

Особенности гистологического строения печени осетровых в искусственно созданных условиях выращивания в установках замкнутого водоснабжения

А. С. Кравченко✉, соискатель ученой степени кандидата наук

И. А. Ладыш, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

ФГБОУ ВО «Луганский государственный аграрный университет имени К.Е. Ворошилова»

291008, Луганская Народная Республика, г. Луганск, г.о. Луганский, р-н Артемовский, тер. ЛНАУ, д. 1

✉kravchenko.a.s@list.ru

Резюме. В статье рассматривается вопрос о важности разведения рыбы в контролируемых условиях для обеспечения продовольственной безопасности с акцентом на развитие индустриального рыбоводства в Луганской Народной Республике. Исследование направлено на изучение гистологических особенностей печени осетровых рыб, таких как бестер и стерлядь, и их адаптации к условиям выращивания в установках замкнутого водоснабжения. Методология исследования включала: анализ физико-химического состава воды – таких показателей, как температура, содержание растворенного кислорода, нитратов, хлоридов, сульфатов и жесткость, pH и концентрация углекислоты; динамику массы тела и печени; гистологический анализ печени, с использованием морфометрических измерений гепатоцитов и их ядер, а также количество гепатоцитов и их ядер на единицу площади, кроме того определяли гепатосоматический индекс. Качество воды в установках замкнутого водоснабжения соответствует рыбоводно-биологическим нормам, что способствует здоровому росту рыбы. Выявлена заметная тенденция у бестера к увеличению по весу с органами; по весу без органов и по массе печени, по сравнению с представителями стерляди, что указывает на более эффективное усвоение питательных веществ и генетические особенности данного вида. Сравнительный анализ морфометрических параметров гепатоцитов выявил значительные отличия между бестером и стерлядью по таким показателям, как диаметр гепатоцита и площадь его ядра, что может свидетельствовать о более эффективном усвоении питательных веществ и указывает на хорошие адаптационные способности бестера к искусственно созданным условиям среды в сравнении со стерлядью. Гепатосоматический индекс также был выше у бестера, что указывает на более активные физиологические процессы, протекающие в организме рыбы. Полученные данные могут быть полезны для разработки и совершенствования способов разведения и содержания осетровых и как результат – улучшения показателей, определяющих их биолого-хозяйственные характеристики. Исследования подчеркивают необходимость дальнейшего изучения адаптивных механизмов осетровых рыб в условиях аквакультуры для повышения эффективности их разведения и обеспечения продовольственной безопасности региона.

Ключевые слова: адаптация, рыба, аквакультура, печень, гепатоциты, ядро.

Для цитирования: Кравченко А. С., Ладыш И. А., Особенности гистологического строения печени осетровых в искусственно созданных условиях выращивания в установках замкнутого водоснабжения // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. №3 (71). С. 190-196. doi:10.18286/1816-4501-2025-3-190-196

Histological features of sturgeon liver in artificially created rearing conditions in recirculating aquaculture systems

A. S. Kravchenko✉, I. A. Ladysh

FSBEI HE Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Lugansk State Agrarian University named after K. E. Voroshilov

291008, Lugansk People's Republic, Lugansk, Lugansk Urban District, Artemovsky District, LNAU Territory, Building 1

✉kravchenko.a.s@list.ru

Abstract. This article examines the importance of fish farming under controlled conditions to ensure food security, with an emphasis on the development of industrial fish farming in the Luhansk People's Republic. The study aims to examine the histological features of the liver of sturgeon species, including bester and sterlet and their adaptation to rearing conditions in recirculating aquaculture systems. The study methodology included: analysis of the physicochemical composition of water, including temperature, dissolved oxygen content, nitrates, chlorides, sulfates, and hardness, pH, and carbon dioxide concentration; body and liver weight dynamics; histological analysis of the liver, using morphometric measurements of hepatocytes and their nuclei, as well as the number of hepatocytes and their nuclei per unit area; and determination of the hepatosomatic index. The results indicate that the water quality in recirculating aquaculture systems meets fish farming and biological standards, which promotes healthy fish growth. A significant tendency for bester

