

ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ ГИДРОБИОНТОВ

DOI: 10.24143/2073-5529-2018-4-117-131
УДК 639.371.2.07.053.1:556.531.4.001.57

Г. Ф. Металлов, Е. Н. Пономарева, В. А. Григорьев, А. В. Дубовская,
П. П. Гераскин, О. А. Левина, М. Н. Сорокина

ВЛИЯНИЕ ИНЪЕКЦИЙ СУРФАГОНА НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КРОВИ И СТРУКТУРНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЯИЧНИКОВ САМОК ГИБРИДА РУССКИЙ ОСЕТР × ЛЕНСКИЙ ОСЕТР (*ACIPENSER GUELLENSTAEDTII* BRANDT, 1833 × *ACIPENSER BAERII* BRANDT, 1869) В УСЛОВИЯХ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА ВЫРАЩИВАНИЯ¹

Особым направлением в технологии воспроизводства рыб является использование замкнутого цикла водоснабжения, что позволяет создавать оптимальные гидролого-гидрохимические параметры для конкретного вида рыб независимо от условий внешней среды. Однако в процессе установления связи с новыми модифицирующими факторами внешней среды (искусственно созданные условия) может нарушаться общая направленность обмена веществ или отдельных биохимических реакций, в частности генеративного обмена. Установлено, что динамика биохимических показателей крови и мочи характеризует интенсивность и направленность генеративного обмена и позволяет оценить вероятность структурных преобразований яичников рыб. Анализ влияния синтетического аналога гормона люлиберина – сурфагона – на самок гибрида русский осетр × ленский осетр (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt, 1833 × *Acipenser baerii* Brandt, 1869), отличающихся низкой упитанностью, выявил стимуляцию обменных процессов. За период исследования низкий уровень белка (16,0–28,0 г/л) под воздействием сурфагона увеличивается на 35,0–38,0 %. При этом на протяжении всего эксперимента у рыб опытных и контрольной групп наблюдался высокий уровень бета-липопротеидов. Под воздействием препарата уровень бета-липопротеидов увеличился на 58,0 и 61,0 % при введении сурфагона в дозах 0,2 мкг/кг и 2,0 мкг/кг соответственно. Аналогичная тенденция наблюдалась при исследовании предшественника гормонов – холестерина. Под действием сурфагона в различных дозировках отмечается его увеличение с 1,3 г/л до 2,2–2,3 г/л. Таким образом, группы рыб, которым выполнялись инъекции сурфагона, имели определенный тип биохимического статуса и при низком уровне материально-энергетических ресурсов реагировали на гормональную стимуляцию. При этом гистологические исследования не выявили кардинальных изменений морфологии гонад.

Ключевые слова: установки замкнутого цикла выращивания, осетровые, биохимические показатели, осмоляльность, гормоны, генеративный обмен.

Введение

Выращивание объектов аквакультуры в установках с замкнутым циклом водоснабжения считается наиболее прогрессивной рыбоводной технологией [1, 2]. В то же время изъятие любого животного из привычной системы экологических параметров и помещение его в искусственно созданные условия может нарушать общую направленность обмена веществ или отдельных биохимических реакций в процессе установления связи с новыми модифицирующими факторами внешней среды [3].

Показано, что в природных условиях функциональное состояние осетровых рыб строго подчиняется сезонным изменениям параметров водной среды и колебаниям массы кормовых

¹ Работа выполнена на уникальной научной установке № 73602 ФГБУ «Южный научный центр Российской академии наук» в рамках госконтракта, № государственной регистрации 01201354245.

ресурсов [4]. У осетровых, содержащихся в установках замкнутого водообеспечения (УЗВ) при интенсивном кормлении и постоянной температуре, происходит излишняя аккумуляция в гонадах липидных компонентов, что препятствует их нормальному созреванию. Для изменения динамики обменных процессов в нужном направлении в УЗВ понижают температуру воды [5–8].

В контексте этих работ для определения начала корректировки направленности метаболических процессов в целом и репродуктивного цикла сельскохозяйственных животных в частности уже давно используются биохимические показатели крови [9]. Однако методология применения биохимических показателей в целях управления процессом накопления и расходования материально-энергетических ресурсов для инициирования процесса созревания осетровых рыб в искусственных условиях продолжает оставаться предметом активных поисковых исследований [5, 10].

Ряд авторов для изучения активности метаболических процессов у рыб в период созревания гонад в природных условиях и при использовании в рыбоводном процессе исследовали показатели крови, характеризующие жировой, белковый и окислительный обмен [5, 10, 11]. Исследовалась вариабельность активности половых гормонов [12–15].

Скорость оседания эритроцитов (СОЭ), являясь неспецифическим физиологическим показателем, неоднозначно реагирует на репродуктивный цикл. Ранее был установлен диапазон вариабельности СОЭ – 2,0–4,0 мм/ч. Общими направлениями динамики СОЭ являются ее увеличение в процессе созревания рыб и снижение при окончательном созревании [5, 10, 16, 17].

Индикатором активности метаболических процессов в организме рыб является гемоглобин. Концентрация гемоглобина в крови осетровых варьировала в пределах 50,0–80,0 г/л. В период роста ооцитов его концентрация в крови возрастает, снижаясь на этапе завершения этого процесса. Низкое содержание гемоглобина в активной фазе формирования половых продуктов свидетельствует о нарушении генеративного обмена [5, 10, 18–22].

Важнейшим показателем функционального состояния рыб является сывороточный белок. Общий диапазон вариабельности сывороточного белка у осетровых находится в пределах 28,0–40,0 г/л. У самок осетровых, используемых в рыбоводных целях, при низком проценте оплодотворения икры или индифферентности по отношению к гипофизарной инъекции концентрация белка в крови высокая, что указывает на незавершенность процесса созревания. Патологически низкое содержание белка в крови свидетельствует об истощении рыб [5, 10, 18–22].

Развитие ооцитов проходит несколько стадий вителлогенеза. Предшественник основных компонентов желтка, липофосфопроteid (вителлогенин) синтезируется гепатоцитами печени и транспортируется кровью в ооциты [23–26]. В ходе миграции осетровых рыб на нерест уровень бета-липопротеидов, а параллельно и холестерина в крови, повышается. Общий диапазон вариабельности липопротеидов у осетровых – 2,0–10,0 г/л; холестерина 1,0–2,8 ммоль/л. Высокая вариабельность бета-липопротеидов и холестерина в преднерестовый период свидетельствует о значительной степени их использования в процессе формирования гонад [5, 10, 16–19, 22, 27–29].

Исследование водно-солевого обмена у осетровых рыб показало, что естественное созревание гонад вызывает у них изменения регуляции метаболизма воды и электролитов. Под действием стероидных гормонов уменьшается реабсорбция натрия и хлора в почечных канальцах [30]. Гормональная стимуляция созревания осетровых рыб, используемых в рыбоводном процессе, приводит к перераспределению воды в их организме, при этом снижается осмоляльность крови и повышается осмоляльность мочи [10, 31].

Изучению механизмов, регулирующих функционирование генеративного обмена у рыб, посвящено значительное количество работ. Актуальным аспектом исследования репродуктивной физиологии рыб продолжает оставаться гормональная регуляция самых ранних фаз развития половых желез [12–13, 32–36].

Установлено, что репродуктивная функция рыб регулируется двумя гипофизарными гонадотропными гормонами ГТГ-I и ГТГ-II. Также показано, что ГТГ-I стимулирует развитие и функционирование соматической, а ГТГ-II – генеративной части гонады. Снижение чувствительности овариальных фолликулов к гормонам, наблюдаемое особенно в конце сезона размножения, четко коррелирует с изменениями в ультраструктуре клеток фолликулярного эпителия [34].

Предельно истощенные после нереста в природных условиях производители осетровых мигрируют в море и под действием всего спектра привычных для них экологических условий в определенный момент начинают вновь формировать половые продукты [4]. При содержании производителей осетровых и их гибридов в УЗВ подобных экологических условий нет и, прежде всего, отсутствуют сезонная цикличность и многообразие кормовых ресурсов. При постоянно высокой температуре и регулярном питании высококалорийным кормом осетровые по завершении генеративного процесса не истощены, как рыбы-мигранты, и не нуждаются в длительном периоде аккумуляции материально-энергетических ресурсов и гормонов гипоталамо-гипофизарной нейросекреторной системы для нового этапа процесса размножения рыб [35, 37, 38].

