

**ИЗМЕНЕНИЯ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
АФРИКАНСКИХ КЛАРИЕВЫХ СОМОВ (*CLARIAS GARIEPINUS*)
КАК ОТВЕТНАЯ РЕАКЦИЯ НА ГИПОТЕРМИЧЕСКИЙ СТРЕСС**

Климук Анастасия Алексеевна, м.н.с. «Центра Аквакультуры», ФГБОУ ВО МГУТУ имени К. Г. Разумовского (ПКУ).

Никифоров-Никишин Алексей Львович, д.б.н., профессор, директор «Центра Аквакультуры», ФГБОУ ВО МГУТУ имени К. Г. Разумовского (ПКУ).

Царьков Максим Денисович, аспирант ФБиРХ ФГБОУ ВО МГУТУ имени К.Г. Разумовского (ПКУ).

Гаффарова Виктория Марсовна, магистр ФБиРХ ФГБОУ ВО МГУТУ имени К. Г. Разумовского (ПКУ).

Аннотация. В данной работе исследована физиологическая реакция африканского сома на гипотермические режимы выращивания. Показано, что понижение t водной среды до $19,7^{\circ}\text{C}$ не оказало влияния на гематологические параметры крови, но дальнейшее снижение до 14°C и постепенное увеличение t до 25°C привело к увеличению воспалительных маркеров.

Ключевые слова: клариевый сом, гематология, лейкоцитарная формула, гипотермический стресс.

Введение. Африканский клариевый сом является популярным товарным видом рыб, в естественных условиях культивируемый в субэкваториальной климатической зоне. В России *C. gariepinus* выращивается традиционно в системе прудового и садкового рыбоводства в южных регионах страны (V-VI рыбоводные зоны) [5]. Прудовое выращивание африканских сомов становится возможным только при нагульном выращивании, где получение рыбопосадочного материала осуществляется в УЗВ, а товарной рыбы – в прудах в летний сезон. Хорошо известно, что оптимальный температурный диапазон для культивации африканского сома составляет $25-30^{\circ}\text{C}$ [8]. При этом в нагульный период в прудах температура может опускаться до 16°C , оказывая негативное воздействие на физиологические параметры теплолюбивых рыб, ухудшая их пищевую активность и снижая сопротивляемость организма к бактериальным заболеваниям [7]. Для выявления физиологических пределов в низкотемпературном режиме выращивания клариевых сомов необходимо провести комплексную оценку гематологических параметров крови, являющихся стандартной системой оценки иммунного статуса рыб [4, 6]. Поэтому, целью данной работы являлось определение влияния гипотермического стресса на гематологические параметры *C. gariepinus*.

Материалы и методы. В качестве объекта исследования были использованы особи клариевого сома, возрастом 6 мес., весом в среднем $525,3 \pm 193,5$ г и размером $35,0 \pm 13,3$ см. Рыбы содержались в бассейнах УЗВ

140x110x90 см (1000 л). Всего в эксперименте было задействовано 69 рыб. Кормление осуществлялось ежедневно (два раза в день в 10:00 и 18:00) коммерческим кормом Sorrens Supprime-21 (4,5 мм) из расчета 4,0 кормовые ед. в сут. Динамическое изменение температур в резервуарах УЗВ проводилось с использованием охлаждающего элемента (HAILEA HC-2200BH, Китай).

Модель воздействия изменяющихся температурных условий на гематологические показатели представлена в следующей динамике: *контрольная температура* – 28°C (оптимум), длительность содержания 15 сут. (период акклимации). *Диапазон понижения температуры* – t в емкостях постепенно снижали с 28°C до 13°C со скоростью 1°C/сут. в течение 15 сут. *Гипотермический стресс* – рыб содержали при $t=13-15^\circ\text{C}$ (30 сут.). *Диапазон повышения температур* – t в емкостях доводили до показателей оптимума (с 13°C до 28°C) со скоростью 1°C/сут (15 сут.).