to increase in weight with organs, weight without organs, and liver weight was revealed, compared to sterlet representatives, indicating more efficient nutrient absorption and the genetic characteristics of this species. A comparative analysis of hepatocyte morphometric parameters revealed significant differences between bester and sterlet, including hepatocyte diameter and nuclear area. This may indicate more efficient nutrient absorption and indicates the bester's greater adaptability to artificially created environmental conditions compared to sterlet. The hepatosomatic index was also higher in bester, indicating more active physiological processes occurring in the fish's body. The data obtained may be useful for developing and improving sturgeon breeding and husbandry methods, thereby improving the indicators that determine their biological and economic characteristics. The research highlights the need for further study of sturgeon adaptive mechanisms in aquaculture to improve the efficiency of their breeding and ensure food security in the region.

Keywords: adaptation, fish, aquaculture, liver, hepatocytes, nucleus

For citation: Kravchenko A. S., Ladysh I. A. Histological features of sturgeon liver in artificially created rearing conditions in recirculating aquaculture systems // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2025;3(71): 190-196 doi:10.18286/1816-4501-2025-3-190-196

Введение

На сегодняшний день разведение рыбы в контролируемых условиях стало неотъемлемой частью деятельности предприятий агропромышленного комплекса и играет ключевую роль в решении продовольственных и социально-экономических задач, которые поставлены перед народным хозяйством. Осетроводство и форелеводство в Луганской Народной Республике представляет собой важный сектор аквакультуры, который стремится развивать местное производство рыбы и улучшать продовольственную безопасность региона [1, 2].

Следует отметить, что выращивание осетровых рыб в промышленных условиях при высокой плотности посадки приводит к увеличению уровня загрязнения и росту численности условно патогенных и патогенных микроорганизмов в искусственных водоемах, что приводит к ухудшению их общего состояния, и возникает необходимость разработки и внедрения профилактических методов борьбы с патогенной микрофлорой [3].

Печень является органом, наиболее подверженным негативным воздействиям окружающей среды и играет ключевую роль в поддержании гомеостаза организма, а также является «химической лабораторией тела» по образному выражению Н. С. Строганова [4, 5]. Это и детоксикация экзо- и эндотоксинов, синтез белков, метаболизм углеводов и липидов, а также участие в иммунных реакциях, регуляция уровня глюкозы в крови и образование желчи, делает ее важным органом для поддержания общего здоровья и функционального состояния организма человека и животных [6, 7].

Цель работы – изучить гистологические особенности печени осетровых, определяющих уровень ее адаптации к искусственно созданным условиям выращивания в установках замкнутого водоснабжения.

Материалы и методы

Научное исследование выполнено сотрудниками ФГБОУ ВО Луганский ГАУ в рамках научной тематики «Пути повышения эффективности использования природно-ресурсного и научно-технического потенциала в обеспечении экологической безопасности и развитии народно-хозяйственного комплекса региона» и проведено на базе лаборатории гидроэкологии и

гидробиологии кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «ДонГТУ», которая оборудована действующими мини-установками замкнутого водоснабжения, предназначенными для изучения различных аспектов разведения рыб. Определение физико-химического состава воды проводили по следующим показателям: температура; содержание кислорода, нитратов, хлоридов, сульфатов; величина pH; концентрация углекислоты. После отлова провели взвешивание осетровых рыб (стерлядь и бестер), а также их печени на электронных весах с точностью 0,1 г. Печень поместили в 10 % раствор нейтрального формалина для дальнейшего гистологического анализа [8]. Для исследования каждый образец подвергали обработке, в результате чего было изготовлено по шесть срезов, что позволило проанализировать строение печени бестера и стерляди на тканевом уровне с использованием морфометрического комплекса (световой микроскоп Olympus CX-41, цифровая фотокамера Olympus SP 500UZ, компьютер с набором специализированных программ). Микроморфометрическая характеристика включала измерение диаметра и площади гепатоцитов и их ядер, а также количество гепатоцита и их ядер на единицу площади. Была посчитана площадь цитоплазмы как разница между площадью клетки и площадью её ядра. Для определения ядерно-цитоплазматического соотношения (ЯЦО) вычисляли отношение площади ядра к площади цитоплазмы.

