда как среди разных видов она варьировала от 39,9% среди язя до 56,8% среди уклейки (рис. 1).

Среди ранних личинок всех видов рыб происходит заметное снижение доли аномальных особей от более ранней стадии личиночного развития (С<sub>1</sub>) к более поздней (F) с 42,9% до 1,2%. Особенно наглядно данная тенденция прослеживается среди красноперки, плотвы и уклейки Кольцово-Мордовинской поймы (рис. 1).

При максимальной встречаемости аномальных особей на стадии С<sub>1</sub> на стадии развития G такой молодежи рыб уже не встречено, что объясняется ускоренной элиминацией уродливых личинок рыб в силу их низкой жизнеспособности. При этом, максимальное разнообразие обнаруженных морфологических аномалий также зафиксировано у ранних личинок на стадиях развития С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>.

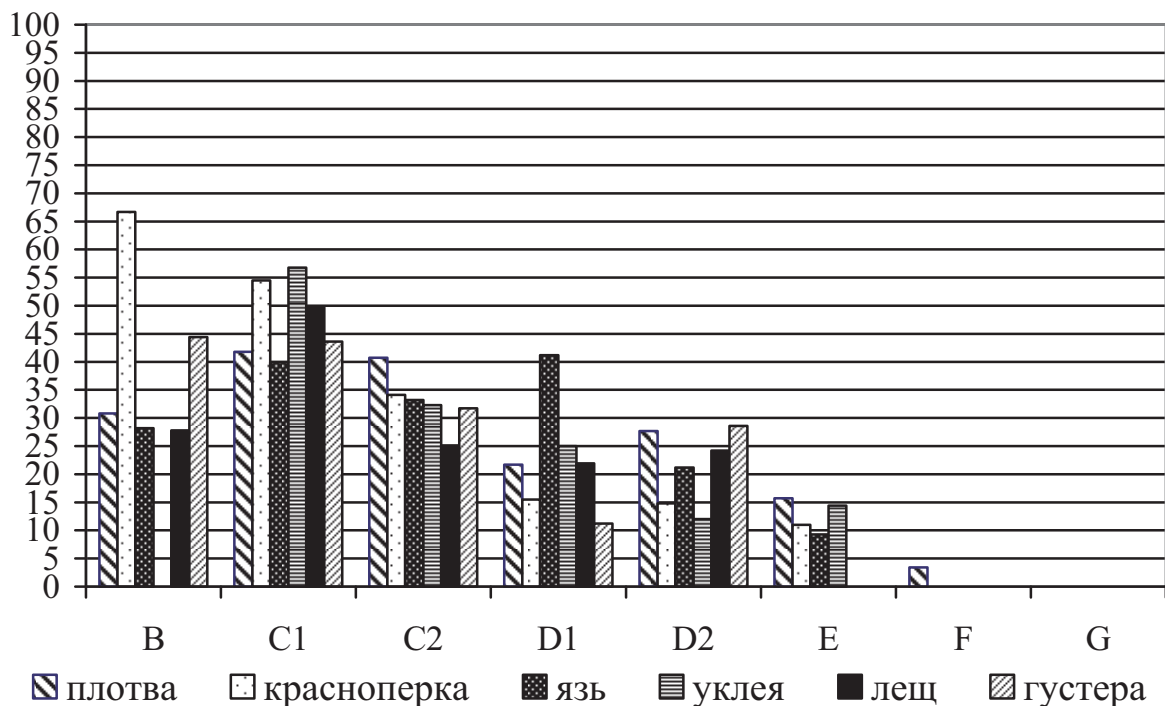


Рис. 1. Встречаемость аномальных особей на разных стадиях личиночного и малькового развития (%) среди шести видов рыб Кольцово-Мордовинской поймы Саратовского водохранилища за период исследования 1995-2015 гг.

