

НЕКОТОРЫЕ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РОТАНА-ГОЛОВЕШКИ (*PERCOTTUS GLENII* DYBOWSKI, 1877) ИЗ ОЗЕР КРУГЛОЕ И ПЛЯЖНОЕ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2012 Минеев А.К.

Институт экологии Волжского бассейна РАН,
Тольятти 445003, mineev7676@mail.ru

Поступила в редакцию 19.02.11

Представлены результаты гематологических исследований ротана-головешки из озер Круглое и Пляжное Самарской области в 2010 г. Получены данные о нарушениях в морфологии клеток крови эритроидного ряда у взрослых особей и сеголеток данного вида рыб. Изучены отклонения от нормы в основных показателях лейкоцитарной формулы сеголеток и половозрелых рыб.

Ключевые слова: ротан-головешка, эритроциты, патология, гематологические параметры, отклонения, устойчивость, адаптационные реакции.

Введение

Ротан-головешка, нативный ареал которого охватывает водоемы Приморья, в настоящее время заселил большинство водоемов Европейской части России [Алимов и др., 2000]. Этот вид, характеризующийся высокой экологической пластичностью и широкими адаптационными возможностями, оказывает значительное влияние на состояние популяций аборигенных видов рыб.

Всялясь в пойменные водоемы, ротан-головешка быстро наращивает свою численность, преобладая над местными видами рыб, а в ряде случаев становится единственным представителем ихтиофауны, вытесняя аборигенные виды [Шатуновский, 1997; Алимов и др., 2000]. Подобные процессы характерны и для пойменных водоемов волжских водохранилищ [Семенов, 2007], особенно для тех озер, которые большую часть года, либо постоянно, изолированы от акватории водохранилищ. Сложившаяся ситуация является одной из важнейших экологических проблем пойменных водоемов Средней Волги и

Саратовского водохранилища в частности.

Многочисленными исследованиями показано, что кровь и сердечно-сосудистая система рыб, подвергающиеся выраженным функциональным расстройствам и патологическим изменениям при воздействии различных ядов, являются весьма ценными индикаторами состояния 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 как в белой, так и в красной крови, даже если их концентрация не превышает ПДК [Гольдин, 1975; Иванова, 1977; Житенёва и др., 1997], тем более, что действие различных токсикантов может суммироваться и усиливаться (аддитивный и синергический эффект). Ранее было установлено [Минеев, 2007], что гематологические параметры ротана-головешки в условиях Саратовского водохранилища подвержены негативным изменениям под воздействием различных неблагоприятных факторов

(в том числе антропогенного загрязнения) не в меньшей степени, чем подобные показатели крови у аборигенных карповых и окуневых видов рыб.

Таким образом, некоторые показатели крови ротана-головешки, несмотря на его экологическую пластичность (способность приспосабливаться к различному кислородному режиму, грунтам, разнообразной водной растительности и пищевым объектам), являются надежными индикаторами степени токсичности или нетоксичности водной среды.

Целью настоящей работы явилось изучение некоторых гематологических показателей ротана-головешки из пойменного водоема Саратовского водохранилища и из изолированного природного водоема в черте города и использование их в качестве одного из критериев экологического состояния данных водных объектов.

Материал и методика

Сбор материала осуществляли в весенне-летний период 2010 г. в двух водоемах – озере Круглое (Мордовинская пойма Саратовского водохранилища) и озере Пляжное, расположенном в черте г. Тольятти. Оба водоема природные по происхождению. Озеро Круглое – типичный пойменный водоем Саратовского водохранилища, а оз. Пляжное, крупнейшее в системе Васильевских озер г. Тольятти, является природным водоемом, относящимся к системе водосбора Саратовского водохранилища, но никогда не сообщается с ним.

Всего изучено 102 особи ротана-головешки разного возраста из обоих водоемов (табл. 1). Возраст особей определяли по отолитам [Правдин, 1966].

Для наших исследований мы изучали сеголеток ротана-головешки (0+) и половозрелых особей в возрасте от 1+ до 10+. Следует отметить, что в оз. Круглом нами обнаружена особь ротана-головешки в возрасте 10+, тогда как по литературным данным продолжительность жизни этого вида не превышает 7 лет [Решетников и др., 1989]. Так как ротан-головешка в возрасте 10+ обнаружен единично, а рыб в возрасте 8+ и 9+ за весь период исследования встречено не было, то данный факт можно считать редким исключением из общего правила. Основную массу обследованных рыб в обоих водоемах составляли особи в возрасте 0+, 2+ и 3+ (табл. 1). Так как изучаемые нами гематологические параметры не зависят от возраста половозрелых рыб, а по особям некоторых возрастов выборка нерепрезентативна, то далее мы всех животных разделяем на две группы: сеголетки (0+) и половозрелые рыбы (1+ – 10+).

Кровь отбирали из хвостовой артерии. Мазки крови изготавливали на месте вылова, затем фиксировали 96° этанолом. После просушки препараты окрашивали по методу Романовского–Гимза. При подсчете форм эритроцитов и лейкоцитарной формулы использовали оптический бинокулярный микроскоп с иммерсионным объективом. В качестве иммерсии применяли

Таблица 1. Число обследованных особей ротана-головешки разного возраста из разных водоемов Саратовского водохранилища

Водоем	Число особей разного возраста, экз.								
	сеголетки (0+)	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	10+
оз. Круглое	33	6	13	12	5	1	4	2	1
оз. Пляжное	12	1	7	5	–	–	–	–	–

касторовое масло. На мазках крови подсчитывали подряд все встречающиеся в поле зрения форменные элементы крови и на специальных бланках отмечали их в зависимости от принадлежности к тем или иным группам. Согласно общепринятой методике [Иванова, 1983], подсчет различных форм клеток начинали с середины мазка, перемещая поля зрения методом зигзага к краю предметного стекла, так как форменные элементы крови из-за их различного удельного веса размещаются на разных участках препарата. В середине мазка, например, среди эритроцитов преимущественно находятся лимфоциты, по краям – нейтрофилы, эозинофилы и т. д. [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 [Житенёва и др., 1997]. Приведен также подсчет клеток эритроидного ряда с выраженными патологиями. Статистическую обработку полученных данных осуществляли общепринятыми методами [Лакин, 1990] с применением программы Excel 2007.

