

УДК 591.484.6+616–007+597.554.3

## Аномалии глаз у молоди карповых рыб Саратовского водохранилища

А.К.Минеев

Институт экологии Волжского бассейна РАН (ФГБУН «ИЭВБ РАН», г. Тольятти)  
E-mail: mineev7676@mail.ru

Загрязнение воды Саратовского водохранилища основными группами поллютантов превышает условно допустимые нормы на протяжении последних десятилетий и имеет хронический характер. На протяжении ряда лет среди личинок и мальков карповых рыб сем. Cyprinidae, составляющих основу естественного пополнения ихтиофауны водоема, высока доля особей с различными морфологическими нарушениями глаз, что мы связываем с присутствием техногенных загрязнений в воде водохранилища. Аномалии глаз, значительно ослабляющие жизнеспособность особей, являются наиболее многочисленной и распространённой группой морфологических нарушений. За время исследований (1995–2013 гг.) обнаружен 21 тип аномалий глазных яблок у молоди 6 массовых видов рыб водохранилища: плотвы *Rutilus rutilus*, уклей *Alburnus alburnus*, леща *Abramis brama*, язя *Leuciscus idus*, густеры *Blicca bjoerkna* и красноперки *Scardinius erythrophthalmus*. Установлено, что динамика встречаемости патологий развития глаз, не коррелирует с видовой принадлежностью особей, что доказывает неспецифический характер данных аномалий, но находится в прямой зависимости от стадии развития обследованных личинок и мальков. При наибольшей встречаемости аномальных особей на ранних личиночных стадиях развития, такие экземпляры редки среди ранних мальков (стадии E и F) и не встречены среди поздних мальков (G), что является доказательством летального характера всех обнаруженных нами аномалий глаз. Стабильно высокая доля особей с аномалиями глаз среди всех обследованных видов рыб Саратовского водохранилища связана с повышенным уровнем загрязнения водоёма.

**Ключевые слова:** молодь рыб, аномалии глаз, загрязнение водоёма.

### 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, освещённость и т. п.), но и влиянию различных токсических веществ. В ряде экспериментальных работ [Привольнев, 1947; Макеева, 1992; Nylland et al., 2003] выявлены различные нарушения

у личинок рыб под влиянием отдельных абиотических факторов среды и различных загрязнителей.

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. Бы-

строга данных реакций объясняется ещё и повышенной скоростью естественных биохимических обменных процессов в организмах на ранних стадиях эмбрионального и личиночного развития [Руднева, Залевская, 2004].

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% [Попов и др., 2001]. На нерестилищах дельты Волги ежегодно наблюдается 28,1–63,29% предличинок фитофильных рыб (стадии А и В) с разными нарушениями морфогенеза. Независимо от характера аномалий к моменту перехода личинок на этапы  $C_2$ - $D_1$  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% [Попов и др., 2001].

Анализируя экспериментальные работы [Crawford, Guarine, 1985; Richmonds, Dutta, 1989] можно говорить о том, что под влиянием различных по происхождению загрязнителей (сырая нефть, пестициды, тяжёлые 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 у молоди рыб из водоёмов с разным уровнем антропогенной нагрузки. Их наличие свидетельствует о неблагоприятном состоянии популяции, вызванным ухудшением качества водной среды [Решетников, 1988]. Целью исследования являлось описание и изучение динамики встречаемости аномалий глаз у молоди массовых видов рыб Саратовского водохранилища на разных стадиях постэмбрионального развития.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследования осуществлялись на акватории Саратовского водохранилища в 1995–2013 гг. Личинки и мальки рыб отлавливались

в весенне-летний период сачками из мелкого чистого газа в прибрежной зоне обширных нерестилищ от г. Жигулевска до г. Балаково. Видовую принадлежность и стадии развития личинок и мальков рыб устанавливали по определителю А.Ф.Коблицкой [1981]. Обследовано 22 099 особей шести видов карповых рыб: 10519 плотвы *Rutilus rutilus* (L., 1758), 1019 леща *Abramis brama* (L., 1758), 1900 уклей *Alburnus alburnus* (L., 1758), 3854 язя *Leuciscus idus* (L., 1758), 2390 густеры *Blicca bjoerkna* (L., 1758) и 2417 красноперки *Scardinius erythrophthalmus* (L., 1758). Статистическую обработку полученных данных проводили общепринятыми методами [Лакин, 1990] с применением программы Excel 2007. Фотоснимки изготовлены на оборудовании ИЭВБ РАН: микроскоп МБС-10 и видеокomплекс Levenhuk (фотонасадка Levenhuk C510 NG и программное обеспечение Levenhuk Tour View, V.3.5 Levenhuk, Inc.).

