

БОЛЕЗНИ ПРОМЫСЛОВЫХ ГИДРОБИОНТОВ

УДК 591.2.597.554.3

**МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ У ПЛОТВЫ *RUTILUS RUTILUS*  
САРАТОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

© 2014 г. А. К. Минеев

Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти, 445003

E-mail: mineev7676@mail.ru

Поступила в редакцию 04.03.2013 г.

Окончательный вариант получен 12.07.2013 г.

Приведены материалы многолетних исследований (1995–2011 гг.) внешних морфологических нарушений, патологий внутренних органов и тканей, отклонений в некоторых гематологических параметрах у плотвы *Rutilus rutilus* — одного из самых массовых видов рыб Саратовского водохранилища. Показана прямая зависимость возникновения обнаруженных аномалий развития и патологий у плотвы разных возрастных групп (от ранних личиночных стадий до половозрелых особей) от уровня антропогенной нагрузки на экосистему изучаемого водоема.

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

**ВВЕДЕНИЕ**

Различные биохимические и патофизиологические нарушения выявляются у многих 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 последнее 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 длинно-

цикловых видов с продолжительным эмбриогенезом на малоценные короткоцикловые с непродолжительным эмбриональным периодом (Решетников и др., 1982; Экология рыб ... , 2006; Селюков, 2012).

Данное утверждение справедливо и для плотвы — одного из самых массовых видов рыб Саратовского водохранилища, излюбленного объекта спортивного и любительского рыболовства, ценного промыслового вида. Ежегодная добыча плотвы в Самарской области составляет около 200 т (Евланов и др., 1998).

Плотва, являясь повсеместно распространенным видом, обладает широкой экологической пластичностью и определенной устойчивостью к воздействиям неблагоприятных факторов среды. Однако в условиях Саратовского водохранилища, испытывающего существенную антропогенную нагрузку, у представителей этого вида обнаруживаются многочисленные нарушения на ранних стадиях личиночного и малькового развития (Минеев, 2005, 2007, 2011), патологии клеток крови и нарушения гематологических

параметров у половозрелых особей (Минеев, 2007а), а также патологии внутренних органов — жабр, печени, сердечной мышцы, гонад.

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

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследования проводили на акватории Саратовского водохранилища в период 1995–2011 гг. Личинок и мальков отлавливали в весенне-летний период сачками из мелкочейстого газа в прибрежной зоне обширных нерестилищ от г. Жигулёвск до г. Балаково. Половозрелых особей плотвы 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 плотвы устанавливали по определителю Коблицкой (1981), возраст половозрелых особей — по отолитам (Правдин, 1966). Основную массу половозрелых особей в уловах составили рыбы в возрасте 3+ и 4+.

Молодь рыб обследовали методом патолого-морфологического анализа с описанием всех обнаруженных морфологических нарушений.

Изготовление препаратов крови и дальнейший анализ гематологических параметров осуществляли с применением стандартных гематологических методов (Иванова, 1983). Для оценки неблагоприятных воздействий на организм животных 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 по-

казателей состояния белой крови (Житенева и др., 1997).

Для гистологического анализа сразу после вылова отбирали внутренние органы плотвы как с признаками аномалий, так и лишенные внешних проявлений патологического процесса. Органы сразу же фиксировали, чтобы задержать изменения, происходящие 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 плотвы разных возрастных групп за период 1995–2011 гг. составило 10 195 экз., молоди на стадиях развития *B–C* — 9 686 экз., половозрелых особей в возрасте 3+ и 4+ для изучения гематологических отклонений и патологий внутренних органов — соответственно 423 и 86 экз.

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

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

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 тыс. условных тонн загрязняющих веществ. Из них большая доля приходилась на азот аммонийный и нефтепродукты — 5500 и 950 т/г., взвешенные вещества — 280 т/г., ртуть — 113 т/г., фенолы — 10,02 т/г., фосфор — 60,7 т/г. (Червякова, 1994).

