

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ У РЫБ САРАТОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Представлены краткие результаты двенадцатилетних исследований нарушений внешней морфологии аборигенных и чужеродных видов рыб в экологических условиях Саратовского водохранилища. Приведены данные по встречаемости морфологических нарушений у массовых видов рыб. Все встреченные аномалии разделены на пять групп, представлено их описание.

Введение

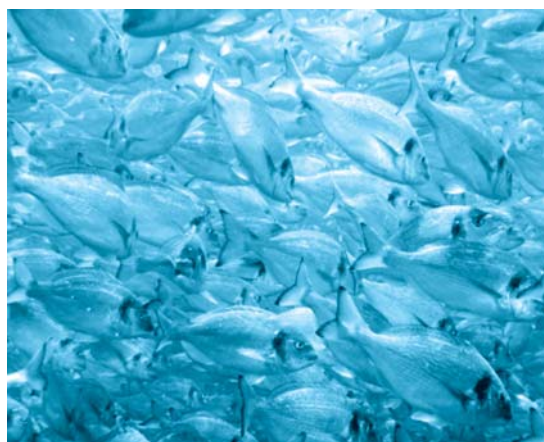
В России преобладающая часть водоёмов подвергается активному антропогенному влиянию. Особенно ярко это воздействие проявилось на рыбном населении р. Волга. В частности, к настоящему времени в Саратовском водохранилище сложилась неблагоприятная ситуация для процессов естественного воспроизводства рыб. Постоянное присутствие в воде различных загрязнителей привело к тому, что тяжёлые металлы (и другие поллютанты) стали не только накапливаться в рыбах [1], но и отмечаются многочисленные аномалии внешнего и внутреннего строения, как у личинок и мальков рыб, так и у взрослых особей данного региона [2, 3].

Качество водной среды является первостепенным фактором, определяющим существование и возможность длительной эксплуатации водных биологических ресурсов. В связи с этим, отправной точкой отсчета для перехода к нормированию допустимого уровня загрязнения водной среды, является интегральная оценка воздействия водных масс на «здоровье» гидробионтов, т.е. оценка современного состояния водных экосистем [4]. В данной ситуации в качестве тестового объекта успешно могут быть использованы рыбы, так как отечественной водной токсикологией накоплен определенный материал по влиянию отдельных веществ на организм рыб.

Проведенные нами ихтиологические исследования [5-8] показали, что качество водных

А.К. Минеев*,

кандидат
биологических наук,
старший научный
сотрудник, ФГБУН
Институт экологии
Волжского бассейна
РАН



масс Волжских водохранилищ находится в неудовлетворительном состоянии и это оказывает отрицательное влияние на рыбные ресурсы.

Основной целью проведенного исследования являлся сравнительный анализ экологического состояния аборигенных видов рыб (на примере карповых) и рыб-вселенцев (на примере бычка-кругляка, бычка-головача, бычка-цуцика, ротана-головешки).

Материалы и методы исследования

Ихтиологические исследования осуществлялись на акватории Саратовского водохранилища в весенне-летний период 1996-2007 гг. Половозрелые особи вылавливались в наиболее загрязнённых участках водоёма при помощи ставных сетей с размером ячеи 30, 35 и 40 мм, а также с использованием мальковой волокуши с ячейей 5 мм. Обследовано 3329 особей девяти видов рыб с применением патолого-морфологического метода.

* Адрес для корреспонденции: mineev7676@mail.ru

Экологическое состояние Саратовского водохранилища

Во время наших исследований, как и на протяжении последних десятилетий, Саратовское водохранилище испытывает значительную антропогенную нагрузку. Так, основной сброс сточных вод от природопользователей Самарской области производится в этот водоём. Только в 1989 г. в Саратовское водохранилище поступило 157 тысяч условных тонн загрязняющих веществ. Из них большая доля приходилась на азот аммонийный – 5,5 тыс. т/год и нефтепродукты – 950 т/г; взвешенные вещества – 280 т/г; ртуть – 113 т/г; фенолы – 10,02 т/г; фосфор – 60,7 т/г [9].

Воды Саратовского водохранилища постоянно содержат различного рода загрязнители. Так в районе устья р. Сок, которая считается одной из наиболее чистых рек Самарской области, в 1995-1996 гг. концентрация фенолов составляла 5-3 ПДК, нефтепродуктов – 2 ПДК, меди – 2 ПДК и сульфатов – 4 ПДК [10].

