

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. Naylor G. S. Controlled hatchery production of African catfish, *Clarias gariepinus*: the influence of temperature on early development / G. S. Naylor, 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.

Введение. Бисфенол А представляет собой важный компонент для производства пластмасс и других изделий [5]. Его повсеместное использование связано с рисками загрязнения окружающей среды, в том числе естественных водоёмов. Накапливаясь в донных отложениях данный поллютант, вместе с бентосными организмами может попадать в пищеварительный тракт осетровых рыб, оказывая на них негативное воздействие. Токсическое действие бисфенола А на гидробионтов различного систематического положения широко освещено в литературе [2, 3, 6, 7]. Показано, что даже низкие концентрации данного поллютанта (от 100 до 1000 мкг/л) могут приводить к нарушению репродуктивной функции организма и ряда физиологических показателей [3].

Осетровые виды рыб являются одним из широко распространённых объектов рыбоводства в Российской Федерации, так как служат источником высокопитательного мяса и деликатесной икры [1]. При этом, большая часть осетровых относится к особо охраняемым видам, находящимся на грани исчезновения. Развитие интенсивной аквакультуры напрямую связано с наличием качественных кормов, которые обеспечивают рост рыбы и высокое качество товарных показателей. В корма для рыб бисфенол А может попадать несколькими возможными путями: (1) диффузия из пластиковых упаковок; (2) из элементов фильтрационной системы, которые содержат пластиковые компоненты и (3) из растительных компонентов кормов, выращиваемых на загрязнённых почвах. Таким образом, целью данной работы являлось изучение влияния бисфенола А, как распространённого поллютанта, на биохимические показатели крови стерляди.

Материалы и методы. В качестве объекта исследования использовалась стерлядь (*Acipenser ruthenus*) средней массой 102 ± 5 г и размером $24 \pm 0,5$ см. Во время опыта рыба содержалась в бассейнах УЗВ объемом 500 л, оснащенных системами биологической и механической фильтрации, с подменой 10% воды в сутки. Всего было сформировано 4 экспериментальных группы по 30 особей в каждой: контрольная, получавшая корма без добавок (СТР) и три опытных группы, получавшие корм с различным содержанием бисфенола А (ВРА2, ВРА4, ВРА6). Концентрация бисфенола А рассчитывалась исходя из средней массы рыбы и суточной нормы кормления (2% от массы) и составляла 2, 4 и 6 мг/кг массы рыбы в сутки. В качестве корма использовался Sorpens Intensiv 3 мм. Продолжительность опыта составила 60 суток. По завершении эксперимента у шести особей стерляди отбиралась кровь из задней хвостовой вены. Биохимический анализ проводился при помощи биохимического анализатора DIRUI CS-T240 (Чанчунь, Китай) с использованием готовых реактивов (наборов). Данные сравнения анализируемых переменных представлены в виде средних \pm SD. Статистическая достоверность определялась с использованием U-теста Манна-Уитни. Значение $p < 0.05$ было принято, как статистически достоверное.

Результаты. Действие бисфенола А в кормах проявилось на стерляди во всех исследуемых концентрациях (табл. 1). В группе, получавшей 6 мг/кг

бисфенола А в сутки (ВРА6), было выявлено значительное ($p < 0.05$) увеличение общего билирубина, 0,58 мкмоль/л. Помимо этого, в данной группе наблюдалось снижение концентрации глюкозы и активности лактатдегидрогеназы (ЛДГ). Рыбы групп ВРА4 и ВРА6 обладали значительно завышенным ($p < 0.05$) содержанием креатинина в крови, который превышал значение контроля на 62,5 и 64,2%.

Бисфенол А в концентрации 4 мг/кг в сутки приводил к достоверному снижению концентрации глобулина до 10,8 г/л, а также повышал коэффициент Ритиса. Группа ВРА2 имела значимые отличия от контроля только по показателям активности аспартатаминотрансферазы (АСТ) и аланинаминотрансферазы (АЛТ), которые были существенно выше контроля ($p < 0.05$).