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На протяжении многих десятилетий Саратовское водохранилище испытывает значительную антропогенную нагрузку. Качество воды водоёма формируется под влиянием транзитного переноса загрязняющих веществ из Куйбышевского водохранилища и сброса сточных вод крупных предприятий, городских очистных сооружений, поверхностного стока с сельхозугодий, а также ливневых стоков городских территорий [Гос. доклад ..., 2012]. В последние годы качество воды Саратовского водохранилища не претерпело значительных изменений, и она в среднем характеризуется как «загрязнённая» 3-го класса качества. Согласно данным за 2011 г., основными загрязняющими веществами водоёма являются легко- и трудноокисляемые органические вещества (по биологическому и химическому потреблению кислорода) — до 2–7 ПДК, фенолы и соединения марганца — до 2–7 ПДК, азот аммонийный — до 1–2 ПДК. В среднем по водохранилищу класс качества воды (согласно критерию УКИЗВ — удельному комбинаторному индексу загрязнённости воды) с 2010 до 2011 года незначительно улучшился с 3Б (очень загрязнённая) до 3А (загрязнённая) [Гос. доклад ..., 2012].

Сложившаяся экологическая ситуация носит хронический характер, вследствие чего на популяции карповых рыб оказывается постоянный пресс негативных абиотических факторов, что не может не отразиться на качественном и количественном состоянии этих популяций. В сложившихся экологических условиях у личинок и мальков рыб обнаруживаются многочисленные морфологические аномалии, значительно ослабляющие жизнеспособность особей и, в итоге, приводящие к их элиминации.

Аномалии морфологии глаз являются наиболее распространёнными среди молоди рыб Саратовского водохранилища. Эти уродства затрагивают внешнее или внутреннее строение глазных яблок (рис. 1 и 2) и приводят, за редким исключением, к полной элиминации таких особей. За весь период исследования нами обнаружен 21 тип нарушений морфологии глазных яблок, некоторые из которых массово обнаруживались у представителей всех исследованных видов рыб, а некоторые — лишь в единичных случаях:

1. Недоразвитие одного глазного яблока (рис. 1 а). Эта аномалия выражается в том, что размеры такого глаза несколько меньше нормы, он может быть деформированным. Данный дефект имеет разную степень выраженности — от едва заметного недоразвития до почти полного отсутствия глазного яблока (рис. 2.4 б).

2. Недоразвитие обоих глазных яблок выражается в том, что оба глаза по размерам меньше нормы. Форма глазных яблок также может быть нарушена.

3. Отсутствие одного глазного яблока. Данный тип аномалии следует отличать от механической потери глаза. При врождённом отсутствии глазного яблока глазница недоразвита и часто зарастает покровной тканью. Второй глаз при этом может быть абсолютно здоровым.

4. Отсутствие обоих глазных яблок (рис. 1.2 а).

5. Опухоль в одном глазном яблоке (рис. 1.3 а). Одно из глазных яблок увеличено в размере и имеет неправильную форму из-за того, что в нём присутствует опухолевидное образование.

6. Опухоли в обоих глазных яблоках.

7. Смещение хрусталика от нормального положения в одном глазном яблоке (рис. 1.4 а) Хрусталик, имеющий нормальную форму и размеры, находится не в центре глазного яблока, а смещён к его периферии. В редких случаях наблюдалось расположение развитого хрусталика вне глазного яблока (рис. 1.5 б).

8. Смещение хрусталика в обоих глазных яблоках. Подобные морфологические нарушения зачастую сопровождаются недоразвитием глазного яблока и наличием новообразований.

9. Деформация хрусталика в одном глазном яблоке (рис. 1.6 б). Хрусталик, в отличие от нормальной шарообразной формы и размера, имеет неправильную, деформированную форму, сморщенную замутнённую структуру. Часто данное морфологическое нарушение сопровождается пигментированными новообразованиями в области глазницы (рис. 1.6 а).

10. Деформация хрусталиков в обоих глазных яблоках.