Ранее было показано, что процесс первичного созревания и длительность межнерестовых интервалов у осетровых рыб и их гибридов при выращивании в контролируемых условиях поддается управлению. Рилизинг-гормоны вентрального гипоталамуса, воздействуя на центральную нервную систему, гипофиз и комплекс висцеральных органов, инициируют нерестовое поведение, способствуют овуляции и спермации, а после завершения нереста участвуют в поддержании метаболического равновесия. Однако в контексте изложенного остается потребность верифицировать биохимические реакции и структурные преобразования яичников, которые происходят в организме гибридов осетровых, содержащихся в УЗВ, в самом начале цикла формирования половых продуктов, индуцированных градуальными инъекциями синтетического аналога гормона люлиберина – сурфагоном [35, 38].

Данное исследование посвящено изучению вариабельности биохимических показателей крови и мочи, характеризующих интенсивность и направленность генеративного обмена и соответствующих им структурных преобразований яичников, индуцированных сурфагоном, у самок русско-ленского осетра с низкой упитанностью.

Материалы и методы исследований

Исследование было выполнено в 2017 г. в лаборатории водных биоресурсов и аквакультуры на базе научно-экспедиционной базы «Кагальник» Южного научного центра РАН и инновационного центра «Биоаквапарк – научно-технический центр аквакультуры» Астраханского государственного технического университета. В качестве объекта исследования использованы половозрелые не нерестившиеся самки гибрида русский осетр × ленский осетр (далее русско-ленский осетр) в возрасте 5 лет средней массой 632 г, длиной 58,2 см и низкой упитанностью (по Фультону) 0,32 ед. [39]. Экспериментальную рыбу содержали в УЗВ с постоянным термическим и гидрохимическим режимом: температурой воды 22–24 °С, насыщением воды кислородом 70,0–80,0 %, значением рН 7,5–7,9.

До начала экспериментальных работ рыба длительное время содержалась в бассейне объемом 15 м³ с замкнутой системой водоснабжения совместно с крупными производителями осетровых. Температура воды в этом бассейне колебалась в пределах 10,0–21,0 °С. На фоне относительно низких температур, тотального дефицита корма и высокой плотности опытные рыбы не смогли реализовать соответствующие возрасту потенциальные возможности пластического и генеративного обмена. Известно, что в оптимальных температурных условиях (22,0–24,0 °С) и при соответствующем кормлении самки гибрида русско-ленского осетра в возрасте 5 лет могут впервые созреть и достигнуть средней массы 7 кг. При работе с осетрами в УЗВ прослеживается определенная связь периодичности размножения с размерами осетровых рыб [2, 38].

Исследование проводили в пластиковых бассейнах системы замкнутого водообеспечения (1 × 1 м) на трех группах рыб на протяжении 10 дней. Одна группа осетров выступала в качестве контрольной, две другие – опытных. Кормление осуществляли продукционным комбикормом фирмы «БИОМАР» № 3–4. Суточную норму кормления определяли в зависимости от массы тела и температуры воды по специальным кормовым таблицам [40]. Инъекцирование проводили через равные промежутки времени (табл. 1).

**Схема использования синтетического аналога
гормона люлиберина (сурфагон) в эксперименте**

Группа	Концентрация сурфагона, мкг/кг массы
Группа 1 (контроль)	–
Группа 2	0,2
Группа 3	2,0

Для анализа гематологических показателей кровь у рыб брали прижизненно из хвостовой вены с помощью медицинского шприца. Физиологическое состояние оценивали по содержанию в крови гемоглобина, СОЭ, сывороточного белка, бета-липопротеидов, холестерина. Концентрацию гемоглобина в крови определяли фотометрически с помощью набора реактивов фирмы «Агат-Мед» [41], СОЭ – по методу Панченкова, содержание сывороточного белка – с помощью рефрактометра ИРФ-22 [42, 43]. Уровень холестерина в крови оценивали энзиматическим методом с использованием набора реактивов фирмы «Ольвекс Диагностикум» [44], количество бета-липопротеидов – по методу Бурштейна [45]. Осмоляльность сыворотки крови и мочи определяли криоскопическим методом на осмометре ОСКР-1.

Анализ морфофункционального состояния половых желез проводился стандартными гистологическими методами [46]. Половые железы были зафиксированы в 10,0 % формалине. Для просмотра препаратов использовался микроскоп OLYMPUS BX40, а для изготовления микрофотографий – цифровая камера-окуляр для микроскопа DCM500.

Экспериментальный материал обработан вариационно-статистическими методами [47]. Анализ осуществляли с помощью критерия *t*-Стьюдента.

Результаты исследований

Исследование скорости оседания эритроцитов у всех экспериментальных групп русско-ленского осетра, включая инъекцированных сурфагоном, выявило высокую вариабельность СОЭ (рис. 1).

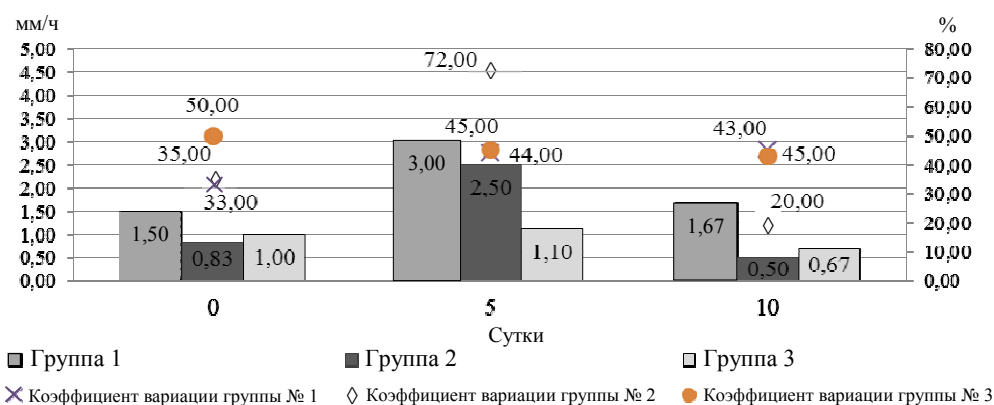


Рис. 1. Вариабельность СОЭ у русско-ленского осетра под влиянием инъекций сурфагона

Установленная ранее у других видов осетровых рыб тенденция к увеличению СОЭ при введении гормонов гипофиза и овуляции половых продуктов показана и у русско-ленского осетра, но она не подтверждена статистической достоверностью [17].

Прямо противоположно динамика СОЭ у русско-ленского осетра соотносилась с динамикой осмолальности сыворотки крови. В начале эксперимента ее величина снижалась, а затем увеличивалась у рыб как в контрольной, так и в опытных группах. После инъекции сурфагона в дозе 2,0 мкг/кг при аналогичной тенденции выявить достоверные различия не удалось (табл. 2).

Таблица 2

Вариабельность осмолальности сыворотки крови и мочи у русско-ленского осетра под влиянием инъекций сурфагона

Показатель	Период исследования, сут	Группа 1		Группа 2		Группа 3	
		<i>M ± m</i>	<i>V, %</i>	<i>M ± m</i>	<i>V, %</i>	<i>M ± m</i>	<i>V, %</i>
Сыворотка крови	0	254,00 ± 8,55*	5,00	260,00 ± 1,78**	1,00	258,00 ± 3,90	2,00
	5	196,00 ± 19,00*	13,00	233,00 ± 6,42**	6,00	234,00 ± 21,00	12,00
	10	261,00 ± 2,12*	2,00	256,00 ± 1,47**	1,00	252,00 ± 4,42	16,00
Моча	0	101,00 ± 13,47**	19,00	70,00 ± 24,50	49,00	102,00 ± 3,74**	5,00
	5	30,00 ± 3,54	17,00	75,00 ± 20,00	37,00	41,00 ± 1,48**	2,00
	10	30,00 ± 7,07**	33,00	33,30 ± 10,80	10,80	25,33 ± 9,1**	51,00

p* ≤ 0,01; *p* ≤ 0,001.

С высокой степенью достоверности у самок русско-ленского осетра снижалась осмолальность мочи. Противоположная тенденция выявлена ранее у самок гибрида стерлядь × белуга с высокими массовыми характеристиками. В процессе репродуктивного цикла у этих рыб осмолальность мочи росла параллельно увеличению степени зрелости половых продуктов и снижалась только после искусственной зимовки, т. е. после завершения репродуктивного цикла [17].