Результаты и обсуждение

Оба водоема, из которых осуществлялся вылов ротана-головешки, характеризуются определенной степенью антропогенной нагрузки.

По данным «Экологического паспорта городского водоема. Васильевские озера. Озеро Пляжное» (2000 г.) по показателям качества воды оз. Пляжное относится к типичным городским водоемам Среднего Поволжья, испытывающим умеренный антропогенный пресс. Вода озера характеризуется высокой прозрачностью, благоприятным для обитания гидробионтов газовым режимом, отличается невысокими показателями

цветности и концентрациями органического вещества, средней минерализацией и умеренной жесткостью.

Антропогенная нагрузка выражается в загрязнении нитратным и аммонийным азотом, нефтепродуктами и органическими соединениями (по показателям ХПК и БПК₅), поступающими со сточными водами.

Поверхностный и придонный горизонты в среднем за период наблюдения имеют соответственно II класс качества, то есть вода «чистая». Однако накопление химических загрязнителей (железо, хром, марганец, медь, свинец, цинк) в донных отложениях согласно нормативным документам создает «чрезвычайную экологическую ситуацию». Именно в этих условиях обитает ротан-головешка, так как является придонной рыбой, в результате чего подвергается наибольшей токсической нагрузке.

К основным веществам, которые накапливаются в водоеме и превышают в разной степени нормативы, относятся органические соединения (1.17 ПДК), марганец (1.10–1.70 ПДК) и нефтепродукты (до 1.5 ПДК) [Экологический паспорт ..., 2000].

Согласно документу «Критерии оценки..., 1992» и оценке состояния водоема на основании интегральных характеристик жизнедеятельности зоопланктона, оз. Пляжное относится к категории умеренно-загрязненных водоемов 2–3 класса качества воды, а экологическое состояние озера оценивается как относительно удовлетворительное [Экологический паспорт ..., 2000].

Во время исследований оз. Пляжное для создания Экологического паспорта водоема, ротан-головешка не входил в состав ихтиофауны озера, этот вид появился в водоеме сравнительно недавно (предположительно в 2006 г.), однако в условиях этого водоема численность ротана-головешки постоянно увеличивается. В настоящее время данный вид рыб в оз. Пляжное является массовым.

В отличие от оз. Пляжное, которое является полностью изолированным водоемом, но подвергается антропогенной нагрузке круглогодично, оз. Круглое сообщается с Саратовским водохранилищем только в период весеннего половодья. В этот период в район всех пойменных озер данного участка водохранилища поступает вода из расположенного выше устья р. Чапаевка, которая из года в год характеризуется как 3«А» класса качества (загрязненная вода) и 3«Б» класса качества (очень загрязненная). Основными загрязняющими веществами являются фенолы (2–5 ПДК), соединения меди (1–5 ПДК), азот нитритный (1.2–1.4 ПДК) и сульфатные ионы (65–99 мг/л) [Гос. доклад ..., 2009]. С окончанием половодья данные загрязнители перестают поступать в оз. Круглое.

В период изоляции от Саратовского водохранилища вода оз. Круглое характеризуется низкой прозрачностью и высокими показателями цветности.

Многообразие функций крови – одной из дифференцированных реактивных тканей – ставит ее в ряд ценных индикаторов состояния особи [Житенёва и др., 1997]. Дифференцированность крови заключается в том, что эта ткань состоит из плазмы и различных видов клеток, каждая из которых выполняет свою характерную функцию, соответственно и функции самой крови многообразны (газообмен, трофическая функция, специфические и неспецифические иммунные функции и т. д.). К тому же, все без исключения составляющие элементы крови первыми в организме реагируют на те или иные изменения внешней среды, соответственно очень быстро изменяются и многочисленные гематологические показатели, что является доказательством повышенной реактивности этой ткани. Таким образом, гематологические параметры рыб могут успешно использоваться в качестве одного из показателей в системе комплексного биологического мониторинга водных экосистем [Лукияненко, 1987; Серпунин, 2003; Моисеенко, 2009].

Известно, что кровь рыб показательно реагирует на загрязнение водоемов сточными водами большим разнообразием форм патологических изменений красных клеток крови, чего практически не бывает при инфекционных и инвазионных заболеваниях [Крылов, 1974; Минеев, 2007; Моисеенко, 2009].

В ходе наших исследований у ротана-головешки из описанных выше озер нами зафиксировано 12 видов патологий эритроцитов. Все обнаруженные виды клеточных патологий встречаются у рыб независимо от их возраста. Ранее показано, что при усиливающемся загрязнении водоема у рыб массово появляются различные патологические формы эритроцитов: деформированные в разной степени клетки, шистоциты, amitotически делящиеся эритроциты, вакуолизованные эритроциты, сморщенные эритроциты и клетки с кариорексисом и кариолизисом [Крылов, 1974]. Подобную картину мы наблюдаем у ротана-головешки из изучаемых водоемов Саратовского водохранилища, что является одним из доказательств сильной антропогенной нагрузки на данные озера.

Наиболее часто в крови рыб обнаруживаются такие патологии как деформация эритроцита – изменение формы клетки без изменения ее площади (рис. 1.1б), ацентрическое ядро (рис. 1.2в) и сморщивание эритроцита. Кариолизис, пикноз, двухъядерный эритроцит, клетка с деформированным ядром, каплевидная деформация эритроцита, веретеновидная деформация эритроцита (рис. 1.2б), палочковидная деформация эритроцита, вакуолизация эритроцита и шистоцитоз (цитоллиз) обнаружены у единичного числа рыб, а встречаемость таких клеток в кровяном русле минимальна. Подробное описание всех выше перечисленных нарушений строения клеток неоднократно приводилось в литературе [Крылов, 1974; Житенёва и др., 1997; Минеев, 2007].

