

БИОЛОГИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ГИДРОБИОНТОВ

УДК 591.2.597.554.3

**МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ У ЛЕЩА *ABRAMIS BRAMA*
САРАТОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

© 2015 г. А. К. Минеев

Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти, 445003

E-mail: mineev7676@mail.ru

Поступила в редакцию 02.02.2015 г.

Приведены материалы многолетних исследований (1995–2013 гг.) внешних морфологических нарушений, патологий внутренних органов и тканей, отклонений в некоторых гематологических параметрах у леща *Abramis brama* — одного из самых массовых промысловых видов рыб Саратовского водохранилища. Показана прямая зависимость возникновения обнаруженных аномалий развития и патологий у леща разных возрастных групп (от ранних личиночных стадий до половозрелых особей) от уровня антропогенной нагрузки на экосистему изучаемого водоема.

Ключевые слова: лещ, морфологические аномалии, патологии клеток крови, гематологические параметры, патологии внутренних органов.

ВВЕДЕНИЕ

Различные биохимические и патофизиологические нарушения могут быть выявлены у разных видов водных организмов, однако показатели физиологического состояния рыб чаще используются в диагностике последствий токсичного загрязнения вод в силу следующих причин. Рыбы являются типичными представителями водных экосистем и занимают верхнюю ступень в трофической системе водоемов. Они имеют длинный жизненный цикл, поэтому могут информативно отражать как последствия хронического загрязнения вод, так и стрессовые условия в периоды, предшествующие исследованиям (Моисеенко, 2009).

Представляя высший трофический уровень пресноводных сообществ, рыбы как заключительное звено в трофической цепи накапливают значительные количества токсикантов и принимают на себя основную тяжесть техногенной нагрузки, что приводит к сокращению их численности, ухудшению качественных показателей их популяций и замене длиннопериодических видов с продолжи-

тельным эмбриогенезом на малоценные короткоцикловые с коротким эмбриональным периодом (Решетников и др., 1982; Экология рыб ..., 2006; Селюков, 2012).

Данное утверждение справедливо и для леща — одного из массовых видов рыб Саратовского водохранилища, излюбленного объекта промышленного, спортивного и любительского рыболовства, ценного промыслового вида. Однако на рубеже XX—XXI вв., как и на протяжении последнего десятилетия, численность популяции леща Саратовского водохранилища неуклонно сокращается, о чем свидетельствуют данные официальной статистики по уловам ценных видов рыб. Так, если в 1980-х гг. ежегодная добыча леща в Самарской области достигала 765,7 т (1988), то к 2011 г. вылов сократился до 289,3 т, т.е. уловы снизились в 2,6 раза (Евланов, Минеев, 1998). Наблюдается и ухудшение основных популяционных параметров леща Саратовского водохранилища: размерно-возрастных показателей, сроков полового созревания, качества половых продуктов и состояния здоровья молоди и половозрелых особей.

Лещ, являясь повсеместно распространенным видом, обладает выраженной экологической пластичностью и определенной устойчивостью к воздействиям неблагоприятных факторов среды. Однако в условиях Саратовского водохранилища, испытывающего существенную антропогенную нагрузку, у представителей данного вида рыб обнаруживаются многочисленные отклонения внешней морфологии на ранних стадиях личиночного и малькового развития (Минеев, 2005, 2007б, 2011б), патологии клеток крови и нарушения гематологических параметров у половозрелых особей (Минеев, 2007а), а также патологии следующих внутренних органов: жабр, печени, сердечной мышцы, гонад.

В связи с этим изучение возникающих у рыб морфофункциональных нарушений и понимание закономерностей их возникновения приобретают особую актуальность, так как позволяют оценить современное состояние популяции леща Саратовского водохранилища и прогнозировать дальнейшие качественные изменения в состоянии данного ресурса.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследования осуществлялись на акватории Саратовского водохранилища в период 1995–2013 гг. Личинок и мальков рыб отлавливали в весенне-летний период сачками из мелкочаеистого газа в прибрежной зоне обширных нерестилищ от г. Жигулевск до г. Балаково. Половозрелых особей леща для гематологических и гистологических исследований добывали с мая по ноябрь ставными сетями с различным размером ячеи и другими орудиями лова.

Видовую принадлежность и стадии развития личинок и мальков леща устанавливали по определителю Коблицкой (1981), возраст половозрелых особей — по отоцитам (Правдин, 1966). Основную массу половозрелых особей в уловах составили рыбы в возрасте 4+ и 5+.

Молодь рыб обследовали методом патолого-морфологического анализа с опи-

санием всех обнаруженных морфологических нарушений. На протяжении 1995–2013 гг. при помощи данного метода также было обследовано 718 половозрелых особей леща на предмет морфологических аномалий.

Изготовление препаратов крови и дальнейший анализ гематологических параметров осуществляли с применением стандартных гематологических методов (Иванова, 1983). Для оценки неблагоприятных воздействий на организм животных мы вычисляли соотношение нормобластов и зрелых эритроцитов, соотношение эритроцитов и лейкоцитов, а также применяли индекс сдвига лейкоцитов (ИСЛ), который является в наших исследованиях одним из основных показателей состояния белой крови (Житенева и др., 1997).

Для гистологического анализа сразу после вылова отбирали внутренние органы лещей как с признаками аномалий, так и лишенные внешних проявлений патологического процесса. Органы сразу же фиксировали в жидкости Лилли для того, чтобы задержать изменения в изолированных от организма тканях и сохранить картину тканевой структуры, соответствующую исходному состоянию. Обезвоживание и уплотнение гистологического материала производили по стандартной методике (Роскин, Левинсон, 1957). Срезы изготавливали на санном микротоме толщиной не более 8 мкм. Гистологические срезы окрашивали гематоксилином и эозином по стандартной методике с последующим заключением в канадский бальзам (Роскин, Левинсон, 1957). Общее число обследованных особей леща разных возрастных групп за изученный период составило 1354 экз. — 1019 личинок и мальков на стадиях развития В–С; половозрелых особей в возрасте 4+ и 5+ для изучения гематологических отклонений и гистопатологий внутренних органов — соответственно 294 и 41 экз.

Статистическую обработку полученных данных проводили общепринятыми методами (Лакин, 1990) с применением программы Excel 2007.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Качество воды Саратовского водохранилища 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 (Государственный доклад ..., 2012).

На протяжении многих десятилетий вплоть до наших исследований Саратовское водохранилище испытывает значительную антропогенную нагрузку. Так, основной сброс сточных вод от природопользователей Самарской области производится в этот водоем. 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/г., нефтепродукты — 950 т/г., взвешенные вещества — 280 т/г., ртуть — 113 т/г., фенолы — 10,02 т/г., фосфор — 60,7 т/г. (Червякова, Фёдорова, 1994).

Воды Саратовского водохранилища постоянно содержат различного рода загрязнители. Так в районе устья реки Сок, которая считается одной из наиболее чистых рек Самарской области, в 1995–1996 гг. концентрация фенолов составляла 3–5 ПДК, нефтепродуктов — 2 ПДК, меди — 2 ПДК и сульфатов — 4 ПДК (Государственный доклад ..., 1997).

Воды реки Чапаевка, поступающие в Саратовское водохранилище, постоянно содержат большое количество загрязняющих веществ. В отдельные годы концентрация изомеров гексахлорциклогена (α , β , γ) выше нормативов в десятки раз. Зафиксированы также значительные превышения концентрации меди — 2–30 ПДК, марганца — 4–18 ПДК, кадмия — 8 ПДК (Выхристюк, 1997). В районе населенного пункта Новый путь вода в 1995–1996 гг. была сильно загрязнена легко окисляемыми органическими веществами (2–3 ПДК), фенолами (3–5 ПДК), фосфором (3–9 ПДК) (Выхристюк, 1997),

а концентрация марганца в воде в 1997 г. достигала 11 ПДК (Селезнев, 1998). В 1999–2000 гг. в воде р. Чапаевка около г. Чапаевск обнаружены хлорорганические пестициды, содержание которых в воде недопустимо, их концентрация в весенний период достигала 37 ПДК (Государственный доклад ..., 2001). В 2007–2008 гг. ситуация не изменилась: вода Саратовского водохранилища в районе устья р. Чапаевка характеризовалась качеством класса 3А (загрязненная) и 3Б (очень загрязненная) (Государственный доклад ..., 2009).

