

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

DOI 10.31029/vestdnc85/1

УДК 59.085/639.215

ПАТОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ПЕЧЕНИ КАРПОВЫХ РЫБ В РЕЗУЛЬТАТЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ АНОМАЛЬНО ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР В УСЛОВИЯХ ДАГЕСТАНСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАСПИЯ

З. М. Курбанов¹, ORCID 0000-0002-8632-3729

У. Д. Зурхаева^{1,2}, ORCID 0000-0002-4433-0998

З. С. Курбанова¹, ORCID 0000-0001-7209-2029

Е. Н. Лобачев^{1,2}, ORCID 0000-0001-7688-8454

¹Прикаспийский институт биологических ресурсов ДФИЦ РАН,

²Лаборатория комплексных исследований природных ресурсов
Западно-Каспийского региона ДФИЦ РАН

PATHOMORPHOLOGICAL CHANGES IN THE LIVER OF CYPRINIDS AS A RESULT OF EXPOSURE TO ABNORMALLY HIGH TEMPERATURES IN THE CONDITIONS OF THE DAGHESTAN COAST OF THE CASPIAN SEA

Z. M. Kurbanov¹, ORCID 0000-0002-8632-3729

U. D. Zurkhaeva^{1,2}, ORCID 0000-0002-4433-0998

Z. S. Kurbanova¹, ORCID 0000-0001-7209-2029

E. N. Lobachev^{1,2}, ORCID 0000-0001-7688-8454

¹Precaspian Institute of Biological Resources, DFRC of RAS,

²Laboratory of Integrated Research of Natural Resources
of the West Caspian Region, DFRC of RAS

В статье рассмотрены вопросы влияния аномально высоких температур водной среды на гистологические структуры печени карповых рыб в условиях дагестанского побережья Каспия. Показано, что в печени рыб при длительном воздействии высоких температур наблюдаются стереотипные изменения в виде деструкции паренхимы, некрозов, нарушений микроциркуляции крови и жировой дистрофии, способствующих осуществлению компенсаторно приспособленных реакций и различных форм адаптации к неблагоприятным условиям водной среды.

The article deals with the influence of abnormally high temperatures of the aquatic environment on the histological structures of the liver of cyprinid fish in the conditions of the Daghestan coast waters of the Caspian Sea. It has been shown that stereotyped changes in the form of parenchyma destruction, necrosis, blood microcirculation disorders and fatty degeneration are observed in the liver of fish with prolonged exposure to high temperatures, contributing to the implementation of compensatory adapted reactions and various forms of adaptation to adverse conditions of the aquatic environment.

Ключевые слова: Каспийское море, карповые рыбы, печень, температура, эстивация, кариопикноз, кариолизис.

Keywords: Caspian Sea, cyprinids, liver, temperature, aestivation, karyopyknosis, karyolysis.

Летом 2021 г. в районе дагестанского побережья Каспийского моря (как и на всей территории юга России) температура воздуха достигала 35–40°C, вода в мелководных участках Среднего и Северного Каспия прогревалась до 28,5°, а в южных районах – до 31,5°C. Из-за сильной жары уровень воды в конце июня понизился более чем на 1 метр. В этих условиях биоразнообразие и биомасса зоопланктона уменьшились в 8–10. В отдельных районах Южного Каспия произошла массовая гибель рыб. В таких условиях у рыб наступает эстивация, при которой рыбы впадают в анабиотическое состояние: перестают питаться, так как съеденный корм не переваривается, малоподвижны,

плохо реагируют на хищников и только ночью проявляют небольшую активность. Наблюдается резкий дефицит кислорода, из-за бурного развития водной растительности резко сокращается численность беспозвоночных – объектов питания рыб.

Исходя из вышесказанного была поставлена, задача выяснить, какие морфологические перестройки и структурные изменения происходят в печени карповых рыб в результате воздействия аномально высоких температур, наблюдавшихся в этом важном рыбохозяйственном районе Каспия. Выбор печени в качестве объекта исследования продиктован тем обстоятельством, что она является экзо- и эндокринным органом, выполняющим, по разным сведениям, около 500 различных функций, в том числе: нейтрализацию канцерогенных веществ, участие в пищеварении, в синтезе энергетического материала, необходимого для процесса размножения.