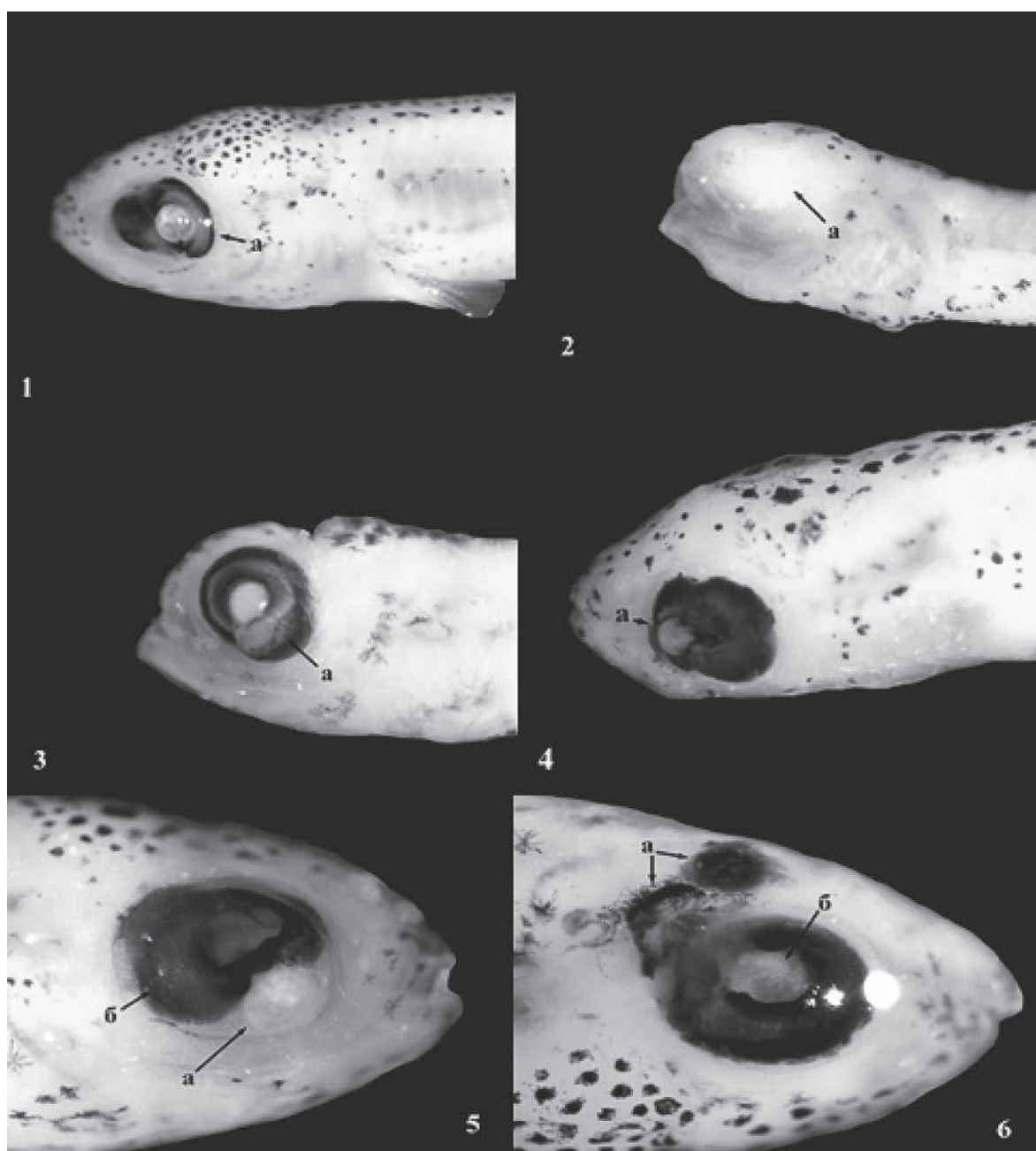
11. Раздвоение хрусталика в одном глазном яблоке. В глазном яблоке, по размерам и форме соответствующем норме, либо в недоразвитом глазном яблоке (рис. 2.1 а, б), имеется два хрусталика. Такие хрусталики могут быть вполне развитыми и иметь правильную шарообразную форму (рис. 2.2 а, б).

12. Раздвоение одного глазного яблока (рис. 2.2 а, б). С одной стороны головы находится либо два обособленных глазных яблока нормальных по форме и строению, но по размерам меньше нормы, либо одно глазное яблоко, имеющее перетяжку и по одному хрусталику в каждой полуобособленной части. С другой стороны головы находится нормальное глазное яблоко.

13. Раздвоение обоих глазных яблок.