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 цинка (1–2 ПДК) (Государственный доклад ..., 2000, 2001).

В последние годы качество воды Саратовского водохранилища не претерпело значительных изменений, и она в среднем характеризуется как «загрязненная» — 3-го класса качества (Государственный доклад ..., 2001, 2009). Согласно данным за 2011 г. (Государственный доклад ..., 2012), основными загрязняющими веществами Саратовского водохранилища 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 загрязненности воды) с 2010 по 2011 гг. незначительно улучшился с 3Б (очень загрязненная) до 3А (загрязненная) (Государственный доклад ..., 2012).

В 2012 г. мониторинг загрязнения поверхностных вод Саратовского водохра-

нилища на территории Саратовской области проводился Саратовским ЦГМС — областным центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, филиалом межрегионального территориального управления Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды «Приволжское УГМС» — в двух пунктах наблюдений (четырёх створах): г. Хвалынский (1 км выше — фоновый створ и 1 км ниже города — контрольный створ), г. Балаково (в черте города и 1 км выше Саратовской ГЭС). Уровень загрязнённости воды водохранилища в пунктах наблюдения за 2010–2012 гг. стабильно характеризовался как ЗБ (очень загрязнённая) (Доклад ..., 2013).

Сложившаяся экологическая ситуация носит хронический характер, вследствие чего на популяции гидробионтов и, в частности, леща оказывается постоянный пресс негативных абиотических факторов, что не может не отразиться на качественном и количественном состоянии этих популяций.

Ранее было показано, что 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.д.), но и к влиянию различных токсических веществ. В целом ряде экспериментальных работ (Жукинский, 1986; Касимов, Крючков, 1988; Лебедева и др., 1990; Шурова, 1990; Макеева, 1992) выявлены различные нарушения внешней структуры организма под влиянием как отдельных абиотических факторов, так и различных загрязнителей.

Анализируя многочисленные экспериментальные работы (Crawford, Guarina, 1985; Beckman, Zaugg, 1988; Pragatheeswaran et al., 1989; Richmonds, Dutta, 1989; Urho, Hudd, 1989), можно говорить о том, что под действием различных по происхождению загрязнителей (сырая нефть, пестициды, тяжёлые металлы и т.д.) у рыб обнаруживаются одни и те же виды морфологических аномалий, что свидетельствует о неспецифическом характере данных нарушений.

В создавшихся стабильно неблагоприятных условиях для нереста и эмбрионально-личиночного развития у молоди леща постоянно обнаруживаются различные нарушения внешней морфологии. За все время исследований из 1019 экз. личинок и мальков ($26,59 \pm 1,38\%$) 271 особь являлась носителями морфологических аномалий различных типов. Причем прослеживается выраженная

Таблица 1. Встречаемость молоди леща с морфологическими аномалиями на разных стадиях развития

Стадия развития	Число особей, экз.		Доля аномальных особей, %
	обследованных	с морфологическими аномалиями	
<i>B</i>	40	10	$25,00 \pm 6,93$
<i>C</i> ₁	368	123	$33,42 \pm 2,46$
<i>C</i> ₂	379	98	$25,86 \pm 2,25$
<i>D</i> ₁	141	31	$21,99 \pm 3,50$
<i>D</i> ₂	37	8	$21,62 \pm 6,86$
<i>E</i>	24	0	0
<i>F</i>	16	1	$6,25 \pm 6,25$
<i>G</i>	14	0	0
Всего	1019	271	$26,59 \pm 1,38$

тенденция к уменьшению доли аномальных особей леща в популяции с увеличением возраста молоди (от ранних стадий личиночного развития C_1 , C_2 к более поздним мальковым стадиям — F , G) (табл. 1), что связано, видимо, с элиминацией личинок и мальков-носителей морфологических нарушений вследствие их низкой жизнеспособности.

Интересен тот факт, что от стадии развития B к стадии C_1 происходит повышение (на 8,42%) встречаемости рыб с морфологическими нарушениями. Это объясняется особенностями личиночного развития на этих этапах. На стадии развития B питание у леща осуществляется только за счет запасов желточного мешка, а переход на внешнее питание происходит на стадии C_1 (Коблицкая, 1981), что приводит к увеличению количества поллютантов, поступающих в организм с пищевыми объектами. Соответственно на стадии C_1 происходит существенное увеличение общего негативного воздействия поллютантов на отдельную особь.

По мере роста молоди леща до мальковых стадий E и G доля особей с нарушениями морфологии резко снижается до нуля, но на промежуточной стадии F обнаружена одна особь с нарушением пигментного рисунка на теле ($6,25 \pm 6,25\%$). Однако данный тип морфологической аномалии не является критическим, так как не приводит к гибели особи. Тем не менее на стадиях C_1 — D_2 доля аномальных особей среди молоди леща Саратовского водохранилища многократно (в 6,7—4,3 раза) превышает значение условно принятой нормы для естественных природных популяций — 5,00% (Кирпичников, 1987), что свидетельствует о значительном несоответствии условий эмбрионально-личиночного развития леща нормальным. Эффект резкого снижения числа аномальных особей с 21,62% на стадии D_2 до 0% на стадии E объясняется, прежде всего, массовой элиминацией молоди леща с различными нарушениями морфологии вследствие их пониженной жизнеспособности. Этот факт подтверждается большим разнообразием типов морфологических аномалий, обнару-

женных у личинок и мальков леща. У 1019 особей леща обнаружено 29 типов морфологических аномалий, относящихся к семи основным группам.

1. Нарушения морфологии глаз (7 типов): недоразвитие одного или обоих глазных яблок, отсутствие одного или обоих глазных яблок, опухоли в одном или обоих глазных яблоках, раздвоение одного глазного яблока.

2. Нарушения морфологии головы (6 типов): недоразвитие одной или обеих жаберных крышек, недоразвитие нижней челюсти, искривление нижней челюсти, асимметрия головы, деформация головы (мопсовидная).

3. Нарушения морфологии плавников (5 типов): недоразвитие одного или обоих грудных плавников, отсутствие одного или обоих грудных плавников, недоразвитие лучей спинного плавника, недоразвитие хвостового плавника.

4. Нарушения морфологии туловищного отдела (4 типа): слабое искривление хорды, среднее искривление хорды, сильное искривление хорды, недоразвитие хвостового отдела тела.

5. Нарушения пигментации тела (3 типа): пигментированные новообразования вокруг одного или обоих глазных яблок, нарушение либо недоразвитие видового пигментного рисунка на теле.

6. Непигментированные или слабопигментированные новообразования (2 типа): одиночные либо множественные новообразования, лишенные пигмента либо слабопигментированные вокруг одного или обоих глазных яблок.

7. Нарушения морфологии миотомов (2 типа): некроз (дисплазия) миотомов, пигментированные новообразования внутри миотомов.

За весь период исследования у молоди леща наиболее часто встречающимися оказались нарушения пигментации тела, их доля составила $69,12 \pm 1,15\%$ от общего числа обнаруженных морфологических аномалий (рис. 1). Нарушения данной группы фиксировались у молоди леща на всех ранних стадиях личиночного развития (B — D_2).