Воды р. 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 [11]. Район населённого пункта Новый путь, который испытывает непосредственное влияние сильно загрязнённых вод р. Чапаевка, в 1995-1996 гг. являлся наиболее загрязнённым легко окисляемыми органическими веществами (2-3 ПДК), фенолами (5-3 ПДК), фосфором (3-9 ПДК) [11], а концентрация марганца в воде в 1997 г. достигала 11 ПДК [12]. В 1999-2000 гг. в воде р. Чапаевка около г. Чапаевска обнаружены хлорооргани-

ческие пестициды, содержание которых в воде недопустимо, их концентрация в весенний период достигала 37 ПДК [13]. В 2007-2008 гг. ситуация не изменилась – вода Саратовского водохранилища в районе устья р. Чапаевка характеризовалась как 3 А класса качества (загрязнённая вода) и 3 Б класса качества (очень загрязнённая) [14].

Основными загрязняющими веществами, поступающими в Саратовское водохранилище из г. Тольятти, являются легко окисляемые органические вещества, нитритный азот, соединения меди, фенолы. Максимальные концентрации этих веществ в 1999-2000 гг. превышали норму в 2-7 раз. Среднегодовая концентрация соединений меди составляла 7 ПДК, а максимальная – 27 ПДК. Из района г. Самара поступают соединения меди (2-5 ПДК), кадмия (до 2 ПДК), нитритного азота (1-3 ПДК) и соединений цинка (1-2 ПДК) [13, 15].

В последние годы качество воды Саратовского водохранилища не претерпело значительных изменений, и она в среднем характеризуется как «умеренно загрязнённая» 3 класса качества [13, 14]. Сложившаяся экологическая ситуация носит хронический характер, вследствие чего на популяции гидробионтов оказывается постоянный пресс негативных абиотических факторов, что не может не отразиться отрицательно на качественном и количественном состоянии этих популяций.

Результаты и их обсуждение

На протяжении периода исследования у взрослых рыб Саратовского водохранилища нами обнаруживались различные морфологические аномалии и патологии тканей и органов. Внешние проявления различных отклонений в морфологии, как пра-



Таблица 1

Встречаемость аномальных особей среди взрослых рыб разных видов в Саратовском водохранилище

Вид рыб	Количество особей, обследованных за период 1996-2007 гг.,	Количество аномальных особей, обнаруженных за период 1996 – 2007 гг.,	Доля аномальных особей среди каждого вида, %
плотва	739	3	0,41±0,23
лещ	456	4	0,88±0,44
густера	285	2	0,70±0,49
окунь	434	6	1,38±0,56
синец	347	12	3,46±0,98
*бычок-кругляк	418	0	0,00
*бычок-головач	153	0	0,00
*бычок-цуцик	233	1	0,43±0,43
*ротан-головешка	264	0	0,00
Общее количество	3329	28	0,84±0,13

Примечание: «*» – виды рыб, являющиеся в Саратовском водохранилище чужеродными.

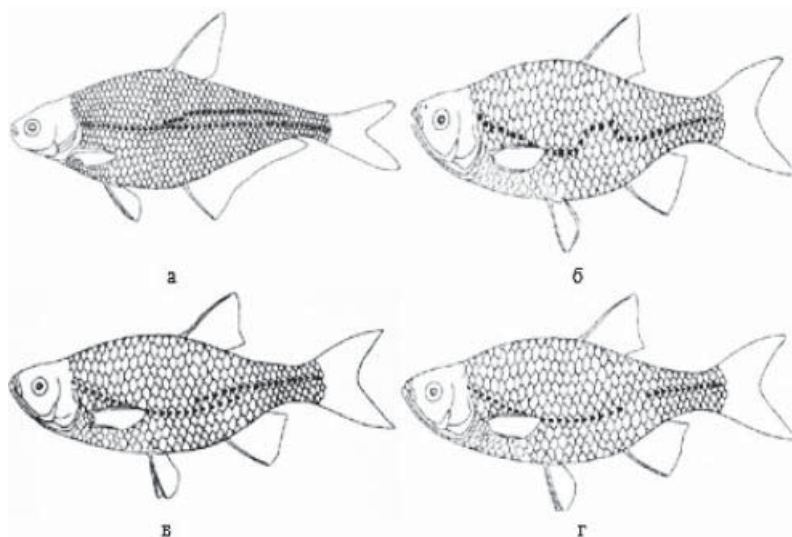


Рис. 1. Нарушения боковой линии: а – синец, вид сбоку боковая линия раздвоена; б – краснопёрка, вид сбоку, боковая линия искривлена; в – краснопёрка, вид сбоку, в боковой линии разрыв с нахлестом; г – краснопёрка, вид сбоку: в боковой линии одиночный разрыв.