Таблица 1

Биохимические показатели сыворотки крови стерляди в контроле и после воздействия бисфенола А в кормах

Показатель	Группа			
	CTR	ВРА2	ВРА4	ВРА6
Билирубин общий, мкмоль/л	0,4±0,06	0,45±0,08	0,5±0,06	0,58±0,08
Билирубин прямой, мкмоль/л	0,13±0,05	0,15±0,05	0,15±0,05	0,15±0,05
АСТ, ед/л	464,0±60,2	581,4±42,4	540,3±46,9	497,5±80,8
АЛТ, ед/л	164,4±21,6	200,2±36,0	147,1±22,1	143,5±28,7
Мочевина, мкмоль/л	2,42±0,22	2,28±0,17	2,64±0,51	2,59±0,56
Креатинин, мкмоль/л	3,58±0,48	4,1±0,6	5,82±1	5,88±0,82
Общий белок, г/л	26,9±1,5	28,9±3,9	25,5±1,3	25,4±3,4
Альбумин, г/л	14,37±2,45	14,8±1,82	14,68±0,84	13,88±2,1
Щелочная фосфатаза, ед/л	139,1±23,0	137,7±23,7	125,6±17,3	122,2±14,4
Глюкоза, мкмоль/л	2,98±0,39	3,28±0,44	2,6±0,5	1,94±0,38
ЛДГ, ед/л	1978,0±383,5	2088,6±287,1	1878,0±273,8	1433,0±204,7
Глобулин, г/л	12,55±2,62	14,17±2,57	10,88±0,63	11,58±2,2
Соотношение альбумин/глобулин	1,23±0,53	1,06±0,16	1,35±0,06	1,23±0,27
Коэффициент Ритиса	2,85±0,47	3±0,65	3,71±0,36	3,61±1,02

Примечание: значения, выделенные жирным шрифтом, достоверно отличаются от контроля ($p < 0.05$)

Обсуждение. Наблюдаемые изменения биохимических показателей крови стерляди непосредственно связаны с токсическим действием бисфенола А (БФА). В частности, для данного поллютанта характерно повреждение ткани печени и почек, в результате чего в кровоток выбрасывается большое количество ферментов и промежуточных продуктов метаболизма [5]. Подобные изменения наблюдались в данном исследовании в крови стерляди. Различия в действии концентраций БФА может быть связано с его метаболизмом, при котором экскреция метаболитов БФА происходит преимущественно с желчными кислотами через кишечник [6]. В таких условиях минимальная концентрация токсиканта преимущественно оказывала влияние на пе-

чень, как ключевой орган детоксикации, а более высокие концентрации (4 и 6 мг/кг в сутки) приводили к системному токсическому эффекту.

Важно отметить, что значимые отклонения в биохимических показателях крови стерляди не показывали зависимость от концентрации БФА в кормах. В работах, выполненных на других видах рыб, водный раствор БФА приводил к изменению ряда биохимических параметров крови, которые демонстрировали линейную зависимость от концентрации [2]. Ранее было показано, что для веществ, разрушающих эндокринную систему, может наблюдаться U-образная зависимость эффекта от концентрации токсиканта [4].

Выводы:

1. Бисфенол А в составе кормов приводил к значимому изменению биохимических показателей крови стерляди во всех исследуемых концентрациях.

2. Наиболее чувствительными показателями к действию бисфенола А были: концентрации креатинина, глюкозы, активность лактатдегидрогеназы и аминотрансферазных ферментов.

3. При пероральном попадании бисфенола А в организм стерляди, биохимические показатели не демонстрировали зависимость от концентрации токсиканта.

Финансирование: Исследование было выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (РНФ) № 23-16-00123.