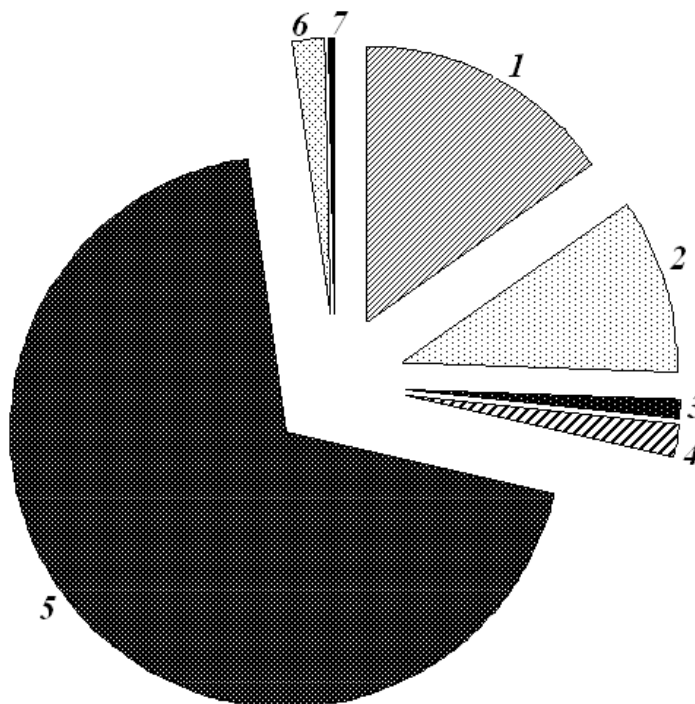


Рис. 1. Встречаемость различных групп морфологических аномалий у молоди леща Саратовского водохранилища в 1995–2013 гг., %: 1–4 – нарушения морфологии соответственно глаз, головы, плавников, туловища; 5 – нарушения пигментации тела, 6 – непигментированные опухоли, 7 – нарушения морфологии миотомов.

На поздних личиночных и ранних мальковых стадиях (*E–G*) аномалий данной группы не обнаружено, как и аномалий других групп, за исключением единственного случая обнаружения на стадии *F* особи с легким искривлением позвоночника. В $15,37 \pm 1,13\%$ случаев у рыб обнаруживались различные нарушения морфологии глаз, но начиная со стадии *E* они тоже переставали фиксироваться у леща.

Доля нарушений морфологии головы составила $10,13 \pm 0,95\%$. Встречаемость рыб с нарушениями морфологий туловища ($1,96 \pm 0,43\%$), непигментированных опухолей ($1,84 \pm 0,42\%$) и нарушений морфологии плавников ($1,17 \pm 0,34\%$) была относительно низкой на всех стадиях личиночного развития.

Наиболее редко обнаруживались нарушения морфологии миотомов — $0,41 \pm 0,20\%$, так как аномалии этой группы являются наиболее выраженным проявлением патологического процесса в организме

отдельно взятых особей, что приводит к их быстрой элиминации.

Исследования встречаемости морфологических аномалий у половозрелых особей леща Саратовского водохранилища (Минеев, 2012) показали, что среди взрослых рыб доля особей с нарушениями внешней морфологии не превышала $0,56 \pm 0,34\%$, то есть такие особи встречались единично на протяжении всего периода исследования (4 из 718 обследованных экз.). Данный факт позволяет нам предположить, что до половозрелого состояния (за редким исключением) не доживают практически все особи леща с нарушениями внешней морфологии.

Однако отсутствие ярко выраженных нарушений внешней морфологии не является надежным критерием благополучия отдельно взятой особи. В большинстве случаев о состоянии здоровья рыб невозможно судить на основании внешнего осмотра особи с применением патолого-морфологического ме-

тогда. В этом случае надежным показателем благополучия или неблагополучия рыб является состояние внутренних органов и тканей, которые реагируют на стрессовые условия, включая токсическое загрязнение вод, широким спектром физиологических нарушений и патологий (Моисеенко, 2009).

С помощью многочисленных исследований показано, что состояние крови и сердечно-сосудистой системы рыб, подвергающихся воздействию различных ядов, может являться весьма ценными индикаторами здоровья особи (Терсков, Гительзон, 1957; Вернидуб, 1959; Крылов, 1974). Известно, что рыбы очень чувствительны к содержанию в воде химических агентов и отвечают на их присутствие изменениями состава как белой, так в красной крови, даже если их концентрация не превышает ПДК (Гольдин, 1975; Иванова, 1977; Житенева и др., 1997), тем более что действие различных токсикантов может суммироваться и усиливаться (аддитивный и синергический эффект). Ранее было установлено (Минеев, 2007а), что ге-

матологические параметры леща в условиях Саратовского водохранилища негативно изменяются под воздействием различных неблагоприятных факторов, в том числе антропогенных загрязнений. У леща Саратовского водохранилища мы зафиксировали 14 видов патологий эритроцитов (табл. 2).

У леща Саратовского водохранилища наиболее часто обнаруживались произвольная деформация эритроцита (без изменения площади клетки) и ацентрическое расположение ядра, причем особи с первым типом патологии составили основу популяции. Встречаемость особей с такими патологиями, как вакуолизация цитоплазмы эритроцита, цитолиз, сморщивание эритроцита, деформация ядра эритроцита, кариолизис, пикноз и вздутие эритроцита, варьировала в пределах 1,70–4,76% от общего количества обследованных рыб, т.е. была относительно невысокой.

Половозрелые особи с патологиями № 10–14 за весь период исследований обнаруживались редко или единично (табл. 2).

Таблица 2. Встречаемость особей леща Саратовского водохранилища с различными типами патологий эритроцитов

Тип патологии эритроцита	Число изученных особей, экз.	Доля особей с патологией, %
1. Произвольная деформация эритроцита	180	61,22±2,85
2. Ацентрическое ядро	51	17,34±2,21
3. Вакуолизация цитоплазмы эритроцита	14	4,76±1,24
4. Цитолиз	12	4,08±1,16
5. Сморщивание эритроцита	7	2,38±0,89
6. Деформация ядра эритроцита	7	2,38±0,89
7. Кариолизис	5	1,70±0,76
8. Пикноз ядра эритроцита	5	1,70±0,76
9. Вздутие эритроцита	5	1,70±0,76
10. Веретенновидная деформация эритроцита	3	1,02±0,59
11. Каплевидная деформация эритроцита	2	0,68±0,48
12. Раздвоение ядра	1	0,34±0,34
13. Два ядра в одном эритроците	1	0,34±0,34
14. Отсутствие ядра	1	0,34±0,34

Как правило, в кровяном русле большинства рыб фиксировалось две и более патологии клеток эритроидного ряда. Из 294 обследованных особей доля рыб без патологий эритроцитов составила всего $20,41 \pm 2,35\%$, тогда как с одной или более патологиями — соответственно $42,86 \pm 2,89$ и $36,73 \pm 2,82\%$.

Таким образом, только примерно пятая часть обследованных особей леща не имела в кровяном русле патологических эритроцитов, а в красной крови большего числа рыб присутствовали патологические эритроциты, что является еще одним доказательством повышенной токсической нагрузки на популяцию леща Саратовского водохранилища. Это подтверждается также высокой встречаемостью особей с отклонениями основных гематологических параметров — нарушенным соотношением зрелых и незрелых форм эритроцитов, балансом клеток эритроидного и лимфоидного ряда крови, пропорцией основных форм лейкоцитов (лейкоцитарная формула) (рис. 2).

Одним из важных гематологических показателей благополучного состояния как отдельной особи, так и популяции рыб является уровень гемопоэза в красной крови. Ранее состояние рыб успешно оценивалось по количеству эритроцитов (Головина, Тромбицкий, 1989; Llorent et al., 2002), по интенсивности процесса гемопоэза (Houston, 1980; Lane, Tharp, 1980), по количеству нормобластов (Тарасенко, Мельников, 1979; Хрущев и др., 1993). По состоянию гемопоэза особь может считаться условно здоровой, если в красной крови содержится 25–35% нормобластов. Доказано также, что при воздействии на рыб различных загрязняющих веществ, в частности ртути, количество нормобластов и полихроматофильных эритроцитов (незрелых форм эритроцитов) падает до 0,2%, а основную массу красных клеток составляют зрелые эритроциты — 99,8% (Крылов, 1974), то есть качество процесса гемопоэза падает до минимума.