Обработка полученных данных была проведена с использованием программного обеспечения «StatSoft Statistica v6.0». Для оценки статистической значимости установленных различий был использован критерий Стьюдента-Фишера ($P \geq 0,99$).

Результаты

Качество воды в УЗВ прежде всего зависит от применяемой технологии выращивания гидробионтов и эффективности работы системы очистки. Условия выращивания бестера и стерляди можно описать следующими характеристиками. Установка замкнутого водоснабжения работает в автономном режиме. В ее состав входит бассейн диаметром 3 м и высотой 0,75 м. Она оснащена системой очистки оборотной воды, включающей в себя механический фильтр, биофильтр, вермифильтр и гидропонный модуль. Для очистки воды используются две емкости объемом 0,75 м³,

оборудованные под биофильтры с плавающей пластиковой загрузкой, керамзитом и биоплато с высшими водными растениями (ряска). В гидропонике высажены листья салата, рукола, базилик, шпинат и сельдерей. Температура в помещении регулируется при помощи обогревателя УФО (в зимнее время) и кондиционера (в летнее время). Циркуляция воды осуществляется при помощи двух насосов, аэрация воды – принудительная [9]. В процессе выращивания рыбы происходят естественные процессы накопления продуктов биологической очистки, которые, в определенных пределах не оказывают отрицательного воздействия на рост и развитие выращиваемых гидробионтов. Основными аспектами качественной обработки воды являются рециркуляция, фильтрация и химическая обработка. Анализ физико-химических показателей воды показал, что установленные значения температуры (20°C) входили в диапазон 19...23 °C и соответствовали принятой технологической норме. Содержание растворенного кислорода – ключевой фактор, влияющий

на жизнедеятельность рыб. По данным литературы, минимально допустимая концентрация кислорода в воде – 4 мг/дм³. Согласно нашим данным, содержание кислорода в УЗВ было у нижней границы (4,1 мг/л) и гибели гидробионтов не наблюдали. Значение pH в течение всего периода исследования находилось в пределах оптимального диапазона 6,8...7,2 условных единиц. Концентрация углекислоты (22 мг/л) не превышала допустимую норму (25 мг/л). Уровень окисляемости не превышал максимальное значение 10 мг/дм³. Содержание нитратов, хлоридов, сульфатов и жесткости воды было выше нормы, однако их значения не повлияли на устойчивость рыб к неблагоприятным факторам окружающей среды и патогенным микроорганизмам [10, 11, 12, 13]. Следует отметить, что по многим физико-химическим показателям вода в бассейне отвечала рыбоводно-биологическим нормам для УЗВ (ОСТ 15-372-87), и ее качество соответствовало требованиям, предъявляемым для выращивания гидробионтов.