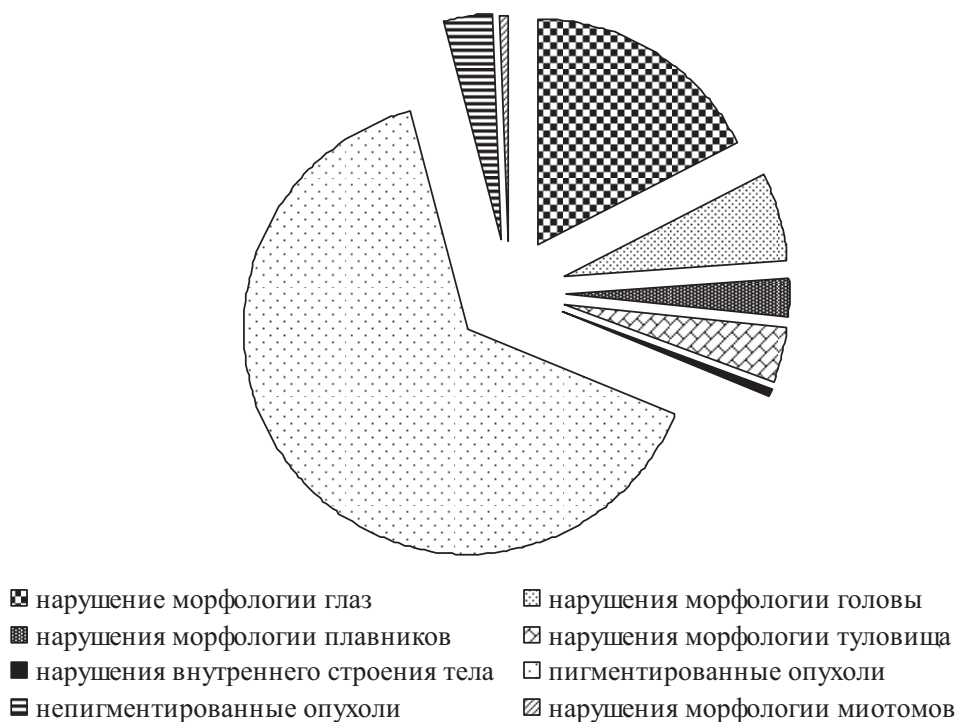
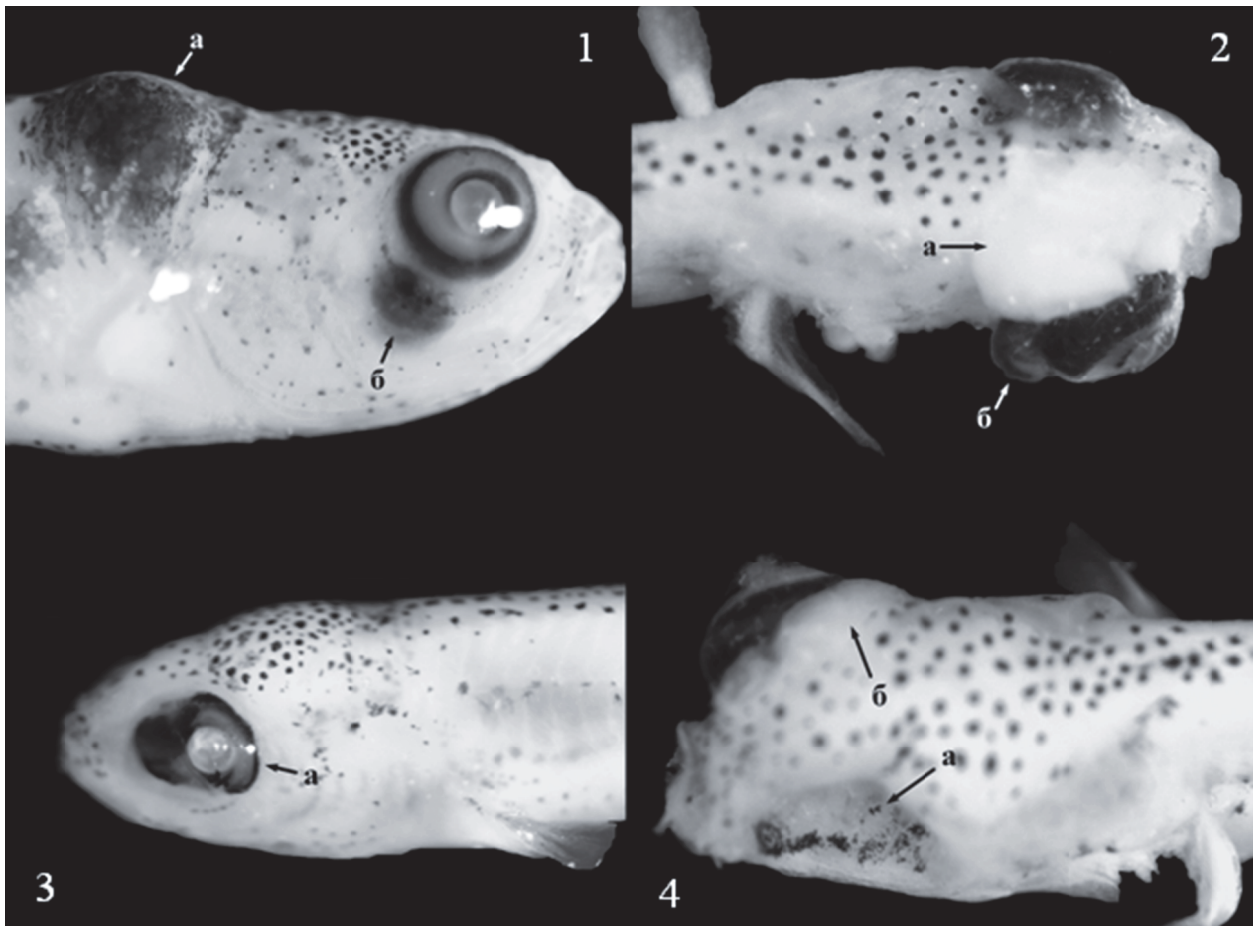