Литературный обзор

Печень рыб являлась объектом исследований многих исследователей [1–5]. По разным сведениям, печень выполняет функции [6] обезвреживания химических веществ, синтеза энергетического материала в период вителлогенеза, накопления гликогена при осеннем снижении температуры воды до 10–14 °С, реагирования на изменение гидрологического и гидрохимического фона воды и т.д. При определенных условиях печень рыб может быть своеобразным биоиндикатором экологического состояния водной среды [3].

К.Э. Лаугусте [7] обнаружил, что осенью накопление гликогена в печени приводит к увеличению массы органа, а весной при подъеме температуры – к ее уменьшению.

В отдельные годы в Каспии концентрация канцерогенных веществ в десятки раз превышает предельно допустимые нормы. Вследствие этого отравляющими веществами не только загрязняется вода, но и поражаются кормовые объекты, поедание которых негативно отражается на морфофункциональном состоянии печени рыб [5]. Воздействие канцерогенов стимулирует развитие в печени севрюги зернистой дистрофии, вакуолизацию цитоплазмы гепатоцитов и ряд других нарушений [2].

И.С. Некрасов с соавторами [4] при применении гистологических методов исследования печени нескольких видов сиговых рыб в реке Северная Сысьва установили, что у всех анализированных видов рыб прослеживалась достоверная разница в цитоморфологических показателях гепатоцитов по половому признаку. В.Н. Крючков [5] на семействах рыб осетровые и сельдевые показал, что в печени рыб преобладают изменения, обусловленные как дистрофическими и некробиотическими процессами в гепатоцитах, так и нарушениями микроциркуляции крови. Динамика развития печени и поджелудочной железы трески различных возрастных групп связана с экологическими условиями среды обитания и в ранние периоды онтогенеза зависит от начала экзогенного питания [8]. Кроме того, депонирование гликогена в гепатоцитах может служить одним из факторов адаптации, повышающим выживаемость потомства при неблагоприятных условиях [8].

Выявленные при анализе ткани печени у различных рыб как при натуральных исследованиях, так и в условиях стрессовых ситуаций патологические изменения во много стереотипны. В целом спектр этих изменений сводится к компенсаторной гипертрофии тканей, нарушению динамики микроциркуляционных характеристик крови, изменению гепатоцитов и жировой дистрофии печени. Из обзора доступной литературы видно, что изучение патологических изменений печени проводилось на рыбах, оказавшихся под воздействием канцерогенов естественного происхождения или различных факторов антропогенного влияния.

В этой связи представляются интересными вопросы воздействия аномально высоких температур на организм рыб и реакции различных структур печени при адаптации их к стрессовым ситуациям.

Материал и методы

Материал для исследования был собран весной и летом 2021 г. в различных районах дагестанского побережья Каспия. Объектом исследования являлась печень четырех видов карповых рыб.

Гистологическая обработка ихтиологического материала проводилась по общепринятым методикам [9, 10]: фиксация печени осуществлялась в 70° спирте с примесью 5% нейтрального формалина, парафиновые срезы толщиной 5–6 мкм окрашивали гематоксилином по Эрлиху с докраской эозином. В общей сложности проанализированы гистологические препараты из печени 10 кутумов, 8 вобл, 9 рыбцов и 7 экземпляров шемай.