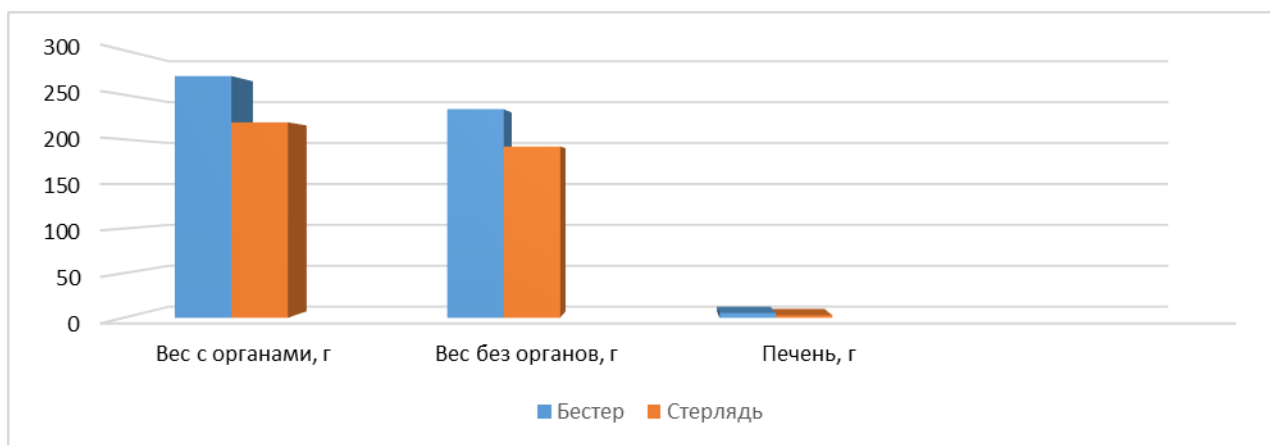


Рис. 1. Показатели массы тела и печени осетровых

Анализ данных, представленных на диаграмме (рис. 1), позволил выделить заметную тенденцию к увеличению всех показателей у особей бестера – по весу с органами в 1,24 раза; по весу без органов в 1,21 раза и по массе печени – в 2 раза, по сравнению с представителями стерляди, что указывает на более эффективное усвоение питательных веществ и генетические особенности данного вида, полученного Н. И. Николукиным и Н. А. Тимофеевой в Тепловском рыбопитомнике Саратовской области в результате искусственного скрещивания самки белуги с самцом стерляди (*Huso huso* × *Acipenser ruthenus*).

Гепатосоматический индекс, который отражает экологические характеристики жизни рыб, а также в меньшей мере их организационный уровень, был выше у бестера (2,31) в 1,6 раза по сравнению с таковым у стерляди (1,43), что может свидетельствовать о более активных физиологических процессах и лучшей приспособленности к среде обитания гидробионтов [14].

У осетровых рыб печень начинает формироваться в личиночном периоде на 35-й стадии

развития, представляя собой выпячивание ventральной стенки первичной кишки, которое называется печеночным дивертикулумом. На десятый день активного питания в печени наблюдается экстраваскулярное кроветворение, которое характеризуется образованием кровяных клеток вне сосудистой системы. Интенсивность этого процесса постепенно уменьшается по мере дальнейшего развития и формирования печени [15, 16].

Проведенный гистологический анализ гепатцитов осетровых рыб, а именно бестера и стерляди (рис. 2, рис. 3) показал, что паренхима органа образована узкими балками, сформированными отходящими от центральной вены радиальными тяжами гепатоцитов, цитоплазма которых умеренно ацидофильная и содержит мелкие вакуоли [17, 18]. Ядра гепатоцитов округлые, с отчетливо визуализирующимся ядрышком в центре и глыбками хроматина [19]. При микроморфометрической оценке печени осетровых основными параметрами являлись: диаметр, площадь ядра и гепатоцита.

Таблица 1. Микроморфометрические параметры печени осетровых

Параметр	Осетровые	
	бестер	стерлядь
Количество гепатоцитов, шт/мм ²	123,33±3,11	123,83±6,41
Количество ядер, шт/мм ²	114,83±4,13	117,50±7,69
Диаметр клетки, мкм	27,68±0,96*	21,91±1,04
Диаметр ядра, мкм	8,42±0,23	8,79±0,26
Площадь клетки, мкм ²	683,33±57,28	758,68±61,99
Площадь ядра, мкм ²	67,56±3,43	81,39±2,60*
ЯЦО	0,12±0,01	0,13±0,01

Примечание: *при – $P \geq 0,99$

Анализируя данные таблицы 1, по количеству гепатоцитов и их ядер на единицу площади достоверных различий не установлено. Так, у стерляди количество гепатоцитов и ядер на 0,4 % и 2,33 % больше, чем у стерляди соответственно.

Диаметр гепатоцитов бестера был больше на 26,33 % ($P \geq 0,99$), чем аналогичный показатель у стерляди, что может быть связано с его формой и особенностями метаболизма. Разница в диаметре ядер гепатоцитов стерляди и бестера достоверно не подтверждена (4,39 %), однако она может свидетельствовать о различиях в генетической активности и потребностях в синтезе белков между этими видами.