Рис. 2. Встречаемость различных групп морфологических аномалий (%) у молоди рыб из Кольцово-Мордовинской поймы Саратовского водохранилища

У молоди рыб всех видов, обследованной в 1995-2015 гг., обнаружено всего 37 типов морфологических аномалий, относящихся к восьми группам (рис. 2).

Наиболее многочисленными по встречаемости среди всех обнаруженных морфологических

нарушений - 65,4%, являлись нарушения группы **пигментированных опухолей**, включающие в себя всего три типа нарушений: пигментированные опухоли около глазных яблок (рис. 3.1б, 3.2б), пигментированные опухоли, локализованные на туловище (рис. 3.1а), и нарушение



**Рис. 3.** Некоторые морфологические аномалии у молоди рыб Кольцово-Мордовинской поймы:

- 1 - плотва (вид справа), стадия F:  
 а - пигментированная опухоль в туловищном отделе тела,  
 б - пигментированная опухоль под правым глазным яблоком;  
 2 - плотва (вид сверху), стадия C<sub>1</sub>:  
 а - крупная непигментированная опухоль между глаз,  
 б - пигментированная опухоль около правого глазного яблока;  
 3 - уклейка (вид слева), стадия E:  
 а - недоразвитие левого глазного яблока; 4 - язь (вид слева), стадия C<sub>2</sub>:  
 а - врожденное отсутствие левого глазного яблока,  
 б - непигментированное новообразование около правого глазного яблока

видового пигментного рисунка. Доминирование аномалий данной группы свидетельствует о канцерогенном характере воздействия на организм рыб присутствующих в воде поллютантов.

На втором месте по встречаемости были **нарушения морфологии глаз** - 17,6% среди всех обнаруженных нарушений. Аномалии данной группы были наиболее разнообразны и представлены восемью типами морфологических нарушений, среди которых преобладали недоразвитие одного или обоих глазных яблок (рис. 3.3а), отсутствие одного глазного яблока (рис. 3.4а), а также новообразования в одном или обоих глазах.