Таким образом, у самок русско-ленского осетра, не достигших к пятилетнему возрасту необходимых массовых характеристик, не выявлено очевидных признаков влияния сурфагона на динамику показателей, характеризующих водно-солевой обмен. Достоверная вариабельность характеризующих его показателей, вероятно, определилась комплексным воздействием всех факторов, включая исходное физиологическое состояние рыб и экологию окружающей среды.

У контрольной и опытных групп русско-ленского осетра, характеризующихся низкой упитанностью, концентрация гемоглобина в крови находилась в пределах нижней границы диапазона (50,0–80,0 г/л), установленного для рыб в процессе нерестовой миграции в природных условиях (рис. 2).

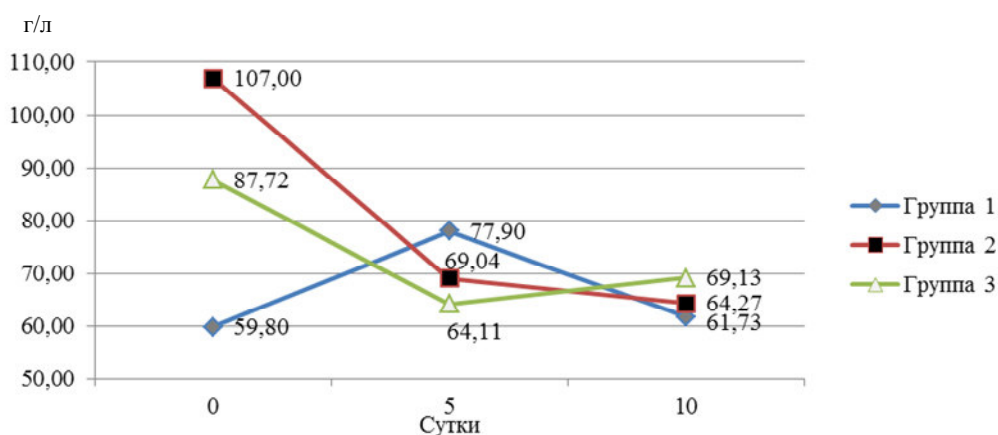


Рис. 2. Уровень гемоглобина у самок русско-ленского осетра под влиянием инъекций сурфагона

Ранее было показано, что у производителей осетровых рыб, выдерживаемых в искусственных условиях при нерестовых температурах, отмечается низкий уровень гемоглобина. Вероятно, в отсутствие миграционного периода потребность в дополнительной энергии у этих рыб снижается [5, 10, 21, 48, 50].

У самок гибрида стерлядь × белуга, ранее использованных в рыбоводном цикле и характеризующихся высокими массовыми характеристиками, выявлена аналогичная тенденция до начала искусственной зимовки. После зимовки уровень гемоглобина достоверно увеличивался в связи с потребностью в дополнительной энергии для окончательного завершения процесса формирования гонад [10].

У всех групп русско-ленского осетра, характеризующихся слабой упитанностью, выявлена исключительно низкая концентрация белка в крови (рис. 3).

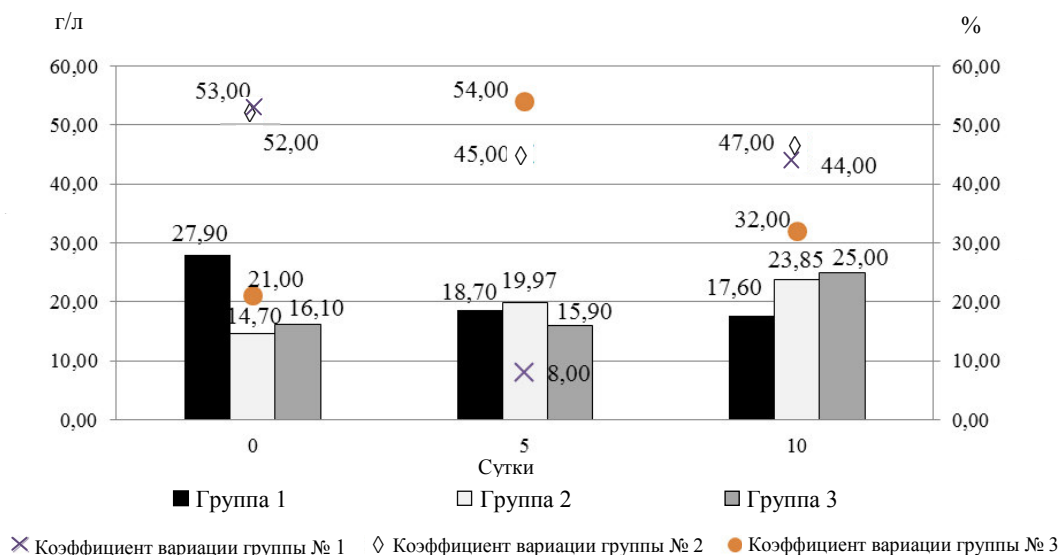


Рис. 3. Вариабельность общего сывороточного белка у русско-ленского осетра под влиянием инъекций сурфагона

Ранее установленный более высокий диапазон варьирования значений этого показателя (28,0–40,0 г/л) наблюдался у производителей осетровых рыб с высокими массовыми характеристиками из естественных водоемов и при использовании на рыбоводных заводах, включая гибридов. У производителей (как в природной среде, так и при рыбоводном освоении) концентрация белка в крови увеличивается при созревании гонад. У истощенных рыб отмечен исключительно низкий уровень белка 17,0–21,0 г/л [5, 10, 16]. У экспериментальных рыб при низком исходном уровне белка и воздействии сурфагоном выявлена статистически недостоверная тенденция к его увеличению.

Исключительно низкой концентрации сывороточного белка у контрольных и опытных групп русско-ленского осетра соответствовала относительно высокая концентрация бета-липопротеидов (табл. 3).

Таблица 3

Вариабельность бета-липопротеидов в крови у самок русско-ленского осетра под влиянием инъекций сурфагона

Показатель	Вариабельность бета-липопротеидов, г/л		
	0 сут	5 сут	10 сут
<i>Группа 1</i>			
$M \pm m$	4,37 ± 1,43	5,52 ± 1,19	3,94 ± 0,29
$V, \%$	46,00	30,00	10,00
<i>Группа 2</i>			
$M \pm m$	2,21 ± 0,34*	4,58 ± 1,10**	5,71 ± 0,77**
$V, \%$	22,00	34,00	19,00
<i>Группа 3</i>			
$M \pm m$	2,74 ± 0,31*	4,80 ± 0,76*	6,62 ± 1,56*
$V, \%$	16,00	22,00	33,00

* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,001$.

Анализ variability бета-липопротеидов у опытных самок гибрида русско-ленского осетра в вариантах с инъекцией сурфагона в дозах 0,2 и 2,0 мкг/кг выявил ранее установленную тенденцию к увеличению транспорта этого биохимического субстрата у осетровых рыб при естественном созревании рыб в ходе нерестовой миграции [27].

Аналогичная тенденция выявлена у рыб при использовании на рыбоводных заводах по традиционной технологии. Индифферентные к гормональной стимуляции рыбы имели повышенный уровень бета-липопротеидов и белка в крови. Истощенные рыбы характеризовались низким содержанием их в крови. В первом случае производители имели полный набор материально-энергетических ресурсов, но не достигли функциональной кондиции для реализации гонадотропной функции. У второй группы рыб на фоне низкого уровня транспорта белка и бета-липопротеидов таковых запасов не было [5]. Исследованные ранее самки гибрида стерлядь × белуга с высокими массовыми характеристиками имели нормальный уровень бета-липопротеидов на фоне высоких значений сывороточного белка в крови. В процессе созревания эти рыбы дали положительный рыбоводный результат [10].

Менее интенсивно у опытных групп русско-ленского осетра, которым выполнялись инъекции сурфагона в различных дозах, активизировался транспорт в крови холестерина (табл. 4), являющегося предшественником гормонов и участвующего в формировании ооцитов [49].