Площадь гепатоцитов бестера меньше по сравнению со стерлядью на 11,03 % при уровне значимости ($P \leq 0,95$), достоверных результатов не выявлено,

что может быть связано с особенностями адаптации к различным условиям среды и специфическими метаболическими процессами в гепатоцитах печени у гибридов. Площадь ядер гепатоцитов стерляди на 20,47 % ($P \geq 0,99$) больше, чем у представителей бестера, они могут указывать на более активные метаболические процессы, требующие интенсивного синтеза РНК и белков в гепатоцитах стерляди. Разница значений ядерно-цитоплазматического отношения по гепатоцитам печени у бестера и стерляди составило 8,33 %. Это соотношение отражает баланс между ядерным и цитоплазматическим содержанием клеток и может служить индикатором клеточной активности и функционального состояния, где высокое ядерно-цитоплазматическое отношение может указывать на активные процессы деления и метаболизма [20].

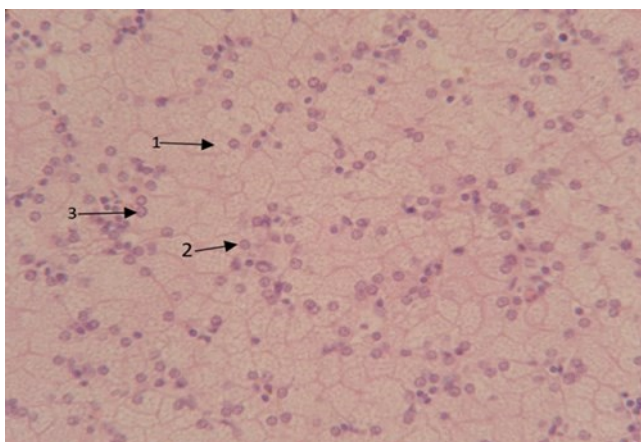


Рис. 2. Печень бестера. Окраска: гематоксилин-эозин. Приближение: Zoom 18,5. Объектив Plan 40x. 1 – гепатоциты, 2 – ядро, 3 – ядрышко

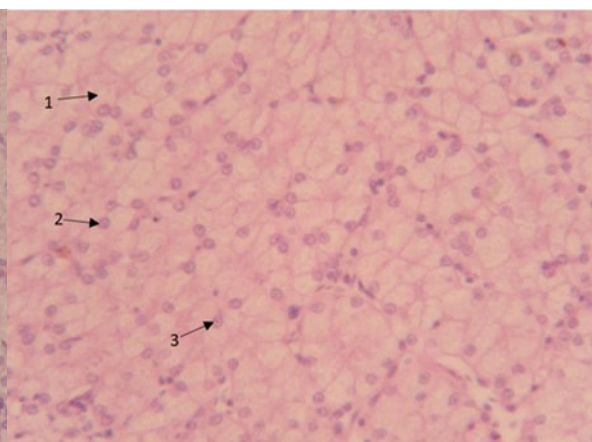


Рис. 3. Печень стерляди. Окраска: гематоксилин-эозин. Приближение: Zoom 18,5. Объектив Plan 40x. 1 – гепатоциты, 2 – ядро, 3 – ядрышко

Обсуждение

Сопоставляя собственные и немногочисленные научные данные об особенностях гистологического строения печени осетровых, выращиваемых в искусственно созданных условиях, можно заключить, что установленные морфометрические различия между гепатоцитами печени у бестера и стерляди могут служить индикаторами их адаптивных способностей к искусственным условиям, а также отражать различия в метаболических процессах, происходящих в печени этих видов [14, 15, 16].

Увеличение массы бестера по сравнению со стерлядью свидетельствует о более эффективном усвоении рыбой питательных веществ и также может коррелировать с генетическими особенностями, проявившимися в результате скрещивания, что открывает новые горизонты для селекционной работы в области аквакультуры.

Установленный высокий гепатосоматический индекс у бестера указывает на более активные физиологические процессы и подтверждает тот факт, что бестер хорошо адаптирован к условиям высокоплотного разведения.

Качество воды в УЗВ является ключевым фактором, влияющим на здоровье рыб [10, 11, 13]. Большинство физико-химических показателей оборотной воды соответствовали установленным нормам, однако наличие высоких уровней нитратов и других загрязняющих веществ подчеркивает необходимость постоянного мониторинга и улучшения систем очистки.