Гематологический анализ проводили в контрольной группе и по ходу эксперимента на: 1, 2, 4, 6, 10 и 13 сут., и спустя 30 сут: на 45, 46, 47, 50, 51 и 52 сут. Образцы крови отбирали из хвостовой артерии прижизненно с использованием одноразового инъекционного шприца (2 мл). Мазки крови изготавливались по стандартной технологии и окрашивали азур-эозином по Лейшману и Романовскому. Препараты просматривались под световым микроскопом Olympus BX53 («Olympus Corporation», Япония). Для определения лейкоцитарной формулы на препаратах подсчитывалось не менее 200 клеток. Определение и идентификацию форменных элементов крови сомов были проведены согласно работе [3].

Обработка полученных данных производилась с использованием непараметрического теста Краскелла-Уоллиса в программе GraphPad Prism version 9.0 software (GraphPad, San Diego, CA, USA). Вычисляли среднее значение показателя и его ошибки. Вероятность $p < 0,05$ считали достаточной для вывода о статистической значимости полученных данных.

Результаты. Исследование гематологических параметров крови сомов в диапазонах снижения температуры (с 28 до 13°C, 15 сут.) и гипотермического стресса (14-15°C, 30 сут.) показало отсутствие достоверных изменений содержания в крови рыб лимфоцитов, лейкоцитов, тромбоцитов и эритроцитов (табл. 1).

Однако при повышении температуры (до 17°C, с 46 сут.) встречаемость лимфоцитов была снижена в 1,5 раза ($p < 0,05$) относительно контроля, а лейкоциты, напротив, были увеличены в 5,6 раз ($p < 0,05$) относительно контроля, соответственно.

Начиная с 50 сут. опыта наблюдалось увеличение доли тромбоцитов в крови рыб в 8,3 раза относительно контроля, и далее на 51 и 52 сут. в 8,1 и 8,8 раз, соответственно. Не было выявлено изменений в концентрации эритроцитов на протяжении эксперимента.

Таблица 1

Гематологические показатели крови рыб в условиях гипотермического стресса

Сутки опыта	Температура воды	Показатель, %			
		Всего лимфоцитов	Всего лейкоцитов	Всего тромбоцитов	Всего эритроцитов
Контроль (0)	28,1±0,2	89,2±3,1	12,2±3,8	0,36±0,2	96,3±0,9
1	27,3±0,3	91,1±1,2	9,8±1,5	0,55±0,13	95,6±0,8
2	25,3±0,5	79,6±7,0	26,4±11,4	0,89±0,24	95,3±1,9
4	21,6±0,2	79,8±5,1	25,7±8,3	0,65±0,09	96,6±0,7
6	19,7±0,1	90,6±1,2	10,4±1,5	1,19±0,15	95,4±1,6
10	17,6±0,1	72,6±1,7	37,8±3,3	1,06±0,44	97,1±0,3
13	14,8±0,4	83,3±10,3	63,6±15,8	1,29±0,03	98,4±1,2
43	15,0±0,1	76,1±6,3	32,0±10,5	0,86±0,2	95,8±0,8
44	17,1±0,2	59,4±1,1 *	68,3±3,0 *	1,48±0,87	96,6±1,3
45	20,5±0,1	60,7±3,7	65,1±10,1	1,04±0,25	96,8±0,9
47	21,8±0,1	60,1±7,6	68,4±23,1	2,99±0,91 *	94,6±1,7
50	22,7±0,4	58,7±2,4 *	70,5±6,9 *	2,9±0,71 *	93,8±0,6
52	25,2±0,1	61,4±0,1	62,8±0,3	3,18±1,77 *	96,3±2,9

Примечание. * – $p < 0.05$

В лейкоформуле африканского сома наблюдались достоверные изменения встречаемости малых лимфоцитов при повышении t на 50 сут. опыта ($t=21^{\circ}\text{C}$) – их концентрация в крови снизилась на 5% (рис. 1а).