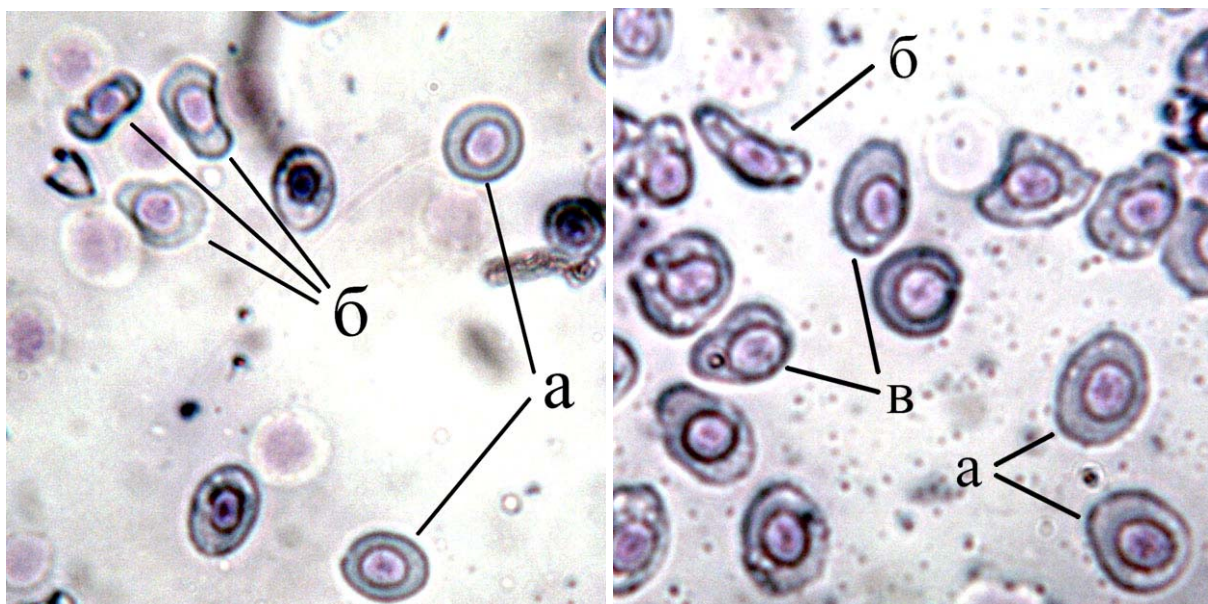


Рис. 1. Некоторые патологии эритроцитов: 1а, 2а – эритроциты нормального размера и формы (без патологий); 1б – деформация эритроцита – изменение формы клетки без изменения ее площади; 2б – веретеновидная деформация эритроцита; 2в – ацентрическое ядро.

Исследования показали, что количество аномальных эритроцитов в кровяном русле может различаться у половозрелых рыб и сеголеток из разных водоемов (табл. 2).

В оз. Круглое у половозрелых рыб и сеголеток обнаружены все три наиболее часто встречаемые патологии эритроцитов, тогда как в крови взрослых особей из оз. Пляжное не обнаружено сморщенных эритроцитов,

а у сеголеток из этого водоема зафиксирован только один тип патологии – изменение формы эритроцита без изменения площади. Средняя частота встречаемости эритроцитов с таким типом деформации достоверно выше у сеголеток в обоих исследованных водоемах. Однако данный показатель и у сеголеток, и у половозрелых рыб в оз. Круглое достоверно выше, чем в оз. Пляжное (табл. 2).

Таблица 2. Встречаемость эритроцитов с наиболее частыми патологиями у ротана-головешки из разных водоемов Саратовского водохранилища.

Тип патологии эритроцита	Район исследования	Возраст	Частота встречаемости аномальных эритроцитов, %		
			lim	M	m
Изменение формы эритроцита без изменения площади	оз. Круглое	сеголетки	2.75–29.50	13.1	0.29
		половозрелые	2.00–31.50	10.9	0.23
	оз. Пляжное	сеголетки	7.50–25.00	11.8	0.46
		половозрелые	3.00–7.00	4.4	0.28
Ацентрическое ядро	оз. Круглое	сеголетки	2.75–23.75	13.1	0.29
		половозрелые	0.50–21.75	6.6	0.19
	оз. Пляжное	сеголетки	–	–	–
		половозрелые	0.50–0.75	0.6	0.11
Сморщивание эритроцита	оз. Круглое	сеголетки	6.75–9.00	7.9	0.23
		половозрелые	0.75–67.00	22.4	0.31
	оз. Пляжное	сеголетки	–	–	–
		половозрелые	–	–	–

Примечание: «–» – данной патологии не обнаружено.

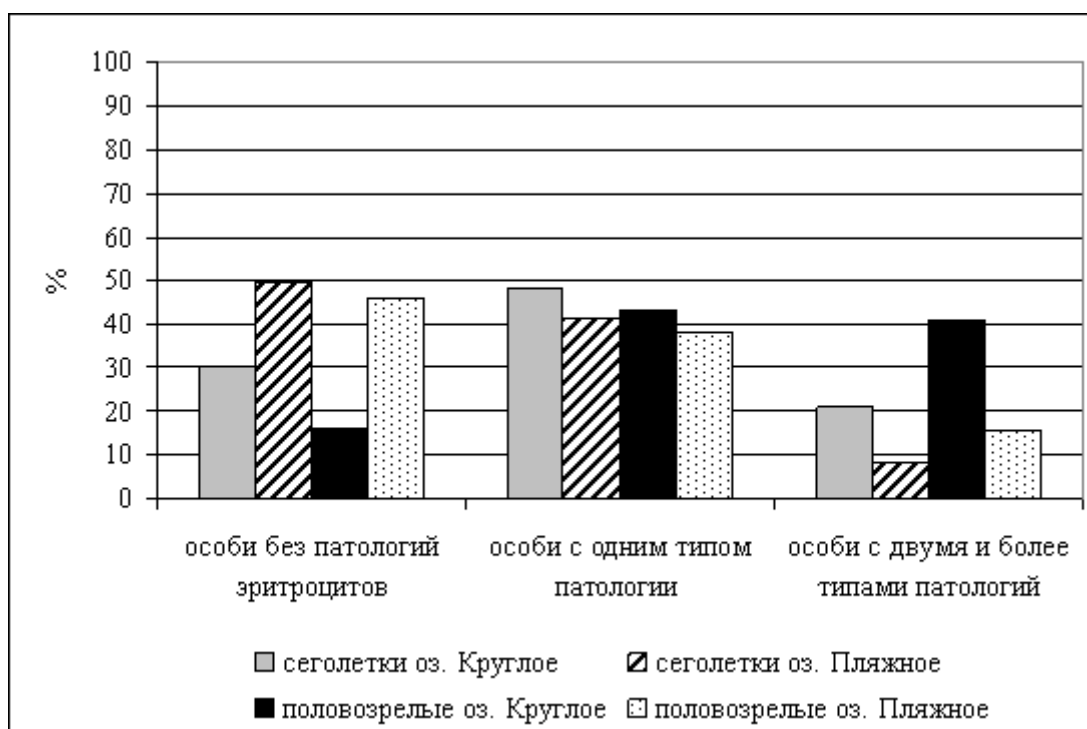


Рис. 2. Встречаемость сеголеток и половозрелых особей ротана-головешки из разных водоемов с различным количеством патологий эритроцитов.