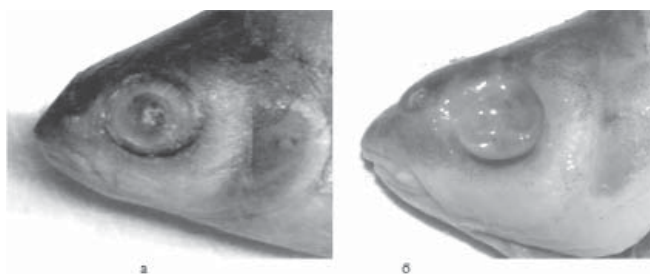


Рис. 2. Нарушения морфологии глаз: а – лещ, вид слева: отсутствие хрусталика в глазном яблоке. На месте хрусталика видна рыхлая непигментированная ткань; б – лещ, вид слева, врождённое полное отсутствие глазного яблока.

вило, не отличаются от таковых у молоди рыб, однако встречаются значительно реже. Так, если у личинок и мальков доля аномальных особей в отдельно взятом районе водоёма может составлять до 98,00-100,00 %, а встречаемость какого-либо типа нарушений иногда достигает $87,42 \pm 1,21$ % (пигментомы в области глаз) [5, 8, 16], то у взрослых особей подавляющее количество аномалий встречены единично. Многие разновидности морфологических нарушений, обнаруживаемых у молоди рыб, у взрослых особей не встречаются, так как особи с такими летальными аномалиями элиминируют в личиночном возрасте. К подобным нарушениям относятся такие, например, как общее недоразвитие головы, отсутствие обоих грудных плавников, глаз и т.п.

За время двенадцатилетних исследований (1996-2007 гг.) на акватории Саратовского водохранилища нами неоднократно обнаруживались в уловах взрослые рыбы с теми или иными морфологическими аномалиями, однако не приходится утверждать о какой-либо динамике встречаемости того или иного внешнего отклонения у взрослых особей из-за единичности и нерегулярности находок. Данные по встречаемости наружных морфологических аномалий у различных видов рыб Саратовского водохранилища приведены в табл. 1.

При достаточно представительной выборке взрослых особей общее количество аномальных рыб среди всех обследованных не превышает $0,84 \pm 0,13$ %. Невелика доля уродливых особей и среди отдельных видов рыб; данный показатель колеблется от $0,41 \pm 0,23$ % у плотвы до $3,46 \pm 0,98$ % среди синца. При изучении видов рыб-вселенцев, таких как бычок-кругляк, бычок-головач и головешка-ротан, аномальных особей не обнаружено за весь период исследования.

Тем не менее, необходимо привести описание морфологических аномалий, обнаруженных у рыб в Саратовском водохранилище. Все зафиксированные нами у взрослых рыб нарушения морфологии можно разделить на пять групп:

1 группа – нарушения морфологии боковой линии. К этой группе относятся наиболее часто встречаемые и распространённые нарушения, такие как раздвоения (рис. 1 а), искривления (рис. 1 б), нахлесты (рис. 1 в) и разрывы боковой линии (рис. 1 г), а иногда частичное или её полное отсутствие. Аномалии данной группы особенно часто обнаруживаются у синца.

2 группа – нарушения морфологии глаз. Если среди личинок и мальков рыб доля особей с недоразвитием или отсутствием глазного

яблока достигает иногда 10-15%, то у взрослых рыб аномалии данной группы встречаются единично, независимо от видовой принадлежности особей. За весь период исследования нами обнаружено только две особи с нарушениями морфологии глаз. У леща было зафиксировано общее недоразвитие одного глазного яблока и отсутствие хрусталика в нём (рис. 2а). У второй особи обнаружено врождённое отсутствие одного глаза (рис. 2б).