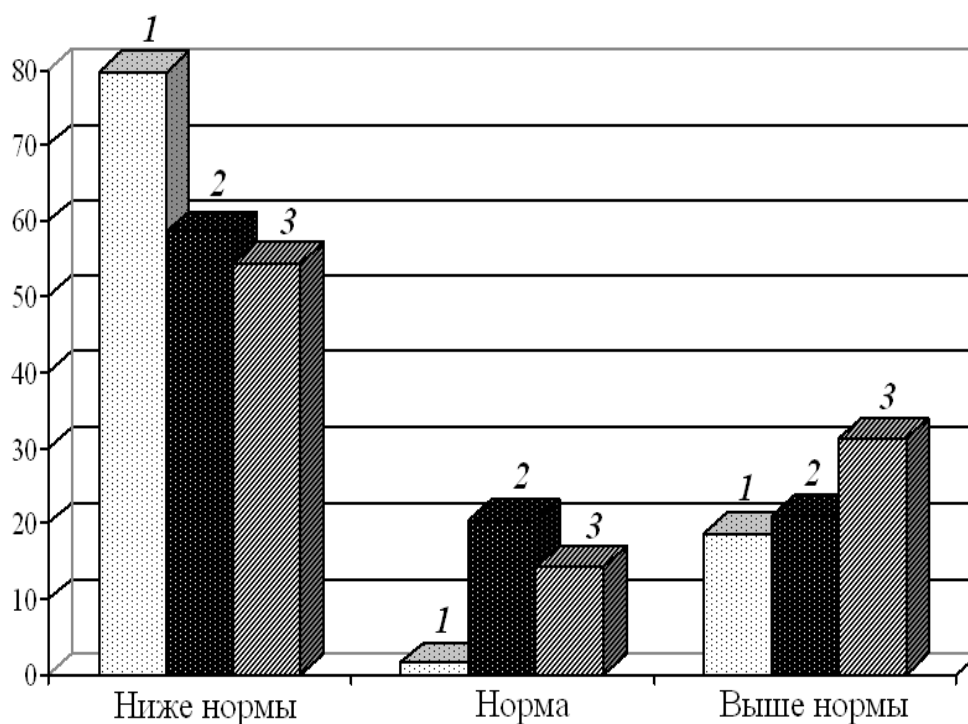


Рис. 2. Встречаемость особей леща с различным соотношением трех гематологических показателей, %: 1 — зрелые эритроциты и нормобласты, 2 — эритроциты и лейкоциты, 3 — гранулоциты и агранулоциты.

Изучение уровня нормобластов в красной крови леща показало, что среди обследованных рыб $79,59 \pm 2,35\%$ составляли особи с пониженным содержанием этих клеток в кровяном русле (рис. 2), что является признаком угнетенного гемопоэза и может быть вызвано неполным соответствием оптимальным условиям обитания. Особи с нормальным уровнем нормобластов в крови зафиксированы лишь в $1,70 \pm 0,76\%$ случаев. У $18,71 \pm 2,28\%$ рыб в кровяном русле наблюдалось повышенное содержание нормобластов. Таким образом, в течение всего периода исследования основу популяции леща Саратовского водохранилища составили особи с пониженным уровнем гемопоэза.

Другим важным показателем состояния особи является соотношение клеток эритроидного и лимфоидного ряда крови. Для взрослых рыб большинства видов нормальным считается содержание в крови белых клеток, соответствующее $25-35\%$. Установлено, что у рыб под воздействием различных загрязняющих веществ снижается функция иммунитета по сравнению с таковой у рыб из незагрязненных участков обитания (Моисеенко, 2009). Эксперименты показали, что аккумуляция ртути приводит к уменьшению количества лимфоцитов и возрастанию количества моноцитов и нейтрофилов в крови опытных рыб (Таликина и др., 2004). Накопление кадмия в крови также вызывает уменьшение количества лимфоцитов, повышение в кровяном русле клеток, обладающих фагоцитарной активностью, и разрушение миелоцитов (Степанова и др., 1998).

Наши исследования показали, что из всех исследованных рыб доля особей с нормальным уровнем лейкоцитов в кровяном русле не превышает $20,41 \pm 2,35\%$. Основу популяции леща в Саратовском водохранилище составляют особи с содержанием лейкоцитов в крови, не соответствующим норме — $58,50 \pm 2,88\%$, причем у $21,09 \pm 2,38\%$ лещей выявлены признаки лейкопении, что также является следствием повышенной антропогенной нагрузки.

Таким образом, большинство особей леща имеют недостаточное количество лейкоцитов в кровяном русле для нормального функционирования иммунной системы, что является следствием воздействия различных загрязняющих веществ на организм рыб. Многочисленные исследования показали, что загрязнение окружающей среды влияет на иммунную систему рыб именно таким образом (Микряков и др., 2001; Heath, 2002; Таликина и др., 2004).

У $85,71 \pm 2,04\%$ обследованных особей леща зафиксировано нарушение соотношения основных форм лейкоцитов в составе белой крови. Этот показатель, ИСЛ, адекватно отражает отклонения в лейкоцитарной формуле и является надежным критерием оценки состояния отдельной особи (Крылов, 1974; Балобанова, Микряков, 2002). Повышение относительного содержания незрелых нейтрофильных клеток в периферической крови называется сдвигом влево. Снижение доли палочкоядерных нейтрофилов и присутствие гиперсегментированных ядер определяется как сдвиг вправо (Житенева и др., 1997). Иными словами, ИСЛ является соотношением гранулоцитов и агранулоцитов. У разных видов рыб допустимое значение ИСЛ может отличаться; в частности, у большинства рыб семейства *Syringidae* нормальное значение ИСЛ соответствует $0,30$ (Житенева и др., 1997).

Из данных рис. 2 следует, что $31,29 \pm 2,71\%$ всех обследованных рыб имели повышенный уровень ИСЛ, что обусловлено высоким содержанием гранулоцитов (эозинофилов, нейтрофилов и т.д.) среди лейкоцитов, а у $54,42 \pm 2,91\%$ особей леща значение ИСЛ было пониженным вследствие преобладания в белой крови агранулоцитов — лимфоцитов, моноцитов, палочкоядерных лейкоцитов и т.д. Лишь у $14,29 \pm 2,04\%$ рыб значение показателя ИСЛ соответствовало условной норме.

Сдвиг показателя ИСЛ в ту или иную сторону от условной нормы является признаком заболевания или усиленного негативного пресса со стороны окружающей сре-

ды, а высокая частота встречаемости особей с такими нарушениями является признаком неблагополучия популяции в целом, особенно если так же велика доля рыб с ненормальным уровнем нормобластов и лейкоцитов в кровяном русле.

Повышение показателя ИСЛ является симптомом таких заболеваний, как нейтрофилез и эозинофилия. Нейтрофилез вызывается повышением доли нейтрофильных гранулоцитов (экспериментально окрашивающихся нейтрально, т.е. в оттенки серого и светло-голубого цветов) среди лейкоцитов. Эозинофилия является следствием повышения количества эозинофильных гранулоцитов, эти клетки окрашиваются стандартными методами в оттенки красного, ярко-розового и малинового цветов. В норме эти виды гранулоцитов должны содержаться в белой крови в количестве в два-три раза ниже, чем лимфоциты, палочкоядерные лейкоциты и моноциты, которые являются агранулоцитами.

По мнению некоторых авторов (Метелев, 1974; Гольдин, 1975; Котов, 1976; Brozio, Litzbarski, 1977; Моисеенко, 2000), у рыб в большинстве случаев отмечается лейкоцитоз в присутствии каких-либо загрязнителей. Чаще всего это нейтрофилез, а остальные отклонения весьма разнородны: могут быть как лимфоцитоз, так и лимфоцитопения — пониженное содержание лимфоцитов; как моноцитоз, так и моноцитопения; эозинофилия или ее отсутствие.