Встречаемость эритроцитов с ацентрическим ядром у ротана-головешки из оз. Круглое у сеголеток значительно выше, чем у половозрелых рыб. Обратная ситуация наблюдалась лишь для показателей встречаемости сморщенных эритроцитов у рыб из оз. Круглое (табл. 2).

В результате и средние показатели встречаемости аномальных эритроцитов у ротана-головешки в 2010 г. оказались достаточно высокими (табл. 2), что свидетельствует о неблагоприятной экологической обстановке в районах исследования.

Минимальное количество патологических эритроцитов в красной крови (0.50% клеток) зафиксировано у половозрелых рыб из оз. Круглое, тогда как самое высокое значение данного показателя выявлено среди сеголеток ротана-головешки из оз. Пляжное.

Меньше трети изученных рыб из обоих водоемов ($28.43 \pm 4.49\%$) не имели клеточных патологий в кровяном русле, то есть являлись здоровыми по данному признаку. Примерно такое же количество особей ротана-головешки ($27.45 \pm 4.44\%$) имели два и более типа патологий эритроцитов в кровяном

русле. Чаще всего встречались рыбы с одним типом патологии эритроцитов ($44.12 \pm 4.94\%$). Таким образом, общая доля рыб с клеточными патологиями составила $71.57 \pm 4.49\%$, что можно считать одним из доказательств неблагополучия популяции ротана-головешки в условиях двух озер Саратовского водохранилища.

На рисунке 2 представлены данные, отражающие долю здоровых особей и рыб с различным уровнем патологий эритроцитов в изученных водоемах.

Интересен тот факт, что в условиях оз. Пляжное $50.00 \pm 15.08\%$ сеголеток и $46.15 \pm 14.39\%$ половозрелых особей ротана-головешки не имели в кровяном русле патологических эритроцитов, в то время как в условиях оз. Круглое, не испытывающего сильной антропогенной нагрузки, доля здоровых особей составила всего $30.30 \pm 2.85\%$ среди сеголеток и $15.91 \pm 5.58\%$ среди половозрелых рыб. В то же время, доля рыб с одним типом клеточной патологии и в условиях оз. Круглое несколько выше, чем в оз. Пляжное, и составляет $48.48 \pm 8.83\%$ среди сеголеток и $43.18 \pm 7.55\%$ среди половозрелых особей соответственно (рис. 2).

Однако, встречаемость рыб обеих возрастных групп с одним типом клеточной патологии в оз. Пляжное ниже таковой среди рыб оз. Круглое в пределах статистической ошибки. Вследствие этого в обоих водоемах встречаемость рыб с одним типом клеточной патологии можно считать одинаковой. Встречаемость сеголеток и половозрелых рыб с двумя и более типами патологий эритроцитов в пойменном оз. Круглое достоверно выше, чем в городском природном оз. Пляжное, и составляет $21.21 \pm 7.23\%$ и $40.91 \pm 7.50\%$ соответственно. Интересно, что в пойменном оз. Круглое менее благоприятный кислородный режим и более высокие показатели цветности воды, чем в оз. Пляжное, что, несомненно, может являться причиной более высокой встречаемости в этом водоеме рыб с двумя и более типами патологий эритроцитов.

Некоторые отличия по встречаемости особей ротана-головешки с различным уровнем патологий кровяных клеток наблюдаются среди рыб разного возраста (рис. 2). В обоих водоемах наблюдалось преобладание сеголеток без патологий эритроцитов над таковыми среди половозрелых особей. Встречаемость сеголеток с двумя и более типами

патологий эритроцитов, напротив, была достоверно ниже, чем таковая среди половозрелых особей в обоих водоемах.

Другим важным показателем благополучного состояния, как 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 условно считаться здоровой по уровню гемопоэза, если в красной крови содержится 25.00–35.00% нормобластов. Доказано также, что при воздействии на рыб различных загрязнителей, 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.

Среди сеголеток и половозрелых особей из разных водоемов количество особей с различным уровнем гемопоэза заметно отличается (рис. 3).

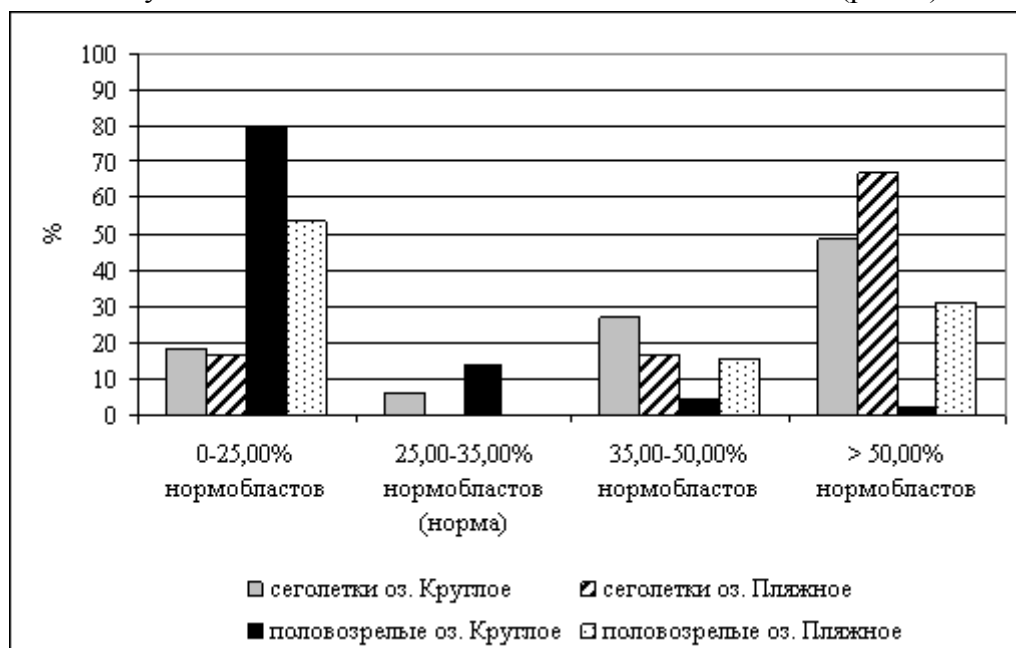


Рис. 3. Встречаемость сеголеток и половозрелых особей ротана-головешки из разных водоемов с различным содержанием нормобластов в красной крови.