3 группа – нарушения морфологии плавников. Данные аномалии также встречаются у взрослых рыб достаточно редко и выражаются, как правило, в искривлении лучей плавника, несоответствии числа лучей в плавнике нормальному количеству или общем недоразвитии плавника. У личинок рыб часто наблюдается полное отсутствие одного или нескольких плавников, чаще всего грудных, однако среди взрослых рыб таких особей нами встречено не было.

4 группа – нарушения морфологии челюстей. Морфологические нарушения, относящиеся к этой группе, обнаружены нами только у карповых рыб. Зафиксированы особи с искривлением и недоразвитием верхней челюсти (рис. 3 а), искривлением нижней челюсти (рис. 3 б) и недоразвитием нижней челюсти (рис. 3 в), что приводит к несмыканию ротового отверстия.

5 группа – нарушения морфологии туловища. Эту группу составляют такие аномалии как искривления позвоночника различной степени тяжести и локализации (рис. 4 а, в). Данные нарушения обычно являются следствием недоразвитости и срастания отдельных позвонков (рис. 4 г). У взрослых рыб подобные виды уродств фиксируются чаще, чем аномалии предыдущих групп.

В Саратовском водохранилище основную долю особей (среди рыб с зафиксированными морфологическими дефектами) составляют особи с аномалиями в строении боковой линии – $57,14 \pm 8,49$ %, которые, по всей видимости, не оказывают заметного влияния на их жизнеспособность (табл. 2). В тоже время, такие аномалии как отсутствие глазного яблока, отсутствие брюшного плавника, искривления и недоразвитие челюстей, существенно ограничивающие функциональные возможности организма, встречаются у рыб единично.

Среди рыб, являющихся в Саратовском водохранилище вселенцами (головешка-ротан, бычок-кругляк, бычок-головач и бычок-цуцик), за весь период исследований, встречена только одна особь, имеющая нарушение внешней морфологии (рис. 4 а). Основная масса всех обнаруженных анома-

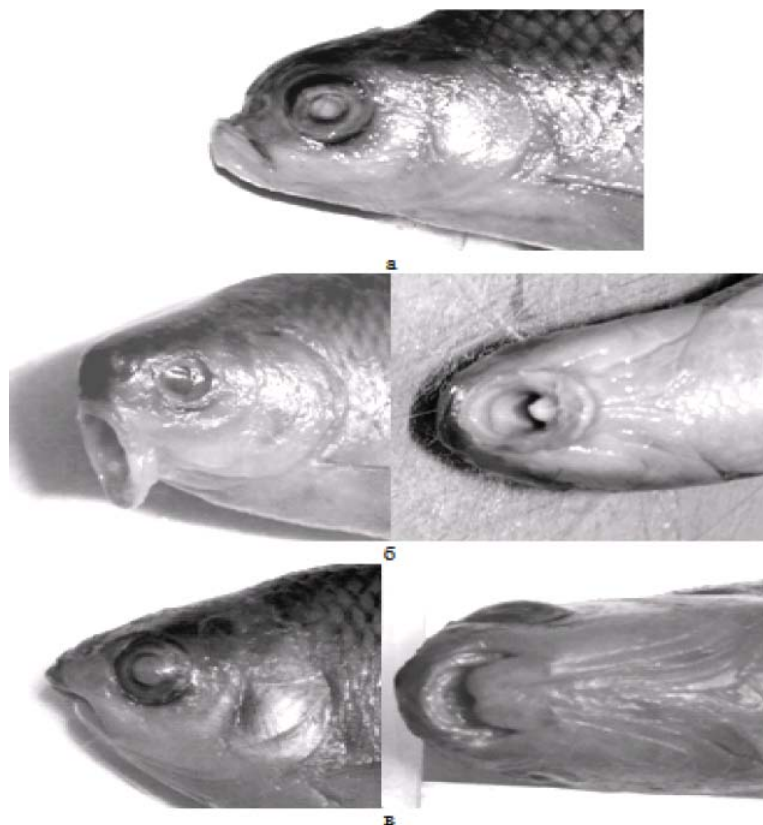


Рис. 3. Нарушения морфологии челюстей: а – плотва, вид слева, искривление и недоразвитие верхней челюсти, в результате чего, голова имеет “мопсовидную” деформацию; б – плотва, вид слева и вид снизу, искривление нижней челюсти, в результате которого не смыкается ротовое отверстие; в – плотва, вид слева и вид снизу, недоразвитие нижней челюсти, в результате чего не смыкается ротовое отверстие.