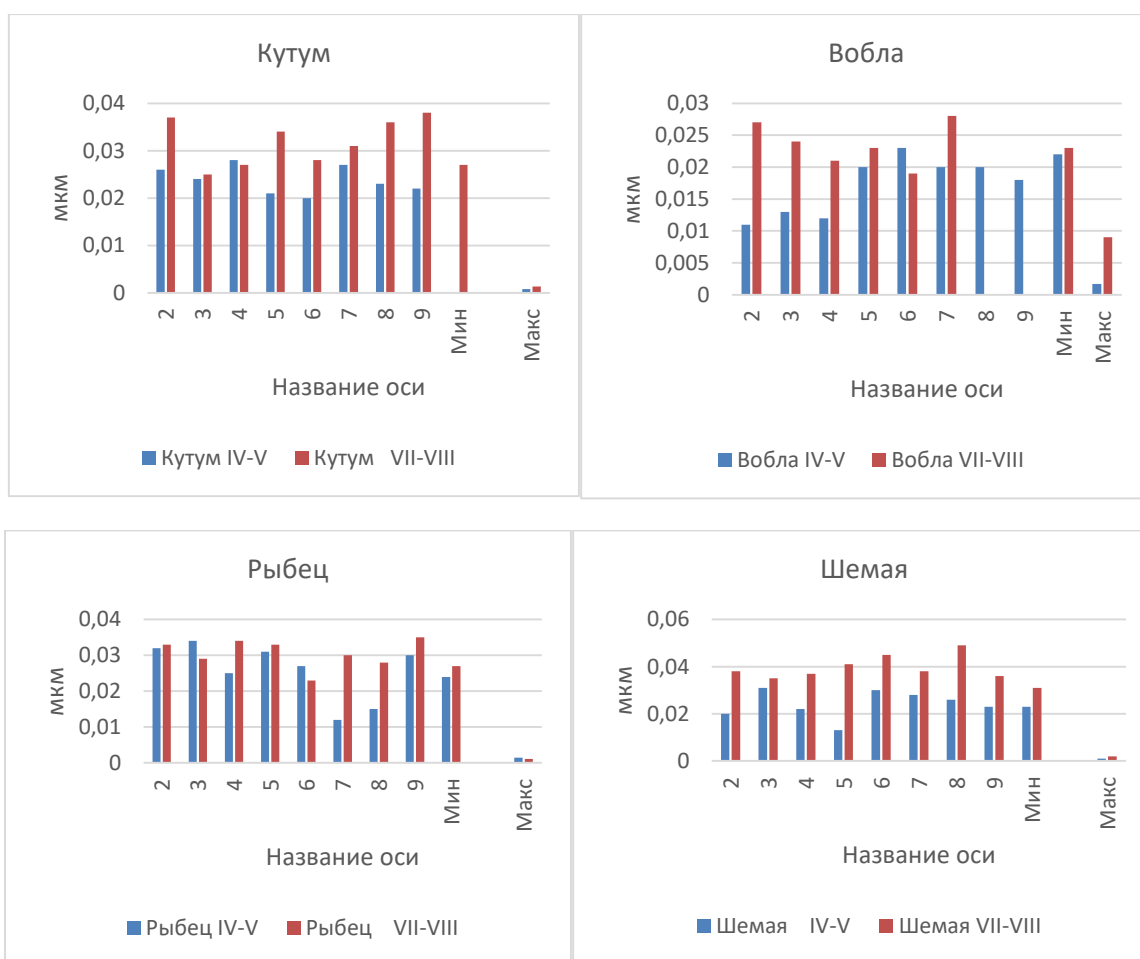
На гистологических препаратах у контрольных рыб, отловленных весной, и рыб, подвергнувшихся эстивации, проводили: 1) подсчет количества гепатоцитов в составе трабекул; 2) измерение диаметра синусоидов; 3) подсчет количества ядер на контрольной площади (6000 м²); 4) измерение диаметра ядер (среднее из 20 промеров); 5) определение площади патологически измененных структур и жировых перерождений. Гепатосоматический индекс определяли по формуле:

$$J = X / y \times 1000^{0/00},$$

где X – вес органа; y – общий вес тела.

Результаты исследований

Анализ состояния печени рыб, подверженных влиянию аномально высоких температур, показал, что при визуальном осмотре орган имел вялую консистенцию и сероватую окраску, свидетельствующую о слабом кровоснабжении и низкой функциональной активности. Гепатосоматический индекс, тем не менее, оказался выше, чем у рыб, проанализированных весной (см. рисунок), что, видимо, связано с застойными явлениями в микроциркуляционных структурах и дедифференцировкой гепатоцитов.



Изменение гепатосоматического индекса рыб (кутум, вобла, рыбец, шемая) в результате длительного воздействия высоких температур летом 2021 г.

На гистологических препаратах из печени рыб, подверженных воздействию высоких температур, оказалось небольшое уменьшение количества гепатоцитов в трабекулах, вместе с тем размеры самих клеток (у кутума и шемаи) не претерпели значительных изменений в отличие от воблы и рыбца (табл. 1).

Увеличенные размеры гепатоцитов у рыбцов и вобл, вероятно, связаны с размерами ядер клеток и количеством ядрышек. Это увеличение, как правило, связано с процессами дедифференцировки клеток и их последующей структурной реорганизацией. Это является начальным этапом адаптации структур печени к стрессовым ситуациям.

Таблица 1. Морфометрия некоторых структурных образований печени карповых рыб в весенне-летний период 2021 г.