Воды Саратовского водохранилища постоянно содержат различного рода загрязняющие вещества. Так, в районе устья р. Сок, которая считается одной из наиболее чистых рек Самарской области, в 1995–1996 гг. содержание фенолов составляло 5–3 предельно допустимых концентраций (ПДК), нефтепродуктов – 2 ПДК, меди – 2 ПДК, сульфатов – 4 ПДК (Государственный доклад ... , 1997).

Воды р. Чапаевка, поступающие в Саратовское водохранилище, также содержат большое количество загрязняющих веществ. В отдельные годы концентрации изомеров гексахлорциклогена ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ -ГХЦ) были выше нормативов в десятки раз. Зафиксированы также значительные превышения концентрации меди – 2–30 ПДК, марганца – 4–18 ПДК, кадмия – 8 ПДК (Выхристюк, 1996). Район населенного пункта Новый путь, который испытывает непосредственное влияние сильно загрязненных вод р. Чапаевка, в 1995–1996 гг. был более всего загрязнен легко окисляемыми органическими веществами (2–3 ПДК), фенолами (3–5 ПДК), фосфором (3–9 ПДК) (Выхристюк, 1996), а концентрация марганца в воде в 1997 г. достигала 11 ПДК (Селезнев, 1998). В 1999–2000 гг. в воде р. Чапаевка около г. Чапаевск были обнаружены хлорорганические пестициды, содержание которых в воде недопустимо, однако в весенний период оно достигло 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. Среднегодовое содержание соединений меди

в воде составляло 7 ПДК, а максимальное достигало 27 ПДК. Из г. Самара в водохранилище 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, 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) в 2010–2011 гг. незначительно улучшился с 3Б (очень загрязненная) до 3А (загрязненная) (Государственный доклад ... , 2012).

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

Ранее 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, освещенность 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 как под влиянием отдельных абиотических факторов, так и различных загрязняющих веществ.

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 влиянием различных по происхождению загрязнителей (сырая нефть, пестициды, тяжелые 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 плотвы постоянно обнаруживаются различные нарушения внешней структуры. За все время исследований из 9 686 личинок и мальков  $3\,348 (34,57 \pm 0,48\%)$  особей являлись носителями морфологических аномалий различных типов. Причем прослеживается выраженная тенденция к уменьшению доли аномальных особей плотвы 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 резкое повышение (в три раза) встречаемости рыб с морфологическими нарушениями. Это объясняется особенностями личиночного развития на этих этапах. На стадии развития  $B$  у плотвы питание 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 многократное увеличение общего негативного воздействия поллютантов на отдельную особь.

По мере роста молоди плотвы до мальковых стадий  $F$  и  $G$  доля особей с морфологическими аномалиями снижается до  $3,40\%$ , что не выходит за границы значения условной нормы для естественных природных популяций —  $5,00\%$  (Кирпичников, 1987). Однако на стадиях  $C_1$ — $E$  доля аномальных особей среди молоди плотвы Саратовского водохранилища многократно превышает значение условно принятой нормы (в 9—2 раза), что свидетельствует о значительном несоответствии условий эмбрионально-личиночного развития плотвы нормальным. Этот факт подтверждается большим разнообразием морфологических наруше-

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

Стадия развития	Число особей, экз.		Доля аномальных особей, %
	обследованных	с морфологическими аномалиями	
$B$	287	45	$15,68 \pm 2,15$
$C_1$	1 468	682	$46,46 \pm 1,30$
$C_2$	3 907	1 703	$43,59 \pm 0,79$
$D_1$	2 048	538	$26,27 \pm 0,97$
$D_2$	926	233	$25,16 \pm 1,43$
$E$	668	117	$17,51 \pm 1,47$
$F$	235	25	$10,64 \pm 2,02$
$G$	147	5	$3,40 \pm 1,50$
Всего	9 686	3 348	$34,75 \pm 0,48$

ний, обнаруженных у молоди плотвы. У 3348 особей плотвы зарегистрировано 42 типа морфологических аномалий, которые относятся к семи основным группам.