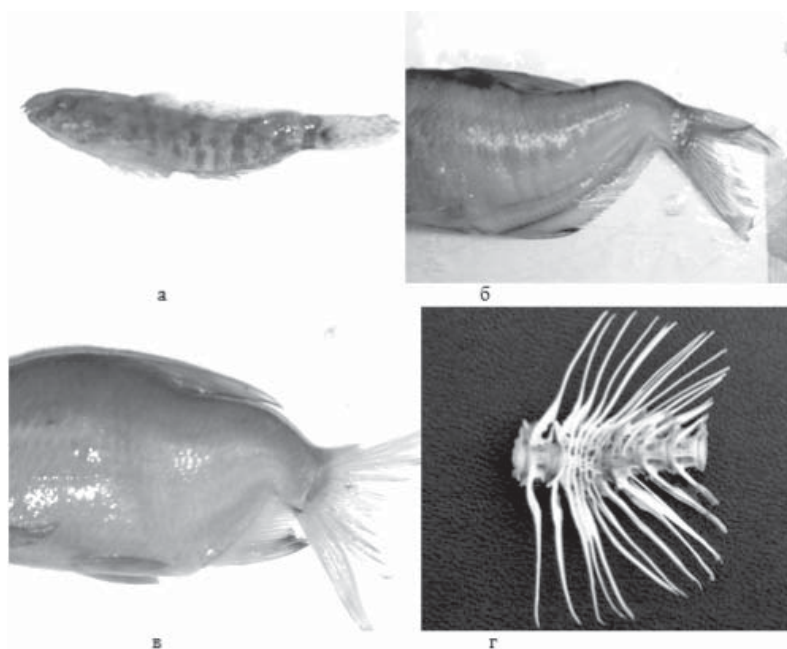


Рис. 4. Искривления позвоночника: а – бычок-цуцик, вид слева, искривление позвоночника в хвостовом отделе тела; б – синец, вид слева, сильное искривление позвоночника в хвостовом отделе тела; в – густера, вид слева, сильное искривление позвоночника в хвостовом отделе тела; г – срастание семи позвонков, пять из которых недоразвиты и деформированы.

Таблица 2

Встречаемость различных типов морфологических аномалий у половозрелых рыб Саратовского водохранилища

Типы морфологических аномалий	Встречаемость особей с отдельным типом аномалии, %
<i>1 группа</i>	57,1±8,4
1. Искривление боковой линии (б. л.) с одной стороны тела	11,4±5,4
2. Искривление б.л. с двух сторон тела	5,7±3,9
3. Раздвоение б. л. с одной стороны тела	5,7±3,9
4. Разрыв б. л. с нахлестом с одной стороны тела	2,8±2,8
5. Разрыв б. л. с нахлестом с двух сторон тела	2,8±2,8
6. Одиночный разрыв б. л. с одной стороны тела	5,7±3,9
7. Одиночный разрыв б. л. с двух сторон тела	2,8±2,8
8. Двойной разрыв б. л. с одной стороны тела	2,8±2,8
9. Двойной разрыв б. л. с двух сторон тела	2,8±2,8
10. Двойная б. л. с одной стороны тела	2,8±2,8
11. Двойная б. л. с двух сторон тела	2,8±2,8
12. Двойная б. л. с двух сторон, одна разорвана внахлест	2,8±2,8
13. Чешуя, снабжённая порой, локализованная вне б. л.	2,8±2,8
14. Чешуя, снабжённая двумя порами	2,8±2,8
<i>2 группа</i>	5,7±3,9
1. Недоразвитие одного глазного яблока	2,8±2,8
2. Отсутствие одного глазного яблока	2,8±2,8
<i>3 группа</i>	17,1±6,4
1. Недоразвитие одного брюшного плавника	5,7±3,9
2. Недоразвитие двух брюшных плавников	2,8±2,8
3. Отсутствие одного брюшного плавника	2,8±2,8
4. Искривление и недоразвитие одного грудного плавника	2,8±2,8
5. Недоразвитие верхней лопасти хвостового плавника	2,8±2,8
<i>4 группа</i>	8,5±4,8
1. Искривление верхней челюсти – “мопсовидная голова”	2,8±2,8
2. Искривление нижней челюсти	2,8±2,8
3. Недоразвитие нижней челюсти	2,8±2,8
<i>5 группа</i>	11,4±5,4
1. Искривление позвоночника	11,4±5,4

лий зафиксирована у карповых рыб, которые являются в Саратовском водохранилище аборигенными.