Таблица 4

**Вариабельность холестерина в крови
у самок русско-ленского осетра под влиянием инъекций сурфагона**

Показатель	Вариабельность холестерина в крови, г/л		
	0 сут	5 сут	10 сут
<i>Группа 1</i>			
$M \pm m$	1,94 ± 0,49	1,91 ± 0,28	2,06 ± 0,13
$V, \%$	36,00	21,00	9,00
<i>Группа 2</i>			
$M \pm m$	1,35 ± 0,21	1,90 ± 0,27*	2,30 ± 0,29*
$V, \%$	22,00	20,00	18,00
<i>Группа 3</i>			
$M \pm m$	1,36 ± 0,18	1,61 ± 0,22*	2,21 ± 0,20*
$V, \%$	18,00	20,00	13,00

* $p \leq 0,01$.

Выявленная тенденция оказалась статистически достоверной. У диких производителей в период нерестовой миграции концентрация холестерина в крови, от начала активного созревания до завершения процесса, увеличивается более чем в 2 раза [16]. Самки гибрида стерлядь × белуга, исследованные ранее, с высокими массовыми характеристиками, высоким уровнем сывороточного белка и бета-липопротеидов, имели нормальный уровень транспортируемого кровью холестерина [10]. Опытная группа русско-ленского осетра с исключительно низкими для данной возрастной группы массовыми характеристиками имела определенный тип биохимического статуса, когда при низком уровне материально-энергетических ресурсов физиологически реагировала на гормональную стимуляцию гонадотропного процесса.

Гистологическое исследование гонад контрольной и опытных групп русско-ленского осетра показало, что у всех рыб завершена цитоморфологическая дифференциация пола (рис. 4).

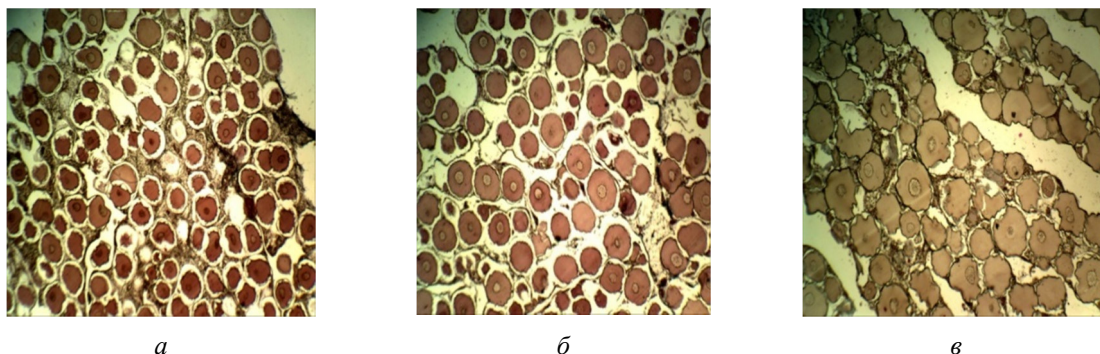


Рис. 4. Морфологическая картина контрольных особей (а – самка 1; б – самка 2; в – самка 3) русско-ленского осетра (окраска кислым фуксином с докраской по Маллори; увеличение 22 × 4)

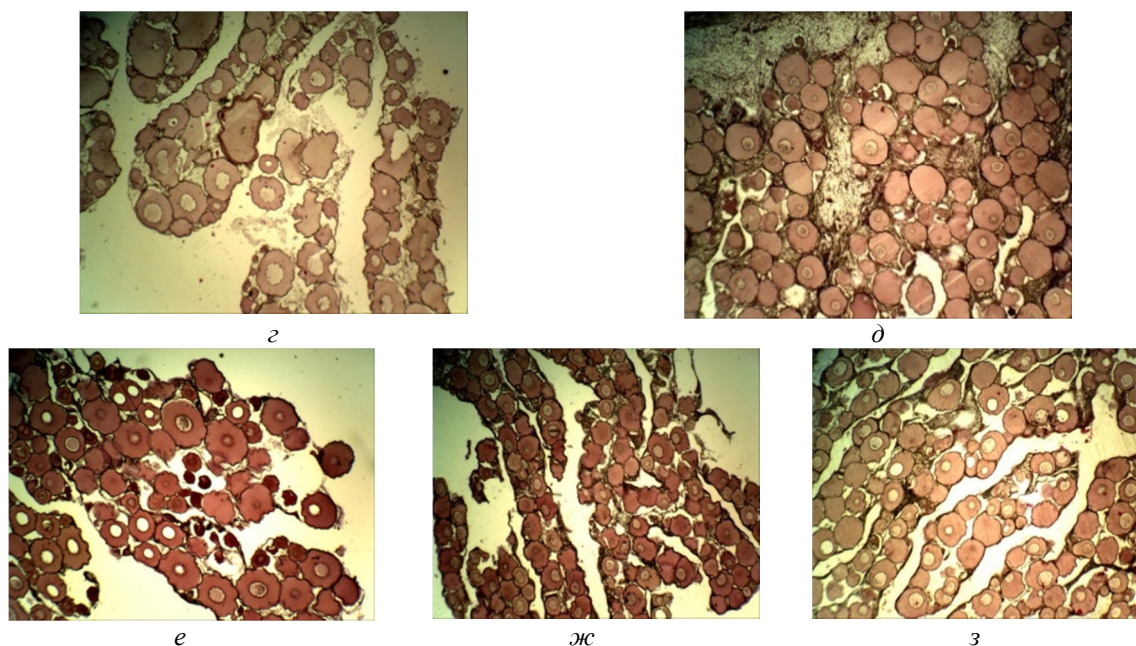


Рис. 4. Окончание. Морфологическая картина опытных особей (а – самка 5; б – самка 6; в – самка 7; г – самка 8; д – самка 9) русско-ленского осетра (окраска кислым фуксином с докраской по Маллори; увеличение 22×4)

Уровень развития яичников большинства самок соответствовал второй стадии зрелости гонад. В яичниках хорошо выражены яйценозные пластинки, заметные визуально. Среди половых клеток преобладали ооциты фазы однослойного фолликула (протоплазматического роста). У всех самок имелись деформированные ооциты, часть из которых дегенерировали. В минимальной степени это было выражено у самок № 2 и № 6. Наиболее развиты оказались железы у самки № 5, в периферическом слое цитоплазмы отдельных ооцитов старшей генерации которой имелись скопления мелких гранул желтка. В единичных икринках они располагались почти по всей поверхности цитоплазмы.

В целом степень зрелости этого яичника можно оценить как II–III [51]. Гистологический анализ экспериментальных рыб показал, что выраженного различия в уровне развития половых желез между контрольной и опытной группами рыб не выявлено.

Заключение

Таким образом, у экспериментальных особей русско-ленского осетра, имеющих для данной возрастной категории исключительно низкую упитанность, характерную для производителей осетровых рыб после нереста в природных условиях, под влиянием сурфагона выявлена активизация транспорта в крови белка, бета-липопротеидов и холестерина – важнейших биохимических компонентов процесса формирования половых продуктов. В период нормального репродуктивного цикла осмоляльность сыворотки крови снижается, а осмоляльность мочи растет параллельно увеличению степени зрелости половых продуктов. У экспериментальных рыб этот процесс идет в обратном направлении. Группы рыб, инъецированные сурфагоном, имели определенный тип биохимического статуса, когда при низком уровне материально-энергетических ресурсов реагировали на гормональную стимуляцию, кардинально не меняя морфологию гонад.