Структура печени	Виды рыб							
	кутум		вобла		рыбец		шемаи	
	весна	лето	весна	лето	весна	лето	весна	лето
Число гепатоцитов в трабекуле (шт.)	21,3±15	13,7±0,20	17,6±0,25	12,83±0,33	16,17±0,16	10,74±0,81	16,55±0,37	11,51±0,37
Диаметр гепатоцитов (μ)	16,22±0,43	15,27±0,35	18,79±0,44	13,18±0,27	19,39±0,77	11,48±0,74	14,42±0,29	13,17±0,17
Диаметр ядра (μ)	5,71±0,12	6,81±0,24	5,51±0,16	5,87±0,14	3,15±0,21	5,91±0,42	4,08±0,51	6,50±0,85
Количество ядрышек (шт.)	0,82±0,61	1,61±0,31	0,96±0,17	1,85±0,57	1,22±0,73	1,51±0,13	0,75±0,10	0,97±0,09
Диаметр синусоидов (μ)	54,27±3,2	44,38±2,17	37,74±3,17	30,27±2,85	29,86±3,2	26,55±0,37	28,61±1,75	26,11±1,55
Количество клеток с пиктоническими ядрами (шт.)	11,56±0,6	18,11±1,71	17,52±0,38	20,44±1,6	16,22±1,55	18,87±0,6	16,55±1,57	20,61±2,38
Количество безъядерных клеток (шт.)	12,23±0,25	15,58±0,48	8,82±0,51	14,21±2,7	10,83±17	17,37±0,73	9,09±1,2	13,17±1,2

Параллельно с увеличением размеров гепатоцитов и их ядер наблюдались паренхиматозные нарушения, схожие с зернистой дистрофией гепатоцитов. У последних цитоплазма разбухает, ядра располагаются вдоль кариолеммы. У кутумов и рыбцов в цитоплазме гепатоцитов видны светлые вакуоли, иногда сливающиеся в один большой пузырек или кисту. Это картина напоминает жировую дистрофию.

У рыбцов (редко у шемаи) гепатоциты с сильно разросшимися кистообразными образованиями сливались в одну гроздь жировых отложений. В некоторых случаях они перекрывали кровеносный сосуд и желчный проток.

Обширная жировая дистрофия у кутумов (площадь жировых структур составила $12,6 \pm 12\%$) стимулировала развитие небольших и крупных гепатоцитов (табл. 2).

В печени воблы были обнаружены клетки без ядер, которые образовывали обширные участки, характерные для развивающейся жировой дистрофии. Изменение размеров ядра и цитоплазмы, а также величина ядерно-плазменных отношений приводят к некрозам различной степени тяжести. В результате действий высоких температур в течение 27 дней у воблы, рыбца и шемаи ядерно-плазменные отношения составили $27,7 \pm 1,9$; $27,6 \pm 1,5$; $25,7 \pm 1,8$ соответственно (совокупность параметров статистически однородна).

Морфологический признак, характеризующийся как гиперхромность ядра, является признаком некроза. Этот этап образования безъядерных клеток, как правило, предшествует пикнозу ядер и их дальнейшему лизису. Эта патология отчетливо выразилась у всех четырех видов рыб, особенно у

воблы и рыба, у которых на гистологических препаратах в одном поле зрения микроскопа отмечалось по $19,21 \pm 2,7$ и $17,37 \pm 0,73$ безъядерных гепатоцитов, тогда как весной их насчитывалось по $8,82 \pm 1,7$ клеток соответственно.

Помимо приведенных выше и встречающихся достаточно часто патологий, необходимо отметить и еще несколько видов изменений в печени рыб, встречающихся не так часто, но несомненно играющих определенную роль в процессе адаптации: стенки синусоидов потеряли четкость очертания из-за разволокнения коллагена и его набухания; вокруг желчных протоков обнаруживались инфильтраты из лейкоцитов и лимфоцитов; вокруг портальных трактов обнаруживались очаги гепатита; цитолиз печеночных клеток за счет вакуолей.