Нейтрофилы — активные ферментообразователи, им свойственна и фагоцитарная функция. Нейтрофильный лейкоцитоз со сдвигом влево (в сторону увеличения доли палочкоядерных нейтрофилов) наблюдается, как правило, при выраженных воспалительных процессах и различных интоксикациях (Brozio, Litzbarski, 1977; Моисеенко, 2000). Таким образом, нейтрофилез можно рассматривать в качестве адаптационного механизма, повышающего защитную функцию крови в условиях воздействия комплекса неблагоприятных факторов (Пескова, 2004). Данный процесс, переходя в длительную или хроническую форму, впоследствии провоци-

рует различные нарушения внутренних органов рыб (некрозы, дистрофии и т.д.) (Минеев, 2009, 2011а).

В нашем случае количество особей леща с повышенным и пониженным значением ИСЛ являлось доминирующим на всей акватории Саратовского водохранилища, что является свидетельством высокого уровня загрязнения данного водоема.

Если состояние гематологических показателей и наличие патологий компонентов крови отражают состояние здоровья особи непосредственно в момент вылова и отбора крови, то наличие гистологических патологий в тканях внутренних органов свидетельствует о хроническом характере негативных воздействий на отдельную особь и популяцию в целом. Гистопатологические изменения являются интегральным результатом разнообразных биохимических и физиологических изменений в организме (Hinton, Lauren, 1990; Wrona, Cash, 1996; Heath, 2002; Lawrens et al., 2003). Идентификация возникающих патологий и дисфункций в системах организма рыб важна для понимания причин снижения или исчезновения популяций рыб, прогнозирования изменений в условиях сокращения или увеличения токсической нагрузки, а также для разработки стратегии и методов сохранения и восстановления рыбных ресурсов (Моисеенко, 2009).

Гистологический метод не всегда позволяет достаточно точно диагностировать заболевание. Однако он дает ответ, насколько глубоко на тканевом и клеточном уровнях зашел патологический процесс и насколько широко поражено все исследованное стадо рыб. При этом органы внешне здоровых рыб на тканевом уровне могут оказаться с различными патологиями, что позволяет определить степень поражения всего стада (Чернышева, 2002). Морфопатологические исследования волжских рыб показали, что состояние органов и тканей связано с состоянием среды обитания, характером распределения загрязняющих веществ по акватории водоема и особенностями экологии (Васильев и др., 2004).

В экологических условиях Саратовского водохранилища у леща мы зафиксировали 28 типов патологий внутренних органов: 13 типов патологий жабр, 7 — печени, 5 — миокарда и 3 — гонад. Гистологическое исследование внутренних органов 41 экземпляра леща показало, что большинство обследованных рыб имеет гистологические патологии более чем в одном органе, без патологий оказалось только 17,07±5,95% особей. Доля рыб с патологиями внутренних органов распределилась следующим образом: патологии жабр — 78,05±5,95%, печени — 46,34±7,88%, гонад — 17,07±5,95%, миокарда — 9,76±4,69%.

Патологии жабр обнаружены у наибольшего количества особей, так как это именно те органы, которые напрямую контактируют с внешней средой и в силу этого испытывают непосредственное воздействие неблагоприятных факторов, в том числе и комплекса загрязняющих веществ. Жаберная дуга рыб в норме состоит из хрящевого основания, пронизанного веной и артерией. От хрящевого основания отходят жаберные тычинки, состоящие из хряща и соединительной ткани, а также жаберные лепестки первого порядка — филаменты, содержащие внутри кровеносный сосуд. На поверхности филамента располагаются два ряда жаберных лепестков второго порядка — ламеллы; каждый такой лепесток содержит кровеносный капилляр, в котором и происходит процесс газообмена. Жаберные лепестки 1-го и 2-го порядка покрыты мембраной покровного эпителия.

Более ранними исследованиями доказано, что при загрязнении воды тяжелыми металлами у рыб на жабрах образуются опухоли и язвы, а сами жабры редуцируются и имеют бледную окраску (Volotova, Kopovalov, 2003). Одинаковые дегенеративные изменения жаберных лепестков 2-го порядка (ламелл) — увеличение числа хлоридных клеток, некротические процессы, поражение жаберного эпителия (гиперплазия клеток) — зафиксированы у рыб при воздействии загрязняющих веществ различной при-

роды, таких как нимакс (препарат на основе растительного сырья) (Lazaras Asha et al., 2004) и нитрат свинца (неорганический загрязнитель) (Parashar Ram Sanehi, Banerjee Tarun Kumar, 2002). Органические загрязнители, в частности линдан (γ -HCH), вызывают в жабрах рыб расширение кровеносных сосудов, гиперплазию и отслоение эпителия ламелл, их укорочение (недоразвитие), слияние или некроз (Ortiz Juan, Gonzalez de Canales, 2003). Подобные нарушения в строении жабр мы зафиксировали у рыб Саратовского водохранилища, что свидетельствует о высоком уровне его загрязнения.

Среди обследованных особей леща Саратовского водохранилища мы обнаружили 13 типов гистологических нарушений жаберных структур (табл. 3), что свидетельствует о достаточно сильном загрязнении воды, в постоянном контакте с которой находились жабры изученных нами рыб. Наиболее часто встречающимся типом патологии за все время исследования оказалась дисплазия (некроз) ламелл — жаберных лепестков второго порядка, она зафиксирована более чем у половины всех обследованных особей.

Почти у половины обследованных особей зафиксированы инфильтрация и отслоение эпителия ламелл. Намного реже встречались рыбы с искривлениями ламелл, инфильтрацией и дисплазией филамента, сращиванием ламелл. Искривление, раздвоение, сращивание филаментов, разрастание соединительной ткани филамента, раздвоение и отсутствие ламелл обнаружены единично за весь период исследования леща.

Патологии печени. Печень является основным органом детоксикации проникающих в организм ядов. В этом органе содержатся ферменты и факторы, связанные как с 1-й (окисление), так и со 2-й (конъюгация) фазами детоксикации. Печень аккумулирует большинство токсикантов и выводит продукты метаболизма через желчь. Приблизительно 85% объема печени костистых рыб составляют гепатоциты. Изменения морфологии гепатоцитов и клеток желчного эпителия могут давать информацию о функционировании этого

Таблица 3. Встречаемость различных типов патологий жабр у леща Саратовского водохранилища

Тип патологии	Особи с патологией, число экз / %
1. Некроз ламелл (дисплазия)	23 / 56,10±7,85
2. Отслоение эпителия ламелл	19 / 46,34±7,88
3. Вздутие апикальной части ламелл (инфильтрация)	19 / 46,34±7,88
4. Искривление ламелл	12 / 29,27±7,19
5. Некроз филамента (дисплазия)	6 / 14,63±5,59
6. Вздутие стенки сосуда филамента (инфильтрация)	5 / 12,19±5,17
7. Сращивание ламелл	5 / 12,19±5,17
8. Разрастание соединительной ткани филамента	1 / 2,44±2,44
9. Искривление филамента	1 / 2,44±2,44
10. Сращивание филаментов	1 / 2,44±2,44
11. Отсутствие ламелл	1 / 2,44±2,44
12. Раздвоение ламелл	1 / 2,44±2,44
13. Раздвоение филамента	1 / 2,44±2,44

органа и воздействию на организм токсикантов (Моисеенко, 2009). Изменения структуры печени могут быть успешно использованы в качестве биомаркеров, которые отражают чувствительность рыб к стрессовым факторам окружающей среды (Hinton, Lauren, 1990; Wrona, Cash, 1996).

Печень не подвержена прямому воздействию неблагоприятных факторов среды как, например, жабры, но эти факторы влияют на ее строение и функции опосредованно — через кровь. По физиологическому и гистологическому состоянию печени можно успешно и относительно точно судить о состоянии внешних условий среды обитания той или иной особи. Так, например, после воздействия на рыб гербицидами (в частности, симазинном) в печени карпа обнаруживали очаги некроза (Roncero et al., 2002), а после длительного воздействия на рыб раствором трихлоруксусной кислоты в печени выявлялись кисты и спонгиозное изменение паренхимы (Bashir et al., 2002).

Встречаемость особей леща с обнаруженными патологиями печени приведена в табл. 4.