1. Нарушения морфологии глаз: недоразвитие одного или обоих глазных яблок, отсутствие одного или обоих глазных яблок, опухоли в одном или обоих глазных яблоках, раздвоение одного или обоих глазных яблок, два глаза с одной стороны головы, три недоразвитых глаза с одной стороны головы, смещение хрусталика от нормального положения в одном глазном яблоке.

2. Нарушения морфологии головы: недоразвитие одной или обеих жаберных крышек, отсутствие одной жаберной крышки, недоразвитие верхней или нижней челюстей, искривление нижней челюсти, асимметрия головы, деформация головы «мопсовидная», дорсовентральное уплощение головы.

3. Нарушения морфологии плавников: недоразвитие одного или обоих грудных плавников (*P*), отсутствие одного или обоих *P*, недоразвитие лучей спинного плавника (*D*), недоразвитие анального плавника (*A*), недоразвитие одного брюшного плавника (*V*), раздвоение лучей в *D*.

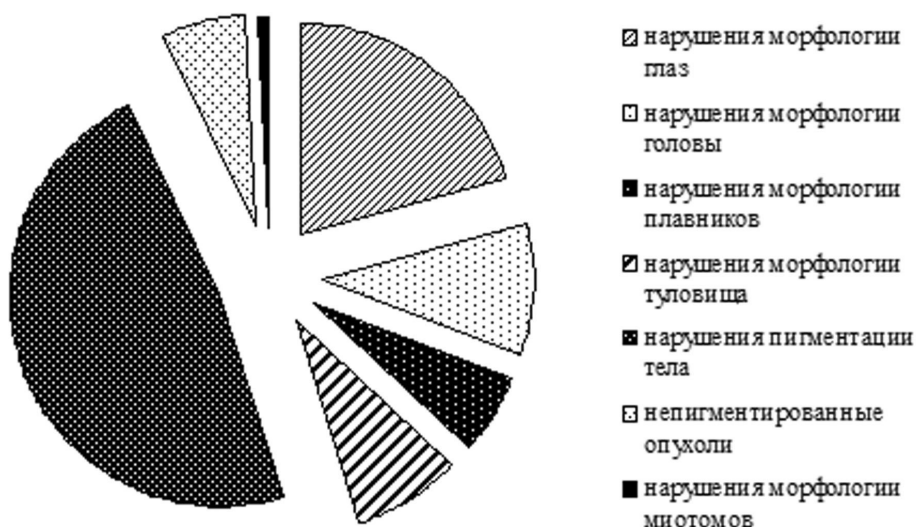
4. Нарушения морфологии туловищного отдела тела: слабое, среднее или сильное искривление хорды, недоразвитие хвостового отдела тела.

5. Нарушения пигментации тела: пигментированные новообразования вокруг одного или обоих глазных яблок, отсутствие пигментации глазного яблока, нарушение либо недоразвитие видового пигментного рисунка на теле.

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

7. Нарушения морфологии миотомов: деформация или недоразвития одного или нескольких миотомов, некроз миотомов, пигментированные или непигментированные новообразования внутри миотомов.

За весь период исследования у молоди плотвы наиболее часто встречающимися оказались нарушения пигментации тела, их доля составила  $47,56 \pm 0,86\%$  от общего числа обнаруженных морфологических аномалий (рис. 1). Нарушения этой



**Рис. 1.** Встречаемость различных групп морфологических аномалий у молоди плотвы Саратовского водохранилища в 1995–2011 гг.

группы фиксировались у молоди плотвы на всех стадиях личиночного и малькового развития.

В  $20,84 \pm 0,70\%$  случаев у рыб обнаруживались различные морфологические аномалии глаз, но нарушения данной группы переставали фиксироваться у плотвы, начиная со стадии *E*.