Таблица 2. Влияние эстивации на структурные компоненты печени карповых рыб в условиях западного побережья Среднего Каспия

Виды рыб	Кутум		Вобла		Рыбец		Шемая	
	IV–V	VII–VIII	IV–V	VII–VIII	IV–V	VII–VIII	IV–V	VII–VIII
Месяц								
Структура								
Ядерно-плазменные отношения гепатоцитов	$33,9 \pm 1,22$ 0,2–2,6 (12,8%)	$30,1 \pm 1,6$ 0,4–1,95 (17,7%)	$26,4 \pm 2,6$ 0,5–3,1 (29,6%)	$27,7 \pm 1,9$ 0,3–0,7 (36,7%)	$19,2 \pm 2,7$ 0,9–3,8 (24,5%)	$27,6 \pm 1,5$ 0,9–2,9 (30,1%)	$20,6 \pm 0,9$ 0,27–3,3 (16,6%)	$25,4 \pm 1,8$ 0,19–2,6 (19,3%)
Площадь патологически измененных структур (μ^2)	$29,1 \pm 1,22$ 27,6–37,3 (14,6%)	$38,5 \pm 1,22$ 25,1–44,3 (27,6%)	$39,6 \pm 1,6$ 20,3–52,1 (19,8%)	$29,1 \pm 1,5$ 27,1–39,5 (32,8%)	$35,5 \pm 0,9$ 24–41,7 (20,2%)	$40,9 \pm 0,9$ 20,1–45,7 (43,3%)	$39,8 \pm 1,8$ 30,2–48,5 (34,5%)	$30,9 \pm 1,9$ 23,2–48,5 (34,5%)
Площадь, занятая жировыми отложениями	$9,89 \pm 1,73$ 2,94–18,3 (22,5%)	$12,6 \pm 1,26$ 4,3–16,7 (19,3%)	$6,71 \pm 1,8$ 2,27–16,1 (31,7%)	$4,71 \pm 0,8$ 1,5–17,9 (36,3%)	$5,31 \pm 1,13$ 0,9–8,54 (14,7%)	$7,3 \pm 1,0$ 1,5–15 (32,8%)	$9,11 \pm 1,4$ 4,5–21,2 (28,3%)	$11,5 \pm 1,8,3$ 5,6–18,3 (31,7%)

Несомненно, все изменения структурных компонентов способствуют адаптации организма к стрессовому состоянию, вызванному аномальной жарой. В печени карповых отмечены признаки как физиологической адаптации (изменение диаметра кровеносных сосудов и просвета портальных трактов), так и морфологической адаптации (изменение размеров гепатоцитов, количества ядер, ядрышек и т.д.).

Выводы

1. Сравнительный анализ патологических изменений ткани печени у карповых видов рыб под действием высоких температур показывает, что они большей частью стереотипны.
2. Адаптация к стрессовым ситуациям у рыб проходит через некроз печени, сопровождающийся кариопикнозом и кариолизисом, а дальнейшая нормализация функций – через снижение колебания морфометрических показателей структур печени.
3. Наиболее часто встречающимися патологическими изменениями печени карповых рыб являются нарушения микроциркуляции крови, деструкция паренхимы и жировая дистрофия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фишер А. Физиология и экспериментальная патология печени / пер. с нем. Будапешт, 1961. 260 с.
2. Бельчич Е.В. Гистоструктура печени производителей волжской севрюги // Вестник Астраханского государственного университета. 2007. Вып. 1. С. 184–186.
3. Новоселова Ю.В. Патология печени рыб как индикаторы экологического состояния среды обитания // Современные проблемы морской инженерной экологии : материалы Междунар. научн. конф. Ростов-на-Дону, 9–11 июня 2008. Ростов н/Д, 2008. С. 114–120.

4. Некрасов И.С., Пашина Л.С., Селюков А.Г. Морфофункциональные изменения печени сиговых в условиях реки Северная Сысьва в период летнего нагула // Вестник Тюменского государственного университета. 2014. № 12. Экология. С. 114–120.

5. Крючков В.Н. Эколого-морфологические особенности патологии и адаптации органов и тканей рыб при воздействии токсикантов : дис. ... д-ра биол. наук. Махачкала, 2004. 265 с.

6. Хэм А., Кормак Д. Гистология. Т. 4. М., 1983. 245 с.

7. Лаугусте К.Э. О гистологии печени леща и ее сезонной и полевой динамике: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тарту: Изд-во Тартусского ун-та, 1970. 19 с.

8. Салмова Н.А., Журавлева Н.Г. Морфологическое строение печени и поджелудочной железы молоди трески (*Gadus mortua* L.) // Вестник МГТУ. 2012. Т. 15, № 3. С. 551–558.

9. Ромейс В. Микроскопическая техника. М.: Изд-во иностр. лит., 1953. 718 с.

10. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1996. 374 с.

Поступила в редакцию 15.03.2022 г.

Принята к печати 26.06.2022 г.