Так, в оз. Пляжное особей с нормальным уровнем гемопозза вообще не обнаружено, однако высок процент особей с пониженным и патологически повышенным содержанием нормобластов как среди сеголеток ($16.67 \pm 11.24\%$ и $66.67\% \pm 14.21\%$) так и среди половозрелых особей ($53.85 \pm 14.39\%$ и $30.77 \pm 13.32\%$). В то же время, в пойменном оз. Круглое, которое не является урбанизированным водоемом, преобладают половозрелые особи с пониженным уровнем гемопозза ($79.55 \pm 6.15\%$). При этом доля рыб с патологически повышенным содержанием нормобластов достаточно велика среди сеголеток из этого водоема – $48.48 \pm 8.83\%$, в то время как среди половозрелых особей доля таких рыб составила всего $2.27 \pm 2.27\%$.

Доля рыб с повышенным содержанием нормобластов (35.00 – 50.00%) в исследованных водоемах среди половозрелых особей заметно ниже, чем среди сеголеток. Если среди половозрелых рыб обоих водоемов преобладают особи с пониженным содержанием нормобластов в красной крови – $79.55 \pm 6.15\%$ (оз. Круглое) и $53.85 \pm 14.39\%$ (оз. Пляжное), то среди сеголеток наибольшую долю составляют особи с патологически высоким уровнем нормобластов – $48.48 \pm 8.83\%$ (оз. Круглое) и $66.67 \pm 14.21\%$ (оз. Пляжное). Возможно, для сеголеток повышенный уровень гемопозза является нормой или возрастной особенностью.

В нашем случае доля сеголеток ротана-головешки оз. Круглое с уровнем гемопозза, принятым за норму у взрослых рыб, не превышает $6.08 \pm 4.22\%$, то есть такие особи встречаются единично, тогда как среди

половозрелых встречаемость здоровых рыб достигает $13.64 \pm 5.23\%$.

Другим важным показателем состояния особи является соотношение клеток эритроидного и лимфоидного ряда крови. Для взрослых рыб нормальным считается содержание в крови белых клеток 25 – 35% [Житенёва и др., 1997]. Установлено, что у рыб под воздействием различных загрязнений снижается функция иммунитета, по сравнению с таковой у рыб из незагрязненных участков обитания [Моисеенко, 2009]. Эксперименты на плотве (*Rutilus rutilus*) показали, что аккумуляция ртути приводит к уменьшению количества лимфоцитов и возрастанию количества моноцитов и нейтрофилов [Талкина и др., 2004]. Аккумуляция кадмия также вызывает уменьшение количества лимфоцитов, повышение в кровяном русле клеток, обладающих фагоцитарной активностью, и разрушение миелоцитов [Степанова и др., 1998].

В исследованных водоемах у ротана-головешки нами зафиксирована подобная картина понижения количества лейкоцитов в кровяном русле. У изученных особей ротана-головешки доля особей с пониженным содержанием лейкоцитов в крови составляет наибольшую часть популяции (табл. 3), в то время как лишь у трети рыб наблюдался нормальный уровень белых клеток в крови. Среди всех обследованных особей ротана-головешки не зафиксировано ни одной с патологически повышенным содержанием лейкоцитов в крови. Рыбы с повышенной (35.00 – 50.00%) долей лейкоцитов среди ротана-головешки зафиксированы единично.

Таблица 3. Встречаемость ротана-головешки с различным содержанием лейкоцитов в кровяном русле

Содержание лейкоцитов в крови, %			
0.00–25.00% (пониженное)	25.00–35.00% (норма)	35.00–50.00 (повышенное)	> 50.00% (патология)
66.67 ± 4.69	30.39 ± 4.58	2.94 ± 1.68	–

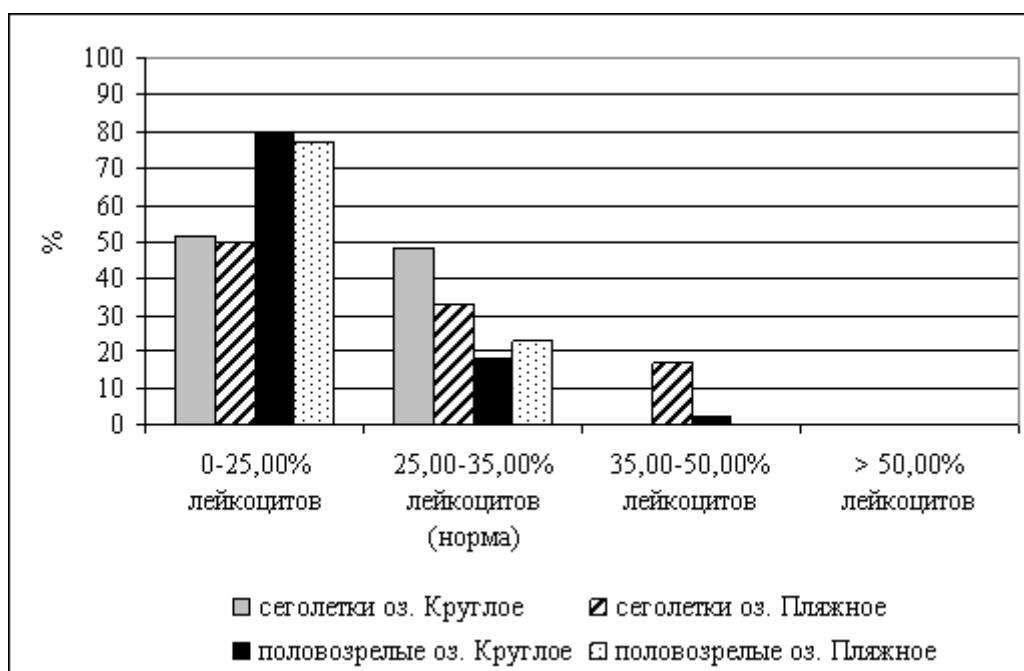


Рис. 4. Встречаемость сеголеток и половозрелых особей ротана-головешки из разных водоемов с различным содержанием лейкоцитов в кровяном русле.