Библиографический список

1. Кочетков Н. И. Положительный опыт применения штамма *Lactobacillus brevis* 47f на рыбоводно-биологические, гематологические и гистологические показатели молоди стерляди (*Acipenser ruthenus*) / Н. И. Кочетков, Д. Л. Никифоров-Никишин, С. В. Смородинская и др. // Рыбное хозяйство. – 2024. – № 4. – С. 96-107. – DOI 10.36038/0131-6184-2024-4-96-107.

2. Afzal G. Bisphenol A induces histopathological, hematobiochemical alterations, oxidative stress, and genotoxicity in common carp (*Cyprinus carpio* L.) / G. Afzal, H. I. Ahmad, R. Hussain, A. Jamal, S. Kiran, T. Hussain, ... & M. U. Nisa // Oxidative Medicine and Cellular Longevity. – 2022. – Т. 2022. – №. 1. – С. 5450421.

3. Canesi L., Fabbri E. Environmental effects of BPA: focus on aquatic species / L. Canesi & E. Fabbri // Dose-Response. – 2015. – Т. 13. – №. 3. – С. 1559325815598304.

4. Corrales J. et al. Global assessment of bisphenol A in the environment: review and analysis of its occurrence and bioaccumulation / J. Corrales, L. A. Kristofco, W. B. Steele, B. S. Yates, C. S. Breed, E. S. Williams, B. W. Brooks // Dose-response. – 2015. – Т. 13. – №. 3. – С. 1559325815598308.

5. Dergacheva N. I. Bisphenol a and human diseases. Mechanisms of action / N. I. Dergacheva, E. L. Patkin, I. O. Suchkova, H. A. Sofronov // Ecological genetics. – 2019. – Т. 17. – №. 3. – С. 87-98.

6. Lindholst C. Metabolism of bisphenol A in zebrafish (*Danio rerio*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in relation to estrogenic response / C. Lindholst, P. M. Wynne, P. Marriott, S. N. Pedersen, P. Bjerregaard // Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology. – 2003. – Т. 135. – №. 2. – С. 169-177.

7. Smorodinskaya S. The Effects of Acute Bisphenol A Toxicity on the Hematological Parameters, Hematopoiesis, and Kidney Histology of Zebrafish (*Danio rerio*) / S. Smorodinskaya, N. Kochetkov, K. Gavrillin, D. Nikiforov-Nikishin, D. Reznikova, A. Vatlin, ... & V. Danilenko // Animals. – 2023. – Т. 13. – №. 23. – С. 3685.

УДК 636.1

ОЦЕНКА УРОВНЯ СТРЕССА У ЛОШАДЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ИППОТЕРАПИИ

Ксенофонтова Анжелика Александровна, к.б.н., доцент, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Табола Татьяна Сергеевна, магистрант, ГАОУ ВО МГПУ.

Аннотация. Для оценки уровня благополучия лошадей, используемых в иппотерапии, на базе конного центра Межрегиональной общественной организации инвалидов «ИНВАКОН» были проведены этологические исследования, при анализе результатов которых установлено, что у животных во время терапевтических сеансов отсутствовали признаки стресса.

Ключевые слова: иппотерапия, благополучие животных, шкала гримас боли, стресс, лошади.

В настоящее время лошади все чаще используются в предоставлении терапевтических услуг для людей с ограниченными возможностями, так как иппотерапия доказала свою эффективность в клиническом прогрессе пациентов. В последние годы высказывались этические предложения о контроле благополучия животных и, возможно, регулировании их использования в терапии людей. В связи с этим, возникает необходимость в лучшем понимании психического и физического состояния животных. Эффективное и гуманное обращение с лошадьми положительно влияет на многие важные аспекты, такие как безопасность человека, уровень производительности и благополучие лошадей [7]. Благополучие животных – это комплексное понятие, которое отражает успешность адаптации животного к условиям окружающей среды в текущее время. Оценка уровня благополучия животных проводится по нескольким переменным, таким как: качество кормления и содержания, здоровье и эмоциональное состояние. В том случае если условия содержания и/или способы эксплуатации животных исключают возможность адаптации, в организме животного начинает развиваться каскад защитно-оборонительных