Наиболее часто у рыб обнаруживали очаги инфильтрации клеток крови в ткань

печени и очаги дисплазии (некроза) гепатоцитов, патологии данного типа зафиксированы у трети и четверти обследованных особей леща соответственно (табл. 4). Некроз (или дисплазия) гепатоцитов является наиболее тяжелым типом патологии, он проявляется в том, что отдельные гепатоциты или группы клеток теряют свою структуру в результате разрушения клеточной оболочки и внутренних структур. Такие области выделяются на фоне специфического рисунка здоровой ткани печени в виде темных пятен с аморфной структурой. Наличие подобного типа патологии в любых внутренних органах является доказательством сильнеешего негативного внешнего воздействия на отдельную особь.

У 9,76% особей обнаружены жировые перерождения печени (липоидная дегенерация гепатоцитов), вакуолизация гепатоцитов и кистозные новообразования в ткани печени, также являющиеся индикаторами токсических воздействий. Другие патологии печени — пигментированные и соединительнотканые образования в ткани органа — обнаружены у наименьшего количества обследованных лещей.

Таблица 4. Встречаемость различных типов патологий печени у леща Саратовского водохранилища

Тип патологии	Особи с патологией, число экз/%
1. Очаги инфильтрации (мраморный рисунок печени)	13 / 31,71±7,36
2. Дисплазия гепатоцитов	11 / 26,83±7,01
6. Вакуолизация гепатоцитов	4 / 9,76±4,69
3. Жировое перерождение гепатоцитов (сетчатый рисунок)	4 / 9,76±4,69
5. Кистозное новообразование	4 / 9,76±4,69
4. Пигментированные новообразования	3 / 7,32±4,12
7. Соединительнотканые новообразования в паренхиме	2 / 4,88±3,41

Патологии миокарда. Гистологические патологии миокарда не являются прямым следствием воздействия неблагоприятных факторов среды на организм, как, например, патологии жабр. Возможно, наличие подобных нарушений в тканевых структурах сердца — это результат общего физиологического состояния организма рыбы, которое в силу ряда факторов (интоксикации, истощения, стресса и т.п.) может не соответствовать норме. Тем не менее сам факт обнаружения таких патологий в ткани органа, который является, на наш взгляд, наиболее физиологически защищенным от неблагоприятных внешних воздействий и не несет функций, напрямую связанных с интоксикацией и детоксикацией организма, свидетельствует о сильном хроническом воздействии окружающих неблагоприятных факторов среды на организм.

У леща Саратовского водохранилища обнаружено пять типов гистопатологий мио-

карда, которые не являются специфическими для данной ткани, так как зафиксированы нами и в других внутренних органах — жабрах, печени и гонадах (табл. 5).

Наиболее часто обнаруживались очаги инфильтрации клеток крови в пространство между волокнами миокарда — такие патологии зафиксированы у трех из 41 обследованных особей. Другие четыре типа патологий миокарда у леща Саратовского водохранилища обнаружены единично.

Патологии гонад. Большой спектр загрязняющих веществ, попадающих в водоемы, наряду с общетоксичным воздействием на живые организмы оказывает влияние на процессы гаметогенеза, что приводит к нарушениям размножения и появлению нежизнеспособного потомства, снижает репродуктивный потенциал особей и ведет к подрыву рыбных запасов России (Лукьяненко, 1990; Павлов и др., 1994). Согласно большинству

Таблица 5. Встречаемость различных типов патологий миокарда у леща Саратовского водохранилища

Тип патологии	Особи с патологией, число экз/%
1. Очаги инфильтрации	3 / 7,32±4,12
2. Дистрофия волокон миокарда	2 / 4,88±3,41
3. Очаги жирового перерождения миокарда	1 / 2,44±2,44
4. Дисплазия (некроз) волокон миокарда	1 / 2,44±2,44
5. Пигментированные новообразования в миокарде	1 / 2,44±2,44

исследований, патологии гонад не являются видоспецифичными и выявляются у рыб, принадлежащих разным систематическим группам. Степень устойчивости к токсикантам зависит от периода онтогенеза. Так, у половозрелых осетровых она ниже к ядам органического ряда в отличие от молоди, которая более чувствительна к ядам неорганической природы (Коккоза, 1970). Различные ксенобиотики вызывают у них повреждения гонад на ранних стадиях жизненного цикла в дозах, не приносящих вреда взрослым особям (Guillete et al., 1995).

Гаметогенез, в частности оогенез, представляет собой важнейший период всего индивидуального развития организма. Именно в это время происходит накопление и формирование запасных питательных веществ и морфогенетической информации, определяющих все последующее развитие организма. В гаметях накапливаются нуклеиновые кислоты, различные белки, определяются системы белкового синтеза, с помощью сложнейших редукционных делений формируется моноплоидность хромосомного набора, а также происходит ооплазматическая сегрегация — дифференциация различных участков ооплазмы, имеющих неодинаковое перспективное значение (Шарова и др., 2003).

За весь период исследования у леща Саратовского водохранилища было обнаружено всего три типа патологий гонад (табл. 6). Встречаемость особей леща с отдельными видами нарушений гонад за весь период исследования единична.

Таким образом, в ряду внутренних органов жабры → печень → миокард → гонады выявлены тенденции уменьшения

разнообразия обнаруженных тканевых патологий и снижения доли особей в популяции с отдельными типами патологий. Это объясняется прежде всего тем, что на внутренние органы (печень, сердце, гонады) негативные внешние факторы воздействуют опосредованно через кровь и лимфу, состояние которых у леща Саратовского водохранилища было описано выше, тогда как жабры подвержены непосредственному прямому воздействию негативных факторов среды (в том числе и различного рода загрязнений).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты позволяют утверждать, что лещ — один из самых массовых промысловых видов рыб Саратовского водохранилища — подвержен сильному прессу неблагоприятных воздействий окружающей среды. Об этом свидетельствуют различные морфофункциональные нарушения, обнаруженные у значительного количества особей как на ранних личиночных и мальковых стадиях развития, так и у половозрелых рыб.

Если среди молоди леща основную массу выявленных нарушений составляют внешние морфологические аномалии ($26,59 \pm 1,38\%$ обследованных личинок и мальков), то у половозрелых особей доля рыб с подобными нарушениями не превышает $0,56 \pm 0,34\%$.

Однако у взрослых рыб зафиксированы различные типы патологий клеток крови и гистологические нарушения внутренних органов, что мы связываем, прежде всего, с достаточно высоким уровнем загрязнения

Таблица 6. Встречаемость различных типов патологий гонад у леща Саратовского водохранилища

Тип патологии	Особи с патологией, число экз / %
1. Резорбция превителлогенных ооцитов	2 / $4,88 \pm 3,41$
2. Резорбция вителлогенных ооцитов	1 / $2,44 \pm 2,44$
3. Деформация (сморщивание) превителлогенных ооцитов	1 / $2,44 \pm 2,44$

Саратовского водохранилища. Высока также доля рыб с отклонениями в основных гематологических параметрах: интенсивность процесса гемопоэза ($98,30 \pm 0,76\%$), соотношение клеток эритроидного и лимфоидного ряда крови ($79,59 \pm 2,35\%$), соотношение основных форм лейкоцитов ($85,71 \pm 2,04\%$). Подобные морфофункциональные нарушения невозможно выявить при внешнем осмотре рыб, однако их наличие достаточно точно характеризует состояние отдельной особи и всей популяции в целом.

Результаты многолетних исследований леща Саратовского водохранилища позволяют констатировать, что представители данного вида рыб длительное время испытывают хроническое воздействие комплекса антропогенных факторов (в том числе различного рода загрязняющих веществ), что негативно отразилось на качественных характеристиках популяции. Об этом свидетельствует невысокая встречаемость здоровых особей среди обследованных рыб. При сохранении подобного уровня воздействия негативных факторов среды мы считаем возможным не только дальнейшее ухудшение качественных показателей популяции леща Саратовского водохранилища, но и снижение численности одного из ценных промысловых видов рыб данного водоема.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Балобанова Л.В., Микряков В.Р. Сравнительная характеристика действия нафталина и фенола на показатели белой крови карася *Carassius carassius* (L.) // Биология внутр. вод. 2002. № 2. С. 100–102.