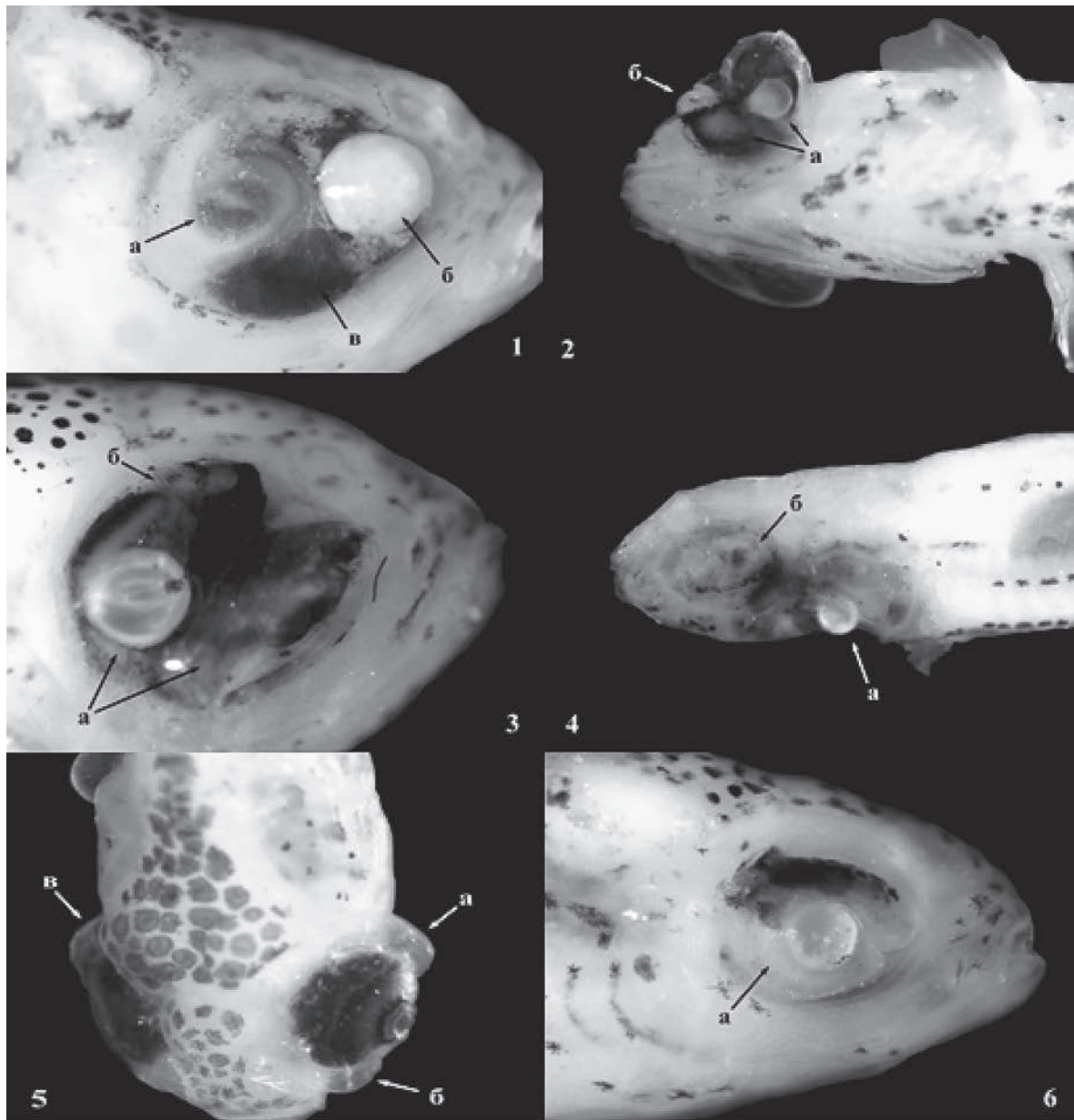
14. Разделение одного глазного яблока на три части (рис. 2.3 а, б). Аномалия аналогичная предыдущей с тем лишь отличием, что глазное яблоко имеет не одну перетяжку, а две, делящих глаз на три части с обособленным хрусталиком в каждой. Подобная аномалия сразу для обоих глазных яблок у одной особи нами не встречена.

15. Два обособленных глазных яблока с одной стороны головы, при наличии одного нормального глазного яблока с другой стороны. Оба глазных яблока с одной стороны голо-



**Рис 1.** Нарушения морфологии глаз:

- 1 — укляя (стадия E), вид слева ( $\times 32$ ), а — недоразвитие левого глазного яблока; 2 — плотва ( $C_1$ ), вид слева ( $\times 32$ ), а — отсутствие обоих глазных яблок; 3 — плотва ( $C_2$ ), вид слева ( $\times 32$ ), а — опухоль внутри левого глазного яблока; 4 — укляя ( $C_2$ ), вид слева ( $\times 32$ ), а — смещение хрусталика от нормального положения в левом глазном яблоке; 5 — укляя ( $D_2$ ), вид справа ( $\times 56$ ), а — хрусталик находится вне правого глазного яблока, б — недоразвитое глазное яблоко без хрусталика; 6 — плотва ( $D_2$ ), вид слева ( $\times 56$ ), а — пигментированные опухоли около левого глаза и на нижней челюсти, б — деформация хрусталика в левом глазном яблоке



**Рис. 2.** Нарушения морфологии глаз:

1 — плотва (F), вид справа ( $\times 56$ ), а, б — два хрусталика в правом недоразвитом глазном яблоке (в); 2 — укляя ( $C_2$ ), вид справа ( $\times 32$ ), а, б — два соединённых недоразвитых глазных яблока с развитыми хрусталиками; 3 — укляя (E), вид справа ( $\times 56$ ), растроение правого глазного яблока, а, б — три недоразвитых соединённых между собой глазных яблока с тремя хрусталиками разного размера; 4 — красноперка ( $C_2$ ), вид справа-снизу ( $\times 32$ ), а — недоразвитое глазное яблоко с развитым хрусталиком в теменной области головы, б — недоразвитое правое глазное яблоко; 5 — плотва ( $C_2$ ), вид сверху ( $\times 56$ ), а, б, в-отслоение эпителия обоих глазных яблок; б — плотва ( $D_2$ ), вид справа ( $\times 32$ ), а — отсутствие пигментации основной части правого глазного яблока

вы могут быть развиты в разной степени, но в обоих присутствует по одному обособленному хрусталику.