Основное количество составляют особи с пониженным содержанием лейкоцитов в крови, что является признаком как ослабленного иммунитета отдельных особей, так и неблагополучия популяции в целом.

Среди рыб из исследуемых водоемов встречаемость особей разных возрастных групп с различным уровнем лейкоцитов в кровяном русле имеет некоторые отличия (рис. 4).

Доля рыб с пониженным содержанием лейкоцитов велика среди обеих возрастных групп, однако среди половозрелых особей обоих водоемов встречаемость таких рыб значительно выше, чем среди сеголеток. Она составляет $79.54 \pm 6.15\%$ (оз. Круглое) и $76.92 \pm 12.16\%$ (оз. Пляжное). В то же время, встречаемость особей с нормальным содержанием лейкоцитов достоверно выше среди сеголеток обоих водоемов, чем среди половозрелых рыб.

Особи ротана-головешки с повышенным содержанием лейкоцитов в кровяном русле (35.00–50.00%) обнаружены в 2010 г. единично как среди сеголеток, так и среди половозрелых рыб, однако среди сеголеток таких животных заметно больше. Рыб с патологически высоким содержанием белых клеток в кровяном

русле не встречено ни среди взрослых особей, ни среди сеголеток (рис. 4).

Таким образом, большинство особей ротана-головешки из обоих озер имеют недостаточное количество лейкоцитов в кровяном русле для нормального функционирования иммунной системы, что является следствием воздействия различных загрязнителей. 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].

Надежным критерием оценки состояния отдельной особи являются также отклонения в соотношении различных форм лейкоцитов [Крылов, 1974; Балобанова, Микряков, 2002]. В качестве показателя, в некоторой степени подтверждающего условное неблагополучие исследованных видов рыб, мы использовали индекс сдвига лейкоцитов (ИСЛ), который отражает отклонения в гематологических параметрах [Житенёва и др., 1997]. Повышение относительного содержания незрелых нейтрофильных клеток в периферической крови называется сдвигом влево. Снижение доли палочко-ядерных нейтрофилов и присутствие гиперсегментированных ядер определя-

ется как сдвиг вправо [Житенёва 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* значение ИСЛ равно 0.30 [Житенёва и др., 1997].

Для ротана-головешки неизвестны значения нормального уровня ИСЛ, поэтому значения условной нормы (0.25–0.35) вычислены нами из соотношения различных форм гранулоцитов и агранулоцитов, выявленных у рыб здоровых по остальным гематологическим показателям.

Из данных таблицы 4 следует, что основная доля всех обследованных рыб имела повышенный уровень ИСЛ, что обусловлено высоким содержанием гранулоцитов (эозинофилов, нейтрофилов и т. д.) среди лейкоцитов. У ротана-головешки частота встречаемости таких особей в популяции Саратовского водохранилища достигает $89.22 \pm 3.09\%$.

Таблица 4. Встречаемость ротана-головешки с различным уровнем ИСЛ

Доля особей с различным уровнем ИСЛ, %		
ИСЛ < нормы	0.25–0.35 (условная норма ИСЛ для взрослых рыб)	ИСЛ > нормы
0.98±0.98	9.80±2.96	89.22±3.09

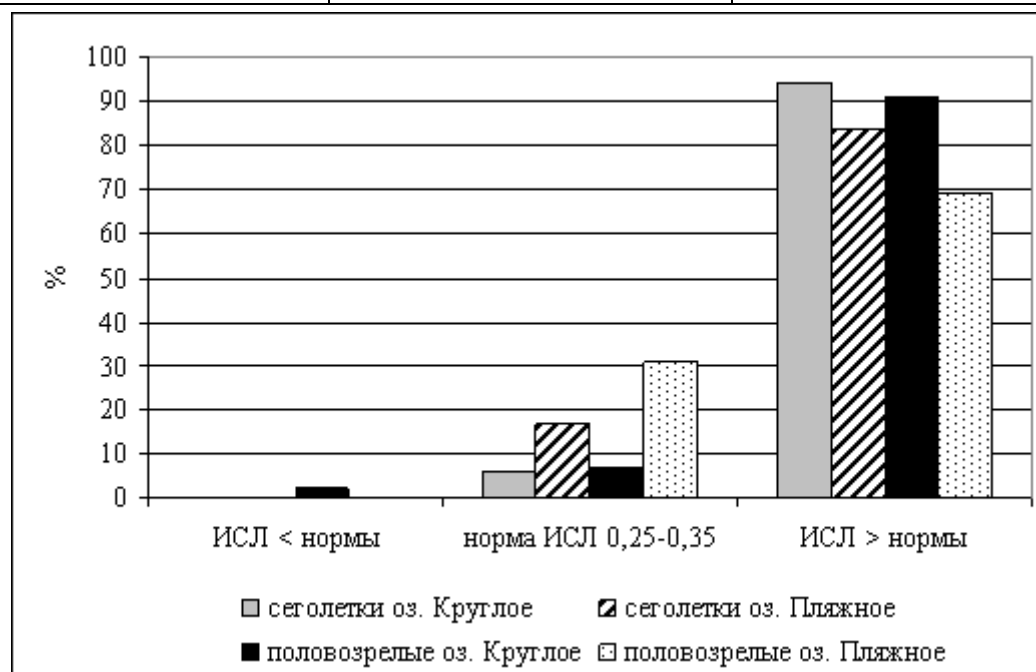


Рис. 5. Встречаемость сеголеток и половозрелых особей ротана-головешки из разных водоемов с различным уровнем ИСЛ.

Количество рыб с условно нормальным уровнем ИСЛ среди ротана-головешки невелико. Единично зафиксированы особи с пониженным показателем ИСЛ.

На примере сеголеток и половозрелых особей ротана-головешки из разных водоемов (рис. 5) данная тенденция подтверждается.