Васильев А.С., Запруднова Р.А., Буйневич А.В. Мониторинг состояний популяций леща верхневолжских водохранилищ // Матер. Всерос. науч.-практ. конф. «Экологические проблемы уникальных природных и антропогенных ландшафтов». Ярославль: Изд-во Ярослав. гос. ун-та, 2004. С. 192–197.

Вернидуб М.Ф. Влияние сточных вод газосланцевого производства на физио-

логические процессы и на развитие личинок молоди лосося // Материалы совещания по вопросам рыбоводства. М.: Наука, 1959. С.103–112.

Выхристюк Л.А. Химический состав воды и донных отложений // 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.

Гольдин В.М. Некоторые гематологические показатели рыб Камского водохранилища в связи с загрязнением промышленными стоками // Уч. зап. Перм. ун-та. 1975. Вып. 338. С. 123–131.

Головина Н.А., Тромбицкий И.Д. Гематология прудовых рыб. Кишинев: Штиинца, 1989. 156 с.

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: Комитет по охране окруж. среды Самар. обл., 1997. С. 7–12.

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: Комитет по охране окруж. среды Самар. обл., 2000. 103 с.

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: Комитет по охране окруж. среды Самар. обл., 2001. 193 с.

Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области в 2008 г. Вып. 19. Экологическая безопасность и устойчивое развитие Самарской области: состояние и прогноз / Под ред. Ю.С. Астахова и др. Самара: Мин-во природопользования, лес. хоз-ва и окруж. среды Самар. обл., 2009. 344 с.

Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2011 год. Вып. 22. Экологическая безопасность и устойчивое развитие Самарской области: состояние и прогноз / Под ред. Т.Н. Сафроновой и др. Самара: Мин-во лес. хоз-ва, охраны окруж. среды и природопользования Самар. обл.; ДСМ, 2012. С. 71–72.

Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2012 году / Под ред. Д.С. Соколова и др. Саратов: Правит-во Саратов. обл.; Комитет охраны окруж. среды и природопользования Саратов. обл., 2013. 224 с.

Евланов И.А., Минеев А.К. Программа возрождения рыбной отрасли Самарской области // Вестн. Самар. гос. эконом. ун-та. 2014. Спецвып. Инновационные подходы к обеспечению устойчивого развития социо-эколого-экономических систем. С. 79–85.

Житенева Л.Д., Рудницкая О.А., Калюжная Т.И. Эколого-гематологические характеристики некоторых видов рыб. Ростов н/Д.: АЗНИИРХ, 1997. 149 с.

Жукинский В.Н. Влияние абиотических факторов на разнокачественность и жизнеспособность рыб в раннем онтогенезе. М.: Агропромиздат, 1986. 248 с.

Иванова Н.Т. Метод морфологического анализа крови в ихтиопатологических исследованиях // Изв. ГосНИОРХ. 1977. № 5. С. 114–117.

Иванова Н.Т. Атлас клеток крови рыб. М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1983. С. 64–71.

Касимов Р.Ю., Крючков В.И. Оплодотворяемость икры и развитие зародышей осетровых рыб при нефтяном воздействии // Матер. IV Всесоюз. конф. по раннему онтогенезу рыб. Ч. 1. Мурманск: Апатиты, 1988. С. 126–127.

Кирпичников В.С. Генетика и селекция рыб. Л.: Наука, 1987. 520 с.

Коблицкая А.Ф. Определитель молоди пресноводных рыб. М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1981. 208 с.

Кокоза А.А. Динамика устойчивости осетровых рыб к фенолу на ранних стадиях оогенеза // Вопросы водной токсикологии. М.: Наука, 1970. С. 168–171.

Котов А.М. Сезонная динамика гематологических показателей у некоторых черноморских рыб и их изменение при экспериментальном отравлении нефтепродуктами // Гидробиол. журн. 1976. Вып. 12. № 4. С. 63–68.

Крылов О.Н. Методические указания по гематологическому обследованию рыб в водной токсикологии. Л.: ГосНИОРХ, 1974. 39 с.

Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1990. 293 с.

Лебедева О.А., Тихомирова Л.И., Филлипова Г.П., Завьялова М.Н. Изменения в характере эмбриогенеза карася: долгосрочные наблюдения и экспериментальные исследования // Докл. АН СССР. 1990. Т. 313. № 1. С. 196–199.

Лукьяненко В.И. Физиолого-биохимический статус волго-каспийских осетровых в норме и при расслоении мышечной ткани (кумулятивный политоксикоз). Рыбинск: ИБВВ, 1990. 262 с.

Макеева А.П. Эмбриология рыб. М.: Изд-во МГУ, 1992. 216 с.

Метелев В.В. Токсичность и некоторые вопросы механизма действия пропанида на организм рыб // Тр. ВНИИ ветеринар. санитарии. 1974. Вып. 50. С. 72–75.

Микряков В.Р., Балабанова Л.В., Заботкина Л.А. Реакция иммунной системы на загрязнение воды токсикантами и закисление среды. М.: Наука, 2001. 126 с.

Минеев А.К. Индекс состояния сообществ личинок рыб (ИСС) как показатель экологического состояния водной среды // Изв. СамарНЦ РАН. 2005. Спецвып. 4. С. 306–313.

Минеев А.К. Морфологический анализ и патологические изменения структуры клеток крови у рыб Саратовского водохранилища // Вопр. ихтиологии. 2007а. № 1. С. 93–100.

- Минеев А. К.* Встречаемость аномальных личинок рыб среди молоди Саратовского водохранилища в различных районах водоема // Матер. Междунар. науч. конф. «Ихтиологические исследования на внутренних водоемах». Саранск: Изд-во МордовГУ. 2007б. С. 114–116.
- Минеев А. К.* Некоторые гистологические нарушения гонад у головешки-ротана (*Percottus glenii* Dybowski, 1877) и бычка-кругляка (*Neogobius melanostomus* Pallas, 1814) Саратовского водохранилища // Изв. СамарНЦ РАН. 2009. Т. 11. № 1. С. 185–191.
- Минеев А. К.* Некоторые гистологические патологии печени и сердца у головешки-ротана (*Percottus glenii* Dybowski, 1877) и бычка-кругляка (*Neogobius melanostomus* Pallas, 1814) Саратовского водохранилища // Там же. 2011а. Т. 13. № 1. С. 203–206.
- Минеев А. К.* Гистологическая картина новообразований у молоди рыб Средней и Нижней Волги // Там же. 2011б. Т. 13. Ч. 1. № 5. С. 242–248.
- Минеев А. К.* Морфологические аномалии у рыб Саратовского водохранилища // Вода: химия и экология. 2012. № 6. С. 54–61.
- Моисеенко Т. И.* Морфологические перестройки организма рыб под влиянием загрязнения (в свете теории С. С. Шварца) // Экология. 2000. № 6. С. 463–472.
- Моисеенко Т. И.* Водная экотоксикология. М.: Наука, 2009. 400 с.
- Павлов Д. С., Савваитова К. А., Соколов Л. И., Алексеев С. С.* Редкие и исчезающие животные. Рыбы. М.: Высш. шк., 1994. 334 с.
- Пескова Т. Ю.* Адаптационные изменения земноводных в антропогенно загрязненной среде: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2004. 36 с.
- Правдин И. Ф.* Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М.: Пищ. пром-сть, 1966. 376 с.
- Решетников Ю. С., Попова О. А., Стерлигова О. П. и др.* Изменение структуры рыбного населения эвтрофируемого водоема. М.: Наука, 1982. 248 с.
- Роскин Г. И., Левинсон Л. Б.* Микроскопическая техника. М.: Наука, 1957. 486 с.
- Селезнев В. А.* Содержание марганца в поверхностных водах Самарской области // Экологическая безопасность и устойчивое развитие Самарской обл. Вып. 6. 10 лет Госкомитету по охране окруж. среды Самар. обл. / Под ред. В. А. Павловского, Г. С. Розенберга. Самара: Комитет по охране окруж. среды Самар. обл., 1998. С. 108–116.
- Селюков А. Г.* Морфофункциональные изменения рыб бассейна средней и нижней Оби в условиях возрастающего антропогенного влияния // Вопр. ихтиологии. 2012. Т. 52. № 5. С. 581–600.
- Степанова В. М., Чуйко Г. М., Павлова В. Ф.* Хроническое действие кадмия на клетки ретикулярной ткани селезенки и периферической крови мозамбикской телалии (*Oreochromis mossambicus* Peters) // Биология внутр. вод. 1998. № 3. С. 136–140.
- Таликина М. Г., Комов В. Т., Чеботарева Ю. В., Гремячих В. А.* Комплексная оценка длительного воздействия ртути на молодь плотвы в экспериментальных условиях // Вопр. ихтиологии. 2004. Т. 44. № 6. С. 847–852.
- Тарасенко О. Н., Мельников В. Г.* Морфологическая структура форменных элементов крови леща, сазана и судака // Современные вопросы экологической физиологии рыб. М.: Наука, 1979. С. 239–246.
- Терсков Г. В., Гительзон И. И.* Метод химических (кислотных) эритрограмм // Биофизика. 1957. Т. 11. № 2. С. 259–266.
- Хрущев Н. Г., Ланге М. А., Золотова Т. Е., Бессонова А. В.* Характеристика клеток эритроидного ростка у зеркального карпа (перспективы использования при оценке физиологического состояния рыб) // Изв. АН СССР. Сер. биол. 1993. № 1. С. 83–87.
- Червякова Н. Г., Фёдорова Э. А.* Использование водных ресурсов // Тез. со-