Вероятно, в условиях дефицита кормов материально-энергетические ресурсы, потребляемые рыбой, должны идти в первую очередь на генетически обусловленные объемы массы, по достижении которой начинается полноценное формирование гонад. Поэтому управление функциональной направленностью биохимических реакций в процессе формирования половых продуктов у осетровых рыб в УЗВ с применением искусственных кормов должно осуществляться через гормональное регулирование темпа первоначального накопления оптимальной массы тела с прицелом на дискретное формирование соматической и генеративной части гонад с учетом генетически обусловленных потенций исходных видов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жигин А. В. Замкнутые системы в аквакультуре. М.: Изд-во ВНИРО, 2011. 664 с.
2. Филиппова О. П., Зуевский С. Е. Перспективы выращивания гибрида русского осетра с сибирским осетром в России // Стратегия 2020: интеграционные процессы образования, науки и бизнеса как основа инновационного развития аквакультуры в России: сб. тр. Междунар. науч.-практ. форума. М.: Изд-во МГУТУ, 2009. С. 56–66.
3. Биологические ритмы / под ред. Ю. Ашоффа: в 2 т. М.: Мир, 1984. 830 с.
4. Ходоревская Р. П., Рубан Г. И., Павлов Д. С. Поведение, миграции, распределение и запасы осетровых рыб Волго-Каспийского бассейна. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2007. 242 с.
5. Металлов Г. Ф., Гераскин П. П., Аксёнов В. П. Физиолого-биохимические аспекты оценки рыбоводного «качества» самок севрюги *Acipenser stellatus* (Pall.) // Рыб. хоз-во. Сер.: Аквакультура. 1997. Вып. 7. С. 4–14.
6. Пономарёв С. В. Технология содержания и кормления разновозрастных осетровых рыб при низкой температуре воды (теоретические и практические основы). Астрахань: Альфа-Аст, 2005. 20 с.
7. Пономарёва Е. Н. Технологии сохранения и рационального использования морских биологических ресурсов в прибрежных зонах: науч.-практ. рекомендации. Ростов-н/Д: Изд-во Юж. науч. центра РАН, 2010. 58 с.
8. Чебанов М. С., Галич Е. В. Руководство по искусственному воспроизводству осетровых рыб // Технический доклад ФАО по рыбному хозяйству. Анкара, 2013. 371 с.
9. Гордон А. Контроль воспроизводства сельскохозяйственных животных. М: Агропромиздат, 1988. 415 с.
10. Металлов Г. Ф., Пономарёва Е. Н., Сорокина М. Н., Григорьев В. А., Корчунов А. А. Функциональная направленность биохимических процессов у самок гибрида стерлядь × белуга (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758 × *Huso huso* Linnaeus, 1758) в репродуктивном цикле // Докл. Акад. наук. 2018. Т. 478. № 6. С. 37–39.
11. Коротенко А. В. Самки русского осетра с различными физиолого-рыбоводными характеристиками // Естеств. науки. 2011. № 1 (34). С. 157–161.
12. Бурлаков А. Б. Изменение содержания и активности гонадотропинов в гипофизе русского осетра на разных стадиях зрелости гонад // Науч. докл. высш. школы. Биол. науки. 1978. № 12. С. 36–40.
13. Баранникова И. А., Боев А. А., Буковская О. С., Ефимова Н. А. Гормональная регуляция репродуктивной функции у осетровых и биотехника стимуляции созревания производителей в осетроводстве // Биологические основы осетроводства. М.: Наука, 1983. С. 22–42.
14. Фадеева Т. А., Буковская О. С. Характеристика состояния половых желёз и гонадотропной функции гипофиза самок русского осетра и севрюги в морской период жизни // Экологическая физиология и биохимия рыб: тез. докл. VI Всесоюз. конф. Вильнюс, 1985. С. 438–440.
15. Lu X., Webb M., Talbot M., Van Eenennaam J., Palumbo A., Lunares-Casensve J., Doroshov S., Struffenegger P., Rasco B. Distinguishing ovarian maturity of farmed white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) by Fourier transform infrared spectroscopy: a potential tool for caviar production management // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2010. N. 58 (7). P. 4056–4064.
16. Шелухин Г. К. Физиолого-биохимические параметры осетровых в морской и речной периоды жизни: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Петрозаводск, 1974. 20 с.
17. Гапонов В. С. РОЭ у ходовых и инъектированных производителей осетровых // Тез. докл. отчет. сессии ЦНИОРХа. Астрахань, 1974. С. 35–36.
18. Баденко Л. В., Голованенко Л. Ф., Груданова С. Д. О влиянии физиологического состояния самок севрюги на качество икры и потомство // Тр. ЦНИОРХ. 1972. Т. IV. С. 191–199.
19. Баденко Л. В., Алтухова Л. А., Шиленко Г. Г., Щигельская В. П. Энергетические и пластические траты производителей осетровых при различном режиме их выдерживания на рыбоводных заводах // Осетровое хозяйство внутренних водоёмов СССР: тез. и реф. II Всесоюз. совещ. (26 февраля – 2 марта 1979 г.). Астрахань: Волга, 1979. С. 23.
20. Долідзе Ю. Б. Сравнительный биохимический анализ функционального состояния производителей белуги в естественных и заводских условиях // Рациональные основы ведения осетрового хозяйства: тез. докл. науч.-практ. конф. Волгоград, 1981. С. 71–73.
21. Долідзе Ю. Б. Влияние длительности резервирования самок белуги при нерестовой температуре на физиолого-биохимические показатели крови и рыбоводное качество икры // Рациональные основы ведения осетрового хозяйства: тез. докл. науч.-практ. конф. Волгоград, 1981. С. 73–75.
22. Лукьяненко В. И., Кулик П. В. Физиолого-биохимическая и рыбоводная характеристика разновозрастных производителей волго-каспийских осетровых в связи с проблемой их искусственного воспроизводства. Рыбинск: Рыб. дом печати, 1994. 270 с.
23. Равен Х. Оогенез. М.: Мир, 1964. 274 с.
24. Ando S. Physiological study on egg formation of the fish. I. Accumulation of carbohydrates and proteins during oogenesis // Embryologia. 1960. V. 5. N. 3. P. 239–246.

25. *Termer C.* Metabolism and energy conversion during early development // *Fish physiology*. N. Y.: Acad. press, 1979. V. 8. P. 261–278.
26. *Selman K., Wallace R. A.* Oogenesis in *Fundulus heteroclitus*. III. Vitellogenesis // *J. Exp. Zool.* 1983. V. 226. N. 3. P. 441–457.
27. *Субботкин М. Ф.* Концентрация сывороточных бета-липопротеидов у каспийских осетровых в морской и речной периоды жизни // *Осетровое хозяйство внутренних водоемов СССР*. 1979. 253 с.
28. *Шелухин Г. К., Арутюнова Н. В., Аксенов В. П., Васильева Е. Ю., Баль Н. В.* Анализ функциональной разнокачественности осетровых в преднерестовый период как форма контроля «степени благополучия» состояния популяции // Первый симпозиум по экологической биохимии. Ярославль, 1987. С. 217–219.
29. *Комова Н. И.* Вариабельность биохимических показателей некоторых карповых рыб в преднерестовый период // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера: материалы XXVIII Междунар. конф. (Петрозаводск, 5–8 октября 2009 г.). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2009. С. 292–296.
30. *Magnin E.* Recherches sur la systematique et la biologie de acipenserides (*A. sturio*, *A. oxyrhynchus*, *A. fulvescens*) // *Ann. Stat. Centr. Hydrob.* 1962. V. 9. P. 170–242.
31. *Металлов Г. Ф., Пономарев С. В., Аксенов В. П., Гераскин П. П.* Физиолого-биохимические механизмы эколого-адаптационной пластичности осморегулирующей системы осетровых рыб: моногр. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2010. 192 с.
32. *Гербыльский Н. Л.* Гонадотропная функция гипофиза у костистых и осетровых // *Тр. Лаб. основ рыбоводства*. 1947. Т. 1. С. 25–96.
33. *Казанский Б. Н.* Закономерности гаметогенеза и экологическая пластичность размножения рыб // Экологическая пластичность половых циклов и размножения у рыб. Л.: Изд-во ЛГУ, 1975. С. 3.
34. *Бурлаков А. Б.* Гормональная регуляция репродуктивной функции у икромечущих рыб: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2002. 48 с.
35. *Гарлов П. Е.* Разработка биотехники воспроизводства популяций рыб на основе эколого-гистологических и экспериментальных полносистемных исследований // Современное состояние биоресурсов внутренних водоёмов: материалы докл. I Всерос. конф. с междунар. участием (Борок, Россия, 12–16 сентября 2011 г.). М.: Акварос, 2011. С. 151–159.
36. *Фёдоров К. Е.* Гормональные аспекты регуляции раннего гамето- и гонадогенеза рыб // Проблемы надежности функционирования репродуктивной системы у рыб // *Тр. Биол. НИИ СПбГУ*. 1997. Вып. 44. С. 100–116.
37. *Пономарёв С. В., Иванов Д. И.* Осетроводство на интенсивной основе. М.: Колос, 2009. 312 с.
38. *Подушка С. Б.* Периодичность размножения осетровых (литературный обзор) // Экология и гистология размножения гидробионтов: межвуз. сб. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1989. С. 43–75.
39. *Дедю И. И.* Коэффициент упитанности рыб // Экологический энциклопедический словарь. Кишинев, 1989. 58 с.
40. *Пономарев С. В., Гамыгин Е. А., Никоноров С. И., Пономарева Е. Н., Грозеску Ю. Н., Бахарева А. А.* Технологии выращивания и кормления объектов аквакультуры юга России. Астрахань: Нова плюс, 2002. 264 с.
41. *Van Kampen E. J., Zijlstra W. G.* Standardization of hemoglobinometry. II. The hemoglobincyanide method // *Clin. Chim. Acta.* 1961. V. 6. P. 538–545.
42. *Меньшиков В. В.* Клиническая лабораторная аналитика. М.: Агат-Мед, 2002. 860 с.
43. *Филиппович Ю. Б., Егорова Т. А., Севастьянова Г. А.* Практикум по общей биохимии. М.: Просвещение, 1975. 318 с.
44. *Fishbach F., Dunning M.* A manual of laboratory diagnostic tests. Lppincott Williams & Wilkins, 2004. 1291 p.
45. *Методы исследований в профпатологии (биохимические)* / под ред. О. Г. Архиповой. М.: Медицина, 1988. 208 с.
46. *Ромейс Б.* Микроскопическая техника. М.: Изд-во иностр. лит., 1954. 718 с.
47. *Лакин Г. Ф.* Биометрия. М.: Высш. шк., 1990. 293 с.
48. *Кулик П. В.* Влияние кратковременного выдерживания самок осетра на их рыбоводно-физиологические показатели // Рациональные основы ведения осетрового хозяйства: тез. докл. науч.-практ. конф. Волгоград, 1981. С. 130–131.
49. *Кнорре Д. Г., Мызина С. Д.* Биологическая химия. М.: Высш. шк., 2000. 476 с.
50. *Металлов Г. Ф., Распопов В. М., Аксенов В. П., Читинов В. Г.* Биохимические и морфофизиологические показатели русского осетра в современных экологических условиях Волго-Каспия // Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата: материалы и докл. Междунар. симп. (Астрахань, 16–18 апреля 2007 г.). Астрахань: Изд-во АГТУ, 2007. С. 484–486.
51. *Трусов В. З.* Созревание половых желез волго-каспийского осетра в морской период жизни // *Тр. ЦНИОРХ*. 1972. Т. IV. С. 95–122.