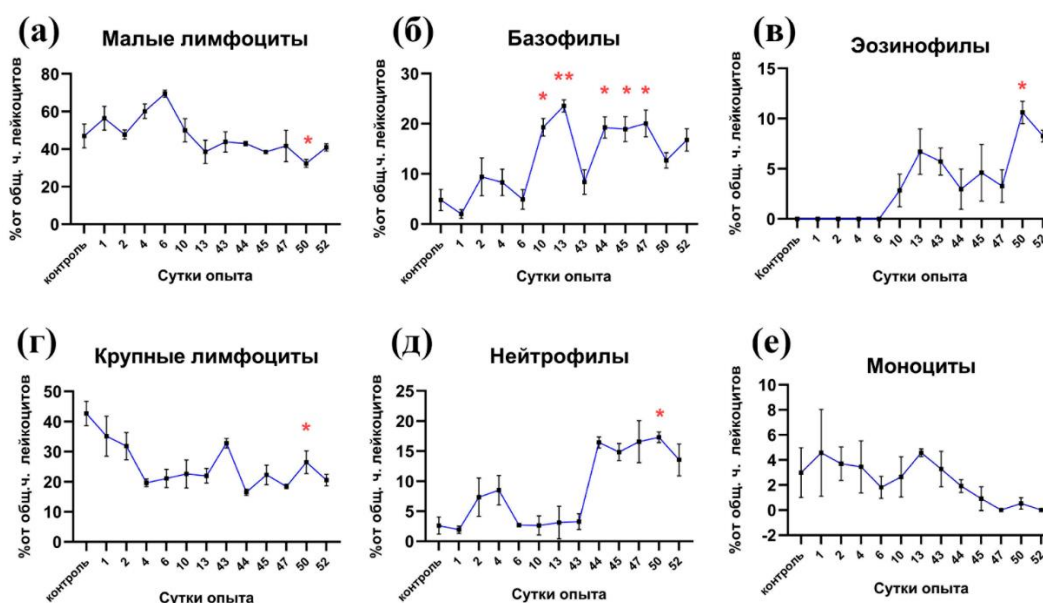


Рисунок 1. Лейкоцитарная формула африканских сомов в опыте:

а – малые лимфоциты, б – базофилы, в – эозинофилы, г – крупные лимфоциты, д – нейтрофилы, е – моноциты.

Базофилы в крови рыб демонстрировали динамику на протяжении гипотермического стресса – на 10 и 13 сут., при t 17-15 $^{\circ}\text{C}$, было зафиксировано значительное повышение их концентрации на 14 и 19%, а в диапазоне повышения температуры на 44, 45 и 47 сут., при t от 14 до 20 $^{\circ}\text{C}$, увеличились на 7, 14,3 и 13,9%, соответственно (рис. 1б). Начиная с 6 сут. опыта ($t = 19,7^{\circ}\text{C}$) в

периферической крови были выявлены эозинофилы, встречаемость которых достигала максимума на 50 сут. ($t=21,8^{\circ}\text{C}$) (рис. 1в). Встречаемость крупных лимфоцитов снизилась к 50 сут. опыта на 24% относительно контроля (рис. 1г), тогда как количество нейтрофилов, напротив, было увеличено на 14% (рисунок д). Количество моноцитов за период опыта не претерпело существенных изменений, однако наблюдается тенденция снижения встречаемости их доли в крови (рис. 1е).

Обсуждение. Картина крови африканского сома относится к лимфоидному типу (контроль = $89,2\pm 3,1$) [7]. На протяжении опыта наблюдалось повышение доли лейкоцитов – клеток иммунной системы, отвечающих за защитную функцию организма от вирусов, бактерий, токсинов [2]. Увеличение доли тромбоцитов при повышении температуры вероятнее всего связано с активацией компенсаторных механизмов – восстановлении свертываемости крови [1]. При снижении t наблюдалось увеличение доли в крови базофилов и нейтрофилов – маркеров воспалительных процессов. Немаловажным является и увеличение встречаемости эозинофилов. В совокупности, повышение числа эозинофильных и базофильных гранулоцитов указывает на течение бактериальной инфекции, что подтверждается и результатами клинического осмотра (данные не приведены). Характеризуя ответную реакцию рыб на гипотермический стресс, следует отметить, что доля лимфоцитов, отвечающих за формирование общего и специфического иммунитета, и моноцитов, формирующих защиту от инфекций, по ходу эксперимента снижается.