- вещ. «Экологическая ситуация в Самарской области: состояние и прогноз 1994 г.». Тольятти: ИЭВБ РАН, 1994. С. 198.
- Чернышева Н. Б. Использование гистологического метода в ихтиопатологии // Матер. науч. конф. «Проблемы воспроизводства, кормления и борьбы с болезнями рыб при выращивании в искусственных условиях». Петрозаводск: Изд-во КарелНЦ, 2002. С. 168–170.
- Шарова Ю. Н., Кауфман Э. С., Лукин А. А. Оогенез рыб Европейского Севера России при техногенном загрязнении. Петрозаводск: Изд-во КарелНЦ, 2003. 130 с.
- Шурова И. Л. Влияние 2,4-дитрета-милфенола и 2,4,6-трихлорфенилгидрозина солянокислого на ранние стадии развития щуки // Физиология и токсикология гидробионтов. Ярославль: Изд-во ЯрославГУ, 1990. С. 45–48.
- Экология рыб Обь-Иртышского бассейна / Под ред. Д. С. Павлова, А. Д. Мочечка М.: Т-во науч. изданий КМК, 2006. 596 с.
- Bashir A., Lan J. P., Fonseca P. et al. Hepatic and gonadal lesions in medaka (*Oryzias latipes*) exposed to trichloroacetic acid as embryos // Proc. IV Internat. Symp. Aquatic Animal Health. New Orleans: ISAAN, 2002. P. 239.
- Beckman B. R., Zaugg W. S. Copper intoxication in chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) induced by natural springwater: effect on gill Na^+ , K^+ – ATPase, hematocrit and plasma glucose // Fish Aquat. Sci. 1988. № 8. P. 1430–1435.
- Bolotova N. L., Konovalov A. F. Morpho-pathologic analysis of zander (*Stizostedion lucioperca* L.) in Beloe Lake // 28 Congr. Internat. Ass. Theor. Applied Limnol. Pt. 3. Melbourne, 2003. P. 1609–1612.
- Brozio F., Litzbarski H. Untersuchungen über physiologische und histologische Veränderungen am Karpfen nach Toxaphenewirkung. Teil I // Z. Binnenfisch. DDR. 1977. V. 24. № 4. P. 215–226.
- Crawford R. B., Guarina A. M. Effects of environmental toxicants on development of a teleost embryo // J. Environ. Pathol. Toxicol. Oncol. 1985. V. 6. № 2. P. 123–130.
- Guillette L. J., Grein D. A., Rooney A. A., Pickford D. B. Organization versus activation: the role of endocrine-disrupting contaminants during developments in wildlife // Environ. Health Perspectives. 1995. V. 103. P. 157–164.
- Heath A. G. Water pollution and fish physiology. L.: Lewis Publ., 2002. 506 p.
- Hinton D. E., Lauren D. G. Integrative histopathological approaches to detective effects of environment stressors on fish. N.Y.: Publ. Amer. Fish. Soc., 1990. P. 51–66.
- Houston A. N. Components of the hematological response of fishes to environmental temperature change: a review. N.Y.: Plenum Publ. Co., 1980. 241 p.
- Lane H. C., Tharp T. P. Changes in the population of polyribosomal containing red cells of peripheral blood of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Rich., following starvation and fleeing // J. Fish Biol. 1980. V. 17. P. 75.
- Lawrens A. J., Arukwe A., Moor M. et al. Molecular/cellular processes and the physiological response to pollution // Effects of Pollution on Fish / Ed. A. J. Lawrens, K. L. Hemingway. N.Y.: Blackwell Sci., 2003. P. 83–133.
- Lazaras Asha D., Mishra P. K., Khasdeo K. Histopathological study of neemax induced gills of *Rasbora daniconius* // J. Exp. Zool. India. 2004. V. 7. № 2. P. 361–364.
- Llorent M. T., Martos A., Castano A. Detections of cytogenetic alterations and blood cell changes in natural populations of carp // Ecotoxicology. 2002. V. 11. № 1. P. 27–34.
- Ortiz Juan B., Gonzalez de Canales M. L. Sarasquete carmen histopathological changes induced by lindane (γ -HCH) in various organs of fishes // Sci. Mar. 2003. V. 67. № 1. P. 53–61.
- Parashar Ram Sanehi, Banerjee Tarun Kumar. Toxic impact of lethal concentration of lead nitrate on the gills of air-breathing catfish (*Heteropneustes fossilis* (Bloch)) // Ver. Arh. 2002. V. 72. № 3. P. 167–183.
- Pragatheeswaran V., Loganathan B., Natarajan R., Venugapalon V. K. Cadmium

- induced Malformation in Eyes of *Ambassis cimmersoni* Cuvier // Bull. Environ. Contam. Toxicol. 1989. V. 43. № 5. P. 755–760.
- Richmonds C., Dutta H.M. *Lepomis macrochimus*. Histopathological changes by malation in the gills of bluegill // Ibid. 1989. V. 43. № 1. P. 123–130.
- Roncero V., Gómez L., Durán E. et al. Histopathological alterations in carp (*Cyprinus carpio*) after exposition to simazine // Toxicol. Lett. 2002. V. 135. P. 94–95.
- Urho L., Hudd R. Sublethal effects of ocn oil spill on fish larvae in the Northern Quark, in the Balnic // Cons. Int. Explor. Mer. 1989. V. 191. P. 494.
- Wrona F.G., Cash K.J. The ecosystem approach to environment assessment: moving from theory to practice // J. Aquat. Ecosyst. Health. 1996. V. 5. P. 89–97.

MORPHOLOGICAL CHANGES IN CARP-BREAM *ABRAMIS BRAMA* OF THE SARATOV RESERVOIR

© 2015 y. A. K. Mineev

Institution of Ecology of Volga Basin of the Russian Academy of Sciences, Togliatti, 445003

The materials of years of research (1995–2011). External morphological disorders, diseases of internal organs and tissues, variations in some hematological parameters in carp-bream (*Abramis brama* Linnaeus, 1758) – one of the most common fish species Saratov Reservoir. Shows a direct correlation of the detected malformations and abnormalities in carp-bream of different age groups (from the early larval stages to adult animals) on the level of human influence on the ecosystem of the studied reservoir.

Keywords: carp-bream, morphological abnormalities, diseases of blood cells, hematological parameters, pathology of the internal organs.