Гистологический анализ печени показал, что паренхима органа у обоих видов формируется на ранних стадиях развития, однако различия в морфометрии гепатоцитов могут указывать на различные метаболические потребности и связаны с активностью протекания иммунного ответа и детоксикационных процессов, происходящих в печени. Ядерно-цитоплазматическое отношение, которое было немного ниже у бестера, возможно, указывает на менее активные процессы деления клеток. Понимание этих различий поможет и ученым, и практикам в разработке более эффективных методов управления условиями аквакультуры и будет способствовать улучшению здоровья рыбы.

Результаты представленной научной работы подчеркивают значимость продолжения данных исследований, направленных на оптимизацию условий разведения осетровых рыб в УЗВ. Углубленное понимание морфофизиологических и биохимических процессов, происходящих в печени рыбы, направлено в первую очередь на разработку более эффективных методов выращивания гидробионтов, что в конечном итоге приведет к улучшению продовольственной безопасности и устойчивому развитию сектора аквакультуры в Луганской Народной Республике.

Заключение

Проведенные исследования выявили достоверные морфометрические отличия в гепатоцитах бестера и стерляди, а именно диаметр клетки бестера больше на 26,33 %, но уступает стерляди по площади ядер на 20,47 %, что указывает на особенности их адаптации к искусственно созданным условиям среды и метаболическим потребностям организма.

Литература

1. Особенности гистоморфологических изменений печени осетровых рыб при использовании гепатопротекторов в составе продукционных кормов / А. А. Абрамов, М. П. Семененко, Е. А. Максим и др. // Аграрный вестник Северного Кавказа. 2023. № 3 (51). С. 4-9.
2. Разводят форель и осетра: в ЛНР можно купить свежую рыбу, выращенную местными фермерами [Электронный ресурс]. URL: <https://www.lugansk.kp.ru/daily/27659/5047764/> (дата обращения: 06.04.2025).
3. Способ выращивания молоди осетровых рыб с использованием пробиотиков / Е. А. Максим, Н. А. Юрина, Д. А. Юрин и др. // Вестник КамчатГТУ. 2017. № 40. С.67-76.
4. Сергеева Н. П. Динамика массы и индексов печени тресковых рыб Восточной Камчатки в связи с созреванием гонад // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2020. № 59. С. 5-26.
5. Морфофункциональное состояние печени маточного стада карпа обыкновенного (*Cyprinus carpio*) в период нереста / Е. В. Михайлов, Ю. О. Пономарева, В. И. Моргунова и др. // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. 2022. № 58 (4). С. 148-153.
6. Гепатосоматический индекс осетра, белуги и севрюги в речной период жизни / Ф. Н. Динь, В. М. Распопов, В. В. Барабанов и др. // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2013. № 1. С. 154-161.
7. Влияние микотоксина "ДОН" на структурную организацию печени карпа обыкновенного / Е. В. Михайлов, Б. В. Шабунин, К. О. Копытина и др. // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. 2022. № 58 (1). С. 106-109.
8. Микодина Е. В., Седова М. А., Чмилевский Д. А. Гистология для ихтиологов: опыт и советы. М.: Изд-во ВНИРО. 2009. 112 с.
9. Установка замкнутого водообеспечения для экспериментальной работы с комбикормами / А. Ю. Медведев, П. П. Быкадоров, И. П. Одинцов, и др. // Агротехнологии XXI века: стратегия развития, технологии, инновации: Материалы Международной конференции. В 3-х частях, Пермь, 11–15 ноября 2024 года. – Пермь: ИПЦ Прокрость. 2024. С. 79-85.
10. Кравченко А. С., Ладыш И. А., Дубовик И. А. Оценка физико-химических показателей воды и мяса осетровых, выращенных в установке замкнутого водоснабжения // Актуальные проблемы биоразнообразия и природопользования: сборник трудов по материалам III Национальной научно-практической конференции, Керчь, 14–15 мая 2024 года. Керчь: ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2024. С. 189-197.
11. Влияние состава кормов на качество воды в бассейновой аквакультуре *Clarias Gariepinus* / Э. Р. Камалетдинова, О. С. Шумихина, Е. М. Романова и др. // Научная интеграция: Сборник научных трудов, Москва, 01–29 января 2016 года. Москва: Научный центр "Олимп". 2016. С. 954-956.