Морфологические **нарушения внутреннего строения тела** и **нарушения морфологии миотомов** обнаруживались у молоди рыб единично на протяжении всего периода исследования и составляли 0,03% и 0,08%, соответственно, от общего количества обнаруженных аномалий.

Доля морфопатологий остальных четырех групп варьировала от 2,7% (**нарушения морфологии плавников**) до 6,5% (**нарушения морфологии головы**).

Распределение обнаруженных морфологических аномалий всех типов по стадиям развития у обследованной молоди рыб соответствует общей тенденции снижения встречаемости особей с нарушениями от ранних стадий развития к более поздним, что подтверждает и доказывает летальный характер большей части обнаруживаемых морфологических аномалий. Несмотря на большое разнообразие данных нарушений морфологии, их встречаемость имеет определенные закономерности, что позволяет эффективно использовать молодь рыб для экологических исследований.

Во-первых, все обнаруженные морфологические аномалии и их группы (за исключением

самых редко встречающихся) фиксируются у молоди рыб независимо от ее видовой принадлежности, так как распределение встреченных морфологических нарушений у рыб из определенной акватории практически не отличается у молоди разных видов и экологических групп. В то же время распределение морфологических аномалий основных групп, за исключением единично обнаруженных типов нарушений, аналогично среди всех шести обследованных массовых видов рыб Кольцово-Мордовинской поймы, что свидетельствует о неспецифическом характере обнаруженных морфопатологий.

Во-вторых, частота встречаемости морфологических аномалий всегда снижается от максимальных значений на ранних стадиях, до минимальных значений на поздних мальковых стадиях (F, G). Среди поздних мальков (стадия G) Кольцово-Мордовинской поймы аномальных особей нами не встречено за весь период исследования. Данная тенденция объясняется элиминацией особей с морфологическими аномалиями вследствие их низкой жизнеспособности. В итоге, можно утверждать, что все обнаруженные нами нарушения морфологии в той или иной степени являются летальными для молоди рыб. В случае обнаружения нами на отдельных станциях поймы до 91,0% (2006 – Кольцовская воложка) и 85,5% (2006 – р. Студенка) аномальных особей (см. табл. 3) логично констатировать, что именно такое количество аномальных особей погибнет в ходе личиночного и малькового развития.