Заключение

Наличие аномалий у взрослых рыб является следствием воздействия неблагоприятных факторов, оказанных на отдельную особь в период эмбриогенеза и личиночного развития. Так, среди личинок и мальков массовых видов рыб Саратовского водохранилища на протяжении ряда лет постоянно отмечается большое количество особей с разнообразными морфологическими аномалиями [4, 6, 17].

В разных районах Саратовского водохранилища встречаемость аномальных особей может варьировать, но из года в год неизменно остаётся высокой. Как правило, число рыб с нарушениями морфологии тем выше, чем ближе нерестилище находится к населённому пункту и к источнику загрязнения, соответственно. В черте г. Тольятти (полуостров Копылово) доля таких личинок и мальков составляет 32,31±5,8 5%, в районе п. Фёдоровка – 30,90±1,80 %, в черте г. Самара – 34,60±2,68 %, в районе устья р. Чапаевка – от 21,38±4,12 % до 38,30±0,41 %. В редких случаях все 100 % особей являются носителями морфологических нарушений.

За весь период исследования у молоди рыб нами было отмечено 45 типов морфологических аномалий [17]. Количество встречаемых типов аномалий, а также число особей с нарушениями морфологии всегда снижается от более ранних стадий развития (С1, С2) к более поздним (F, G), а до половозрелого состояния доживают единичные экземпляры, поэтому не представляется возможным проследить какую-либо временную или видовую динамику встречаемости разных типов морфологических аномалий у взрослых рыб. Так как у молоди рыб встречаемость различных типов аномалий не зависит от видовой принадлежности [8, 16, 17], то у взрослых особей также не может быть такой зависимости. Так как в условиях Саратовского водохранилища на гидробионтов воздействует целый комплекс поллютантов, которые способны как усиливать, так и нейтрализовать действие друг друга, то невозможно проследить и зависимость возникновения тех или иных нарушений развития от влияния конкретного загрязняющего вещества,

Таким образом, до половозрелого состояния доживают особи, у которых уродства не оказывают заметного влияния на их жизнеспособность.

способность. Факт встречаемости морфологических аномалий у взрослых рыб является одним из доказательств достаточно высокой степени антропогенной нагрузки на экосистему Саратовского водохранилища и Нижней Волги в целом. Однако данные нарушения являются последствием неблагоприятных воздействий, оказанных на отдельную особь в период эмбриогенеза и личиночного развития. Очевидно, что встречаемость взрослых рыб с морфологическими отклонениями не может служить надёжным показателем экологического состояния водоёма в момент вылова таких особей.

Литература

1. Батоян В.В. Микроэлементы в рыбах Куйбышевского водохранилища / В.В. Батоян, В.Н. Сорокин // Экология. 1989. № 6. С. 81-84.
2. Минеев А.К. Встречаемость морфологических аномалий у взрослых рыб Саратовского водохранилища // 7-я Пущинская школа-конференция молодых учёных «Биология – наука XXI века» (Пущино 20 – 24 мая 2003 г.). Тула: Изд-во Тул. гос. пед. ун-та им. Л.Н. Толстого, 2003. С. 121.
3. Минеев А.К. Морфологический анализ и патологические изменения структуры клеток крови у рыб Саратовского водохранилища // Вопросы ихтиологии. 2007. № 1. С. 93-100.
4. Розенберг Г.С. Опыт экологического нормирования антропогенного воздействия на качество воды (на примере водохранилищ Средней и Нижней Волги) / Г.С. Розенберг., И.А. Евланов, В.А. Селезнёв, А.К. Минеев, А.В., Селезнёва, В.К. Шитиков // Материалы объединённого пленума научного совета ОБН РАН по гидробиологии и ихтио-

Ключевые слова:

антропогенное влияние, загрязняющие вещества, морфологические аномалии, классификация нарушений

логии, Гидробиологического общества РАН и Межведомственной ихтиологической комиссии, 2011. Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2011. С. 5–29.