16. По два оформленных глазных яблока с каждой стороны головы. Глазные яблоки, как и в предыдущем случае, по размерам меньше нормы, и имеют неправильную форму.

17. Нестандартная локализация дополнительного недоразвитого глазного яблока. Кроме двух нормальных глаз особь имеет дополнительное глазное яблоко, имеющее, в свою очередь, оформленный хрусталик и склеру. Однако дополнительный глаз недоразвит и имеет размер меньше обычного. Зафиксировано всего три случая обнаружения личинок рыб с такой аномалией в Саратовском водохранилище в районе Балаковской АЭС. В первом случае дополнительный глаз был локализован на нижней челюсти между жаберных крышек в левой задней части головы, во втором — в районе левого грудного плавника. Третий случай был зафиксирован в Кольцово-Мордовинской пойме Саратовского водохранилища, дополнительный недоразвитый глаз располагался в теменной области головы (рис. 2.4 а).

18. Отслоение эпителия, покрывающего одно глазное яблоко. Между стекловидным телом глазного яблока и его эпителием имеется полость, заполненная жидкостью.

19. Отслоение эпителия обоих глазных яблок (рис. 2.5 а, б, в).

20. Нарушение пигментации одного глазного яблока (рис. 2.6 а). На глазном яблоке присутствуют обширные участки, лишённые пигмента, что не соответствует норме.

21. В редких случаях пигментация глаза полностью отсутствует.

У молоди шести массовых видов рыб Саратовского водохранилища за весь период исследования (1995–2013 гг.) наблюдается постепенное понижение доли особей с аномалиями глаз от самых ранних стадий личиночного развития ( $C_1$  и  $C_2$ ), до стадий малькового развития (Е и F). Среди поздних мальков (стадия G) особей с такими нарушениями вовсе не обнаружено. На стадии развития F мальки с аномалиями глаз обнаружены только у 2,79% плотвы (рис. 3).

Однако, на стадиях личиночного развития  $C_1$  и  $C_2$  у молоди всех шести видов рыб встречаемость аномальных особей достигает максимальных значений: у густеры — 11,65% ( $C_1$ ) и 8,43% ( $C_2$ ), у плотвы — 10,18% ( $C_1$ ) и 7,89% ( $C_2$ ), у уклей — 9,21% ( $C_1$ ) и 10,22% ( $C_2$ ), у язя — 7,86% ( $C_1$ ) и 8,80% ( $C_2$ ), у леща — 6,72% ( $C_1$ ) и 6,52% ( $C_2$ ) и у красноперки — 6,22% ( $C_1$ ) и 5,2% ( $C_2$ ). При этом предличинки (стадия В) были обнаружены нами только среди плотвы и густеры,

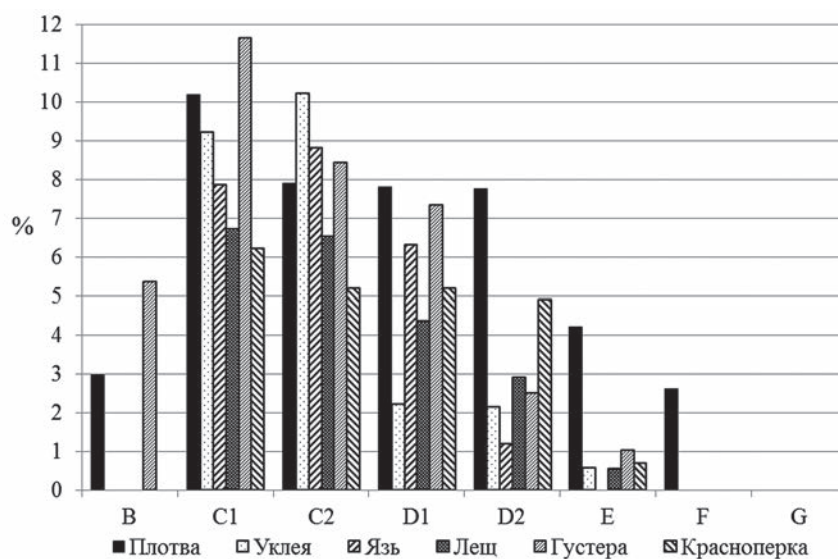


Рис 3. Встречаемость особей с аномалиями глаз среди рыб Саратовского водохранилища на разных стадиях постэмбрионального развития

а количество особей с нарушениями морфологии глаз среди них составляло 2,79% и 5,36%.