Статья поступила в редакцию 09.08.2018

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Металлов Геннадий Федорович – Россия, 344006, Ростов-на-Дону; Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук; г-р биол. наук; ведущий научный сотрудник отдела водных биологических ресурсов бассейнов южных морей; aqua-group@yandex.ru.

Пономарева Елена Николаевна – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; г-р биол. наук, профессор; профессор кафедры аквакультуры и рыболовства; Россия, 344006, Ростов-на-Дону; Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук; начальник отдела водных биологических ресурсов бассейнов южных морей; aqua-group@yandex.ru.

Григорьев Вадим Алексеевич – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; канд. биол. наук; научный сотрудник лаборатории биотехнологии сохранения и воспроизводства ценных видов рыб; Россия, 344006, Ростов-на-Дону; Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук; зав. лабораторией водных биоресурсов и аквакультуры; aqua-group@yandex.ru.

Дубовская Анисия Викторовна – Россия, 414056, Астрахань; Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства; старший научный сотрудник лаборатории физиологии и генетики рыб; kaspriy-info@mail.ru.

Гераскин Петр Петрович – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; г-р биол. наук; ведущий научный сотрудник лаборатории биотехнологии сохранения и воспроизводства ценных видов рыб; PPG46@mail.ru.

Левина Ольга Александровна – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; канд. с.-х. наук; младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории осетроводства и перспективных объектов аквакультуры; levina90@inbox.ru.

Сорокина Марина Николаевна – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; канд. биол. наук, доцент; доцент кафедры аквакультуры и рыболовства; Россия, 344006, Ростов-на-Дону; Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук; старший научный сотрудник лаборатории водных биоресурсов и аквакультуры; aqua-group@yandex.ru.



*G. F. Metallov, E. N. Ponomareva, V. A. Grigoriev, A. V. Dubovskaya,
P. P. Geraskin, O. A. Levina, M. N. Sorokina*

INFLUENCE OF SURFAGON INJECTIONS ON BIOCHEMICAL COMPOSITION OF BLOOD AND STRUCTURAL TRANSFORMATIONS OF OVARIES IN HYBRID FEMALES OF RUSSIAN STURGEON × LENA STURGEON (*ACIPENSER GULDENSTAEDTII* BRANDT, 1833 × *ACIPENSER BAERII* BRANDT, 1869) IN RECIRCULATED AQUACULTURE SYSTEMS

Abstract. The article focuses on the special trend in technology of fish reproduction - use of a recirculated aquaculture system that allows creating optimum hydrological and hydrochemical parameters for a certain fish species regardless of the environmental conditions. Nevertheless, in the course of developing the new modifying factors of the environment (simulated conditions) the common orientation of a metabolism or separate biochemical reactions, in particular, generative exchange can be broken. It has been stated that dynamics of biochemical indexes of blood and urine characterizes intensity and orientation of generative exchange and allows to estimate possibility of structural transformations of fish ovaries. The analysis of the influence of a synthetic analog of hormone luliberin - surfagon on hybrid females of Russian × Lena sturgeon (*Acipenser guldens-tadtii Brandt, 1833* × *Acipenser baerii Brandt, 1869*) characterized by low fatness has revealed the stimulation of metabolic processes. During the research a low level of protein (16.0-28.0 g/l) under the influence of surfagon has increased by 35.0-38.0%. At the same time, throughout all experiment a high level of beta lipoproteins was observed in fishes of both pilot and control groups.

Under the preparation impact the level of beta lipoproteins increased by 58.0% and 61.0% after injecting 0.2 mkg/kg and 2.0 mkg/kg of surfagon, respectively. The similar tendency was observed in the course of study of the hormones predecessor - cholesterol. Under the influence of surfagon in various doses there has been registered its increase from 1.3 g/l to 2.2-2.3 g/l. Thus, the surfagon injected groups of fish demonstrated a particular type of the biochemical status and reacted to hormonal stimulation under the low level of financial and energy resources. At the same time, histologic research hasn't revealed cardinal changes in gonad morphology.

Key words: closed circuit of cultivation, sturgeon, biochemical indexes, osmolality, hormones, generative exchange.