5. Евланов И.А. Оценка состояния пресноводных экосистем по морфологическим аномалиям у личинок рыб / И.А. Евланов, А.К. Минеев, Г.С. Розенберг // Методическое пособие. Тольятти: ИЭВБ РАН, 1999. 38 с.
6. Минеев А.К. Встречаемость аномальных личинок рыб среди молоди Саратовского водохранилища в различных районах водоёма // Материалы междунар. науч. конф. «Ихтиологические исследования на внутренних водоёмах». Саранск: МГУ. 2007. С. 114-116.
7. Минеев А.К. Некоторые гистологические нарушения гонад у головешки-ротана (*Perccottus glenii Dibowski, 1877*) и бычка-кругляка (*Neogobius melanostomus Pallas, 1814*) Саратовского водохранилища // Известия Самарского научного центра РАН. 2009. № 1. С. 180-186.
8. Минеев А.К. Морфологические аномалии у молоди рыб Саратовского водохранилища в районе Балакавской АЭС // Материалы международной конференции «Проблемы экологии в современном мире в свете учения В.И. Вернадского». Т.2. Тамбов: Изд-во ТГУ. 2010. С. 79-83.
9. Червякова Н.Г. Использование водных ресурсов / Н.Г. Червякова, З.А. Фёдорова // Тез. совещ. Экологическая ситуация в Самарской области: состояние и прогноз 1994. Тольятти: ИЭВБ РАН, 1994. С. 198.
10. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Самарской области в 1996 году. Вып. 4. Экологическая безопасность и устойчивое развитие Самарской области / Под ред. В.А. Павловского, Г.С. Розенберга. Самара: Ком. по охране окруж. среды Самарск. обл., 1997. С. 7–12.



11. Выхристюк Л.А. Химический состав воды и донных отложений / Л.А. Выхристюк, О.Е. Варламова, Н.А. Марченко // Экологическое состояние бассейна реки Чапаевка в условиях антропогенного воздействия (Биологическая индикация) / Под ред. Т.Д. Зинченко, Г.С. Розенберга. Тольятти: ИЭВБ РАН, 1996. С. 65–80.
12. Селезнёв В.А. Содержание марганца в поверхностных водах Самарской области / В.А. Селезнёв, В.А. Цыкало, Т.С. Сергиенко // 10 лет Государственному комитету по охране окружающей среды Самарской обл. Экологическая безопасность и устойчивое развитие Самарской обл. Вып. 6. / Под ред. В.А. Павловского, Г.С. Розенберга. Самара: Ком. по охране окруж. среды Самарск. обл., 1998. С. 108-116.
13. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Самарской области в 2000 году. Вып. 11. Экологическая безопасность и устойчивое развитие Самарской области / Под ред. О.Л. Носковой. Самара: Ком. по охране окруж. среды Самарск. обл., 2001. 193 с.
14. Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области в 2008 г. Вып. 19. / Под ред. Ю.С. Астахова, А.Е. Губернаторова, В.Н. Довбыш и др. Самара: Министерство природопользования, лесного хозяйства и окружающей среды Самарской обл., 2009. 344 с.
15. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Самарской области в 1999 году. Вып. 9. Экологическая безопасность и устойчивое развитие Самарской области / Под ред. О.Л. Носковой. Самара: Ком. по охране окруж. среды Самарск. обл., 2000. 103 с.
16. Минеев А.К. Гистологическая картина новообразований у молоди рыб Средней и Нижней Волги // Известия Самарского научного центра РАН. 2011. Т. 13, Ч. 1. № 5. С. 242 – 248.
17. Минеев А.К. Оценка состояния водоёмов Средней и Нижней Волги по рыбной части сообщества. Автореф. дис. ... к-та биол. наук. Тольятти, 2001. 146 с.



A.K. Mineev

FISH MORPHOLOGICAL ABNORMALITIES OF THE SARATOV RESERVOIR

The results of twelve year studies of irregularities of violations of the external morphology of native and xenogenic fish species in the ecological conditions of the Saratov Reservoir have been studied. The data on the occurrence of

morphological irregularities in the dominant species of fish have been presented. All encountered irregularities are divided into five groups, their description is represented.

Key words: anthropogenic impact, pollutants, morphological irregularities, classification of deviations