Некоторое повышение встречаемости аномальных личинок от стадии развития В к стадии С<sub>1</sub> мы связываем, прежде всего с тем, что на стадии В многие морфологические признаки ещё не сформированы, соответственно их потенциальные морфологические нарушения ещё не реализованы. Но по мере развития морфологии глаз на стадиях С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub> проявляются и аномалии, заложенные в них. Дальнейшее понижение встречаемости личинок и мальков с аномалиями глаз от более ранних стадий развития к более поздним происходит по двум основным причинам:

— во-первых, в результате элиминации особей с морфологическими аномалиями (естественная смертность нежизнеспособных особей, выедание хищниками и т. д.) в результате их пониженной жизнеспособности;

— во-вторых, в результате понижения вероятности возникновения различных морфологических нарушений глаз у особей на более поздних стадиях развития (D<sub>2</sub> — G).

Как правило, у поздних мальков (стадии Е и F) обнаруживаются нарушения морфологии глаз, не влияющие существенно на жизнеспособность особей (такие как недоразвитие одного

глазного яблока, смещение или деформация хрусталика), и сохраняется вероятность доживания таких рыб до взрослого, половозрелого состояния. Однако за время изучения среди поздних мальков (стадия G) всех шести видов карповых рыб Саратовского водохранилища особей с аномалиями глаз не обнаружено. Из наших исследований за период 1995–2013 гг. известно лишь два случая обнаружения врождённых аномалий глазных яблок у половозрелых рыб Саратовского водохранилища [Минеев, 2012]: у двух лещей было зафиксировано недоразвитие одного глазного яблока с отсутствием в нем хрусталика и отсутствие одного глазного яблока. Доля таких особей среди обследованных взрослых лещей составила всего 0,03±0,02%.

Распределение отдельных типов нарушений морфологии глаз среди шести видов рыб Саратовского водохранилища не имеет существенных отличий, что свидетельствует о неспецифическом характере данных аномалий (табл. 1). Наиболее часто встречающиеся у молоди аномалии — недоразвитие одного и двух глаз (№№ 1 и 2), отсутствие одного и двух глаз (№№ 3 и 4) и опухоли в одном и двух глаз-

**Таблица 1.** Встречаемость различных нарушений морфологии глаз среди аномальной молоди шести видов карповых рыб Саратовского водохранилища

№ аномалии	Доля особей с аномалией данного типа среди аномальных рыб разных видов (%)					
	плотва	укляя	язь	лещ	густера	краснопёрка
1	41,68±1,79	35,56±4,14	29,18±2,98	29,33±5,29	33,10±3,92	24,53±3,42
2	16,25±1,34	18,52±3,36	13,30±2,23	18,67±4,53	19,31±3,29	15,09±2,85
3	30,93±1,67	17,78±3,31	20,17±2,63	24,32±4,99	23,45±3,53	17,61±3,03
4	9,31±1,05	13,33±2,94	9,87±1,96	14,67±4,11	11,72±2,68	9,43±2,32
5	9,04±1,04	12,59±2,87	13,73±2,26	13,33±3,95	13,79±2,87	19,49±3,15
6	2,75±0,59	5,93±2,04	10,31±1,99	9,33±3,38	12,41±2,75	13,84±2,75
7	1,31±0,41	1,48±1,04	0,43±0,43	2,67±1,87	0,69±0,69	1,26±0,89
8	—	0,74±0,74	—	1,33±1,33	0,69±0,69	1,26±0,89
9	0,13±0,13	0,74±0,74	—	1,33±1,33	—	0,63±0,63
10	—	0,74±0,74	0,43±0,43	—	—	0,63±0,63
11	0,13±0,13	0,74±0,74	—	—	—	—
12	0,52±0,26	1,48±1,04	0,43±0,43	—	0,69±0,69	0,63±0,63
13	0,13±0,31	0,74±0,74	—	—	—	0,63±0,63
14	—	0,74±0,74	—	—	—	—

№ аномалии	Доля особей с аномалией данного типа среди аномальных рыб разных видов (%)					
	плотва	укляя	язь	лещ	густера	краснопёрка
15	0,26±0,18	1,48±1,04	0,43±0,43	1,33±1,33	1,38±0,97	1,89±1,08
16	0,13±0,13	0,74±0,74	–	–	–	–
17	0,13±0,13	0,74±0,74	–	–	–	0,63±0,63
18	0,26±0,18	0,74±0,74	0,43±0,43	1,33±1,33	–	0,63±0,63
19	0,13±0,13	–	0,43±0,43	–	0,69±0,69	–
20	0,13±0,13	1,48±1,04	–	1,33±1,33	0,69±0,69	–
21	0,13±0,13	–	–	–	–	0,63±0,63
N	763	135	233	75	145	159

Примечание: № аномалии в таблице соответствует порядковому номеру отдельных типов аномалий в тексте статьи, N — число особей каждого вида с аномалиями глаз.