Доля морфологических аномалий головы составила  $10,07 \pm 0,52\%$ . Встречаемость морфологических нарушений туловища ( $8,33 \pm 0,48\%$ ), непигментированных опухолей ( $6,22 \pm 0,42\%$ ) и аномалий плавников ( $6,06 \pm 0,41\%$ ) плавно снижалась от более ранних стадий личиночного развития ( $C_1$ ,  $C_2$ ) к более поздним (*E*, *F*, *G*).

Наиболее редко обнаруживались аномалии миотомов —  $0,92 \pm 0,17\%$ , так как морфологические нарушения 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 плотвы Саратовского водохранилища (Минеев, 2012) показали, что среди взрослых рыб доля особей с нарушениями структуры тела не превышает  $0,41 \pm 0,23\%$ , т. е. такие особи встречаются единично. Данный факт позволяет нам предположить, что до половозрелого состояния не доживают практически все особи плотвы с морфологическими нарушениями за редким исключением.

Однако отсутствие ярко выраженных морфологических аномалий не является надежным критерием благополучия отдельно взятой особи. В большинстве случаев о состоянии здоровья рыб невозможно судить на основании внешнего осмотра с применением патолого-морфологического метода. В этом случае надежным показателем благополучия или неблагополучия особи является состояние внутренних органов и тканей, которые проявляют в стрессовых условиях, включая токсическое загрязнение вод, широкий спектр физиологических нарушений и патологий (Моисеенко, 2009).

С помощью многочисленных исследований показано, что состояние крови и сердечно-сосудистой системы рыб, подвергающихся воздействию различных ядов, может быть весьма ценным индикатором 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 и 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 гематологические параметры плотвы в условиях Саратовского водохранилища негативно изменяются под воздействием различных неблагоприятных факторов, в том числе антропогенных загрязнений. У плотвы Саратовского водохранилища мы зафиксировали 12 видов патологий эритроцитов (табл. 3).

Наиболее часто обнаруживаемыми у плотвы Саратовского водохранилища являлись произвольная деформация эритроцита (без изменения площади клетки), сморщивание эритроцита и ацентрическое расположение ядра. Встречаемость особей с такими патологиями, как вздутие эритроцита, цитоллиз, вакуолизация цитоплазмы и веретеновидная деформация клетки, варьировала в пределах  $5,20$ — $8,75\%$  от общего количества обследованных рыб. Половозрелые особи с патологиями № 9—12 за весь период исследований обнаруживались редко или единично (табл. 2). Как правило, в кровяном русле большинства рыб фиксировалось две и более патологий клеток эритроидного ряда (табл. 4). Всего обследовано 423 особи, из них доля рыб без патологий составила  $26,95 \pm 2,16\%$ , а с одной или двумя и более патологиями — соответственно  $33,81 \pm 2,30$  и  $39,24 \pm 2,38\%$ .

Таким образом, только около четверти обследованных особей плотвы не имели в кровяном русле патологических эритроцитов, а в красной крови большего числа рыб

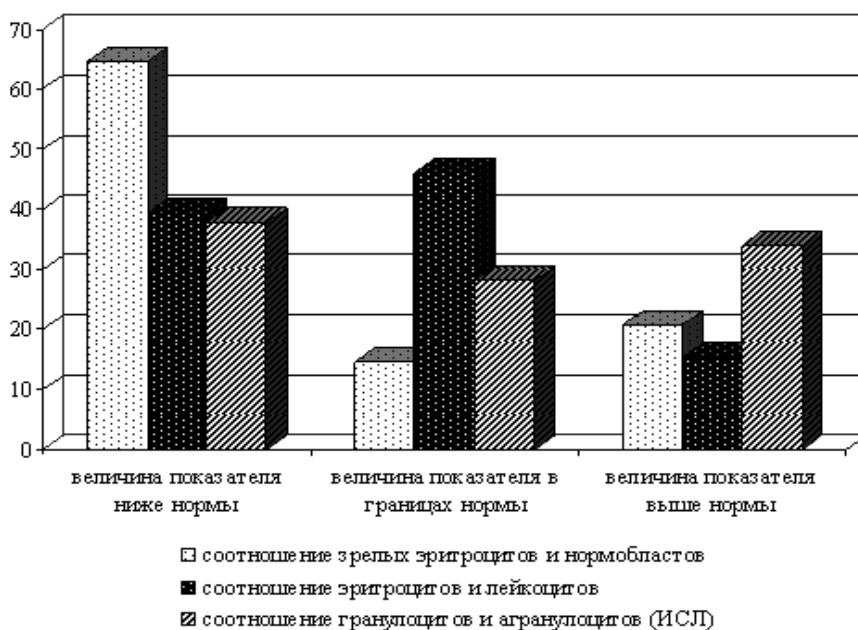
**Таблица 2.** Встречаемость особей плотвы с различными типами патологий эритроцитов