Сдвиг ИСЛ в ту или иную сторону от условной нормы является признаком заболевания или усиленного негативного пресса со стороны окружающей среды, а высокая частота встречаемости таких особей является признаком неблагополучия популяции в целом, особенно если велика также доля рыб с ненормальным уровнем нормобластов и лейкоцитов в кровяном русле. В нашем случае количество особей с повышенным значением ИСЛ являлось доминирующим в обоих исследуемых водоемах, причем в оз. Круглое процент встречаемости таких рыб был заметно выше, чем в оз. Пляжное.

Таблица 5. Встречаемости особей ротана-головешки (среди рыб с повышенным показателем ИСЛ), больных эозинофилией и нейтрофилезом

Водоем	Возраст	Встречаемость особей, %	
		эозинофилия	нейтрофилез
оз. Круглое	сеголетки	12.50±5.94	87.50±5.94
	половозрелые	17.02±5.54	82.98±5.54
оз. Пляжное	сеголетки	77.78±14.70	22.22±14.70
	половозрелые	50.00±28.87	50.00±28.87
Общее число особей с повышенным значением ИСЛ, экз		21	71
Встречаемость особей с эозинофилией и нейтрофилезом, %		22.82±4.40	77.18±4.40

Повышение показателя ИСЛ является симптомом таких заболеваний как нейтрофилез и эозинофилия [Житенёва и др., 1997; Пескова, 2004]. Нейтрофилез вызывается повышением доли нейтрофильных гранулоцитов (окрашивающихся нейтрально, в оттенки серого и светло-голубого цветов) среди лейкоцитов. Эозинофилия является следствием повышения количества эозинофильных гранулоцитов, данные клетки окрашиваются стандартными методами в оттенки красного, ярко-розового и малинового цветов. В норме данные виды гранулоцитов присутствуют в белой крови, но их количество должно быть в два-три раза ниже, чем количество агранулоцитов (лимфоцитов, палочко-ядерных лейкоцитов и моноцитов).

Согласно данным таблицы 5, наибольшая часть обследованных особей (из числа рыб с повышенным значением ИСЛ) больны нейтрофилезом, что является несомненным признаком неблагоприятных внешних воздействий как на отдельных рыб, так и на популяцию в целом.

По мнению некоторых авторов [Гольдин, 1975; Котов, 1976; Метелев, 1974; Моисеенко, 2000; Brozio, Litzbarski, 1977], у рыб в большинстве случаев отмечается лейкоцитоз в присутствии каких-либо загрязнителей. При этом наблюдается нейтрофилез, а остальные показатели весьма разнородны: могут регистрироваться как лимфоцитоз, так и лимфоцитопения – пониженное содержание лимфоцитов

(табл. 3, рис. 4), как моноцитоз, так и моноцитопения, эозинофилия или 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 оформленных воспалительных процессах и различных интоксикациях [Моисеенко, 2000; Brozio, Litzbarski, 1977]. 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 провоцирует различные нарушения во внутренних органах рыб (некрозы, дистрофии и т. д.) [Земков, Журавлева, 2009; Минеев, 2009, 2011].

В этом случае повышенное количество рыб с нейтрофилезом (табл. 5) в природном пойменном водоеме (оз. Круглое) можно трактовать как следствие проявления у большинства особей адаптационных реакций в ответ на неблагоприятные факторы среды. Лишь среди сеголеток ротана-головешки из оз. Пляжное наблюдается преобладание особей с признаками эозинофилии среди больных рыб, что также является признаком неблагоприятия отдельных особей и популяции в целом. Повышенное количество рыб с эозинофилией в городском озере можно

отнести к последствиям повышенной токсической нагрузки на популяцию рыб данного водоема.

Заключение

Согласно полученным результатам, у ротана-головешки в условиях двух изученных водоемов Саратовского водохранилища, испытывающих значительную нагрузку комплекса отрицательных факторов среды, обнаружены патологии в морфологии клеток крови, встречаемость которых высока, и выраженные отклонения в некоторых гематологических параметрах – уровне гемопоза, соотношении эритроцитов и лейкоцитов, соотношении различных форм лейкоцитов.

Наблюдающиеся у большого числа рыб в 2010 г. нарушения в соотношении клеток красной и белой крови, высокая доля особей с пониженным содержанием лейкоцитов и сдвигом ИСЛ от нормы указывают на сильное воздействие комплекса разных неблагоприятных факторов (в основном антропогенных), которое носит хронический характер. Выявленные гематологические нарушения характерны как для половозрелых особей, так и для сеголеток, а встречаемость здоровых рыб низка как в условиях природного пойменного, так и в условиях природного городского водоема.

В силу своей повышенной экологической пластичности ротан-головешка продолжает успешно конкурировать с аборигенными видами рыб, зачастую полностью заменяя их в освоенных водоемах. Ротан-головешка крайне неприхотлив, может выживать при пониженном содержании кислорода в воде и при низких температурах в зимний период, может использовать любой нерестовый субстрат, имеет очень широкий спектр питания, чем и определяется его повышенная конкурентоспособность. Однако, комплекс неблагоприятных факторов (в том числе различных видов загрязнений) воздействует на популяции ротана-головешки не в меньшей степени,

чем на популяции аборигенных видов рыб, о чем свидетельствует большая доля сеголеток ротана-головешки ($87.50 \pm 5.94\%$) и взрослых рыб ($82.98 \pm 5.54\%$) в пойменных природных водоемах с повышенным содержанием нейтрофилов в белой крови. Данный факт можно расценивать как проявление активной адаптационной реакции к неблагоприятным воздействиям окружающей среды, так как нейтрофилы выполняют активную фагоцитарную функцию. В оз. Пляжное воздействие антропогенных факторов значительно сильнее, чем в оз. Круглое, в результате среди молоди ротана-головешки и взрослых рыб велика встречаемость особей с повышенным содержанием эозинофилов в белой крови.

Так как ротан-головешка становится массовым (зачастую доминирующим или единственным) представителем ихтиофауны в пойменных водоемах Саратовского водохранилища, а также подвержен неблагоприятным воздействиям окружающей среды не в меньшей степени, чем аборигенные виды рыб, то его можно считать перспективным объектом-индикатором экологического состояния водоемов.

Литература

Алимов А.Ф., Орлова М.И., Панов В.Е. Последствия интродукций чужеродных видов для водных экосистем и необходимость мероприятий по их предотвращению // В кн.: Виды-вселенцы в европейских морях России. Сб. научных трудов. Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 2000. С. 12–23.