Таким образом, на основе анализа встречаемости морфологических аномалий у личинок и мальков рыб разных возрастных групп можно адекватно судить об экологическом состоянии исследуемого водоема и характере и качестве пополнения популяций рыб в сложившихся экологических условиях.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Привольнев Т.И. Критические периоды при постэмбриональном развитии рыб // Известия ВНИОРХ. 1947. Т. 29. С. 118-142.
2. Жукинский В.Н. Влияние абиотических факторов на разнокачественность и жизнеспособность рыб в раннем онтогенезе. М.: Агропромиздат, 1986. 248 с.
3. Касимов Р.Ю., Крючков В.И. Оплодотворяемость икры и развитие зародышей осетровых рыб при нефтяном воздействии // Материалы четвертой Всесоюзной конф. по раннему онтогенезу рыб. Ч. 1. М.: ВНИРО, 1988. С. 126-127
4. Изменения в характере эмбриогенеза карася: долгосрочные наблюдения и экспериментальные исследования / О.А. Лебедева, Л.И. Тихомирова, Г.П. Филлипова, М.Н. Завьялова // Доклады АН СССР. 1990. Т. 313. № 1. С. 196-199.
5. Щурова И.Л. Влияние 2,4-дитретамилфенола и 2,4,6-трихлорфенилгидрозина солянокислого на ранние стадии развития щуки // Материалы Междунар. конф. «Физиология и токсикология гидробионтов». Ярославль: Ярославский гос. ун-т, 1990. С. 45-48.
6. Макеева А.П. Эмбриология рыб. М.: Изд-во МГУ, 1992. 216 с.
7. Molecular/cellular processes and health of individual. Effects of Pollution on Fish / K. Hylland, S. Feist, J. Tain, L. Forlin [ Ed. A.J. Lawrence, K.L. Hemingway]. N.Y.: Blackwell Sci, 2003. P. 134-166.
8. Руднева И.И., Залевская И.Н. Личинки атерины (*Atherina hepsetus* L.) как биоиндикаторы загрязнения прибрежных акваторий Черного моря // Экология. 2004. № 2. С. 107-112.
9. Попов О.И., Саломатина Т.В., Чавычалова Н.И. Морфологические aberrации молоди полупроходных рыб как индикатор загрязнения дельты Волги // Материалы Междунар. науч. конф. «Малые реки: Современное экологическое состояние, актуальные проблемы». Тольятти: ИЭВБ РАН, 2001. С. 168.
10. Urho L., Hudd R. Sublethal effects of ocn oil spill on fish larvae in the Northern Quark, in the Baltic // Pap. 3 rd. ICES symp. early. life hist. fish. Btrgen: Cons. int. explor. mer., 1989. № 191. P. 494.
11. Crawford R.B., Guarina A.M. Effects of environmental toxicants on development of a teleost embryo // I. Environ. Pathol. Toxicol. and Oncol. 1985. V. 6. № 2. P. 123-130.
12. Richmonds C., Dutta H.M. *Lepomis mecrochimus*. Histopathological changes by malation in the gills of bluegill *L.m.* // Bull. Environ. Contam. and Toxicol.. 1989. V. 43. № 1. P. 123/130.
13. Cadmium induced Malformation in Eyes of *Ambassis cjmmerstoni* Cuvier / V. Pragatheeswaran, B. Loganathan, R. Natarajan, V.K. Venugapalon // Bull. Environ. and Toxicol.. 1989. V. 43. № 5. P. 755-760.
14. Beckman B.R., Zaugg W.S. Copper intoxication in chinook salmon (*Oncornynchus tshawytscha*) induced by natural springwater: effect on gill  $Na^+$ ,  $K^+$  - AT Phase, hematocrit and plasma glucose // Cjn. I. Fish and Acuac. Sci.. 1988. № 8. P. 1430-1435.
15. Решетников Ю.С. Современное состояние и перспективы изменения запасов сиговых рыб // Биология сиговых рыб. М.: Наука. 1988. С. 5-17.
16. Разнообразия рыб Таймыра: Систематика, экология, структура видов как основа биоразнообразия в высоких широтах, современное состояние и условия антропогенного воздействия / Д.С. Павлов, К.А. Савваитова, М.А. Груздева; [и др.]. М.: Наука, 1999. 207 с.
17. Атлас нарушений в гаметогенезе и строении молоди осетровых / Акимова Н.В., Горюнова В.Б., Микудина Е.В. [и др.]. М.: Изд-во ВНИРО, 2004. 121 с.
18. Коблицкая А.Ф. Определитель молоди пресноводных рыб. М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1981. 208 с.
19. Плохинский Н.А. Биометрические методы. М.: Изд-во МГУ, 1970. 336 с.
20. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1990. 293 с.
21. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Самарской области в 1996 году. Вып. 4. Экологическая безопасность и устойчивое развитие Самарской области. Самара: Ком. по охране окруж. среды Самарск. обл., 1997. С. 7-12.
22. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Самарской области в 1999