Тип патологии эритроцита	Число особей, экз.	Доля особей от общего количества обследованных рыб, %
1. Произвольная деформация эритроцита	237	56,03±2,42
2. Сморщивание эритроцита	62	14,66±1,72
3. Ацентрическое ядро	50	11,82±1,57
4. Вздутие эритроцита	37	8,75±1,38
5. Цитолиз	37	8,75±1,38
6. Вакуолизация цитоплазмы эритроцита	29	6,86±1,23
7. Веретеновидная деформация эритроцита	22	5,20±1,08
8. Фрагментоз ядра эритроцита	6	1,42±0,58
9. Деформация ядра эритроцита	3	0,71±0,41
10. Пикноз ядра эритроцита	3	0,71±0,41
11. Хроматинолиз	3	0,71±0,41
12. Кариорексис	2	0,47±0,33

присутствовали эритроциты с двумя и более типами патологий, что является еще одним доказательством повышенной токсической нагрузки на популяцию плотвы Саратовского водохранилища. Это подтверждается также высокой встречаемостью особей с отклонениями основных гематологических параме-

тров — нарушенными 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

**Рис. 2.** Встречаемость особей плотвы с различной величиной трех гематологических показателей, %.

отдельной особи, так и популяции рыб является уровень гемопоэза в красной крови. Ранее успешно оценивалось состояние рыб 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). Особь может считаться условно здоровой по уровню гемопоэза, 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) снижается до 0,2%, а основную массу красных клеток составляют зрелые эритроциты — 99,8% (Крылов, 1974), то есть качество процесса гемопоэза падает до минимума.

Изучение уровня нормобластов в красной крови плотвы показало, что среди обследованных рыб  $64,54 \pm 2,33\%$  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  $14,66 \pm 1,72\%$  случаев. У  $20,80 \pm 1,98\%$  рыб в кровяном русле наблюдалось повышенное содержание нормобластов. Таким образом, в течение всего периода исследования основу популяции плотвы Саратовского водохранилища составили особи с пониженным уровнем гемопоэза.

Другим важным показателем состояния особи является соотношение клеток эритроидного и лимфоидного рядов крови. Для взрослых рыб большинства видов нормой 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 (Моисеев, 2009). Эксперименты показали, что аккумуляция ртути приводит к уменьшению

количества лимфоцитов и возрастанию количества моноцитов и нейтрофилов у плотвы (Талкина 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 количество рыб с нормальным уровнем лейкоцитов в кровяном русле не превышает  $46,10 \pm 2,43\%$  от всех обследованных. Основу популяции плотвы в Саратовском водохранилище составляют особи с содержанием лейкоцитов в крови, не соответствующим норме —  $54,61 \pm 2,42\%$ , причем у  $39,24 \pm 2,38\%$  особей выявлены признаки лейкопении, что также является следствием повышенной антропогенной нагрузки.

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

У  $71,87 \pm 2,19\%$  обследованных особей плотвы 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 отношением гранулоцитов и агранулоцитов. У разных видов рыб допустимое значение ИСЛ может отличаться,

в частности, у большинства рыб семейства *Cyprinidae* нормальное значение ИСЛ соответствует 0,30 (Житенева и др., 1997).