ных яблоках (№№ 5 и 6), обнаруживались у всех шести видов с незначительными отличиями по доле аномальных особей в популяциях на протяжении всего периода исследования. То же относится и к аномалии № 7 — смещение хрусталика от нормального положения, однако встречаемость таких особей была редкой или единичной среди всех видов рыб.

Из-за единичной встречаемости на протяжении всего периода исследования остальные типы нарушений морфологии глаз (№№ 8–21) обнаружены не у всех видов рыб и доля таких экземпляров в большинстве случаев не превышала 1,00% от числа аномальных особей среди каждого вида.

Таким образом, можно утверждать, что обнаруженные нами аномалии глаз имеют неспецифический характер и, в той или иной степени, являются летальными для молоди рыб всех обследованных видов, вследствие чего к поздним мальковым стадиям такие особи перестают обнаруживаться в популяциях. Достаточно высокая встречаемость личинок и мальков рыб с нарушениями морфологии глаз (от 6,05±0,38% у язя до 7,36±0,82% среди леща) на протяжении всего периода исследования (1995–2013 гг.) свидетельствует о высоком уровне загрязнения Саратовского водохранилища и о его хроническом характере.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наличие аномалий глаз у молоди рыб является прямым последствием негативного воздействия неблагоприятных факторов среды

(в первую очередь — загрязнений) на отдельных особей в процессе эмбрионального и последующего личиночного развития. Чем интенсивнее и длительнее подобное воздействие, тем чаще встречаемость особей с патологиями глазных яблок и тем разнообразнее обнаруживаемые нарушения.

За время исследования молоди рыб Саратовского водохранилища обнаружен 21 тип аномалий глазных яблок, имеющих необратимый патологический характер, значительно снижающих жизнеспособность особей и приводящих к их элиминации. Среди личинок всех обследованных видов рыб на ранних стадиях развития ( $C_1$  и  $C_2$ ), доля особей с аномалиями глаз превышала условно принятую норму для благополучных природных популяций, тогда как к более поздним стадиям (F и G) аномальные мальки переставали обнаруживаться, а также снижалось и разнообразие обнаруживаемых типов аномалий глаз. Данные факты свидетельствуют о достаточно сильном загрязнении исследованного водоёма, что отрицательно влияет на качество пополнения исследованных популяций рыб.

В условиях, когда на водную экосистему воздействует целый комплекс загрязнителей, способных как усиливать, так и нейтрализовать действие друг друга, результаты патоморфологического исследования молоди массовых видов рыб можно успешно использовать в качестве надёжного критерия экологического состояния водоёма.



## ЛИТЕРАТУРА

- Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2011 год, 2012. Под ред. Т.Н.Сафроновой, А.П.Ардакова, И.В.Бардиновой и др. Вып. 22. Самара: Изд-во «ДСМ». С. 71–72.
- Коблицкая А.Ф. 1981. Определитель молоди пресноводных рыб. М.: Лёгкая и пищевая промышленность. 208 с.
- Лакин Г.Ф. 1990. Биометрия. М.: Высшая школа. 293 с.
- Макеева А.П. 1992. Эмбриология рыб. М.: Изд-во МГУ. 216 с.
- Минеев А.К. 2012. Морфологические аномалии у рыб Саратовского водохранилища // Вода: химия и экология. № 6. С. 54–60.
- Попов О.И., Саломатина Т.В., Чавычалова Н.И. 2001. Морфологические aberrации молоди полупроходных рыб как индикатор загрязнения дельты Волги // «Малые реки: Современное экологическое состояние, актуальные проблемы». Тезисы докладов международной научно-практической конференции. Тольятти, 23–27.04.2001 г. Тольятти: ИЭВБ РАН. С. 168.
- Привольнев Т.И. 1947. Критические периоды при постэмбриональном развитии рыб // Известия ВНИОРХ. Т. 29. С. 118–142.
- Решетников Ю.С. 1988. Современное состояние и перспективы изменения запасов сиговых рыб // Биология сиговых рыб. М.: Наука. С. 5–17.
- Руднева И.И., Залевская И.Н. 2004. Личинки атерины (*Atherina hepsetus* L.) как биоиндикаторы загрязнения прибрежных акваторий Черного моря // Экология. № 2. С. 107–112.
- Crawford R.V., Guarina A.M. 1985. Effects of environmental toxicants on development of a teleost embryo // I. Environ. Pathol. Toxicol. and Oncol., V. 6. № 2. P. 123–130.
- Hylland K., Feist S., Tain J., Forlin L. 2003. Molecular/cellular processes and health of individual // Effects of Pollution on Fish / Ed. A.J.Lawrence, K.L.Hemingway. N.Y.: Blackwell Sci. P. 134–166.
- Richmonds C., Dutta H.M. 1989. *Lepomis microchimus*. Histopathological changes by malation in the gills of bluegill *L.m.* // Bull. Environ. Contam. and Toxicol. V. 43, № 1. P. 123–130.