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

Вернидуб М.Ф. Влияние сточных вод газосланцевого производства на физиологические процессы и на

- развитие личинок молоди лосося // В кн.: Материалы совещания по вопросам рыбоводства. М.: Наука, 1959. С. 103–112.
- Головина Н.А., Тромбицкий И.Д. Гематология прудовых рыб. Кишинев: Изд-во «Штиинца», 1989. 156 с.
- Гольдин В.М. Некоторые гематологические показатели рыб Камского водохранилища в связи с загрязнением промышленными стоками // Ученые записки Пермского ун-та. 1975. Вып. 338. С. 123–131.
- Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области в 2008 г. / Ред. Ю.С. Астахов, А.Е. Губернаторов, В.Н. Довбыш и др. Самара: Министерство природопользования, лесного хозяйства и окружающей среды Самарской обл., 2009. Вып. 19. 344 с.
- Житенёва Л.Д., Рудницкая О.А., Калюжная Т.И. Эколого-гематологические характеристики некоторых видов рыб: Справочник. Ростов н/Д: АзНИИРХ, 1997. 149 с.
- Земков Г.В., Журавлева Г.Ф. Атлас патологической гистологии рыб. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2009. 62 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.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. С. 64–71. 184 с.
- Котов А.М. Сезонная динамика гематологических показателей у некоторых черноморских рыб и их изменение при экспериментальном отравлении нефтепродуктами // Гидробиологический журнал. 1976. Вып. 12. № 4. С. 63–68.
- Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. Утв. Минприроды РФ 30.11.1992 г.
- Крылов О.Н. Методические указания по гематологическому обследованию рыб в водной токсикологии. Л.: ГосНИОРХ. 1974. 39 с.
- Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа. 1990. 293 с.
- Лукьяненко В.И. Экологические аспекты ихтиотоксикологии. М.: Агропромиздат, 1987. 239 с.
- Метелев В.В. Токсичность и некоторые вопросы механизма действия пропанида на организм рыб // Труды ВНИИ ветеринарной 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. Морфологический анализ и патологические изменения структуры клеток крови у рыб Саратовского водохранилища // Вопр. ихтиол. 2007. № 1. С. 93–100.
- Минеев А.К. Некоторые гистологические нарушения гонад у головешки-ротана (*Perccottus glenii* Dybowski, 1877) и бычка-кругляка (*Neogobius melanostomus* Pallas, 1814) Саратовского водохранилища // Известия Самарского научного центра 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 // Известия Самарского научного центра РАН. 2011. Т. 13, № 1. С. 203–206.
- 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.

- Пескова Т.Ю. Адаптационные изменения земноводных в антропогенно загрязненной среде. Дис. ... д-ра биол. наук. Тольятти. 2004. 284 с.
- Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М.: Пищевая промышленность, 1966. 376 с.
- Решетников Ю.С., Котляр А.Н., Расс Т.С., Шатуновский М.И. Пятиязычный словарь названий животных. Рыбы: Латинский, русский, английский, немецкий, французский / Ред. В.Е. Соколов. М.: Рус. яз., 1989. 346 с.
- Семенов Д.Ю. Морфометрическая характеристика ротана-головешки (*Perccottus glenii* Dybowski, 1877) бассейна р. Свияги в пределах Ульяновской области // В сб.: Ихтиологические исследования на внутренних водоемах. Тезисы докладов международной научной конференции / Ред. А.Б. Ручин. Саранск: Изд-во ООО «Референт», 2007. С. 136–139.
- Серпунин Г.Г. Ихтиогематологические исследования как элемент биологического мониторинга водоемов // В сб.: Наземные и водные экосистемы Северной Европы: управление и охрана. Материалы международной конференции, посвященной 50-летию Института Карельского Научного центра РАН. Петрозаводск: Институт биологии КарелНЦ РАН, 2003. С. 130–131.
- 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.
- Талкина М.Г., Комов В.Т., Чеботарева Ю.В., Гремячих В.А. Комплексная оценка длительного воздействия ртути на молодь плотвы в экспериментальных условиях // Вопр. ихтиол. 2004. Т. 44. № 6. С. 847–852.
- Тарасенко О.Н., Мельников В.Г. Морфологическая структура форменных элементов крови леща, сазана и судака // В кн.: Современные вопросы экологической физиологии рыб. М.: Наука, 1979. С. 239–246.
- Терсков Г.В., Гительзон И.И. Метод химических (кислотных) эритрограмм // Биофизика. М., 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) // Вестник РАН. Серия биологическая. М., 1993. С. 83–87.
- Шатуновский М. И. Мониторинг биоразнообразия популяций пресноводных рыб // В сб.: Мониторинг биоразнообразия / Ред. В.Е. Соколов и др. М.: Изд-во ИПЭЭ РАН, 1997. С. 154–158.
- Экологический паспорт городского водоема: Васильевские озера. Озеро пляжное // Ред. Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2000. 77 с.
- Brozio F., Litzbarski H. Untersuchungen über physiologische und histologische Veränderungen am Karpfen nach Toxapheneinwirkung // Teil I. Z. Binnenfisch. DDR. 1977. Vol. 24. № 4. P. 215–226.
- Heath A.G. Water Pollution and Fish Physiology. L.: Lewis Publ., 2002. 506 p.
- Houston A.N. Components of the hematological response of fishes to environmental temperature change: a review // Environ. Physiol. of fishes / Ed. Ali. Plenum Publ. Corp. 1980. P. 241.
- 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.
- 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.

**SOME HEMATOLOGICAL PARAMETERS OF
PERCCOTTUS GLENII (DYBOWSKI, 1877) FROM
LAKE KRUGLOE AND LAKE PLYAJNOE OF
SAMARA REGION**

© 2012 Mineev A.K.

Institute of Ecology of the Volga River Basin,
Togliatti 445003, mineev7676@mail.ru

The results of haematological study of *Perccottus glenii* from Lake Krugloe and Lake Plyajnoe of Samara Region in 2010 are presented. Information about violations in morphology of red blood cells in adult male individuals and fries of fishes is obtained. Deviations of the basic indexes of white blood cell formula from a norm in adult male individuals and fries of fishes are studied.

Key words: *Perccottus glenii*, red blood cells, pathology, haematological parameters, deviations, stability, adaptation reactions.