Из данных рис. 2 следует, что  $34,04 \pm 2,31\%$  всех обследованных рыб имели повышенный уровень ИСЛ, что обусловлено высоким содержанием гранулоцитов (эозинофилов, нейтрофилов и т.д.) среди лейкоцитов, а у  $37,83 \pm 2,36\%$  особей плотвы значение ИСЛ было пониженным вследствие преобладания в белой крови агранулоцитов — лимфоцитов, моноцитов, палочкоядерных лейкоцитов и т.д. Лишь у  $28,13 \pm 2,19\%$  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 среды, а высокая частота встречаемости особей с такими нарушениями является признаком неблагополучия популяции в целом, особенно если также 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 (окрашивающихся нейтрально 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 данные виды гранулоцитов должны содержаться в белой крови, но их количество должно быть в два-три раза ниже, чем таковое лимфоцитов, палочкоядерных лейкоцитов и моноцитов, которые являются агранулоцитами.

По мнению некоторых авторов (Гольдин, 1975; Котов, 1976; Метелев, 1974; Brozio, Litzbarski, 1977; Моисеенко, 2000), у рыб в большинстве случаев отмечается лейкоцитоз в присутствии каких-либо загрязняющих веществ. При этом обычно наблюда-

ется нейтрофилез, а остальные отклонения весьма разнородны: могут быть как лимфоцитоз, так и лимфоцитопения — пониженное содержание лимфоцитов; как моноцитоз, так и моноцитопения, эозинофилия; иногда число эозинофилов остается неизменным.

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 негативных факторов (Пескова, 2004). Данный процесс, переходя в длительную или хроническую форму, впоследствии провоцирует различные нарушения внутренних органов рыб (некрозы, дистрофии и т.д.) (Минеев, 2009, 2011а).

В нашем случае количество особей плотвы 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 позволяет всегда 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 условиях Саратовского водохранилища мы зафиксировали у плотвы 27 типов патологий внутренних органов: 10 типов патологий жабр, 6 — печени, 8 — гонад и 3 — миокарда. Гистологическое исследование внутренних органов 86 экземпляров плотвы показало, что большинство обследованных рыб имеет гистологические патологии более чем в одном органе, без патологий оказалось только  $26,74 \pm 4,80\%$  особей. Доли рыб с патологией внутренних органов распределились следующим образом: патологии жабр —  $58,14 \pm 5,35\%$ , печени —  $31,39 \pm 5,03$ , гонад —  $18,60 \pm 4,22$ , миокарда —  $13,95 \pm 3,76$ .

*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 — филламенты, содержащие

внутри кровеносный сосуд. На поверхности филламента 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 порядков 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 (Bolotova, Kononov, 2003). Одинаковые дегенеративные изменения жаберных лепестков 2-го порядка (ламелл) — увеличение числа хлоридных клеток, некротические процессы, поражения жаберного эпителия (гиперплазия клеток) — зафиксированы у рыб при воздействии загрязняющих веществ различной природы, 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 ( $\gamma$ -HCH), вызывают в жабрах рыб расширение кровеносных сосудов, гиперплазию и отслоение эпителия ламелл, их укорочение (недоразвитие), слияние или некроз (Ortiz, Gonzalez de Canales, 2003). Подобные нарушения в строении жабр нами зафиксированы у рыб Саратовского водохранилища, что свидетельствует о высоком уровне его загрязнения.

Среди обследованных особей плотвы Саратовского водохранилища мы обнаружили 10 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 оказалось отслоение эпителия жаберных лепестков второго порядка — ламелл: оно зафиксировано у трети всех обследованных особей.