REFERENCES

1. Zhigin A. V. *Zamknutyie sistemy v akvakul'ture* [Recirculated aquaculture systems]. Moscow, Izd-vo VNIRO, 2011. 664 p.
2. Filippova O. P., Zuevskii S. E. Perspektivy vyrashchivaniia gibrida russkogo osetra s sibirskim osetrom v Rossii [Possibilities of growing hybrid Russian sturgeon + Siberian sturgeon in Russia]. *Strategiia 2020: integratsionnye protsessy obrazovaniia, nauki i biznesa kak osnova innovatsionnogo razvitiia akvakul'tury v Rossii: sbornik trudov Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo foruma*. Moscow, Izd-vo MGUTU, 2009. Pp. 56-66.
3. *Biologicheskie ritmy* [Biological rhythms]. Pod redaktsiei Iu. Ashoffa: v 2 t. Moscow, Mir Publ., 1984. 830 p.
4. Khodorevskaia R. P., Ruban G. I., Pavlov D. S. *Povedenie, migratsii, raspredelenie i zapasy osetrovyykh ryb Volgo-Kaspiiskogo basseina* [Behaviour, migration, distribution and stocks of sturgeon in the Volga-Caspian basin]. Moscow, Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2007. 242 p.
5. Metallov G. F., Geraskin P. P., Aksenov V. P. Fiziologo-biokhimicheskie aspekty otsenki rybovodnogo «kachestva» samok sevriugi *Acipenser stellatus* (Pall.) [Physiological and biochemical aspects of evaluating breeding properties of female stellate sturgeon *Acipenser stellatus* (Pall.)]. *Rybnoe khoziaistvo. Seriya: Akvakul'tura*, 1997, iss. 7, pp. 4-14.
6. Ponomarev S. V. *Tekhnologiia sodержaniia i kormleniia raznovozrastnykh osetrovyykh ryb pri nizkoi temperature vody (teoreticheskie i prakticheskie osnovy)* [Technology of keeping and feeding multiple-aged sturgeon species in cold water]. Astrakhan', Al'fa-Ast Publ., 2005. 20 p.
7. Ponomareva E. N. *Tekhnologii sokhraneniia i ratsional'nogo ispol'zovaniia morskikh biologicheskikh resursov v pribrezhnykh zonakh: nauchno-prakticheskie rekomendatsii* [Technologies of preserving and rational using sea biological resources in coastal zones: scientific and practical recommendations]. Rostov-na-Donu, Izd-vo Iuzhnogo nauchnogo tsentra RAN, 2010. 58 p.
8. Chebanov M. S., Galich E. V. Rukovodstvo po iskusstvennomu vosproizvodstvu osetrovyykh ryb [Instructions on artificial reproduction of sturgeons]. *Tekhnicheskii doklad FAO po rybnomu khoziaistvu*. Ankara, 2013. 371 p.
9. Gordon A. *Kontrol' vosproizvodstva sel'skokhoziaistvennykh zhivotnykh* [Control over livestock reproduction]. Moscow, Agropromizdat, 1988. 415 p.
10. Metallov G. F., Ponomareva E. N., Sorokina M. N., Grigor'ev V. A., Korchunov A. A. Funktsional'naia napravlenost' biokhimicheskikh protsessov u samok gibrida sterliad' × beluga (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758 × *Huso huso* Linnaeus, 1758) v reproduktivnom tsikle [Functional orientation of biochemical processes in hybrid females sterlet × beluga (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758 × *Huso huso* Linnaeus, 1758) in reproductive cycle]. *Doklady Akademii nauk*, 2018, vol. 478, no. 6, pp. 37-39.
11. Korotenko A. V. Samki russkogo osetra s razlichnymi fiziologo-rybovodnymi kharakteristikami [Russian sturgeon females with different physiological and breeding characteristics]. *Estestvennye nauki*, 2011, no. 1 (34), pp.157-161.
12. Burlakov A. B. Izmenenie sodержaniia i aktivnosti gonadotropinov v gipofize russkogo osetra na raznykh stadiakh zrelosti gonad [Changing of keeping and activity of gonadotropins in hypophysis of Russian sturgeon at different stages of gonads maturity]. *Nauchnye doklady vysshei shkoly. Biologicheskie nauki*, 1978, no. 12, pp. 36-40.
13. Barannikova I. A., Boev A. A., Bukovskaia O. S., Efimova N. A. Gormonal'naia reguliatsiia reproduktivnoi funktsii u osetrovyykh i biotekhnika stimulatsii sozrevaniia proizvoditelei v osetrovodstve [Hormonal regulation of reproductive function in sturgeons and biotechnics of producers maturing stimulation in sturgeon breeding]. *Biologicheskie osnovy osetrovodstva*. Moscow, Nauka Publ., 1983. Pp. 22-42.
14. Fadeeva T. A., Bukovskaia O. S. Kharakteristika sostoianiia polovykh zhelez i gonadotropnoi funktsii gipofiza samok russkogo osetra i sevriugi v morskoi period zhizni [Characteristics of sex glands and gonadotrophic function of hypophysis of females of Russian sturgeon and stellate sturgeon in sea environment]. *Ekologicheskaiia fiziologiia i biokhimiia ryb: tezisy dokladov VI Vsesoiuznoi konferentsii*. Vil'nius, 1985. Pp. 438-440.
15. Lu X., Webb M., Talbot M., Van Eenennaam J., Palumbo A., Lunares-Casensve J., Doroshov S., Struffenegger P., Rasco B. Distinguishing ovarian maturity of farmed white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) by Fourier transform infrared spectroscopy: a potential tool for caviar production management. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2010, no. 58 (7), pp. 4056-4064.

16. Shelukhin G. K. *Fiziologo-biokhimicheskie parametry osetrovyykh v morskoi i rechnoi periody zhizni. Avtoreferat dis. kand. biol. nauk* [Physiological and biochemical parameters of sturgeons during sea and river periods of living]. Petrozavodsk, 1974. 20 p.
17. Gaponov B. C. ROE u khodovykh i in"etsirovannykh proizvoditelei osetrovyykh [Erythrocyte sedimentation rate in running and injected sturgeon producers]. *Tezisy dokladov otchetnoi sessii TsNIORKha*. Astrakhan', 1974. Pp. 35-36.
18. Badenko L. V., Golovanenko L. F., Grudanova S. D. O vliianii fiziologicheskogo sostoiianiia samok sevriugi na kachestvo ikry i potomstvo [On impact of physiological state of stellate sturgeon females on quality of roe and breed]. *Trudy TsNIORKh*, 1972, vol. IV, pp. 191-199.
19. Badenko L. V., Altukhova L. A., Shilenko G. G., Shchigel'skaia V. P. Energeticheskie i plasticheskie traty proizvoditelei osetrovyykh pri razlichnom rezhime ikh vyderzhivaniia na rybovodnykh zavodakh [Energy and plastic expenses of sturgeon producers at different regimes of their ageing in fish farms]. *Osetrovoe khoziaistvo vnutrennikh vodoemov SSSR: tezisy i referaty II Vsesoiuznogo soveshchaniia (26 fevralia – 2 marta 1979 g.)*. Astrakhan', Volga Publ., 1979. P. 23.
20. Dolidze Iu. B. Sravnitel'nyi biokhimicheskii analiz funktsional'nogo sostoiianiia proizvoditelei belugi v estestvennykh i zavodskikh usloviakh [Comparative biochemical analysis of functional state of beluga producers in natural and hatchery environment]. *Ratsional'nye osnovy vedeniia osetrovogo khoziaistva: tezisy dokladov nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Volgograd, 1981. Pp. 71-73.
21. Dolidze Iu. B. Vliianie dlitel'nosti rezervirovaniia samok belugi pri nerestovoi temperature na fiziologo-biokhimicheskie pokazateli krovi i rybovodnoe kachestvo ikry [Influence of duration of beluga females reservation at spawning temperature on physiological and biochemical parameters of blood and breeding quality of roe]. *Ratsional'nye osnovy vedeniia osetrovogo khoziaistva: tezisy dokladov nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Volgograd, 1981. Pp. 73-75.
22. Luk'ianenko V. I., Kulik P. V. *Fiziologo-biokhimicheskaia i rybovodnaia kharakteristika raznovozrastnykh proizvoditelei volgo-kaspiiskikh osetrovyykh v sviazi s problemoi ikh iskusstvennogo vosproizvodstva* [Physiological and biochemical characteristics of multiple aged sturgeon producers of the Volga-Caspian basin in terms of their artificial reproduction]. Rybinsk, Rybinskii dom pečhati, 1994. 270 p.
23. Raven Kh. *Oogenez* [Ovogenesis]. Moscow, Mir Publ., 1964. 274 p.
24. Ando S. Physiological study on egg formation of the fish. I. Accumulation of carbohydrates and proteins during oogenesis. *Embryologia*, 1960, vol. 5, no. 3, pp. 239-246.
25. Terner C. *Metabolism and energy conversion during early development*. *Fish physiology*. N. Y., Acad. press, 1979. Vol. 8. Pp. 261-278.
26. Selman K., Wallace R. A. Oogenesis in *Fundulus heteroclitus*. III. Vitellogenesis. *J. Exp. Zool.*, 1983, vol. 226, no. 3, pp. 441-457.
27. Subbotkin M. F. Kontsentratsiia syvorotochnykh beta-lipoproteidov u kaspiiskikh osetrovyykh v morskoi i rechnoi periody zhizni [Concentration of serum beta-lipoproteins in Caspian sturgeons during sea and river periods of life]. *Osetrovoe khoziaistvo vnutrennikh vodoemov SSSR*, 1979. 253 p.
28. Shelukhin G. K., Arutiunova N. V., Aksenov V. P., Vasil'eva E. Iu., Bal' N. V. Analiz funktsional'noi raznokachestvennosti osetrovyykh v prednerestovyi period kak forma kontroliia «stepeni blagopoluchiiia» sostoiianiia populiatsii [Analysis of functional inhomogeneity of sturgeons during pre-spawning period as a control measure of well-being of the population]. *Pervyi simpozium po ekologicheskoi biokhimii*. Iaroslavl', 1987. Pp. 217-219.
29. Komova N. I. Variabel'nost' biokhimicheskikh pokazatelei nekotorykh karpovykh ryb v prednerestovyi period [Variability of biochemical factors of certain carp species during pre-spawning period]. *Biologicheskie resursy Belogo moria i vnutrennikh vodoemov Evropeiskogo Severa: materialy XXVIII Mezhdunarodnoi konferentsii (Petrozavodsk, 5–8 oktiabria 2009 g.)*. Petrozavodsk, KarNTs RAN, 2009. Pp. 292-296.
30. Magnin E. Recherches sur la systematique et la biologie de acipenserides (*A. sturio*, *A. oxyrinchus*, *A. fulvescens*). *Ann. Stat. Centr. Hydrob.*, 1962, vol. 9, pp. 170-242.
31. Metallov G. F., Ponomarev S. V., Aksenov V. P., Geraskin P. P. *Fiziologo-biokhimicheskie mekhanizmy ekologo-adaptatsionnoi plastichnosti osmoreguliruiushchei sistemy osetrovyykh ryb: monografiia* [Physiological and biochemical mechanisms of ecological adaptive plasticity of osmoregulatory system of sturgeons]. Astrakhan', Izd-vo AGTU, 2010. 192 p.
32. Gerbil'skii N. L. Gonadotropnaia funktsiia gipofiza u kostistykh i osetrovyykh [Gonadotrophic function of hypophysis in bony fish and sturgeons]. *Trudy Laboratorii osnov rybovodstva*, 1947, vol. 1, pp. 25-96.
33. Kazanskii B. N. Zakonomernosti gametogeneza i ekologicheskaiia plastichnost' razmnozheniia ryb [Regularities of gametogenesis and ecological plasticity of fish reproduction]. *Ekologicheskaiia plastichnost' polovykh tsiklov i razmnozheniia u ryb*. Leningrad, Izd-vo LGU, 1975. P. 3.
34. Burlakov A. B. *Gormonal'naia reguliatsiia reproduktivnoi funktsii u ikromechushchikh ryb. Avtoreferat dis. d-ra biol. nauk* [Hormonal regulation of reproductive function in egg-laying fish]. Moscow, 2002. 48 p.