- году. Вып. 9. Экологическая безопасность и устойчивое развитие Самарской области. Самара: Ком. по охране окруж. среды Самарск. обл., 2000. 103 с.
23. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Самарской области в 2000 году. Вып. 11. Экологическая безопасность и устойчивое развитие Самарской области. Самара: Ком. по охране окруж. среды Самарск. обл., 2001. 193 с.
  24. Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области в 2008 г. Вып. 19. Самара: Министерство природопользования, лесного хозяйства и окруж. среды Самарск. обл., 2009. 344 с.
  25. Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2011 год. Вып. 22. Министерство лесного хозяйства, охраны окружающей среды и природопользования Самарской обл.: изд-во «ДСМ», 2012. С. 71-72.
  26. *Выхристюк Л.А., Варламова О.Е., Марченко Н.А.* Химический состав воды и донных отложений // Экологическое состояние бассейна реки Чапаевка в условиях антропогенного воздействия (Биологическая индикация). Тольятти: ИЭВБ РАН, 1996. С. 65-80.
  27. *Селезнев В.А., Цыкало В.А., Сергиенко Т.С.* Содержание марганца в поверхностных водах Самарской области // 10 лет Государственному комитету по охране окружающей среды Самарской обл. Экологическая безопасность и устойчивое развитие Самарской области. Вып. 6. Самара: Ком. по охране окруж. среды Самарск. обл., 1998. С. 108-116.
  28. *Червякова Н.Г., Федорова З.А.* Использование водных ресурсов // Материалы совещания «Экологическая ситуация в Самарской области: состояние и прогноз». Тольятти: ИЭВБ РАН, 1994. С. 198.
  29. *Кирпичников В.С.* Генетика и селекция рыб. Л.: Наука. 1987. 520 с.
  30. *Васнецов В.В.* Этапы развития костистых рыб // Очерки по общим вопросам ихтиологии. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1953. С. 207-217.

### MORPHOLOGICAL ABNORMALITIES IN JUVENILES OF COMMON FISH SPECIES IN KOLTSOVO-MORDOVINSKAYA FLOODPLAIN OF THE SARATOV RESERVOIR

© 2018 A.K. Mineev

Institute of Ecology of the Volga River Basin of Russian Academy of Sciences

Ponds of the floodplain Koltsovo-Mordovinskaya of the Saratov reservoir are extensive spawning grounds for most common species of cyprinid fish (fam. Cyprinidae), the most numerous of which roach (*Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758), ide (*Leuciscus idus* Linnaeus, 1758), bleak (*Alburnus alburnus* Linnaeus, 1758), silver bream (*Blicca bjoerkna* Linnaeus, 1758), common bream (*Abramis brama* Linnaeus, 1758) and rudd (*Scardinius erythrophthalmus* Linnaeus, 1758). However, over the past decades among larvae and fingerlings of fish, a high proportion of individuals with various morphological irregularities, which we attribute to contamination of the water reservoir as a major component of the complex influence of negative anthropogenic factors. Despite the relative remoteness from large settlements, the water – streams, floodplain lakes and large bays in this part of the Saratov reservoir are constantly experiencing some impact of negative factors with anthropogenic in nature. Embryonic and larval development stages of young fish are very sensitive to even minor exposure to sub-lethal concentrations of toxicants, adaptation processes over time is rapidly evolving into a pathological process, which causes various abnormalities of the morphology and the death of individuals. As a result, young fish from the study area throughout the study period found numerous morphological anomalies, which we attribute to the eight major groups, and greatly weakens the viability of individuals. A similar distribution of the discovered types and groups of morphological anomalies in fry of different mass species of fish of Koltsovo-Mordovinskaya floodplain indicates the nonspecific nature of these violations and the possibility of using this index as a biomarker of the morphological and physiological state of populations of different species of fish. The decrease to zero of the proportion of abnormal individuals among young fish with age, expressed in all the examined species, evidence of the lethal nature of all detected morphological violations. A large proportion of individuals with morphological anomalies among young fish of Koltsovo-Mordovinskaya floodplain associated with an increased level of complex pollution of the investigated area of the Saratov reservoir.

*Keywords:* Koltsovo-Mordovinskaya floodplain, spawning grounds, juveniles of cyprinid fishes, pollution of the water body, pollutants, morphological abnormalities, changes in the frequencies of abnormal individuals.