У более четверти обследованных особей зафиксированы инфильтрация, искрив-

**Таблица 3.** Встречаемость различных типов патологий жабр у плотвы Саратовского водохранилища

Тип патологии	Количество особей с патологией, экз/ %
1. Отслоение эпителия ламелл	26/30,23±4,98
2. Вздутие апикальной части ламелл (инфильтрация)	25/29,07±4,93
3. Искривление ламелл	24/27,91±4,87
4. Некроз ламелл (дисплазия)	24/27,91±4,87
5. Сращивание ламелл	8/9,30±3,15
6. Вздутие стенки сосуда филамента (инфильтрация)	7/8,14±2,97
7. Некроз филамента (дисплазия)	7/8,14±2,97
8. Искривление филамента	1/1,16±1,16
9. Разрастание соединительной ткани филамента	1/1,16±1,16
10. Нарушение структуры хряща в жаберной дуге	1/1,16±1,16

ление и дисплазия ламелл. Намного реже встречались рыбы с подобными патологиями филамента и сращиванием ламелл. Искривление филамента, разрастание соединительной ткани филамента и патология хряща жаберной дуги обнаружены у плотвы единично за весь период исследования.

**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 занимают гепатоциты. Изменения морфологии гепатоцитов и клеток желчного эпителия могут давать информацию, касающуюся функционирования этого органа и воздействия на организм токсикантов (Моисеенко, 2009). Изменения структуры печени могут быть успешно использованы как биомаркеры, 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 гербицидов (в частности симазина) в печени карпа обнаруживали очаги некроза (Roncero et al., 2002), а после длительного воздействия на рыб раствора трихлоруксусной кислоты в печени выявлялись кисты и спонгиозное изменение паренхимы (Bashir et al., 2002).

Встречаемость особей плотвы с обнаруженными нами 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 десятой доли обследованных особей плотвы (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 внутрен-

**Таблица 4.** Встречаемость различных типов патологий печени у плотвы Саратовского водохранилища

Тип патологии	Количество особей с патологией, экз/%
1. Очаги инфильтрации (мраморный рисунок)	10/11,63±3,48
2. Дисплазия гепатоцитов	10/11,63±3,48
3. Жировое перерождение гепатоцитов (сетчатый рисунок)	5/5,81±2,54
4. Пигментированные новообразования	4/4,65±2,28
5. Кистозное новообразование	2/2,33±1,64
6. Вакуолизация паренхимы печени	1/1,16±1,16

них органах является доказательством сильнейшего негативного внешнего воздействия на отдельную особь.

Доля рыб с другими типами патологий печени была невелика либо такие особи обнаруживались 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 исследований, патологии гонад не являются видоспецифичными и выявляются у рыб, принадлежащих к различным 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 (Кокоза, 1970). Различные ксенобиотики вызывают 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 гаметах 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 плотвы Саратовского водохранилища мы обнаружили восемь типов патологий гонад (табл. 5). Несмотря на их относительное разнообразие, встречаемость особей плотвы с отдельными видами нарушений за весь период исследования невелика или единична.

*Патологии миокарда.* У плотвы Саратовского водохранилища зафиксировано всего три типа патологий сердечной мышцы: дисплазия волокон миокарда (некроз) — у 2,33±1,64% особей, очаги жирового перерождения миокарда — у 3,49±1,99% рыб и дистрофия волокон миокарда — у 9,30±3,15% особей.

Таким образом, в ряду жабры → печень → гонады → миокард 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) неблагоприятные внешние факторы

**Таблица 5.** Встречаемость различных типов патологий гонад у плотвы Саратовского водохранилища

Тип патологии гонад	Количество особей с патологией, экз/%
1. Резорбция прервительного ооцита	4/4,65±2,28
2. Резорбция вителлогенных ооцитов	4/4,65±2,28
3. Кистозное новообразование	3/3,49±1,99
4. Липоидная дегенерация ооцитов	3/3,49±1,99
5. Вакуолизация вителлогенных ооцитов	2/2,33±1,64
6. Два ядра в одном ооците	1/1,16±1,16
7. Соединительнотканное новообразование	1/1,16±1,16
8. Новообразование в семеннике	1/1,16±1,16

действуют опосредованно через кровь и лимфу, состояние которых у плотвы 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 плотва — один из самых массовых аборигенных видов рыб Саратовского водохранилища — подвержена 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 молодежи плотвы основную массу выявленных нарушений составляют внешние морфологические аномалии (34,75±0,48% обследованных личинок и мальков), то у половозрелых особей доля рыб с подобными нарушениями не превышает 0,41±0,23%.