## REFERENCES

- Gosudarstvennyj doklad o sostojanii okruzhajushhej sredy i prirodnyh resursov Samarskoj oblasti za 2011 god. 2012 [State report on the state of the environment and natural resources of the Samara region for 2011]. Pod red. T.N.Safronovoj, A.P.Ardakova, I.V.Bardinovoj i dr. Vyp. 22. Samara: Izd-vo «DSM». S. 71–72.
- Koblickaja A.F. 1981. Opredelitel' molodi presnovodnyh ryb [The guide on freshwater fish fry]. M.: Legkaja i pishhevaja promyshlennost'. 208 s.
- Lakin G.F. 1990. Biometrija [Biometrics]. M.: Vysshaja shkola 293 s.
- Makeeva A.P. 1992. Embriologija ryb [Embryology of fish]. M.: Izd-vo MGU. 216 s.
- Mineev A.K. 2012. Morfologicheskie anomalii u ryb Saratovskogo vodohranilishha [Fish morphological abnormalities of the Saratov reservoir] // Voda: himija i ehkologija. № 6. S. 54–60.
- Popov O.I., Salomatina T.V., Chavychalova N.I. 2001. Morfologicheskie aberracii molodi poluprohodnyh ryb kak indikator zagrjaznenija del'ty Volgi [Morphological aberration of juvenile catadromous fishes as an indicator of pollution of the Volga Delta] // «Malye reki: Sovremennoe jekologicheskoe sostojanie, aktual'nye problemy» Tezisy dokladov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Tol'jatti, 23–27.04.2001 g. Tol'jatti: IJeVB RAN. S. 168.
- Privol'nev T.I. 1947. Kriticheskie periody pri postehmbriional'nom razvitii ryb [Critical periods during post-embryonic development of fish] // Izvestija VNIORKh. T. 29. S. 118–142.
- Reshetnikov Ju.S. 1988. Sovremennoe sostojanie i perspektivy izmenenija zapasov sigovyh ryb [Current status and prospects for changes in the stocks of white fish] // Biologija sigovyh ryb. M.: Nauka. S. 5–17.
- Rudneva I.I., Zalevskaia I.N. 2004. Lichinki ateriny (*Atherina hepsetus* L.) kak bioindikatory zagrjaznenija pribrezhnyh akvatorij Chernogo morja [Larvae of Sand Smelts (*Atherina hepsetus* L.) as a bioindicator of pollution in the Black Sea coastal waters] // Ehkologija. № 2. S. 107–112.

Поступила в редакцию 01.03.16 г.  
Принята после рецензии 17.07.16 г.

## Abnormalities of the eyes of young cyprinid fish of the Saratov reservoir

*A.K. Mineev*

Institute of Ecology of the Volga River Basin of Russian Academy of Sciences (FSBSI IEVB RAS, Tolyatti)

Over the past decades pollution of the water of the Saratov Reservoir by major groups of pollutants exceeds conventionally acceptable norms and is of chronic character. For several years the share of cyprinid larvae and fries of (the species forming the base of the natural replenishment of the reservoir fish fauna) having various morphological malformations of eyes is high. We believe that this phenomenon is associated with anthropogenic contamination of reservoir waters. Anomalies of the eye, greatly weakening the vitality of individuals, are the most numerous and widespread group of morphological malformations. During the study period of 1995–2013 21 types of eyeball anomalies in the fries of six fish species common in the reservoir (roach *Rutilus rutilus*, bleaks *Alburnus alburnus*, carp-bream *Abramis brama*, ide *Leuciscus idus*, white bream *Blicca bjoerkna* and rudd *Scardinius erythrophthalmus*) were recorded. It is revealed that the dynamics of occurrence of eye development pathologies is not species-specific indicating nonspecific nature of these anomalies but depends directly on the developmental stage of examined larvae and fries. At the highest occurrence of abnormal individuals at early larval stages of development, above anomalies are rare in early juvenile fish (E and F stages) and were not found in late fry stage (G). This indicates the lethal nature of all detected eye. A consistently high proportion of individuals with eye anomalies among all studied fish species in the Saratov Reservoir relates to level of contamination of the reservoir.

**Keywords:** fish fry, anomalies of the eyes, pollution of water bodies.