12. Liver condition and blood biochemical value of sturgeon fish when fed combined feed with increased fat content / D.V. Osepchuk1, N.A. Yurina1, D.A. Yurin. *Journal of Livestock Science*. 2021. №12. Pp. 312. doi. 10.33259/JLivestSci.2021.312-316.
13. Вавина О. В., Медова Е. В., Горин М. А. Ветеринарно-санитарная экспертиза осетровых рыб и оценка качества воды в условиях УЗВ ООО «Мулинское рыбоводное хозяйство» // Актуальные вопросы аграрной науки и практики. 2025. С. 221.
14. Кравченко, А. С., Ладыш И. А. Сравнительная характеристика печени представителей осетровых, выращенных в установках замкнутого водоснабжения // Аграрная наука в обеспечении продовольственной безопасности и развитии сельских территорий: Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции, Луганск, 21 января – 06 2025 года. – Луганск: Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования "Луганский государственный аграрный университет имени К.Е. Ворошилова". 2025. С. 93-94.
15. Валова В. Н. Физиологическое состояние молоди амурских осетровых рыб, выращиваемых в условиях лососевого рыбоводного завода // Известия ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра). 2011. № 167. С. 207-222.
16. Ложниченко О. В. Федорова Н. Н. Характеристика гепато-латерального типа кроветворения у осетровых рыб в раннем онтогенезе // Нефтегазовые технологии и экологическая безопасность. 2008. № 3. С. 56-60.
17. Игнатьева М. В., Тыхеев А. А., Жамсаранова С. Д. Оценка морфофункционального состояния печени и почек байкальского омуля разных возрастных групп // Вестник КрасГАУ. 2023. № 1 (190). С. 109-118.
18. Игнатьева М. В. Морфофункциональное состояние клеток печени и почек байкальского омуля в условиях воздействия негативных факторов окружающей среды // Всероссийская конференция-конкурс молодых исследователей "Агробιοинженерия – 2022": Сборник статей, Москва, 01 февраля – 30 2022 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева. 2022. С. 312-317.
19. Особенности морфологических изменений клеток печени нерестовых омулей разной степени зараженности гельминтами d. Dendriticum / А. А. Тыхеев, С. Д. Жамсаранова, Ю. С. Путункеева и др. // Вестник ВСГУТУ. 2020. №3 (78). С. 35-44.
20. Арешидзе Д. А. Механизмы поддержания и изменений формы и размеров клеточного ядра (обзор) // Морфологические ведомости. 2022. № 30 (3). С. 73-80.

References

1. Histomorphological changes in sturgeon liver with the use of hepatoprotectors in production feed / A. A. Abramov, M. P. Semenenko, E. A. Maxim, et al. // *Agrarian Vestnik of the North Caucasus*. 2023. No. 3 (51). P. 4-9.
2. Trout and sturgeon are bred: in the LPR, you can buy fresh fish raised by local farmers [Electronic resource]. URL: <https://www.lugansk.kp.ru/daily/27659/5047764/> (accessed: 06.04.2025).
3. Method of growing sturgeon juveniles using probiotics / E. A. Maxim, N. A. Yurina, D. A. Yurin, et al. // *Vestnik of KamchatSTU*. 2017. No. 40. P. 67-76.
4. Sergeeva N. P. Dynamics of the mass and indices of the liver of cod fishes of Eastern Kamchatka in connection with the maturation of the gonads // *Studies of aquatic biological resources of Kamchatka and the northwestern part of the Pacific Ocean*. 2020. No. 59. P. 5-26.
5. Morphofunctional state of the liver of the broodstock of common carp (*Cyprinus carpio*) during the spawning period / E. V. Mikhailov, Yu. O. Ponomareva, V. I. Morgunova, et al. // *Scientific notes of the educational institution Vitebsk Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine*. 2022. No. 58 (4). P. 148-153.
6. Hepatosomatic index of sturgeon, beluga and stellate sturgeon in the river period of life / F. N. Din, V. M. Raspopov, V. V. Barabanov, et al. // *Vestnik of the Astrakhan State Technical University. Series: Fisheries*. 2013. No. 1. P. 154-161.
7. The effect of the mycotoxin "DON" on the structural organization of the common carp liver / E. V. Mikhailov, B. V. Shabunin, K. O. Kopytina, et al. // *Scientific notes of the educational institution Vitebsk Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine*. 2022. No. 58 (1). P. 106-109.
8. Mikodina E. V., Sedova M. A., Chmylevsky D. A. *Histology for ichthyologists: experience and advice*. Moscow: VNIRO Publishing House. 2009. 112 p.
9. Installation of a closed water supply system for experimental work with compound feed / A. Yu. Medvedev, P. P. Bykadorov, I. P. Odintsov, et al. // *Agrotechnologies of the 21st century: development strategy, technologies, innovations: Proceedings of the International Conference*. In 3 parts, Perm, November 11–15, 2024. Perm: IPC Prokrost. 2024. P. 79–85.
10. Kravchenko A. S., Ladysh I. A., Dubovik I. A. Assessment of physicochemical parameters of water and meat of sturgeons grown in a recirculating aquaculture system // *Actual problems of biodiversity and nature management: collection of papers based on the materials of the III National scientific and practical conference, Kerch, May 14-15, 2024*. Kerch: Kerch State Marine Technological University, 2024. P. 189-197.