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 Саратовского водохранилища. Высока также доля рыб с отклонениями основных гематологических параметров: интенсивность процесса гемопоэза (85,34±1,72% особей), соотношение клеток эритроидного и лимфоидного рядов крови (54,61±2,42% рыб), соотношение основных форм лейкоцитов (71,87±2,19%). 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 плотвы 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 плотвы Саратовского водохранилища, но и снижение численности одного из самых массовых 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. госун-та, 2004. С. 192–197.
- Вернидуб М.Ф. Влияние сточных вод газосланцевого производства на физиологические 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. Зинченко Т.Д., Розенберга Г.С. 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. Павловского В.А., Розенберга Г.С. 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. Носковой О.Л. 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. Носковой О.Л. 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 / Под ред. Астахова Ю.С. 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 / Под ред. Сафроновой Т.Н. и др. Самара: Мин-во лес. хоз-ва, охраны окруж. среды и природопользования Самар. обл.; ДОМ, 2012. С. 71–72.
- Евланов И.А., Козловский С.В., Антонов П.И. Кадастр рыб Самарской области. Тольятти: Бузони, 1998. 222 с.
- Житенева Л.Д., Рудницкая О.А., Калюжная Т.И. Эколого-гематологические характеристики некоторых видов рыб. Справочник. 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 пропана 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 водоёма // Матер. Междунар. науч. конф. «Ихтиологические исследования на внутренних водоёмах». Саранск: Изд-во МордовГУ, 2007б. С. 114–116.
- Минеев А.К. Некоторые гистологические нарушения гонад у головешки-ротана (*Perccottus 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 (*Perccottus 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. № 6. 2012. 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. ... 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 структу-

ры 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. Павловского В.А., Розенберга Г.С. 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 телании (*Oreochromis mossambicus* Peters) // Биология внутр. вод. 1998. № 3. С. 136–140.

Талкина М.Г., Комов В.Т., Чеботарёва 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. Использование водных ресурсов // Тез. совещ. «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 З.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-дитретамилфенола и 2,4,6-трихлорфенилгидрозины 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. Павлова Д.С., Мочка А.Д. М.: Т-во науч. изданий КМК, 2006. 596 с.

Bashir A., Lan Jr-Pen, Fonseca P., Thiagarajah Arunthavarani, Hartley W. R. 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  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  — AT Phase, 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. Assoc. Theor. Applied Limnol. Pt. 3. Melbourne, 2003. P. 1609–1612.

Brozio F., Litzbarski H. Untersuchungen über physiologische und histologische Veränderungen am Karpfen nach Toxapheneinwirkung. 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 // I. 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 ( $\gamma$ -HCH) in various organs of fishes // *Sci. Mar.* 2003. V. 67. № 1. P. 53–61.
- Parashar Ram Sanahi, 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 cjmmerstoni* 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 Baltic // *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 ROACH *RUTILUS RUTILUS* OF THE SARATOV RESERVOIR

© 2014 y. A. K. Mineev

*Institute of Ecology of the Volga River Basin of the Russian Academy of Sciences  
Togliatty, 445003*

The materials of years of research (1995–2011). External morphological disorders, diseases of internal organs and tissues, variations in some hematological parameters in roach *Rutilus rutilus* — one of the most common fish species Saratov Reservoir. Shows a direct correlation of the detected malformations and abnormalities in roach 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:** roach, morphological abnormalities, diseases of blood cells, hematological parameters, pathology of the internal organs.