Выводы.

1. Постепенное снижение температуры (с $28,0$ до $19,7^{\circ}\text{C}$, $1^{\circ}\text{C}/\text{сут.}$) при выращивании африканского сома не оказало отрицательного воздействия на гематологические показатели;

2. В условиях низкотемпературного стресса ($t=17-14^{\circ}\text{C}$) было зафиксировано увеличение доли базофилов и эозинофилов (на 19 и 7% от контроля, соответственно);

3. При постепенном увеличении t среды (в диапазоне от 15 до 25°C), в крови рыб повысилась доля нейтрофилов (с средним на $13,4\%$), но снизилась концентрация малых и крупных лимфоцитов (в среднем на 29%) и моноцитов (в среднем на 2%);

4. Таким образом, согласно результатам гематологического анализа, физиологическим пределом в низкотемпературном режиме выращивания для клариевого сома можно считать температуру водной среды $19,7\pm 0,1^{\circ}\text{C}$.

Библиографический список

1. Верголяс М. Р. Кровь как интегральная система организма / М. Р. Верголяс // ScienceRise. – 2016. – Т. 2. – №. 1 (19). – С. 7-11.
2. Иванов А. А. Гомеостаз внутренней среды гидробионтов: видовые особенности хладнокровных / А. А. Иванов, Г. И. Пронина, Н. Ю. Корягина, А. О. Ревякин // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2013. – №. 3. – С. 75-88.

3. Иванова Н. Т. Атлас клеток крови рыб: сравнительная морфология и классификация форменных элементов крови рыб / Н. Т. Иванова – Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 184 с.

4. Кузина Т. В. Оценка лейкоцитарной формулы крови бычковых рыб, выловленных в Северном Каспии / Т. В. Кузина, А. В. Кузин // Астраханский вестник экологического образования. – 2019. – №. 5. – С. 106-113.

5. Климук А. А. Опыт выращивания гибридов первого поколения африканского клариевого сома (*Clarias gariepinus*) при пониженных температурных режимах / А. А. Климук, А. К. Пономарев, Т. Л. Калита, А. Л. Никифоров-Никишин // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. – 2024. – № 1. – С. 20-28.

6. Савина Л. В. Показатели крови клариевого сома (*Clarias gariepinus*) из установки замкнутого водоснабжения / Л. В. Савина, Г. Г. Серпунин, Е. И. Хрусталева, В. И. Саускан // Известия КГТУ. – 2019. – №. 55. – С. 103-110.

7. Abram Q. H. Impacts of low temperature on the teleost immune system / Q. H. Abram, B. Dixon, B. A. Katzenback //Biology. – 2017. – Т. 6. – №. 4. – С. 39.

8. Haylor G. S. Controlled hatchery production of African catfish, *Clarias gariepinus*: the influence of temperature on early development / G. S. Haylor, M. F. A Mollah // Aquatic Living Resources. – 1995. – Т. 8. – №. 4. – С. 431-438.

УДК 639.3.043.2

ВОЗДЕЙСТВИЕ БИСФЕНОЛА А НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ СТЕРЛЯДИ (*ACIPENSER RUTHENUS*)

Кочетков Никита Ильич, м.н.с., ФГБОУ ВО МГУТУ имени К. Г. Разумовского (ПКУ)

Сморodinская Светлана Валерьевна, зав. лабораторией, ФГБОУ ВО МГУТУ имени К. Г. Разумовского (ПКУ)

Никифоров-Никишин Дмитрий Львович, н.с., ФГБОУ ВО МГУТУ имени К.Г. Разумовского (ПКУ)

Резникова Диана Александровна, м.н.с., ФГБУН Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН

Аннотация. В данной работе приведены результаты по оценке воздействия бисфенола А, вносимого в корма для стерляди в концентрации 2, 4 и 6 мг/кг массы рыб в сутки, на биохимические показатели крови. Выявлено, что бисфенол А оказывает достоверное влияние на концентрацию креатинина, глюкозы и активности ЛДГ, не демонстрируя зависимости доза-эффект.

Ключевые слова: токсикология, биохимические показатели крови, кормление.