11. The influence of feed composition on water quality in basin aquaculture of *Clarias Gariepinus* / E. R. Kamaletdinova, O. S. Shumikhina, E. M. Romanova, et al. // Scientific integration: Collection of scientific papers, Moscow, January 1-29, 2016. Moscow: Scientific Center "Olimp". 2016. P. 954-956.
12. Liver condition and blood biochemical value of sturgeon fish when fed combined feed with increased fat content / D.V. Osepchuk¹, N.A. Yurina¹, D.A. Yurin. Journal of Livestock Science. 2021. No. 12. P. 312. doi. 10.33259/JLivest-Sci.2021.312-316.
13. Vavina O. V., Medova E. V., Gorin M. A. Veterinary and sanitary examination of sturgeon and assessment of water quality in the RAS conditions of the Mulinskoye Fish Farm LLC // Current issues of agricultural science and practice. 2025. P. 221.
14. Kravchenko, A. S., Ladysh I. A. Comparative characteristics of the liver of sturgeon representatives grown in recirculating aquaculture systems // Agricultural science in ensuring food security and developing rural areas: Collection of materials of the VI International scientific and practical conference: Lugansk, January 21 – June 6, 2025. – Lugansk: Federal State Educational Institution of Higher Education "Lugansk State Agrarian University named after K.E. Voroshilov". 2025. P. 93-94.
15. Valova V. N. Physiological state of juvenile Amur sturgeon fish grown in a salmon hatchery // Izvestiya TINRO (Pacific Scientific Research Fisheries Center). 2011. No. 167. P. 207-222.
16. Lozhnichenko O. V. Fedorova N. N. Characteristics of the hepatolateral type of hematopoiesis of sturgeon fish in early ontogenesis // Oil and Gas Technologies and Environmental Safety. 2008. No. 3. P. 56-60.
17. Ignatyeva M. V., Tykheev A. A., Zhamsaranova S. D. Assessment of the morphofunctional state of the liver and kidneys of Baikal omul of different age groups // Vestnik of KrasSAU. 2023. No. 1 (190). P. 109-118.
18. Ignatyeva M. V. Morphofunctional state of liver and kidney cells of Baikal omul under the influence of negative environmental factors // All-Russian conference-competition of young researchers "Agrobioengineering - 2022": Collection of articles, Moscow, February 01 - 30, 2022. Moscow: Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev. 2022. P. 312-317.
19. Features of morphological changes in liver cells of spawning omul with varying degrees of infection with helminths d. *Dendriticum* / A. A. Tykheev, S. D. Zhamsaranova, Yu. S. Putunkeeva, et al. // Vestnik of VSGUTU. 2020. No. 3 (78). P. 35-44.
20. Areshidze D. A. Mechanisms of maintaining and changing the shape and size of the cell nucleus (review) // Morphological Vedomosti. 2022. No. 30 (3). P. 73-80.