35. Garlov P. E. Razrabotka biotekhniki vosproizvodstva populiatsii ryb na osnove ekologo-gistofiziologicheskikh i eksperimental'nykh polnosistemnykh issledovaniy [Developing of reproductive biotechnology of fish populations in terms of ecological, histophysiological and experimental full-system studies]. *Sovremennoe sostoianie bioresursov vnutrennikh vodoemov: materialy докладов I Vserossiiskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem (Borok, Rossiia, 12–16 sentiabria 2011 g.)*. Moscow, Akvaros Publ., 2011. Pp. 151-159.
36. Fedorov K. E. Gormonal'nye aspekty reguliatsii rannego gameto- i gonadogeneza ryb [Hormonal aspects of regulation of early gametogenesis and gonadogenesis of fish]. *Problemy nadezhnosti funktsionirovaniia reproduktivnoi sistemy u ryb. Trudy Biologicheskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta SPbGU*, 1997, iss. 44, pp. 100-116.
37. Ponomarev S. V., Ivanov D. I. *Osetrovodstvo na intensivnoi osnove* [Intensive sturgeon breeding]. Moscow, Kolos Publ., 2009. 312 p.
38. Podushka S. B. Periodichnost' razmnozheniia osetrovyykh (literaturnyi obzor) [Periodicity of sturgeon reproduction (literary review)]. *Ekologiya i gistofiziologiya razmnozheniia gidrobiontov: mezhvuzovskii sbornik*. Leningrad, Izd-vo Leningradskogo un-ta, 1989. Pp. 43-75.
39. Dediu I. I. Koeffitsient upitannosti ryb [Fish condition factor]. *Ekologicheskii entsiklopedicheskii slovar'*. Kishinev, 1989. 58 p.
40. Ponomarev S. V., Gamygin E. A., Nikonorov S. I., Ponomareva E. N., Grozesku Iu. N., Bakhareva A. A. *Tekhnologii vyrashchivaniia i kormleniia ob'ektov akvakul'tury iuga Rossii* [Technologies of growing and feeding aquaculture objects in the South of Russia]. Astrakhan', Nova plus Publ., 2002. 264 p.
41. Van Kampen E. J., Zijlstra W. G. Standardization of hemoglobinometry. II. The hemoglobincyanide method. *Clin. Chim. Acta*, 1961, vol. 6, pp. 538-545.
42. Men'shikov V. V. *Klinicheskaiia laboratornaia analitika* [Clinical laboratory analytics]. Moscow, Agat-Med Publ., 2002. 860 p.
43. Filippovich Iu. B., Egorova T. A., Sevast'ianova G. A. *Praktikum po obshchei biokhimmii* [Practical course on general biochemistry]. Moscow, Prosveshchenie Publ., 1975. 318 p.
44. Fishbach F., Dunning M. *A manual of laboratory diagnostic tests*. Lppincott Williams & Wilkins, 2004. 1291 p.
45. *Metody issledovaniy v profpatologii (biokhicheskije)* [Research methods in professional pathology (biochemical)]. Pod redaktsiei O. G. Arkhipovoi. Moscow, Meditsina Publ., 1988. 208 p.
46. Romeis B. *Mikroskopicheskaiia tekhnika* [Microscopic techniques]. Moscow, Izd-vo inostrannoi literatury, 1954. 718 p.
47. Lakin G. F. *Biometriia* [Biometry]. Moscow, Vysshaia shkola Publ., 1990. 293 p.
48. Kulik P. V. Vliianie kratkovremennogo vyderzhivaniia samok osetra na ikh rybovodno-fiziologicheskie pokazateli [Influence of short-term ageing of sturgeon females on their breeding and physiological characteristics]. *Ratsional'nye osnovy vedeniia osetrovogo khoziaistva: tezisy докладов nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Volgograd, 1981. Pp. 130-131.
49. Knorre D. G., Myzina S. D. *Biologicheskaiia khimiia* [Biological chemistry]. Moscow, Vysshaia shkola Publ., 2000. 476 p.
50. Metallov G. F., Raspopov V. M., Aksenov V. P., Chipinov V. G. Biokhicheskije i morfofiziologicheskie pokazateli ruskogo osetra v sovremennykh ekologicheskikh usloviakh Volgo-Kaspiia [Biochemical and morphophysiological factors of Russian sturgeon in modern ecological conditions of the Volga-Caspian region]. *Teplovodnaia akvakul'tura i biologicheskaiia produktivnost' vodoemov aridnogo klimata: materialy i doklady Mezhdunarodnogo simpoziuma (Astrakhan', 16–18 apreliia 2007 g.)*. Astrakhan', Izd-vo AGTU, 2007. Pp. 484-486.
51. Trusov V. Z. Sozrevanie polovykh zhelez volgo-kaspiiskogo osetra v morskoi period zhizni [Maturing of sex glands of Volga-Caspian sturgeon during sea period of life]. *Trudy TsNIORKh*, 1972, vol. IV, pp. 95-122.

The article submitted to the editors 09.08.2018

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Metallov Gennadiy Fedorovich – Russia, 344006, Rostov-on-Don; Federal Research Centre The Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences; Doctor of Biology; Leading Researcher of the Division of Aquatic Biological Resources of the Southern Seas Basins; aqua-group@yandex.ru.

Ponomareva Elena Nikolaevna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Doctor of Biology, Professor; Professor of the Department of Aquaculture and Fisheries; Russia, 344006, Rostov-on-Don; Federal Research Centre The Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences; Head of the Division of Aquatic Biological Resources of the Southern Seas Basins; aqua-group@yandex.ru.

Grigoriev Vadim Alekseevich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Candidate of Biology; Researcher of Laboratory of Biotechnology of Conservation and Reproduction of Valuable Species of Fish; Russia, 344006, Rostov-on-Don; Federal Research Centre The Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; Head of the Laboratory of Water Bioresources and Aquaculture; aqua-group@yandex.ru.

Dubovskaya Anysia Viktorovna – Russia, 414056, Astrakhan; Caspian Scientific Research Institute of Fisheries; Senior Researcher of Laboratory of Physiology and Genetics of Fishes; kaspiy-info@mail.ru.

Geraskin Petr Petrovich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Doctor of Biology; Leading Researcher of the Laboratory of Biotechnology of Conservation and Reproduction of Valuable Species of Fish; PPG46@mail.ru.

Levina Olga Aleksandrovna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Candidate of Agricultural Sciences; Junior Researcher of Laboratory of Sturgeon Breeding and Prospect Objects of Aquaculture; levina90@inbox.ru.

Sorokina Marina Nikolaevna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Candidate of Biology, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Aquaculture and Fisheries; Russia, 344006, Rostov-on-Don; Federal Research Centre The Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences; Senior Researcher of Laboratory of Water Bioresources and Aquaculture; aqua-group@yandex.ru.

