

УДК 639.371.2.043.13:[636.087.73:546.23]

## ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА Е-СЕЛЕН НА РОСТ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГИБРИДА РУССКИЙ ОСЕТР × ЛЕНСКИЙ ОСЕТР

© 2013 г. Г.Ф. Металлов<sup>1</sup>, В.А. Григорьев<sup>1</sup>, А.В. Ковалёва<sup>1</sup>,  
О.А. Левина<sup>2</sup>, М.Н. Сорокина<sup>1</sup>

Исследуется влияние витаминно-минеральной добавки Е-селен на физиологическое состояние гибрида русский осетр × ленский осетр при выращивании в установке замкнутого водообеспечения, которое проявилось в увеличении темпов роста и активизации липидного обмена. Установлено, что применение препарата Е-селен способствует коррекции и профилактике патологических состояний у осетровых рыб.

**Ключевые слова:** осетровые, установка замкнутого водоснабжения, кормление рыб, витамины, селен.

Выращивание осетровых видов рыб в искусственных условиях является одним из важнейших направлений аквакультуры, позволяющих получать не только продукцию высокого качества, но и разрабатывать биотехнологии для восстановления популяций этих древнейших реликтов в естественной среде обитания. В настоящее время достаточно хорошо разработаны технологические методы выращивания различных видов рыб из семейств лососевые и карповые, осетровые [1, 2], которые предполагают искусственное кормление выращиваемых объектов. Введение в рыбные корма различных биологически активных веществ, кормовых добавок и витаминов оказывает стимулирующее действие на организм рыб, помогает в адаптации к искусственным условиям. Исследование действия кормовых добавок на физиологическое состояние рыб позволит определить изменения в белковом, жировом и окислительном обменах в искусственно созданных человеком условиях выращивания.

Одним из направлений усовершенствования биотехники разведения осетровых рыб является использование БАВ, включая витамины, в составе различных кормов, оказывающих стимулирующее воздействие на жизненно важные функции организма животных вообще и рыб в частности [1, 3, 4]. Среди многочисленной группы витаминов важную

роль в стабилизации физиологического состояния рыб играет витамин Е, который, инактивируя процессы окисления полиненасыщенных жирных кислот, стабилизирует клеточные мембраны [5–9].

Выращивание объектов аквакультуры по интенсивным технологиям на сухих гранулированных комбикормах иногда приводит к дефициту витамина Е в организме рыб, что, в свою очередь, требует введения дополнительного комплекса витаминов, содержащих препараты антиоксидантного действия, такие как витамин Е и селен.

Селен в комплексе с витамином Е, обладая исключительными антиоксидантными свойствами, принимает непосредственное участие в большинстве обменных процессов организма животных, стимулируя нормальную работу печени, рост и воспроизводительные процессы [10, 11]. В сельском хозяйстве в качестве кормовой добавки часто применяют неорганическое соединение селенит натрия, который в 300 раз эффективнее витамина Е [12–17].

Многочисленные исследования по применению селена в комплексе с витаминами на сельскохозяйственных животных показали эффективность его использования. Однако результаты применения селена при выращивании рыб, а тем более осетровых, достаточно фрагментарны, противоречивы и не всегда дают целостную картину получаемого эффекта. Вместе с тем в некоторых работах показано, что применение Е-селена при выращивании форели стимулировало активацию синтеза липидов в их организме. Введение Е-селена в комбикорма позволяло предохранять организм рыб от токсичес-

<sup>1</sup> Южный научный центр Российской академии наук, 344006, Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41; тел. (8512) 61-41-06, e-mail: aqua-group@yandex.ru, kafavb@mail.ru

<sup>2</sup> Астраханский государственный технический университет, 414056, Астрахань, ул. Татищева, 16; тел. (8512) 61-41-63, e-mail: levina90@inbox.ru

кого действия окисленных жиров, ингибируя процессы перекисного окисления липидов в печени в 2 раза [10, 18–23].

Таким образом, в рамках решения общей задачи практического применения селеносодержащих препаратов для защиты рыб от токсического поражения метаболитами перекисных процессов в данной работе была поставлена цель дать биологическую оценку влияния препарата Е-селен на физиологические показатели русско-ленского осетра при выращивании в искусственных условиях.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования были выполнены в 2012 г. в лаборатории водных биоресурсов и аквакультуры на базе экспериментального аквариального комплекса “Кагалник” Южного научного центра Российской Академии наук. В качестве объекта исследований использовали молодь гибрида русский осетр × ленский осетр (*Acipenser ruthenus* Linnaeus × *Acipenser baerii* Brandt).

Экспериментальную рыбу выращивали в установке замкнутого водоснабжения (УЗВ) с постоянным термическим (20–21,5 °С) и гидрохимическим (насыщение воды кислородом – 70–85%, значения рН 7,6–8,1) режимом. Кормление проводили продукционным комбикормом фирмы “БИОМАР” № 3–4. Суточную норму кормления определяли в зависимости от массы тела и температуры воды по специальным кормовым таблицам [24]. В корм для рыб в опытных вариантах вводили ветеринарный препарат Е-селен путем орошения. Нормы введения в комбикорм определяли на основании анализа научной литературы и доз, принятых в сельском хозяйстве [12, 13, 16, 18, 20].

Были проведены две серии экспериментов при использовании низких (300 мкг/кг корма) и высоких (2000 мкг/кг корма) концентраций препарата Е-селен. Период исследований составил в первом варианте 95 суток (март – июнь), во втором – 50 суток (февраль – апрель). В первой серии экспериментов начальная средняя масса рыб составила в опыте 133,4 ± 7,1 г, в контроле – 125,8 ± 6,8 г, во второй – 217,7 ± 7,2 г и 240,8 ± 8,3 г соответственно. Объем контрольной и опытной групп рыб составил в первой серии опытов по 30 экземпляров, во второй серии – по 106 экземпляров.

Определение массы рыб проводили с помощью высокоточных электронных весов Ohaus Pioneer PA2102. Результаты выращивания оценивали, сравнивая показатели абсолютного и среднесуточного приростов, среднесуточной скорости роста и коэффициента массонакопления, поэтому различия

между группами по массе на начало эксперимента не принимались во внимание [25–28].

Для анализа гематологических показателей кровь у рыб брали прижизненно из хвостовой вены с помощью медицинского шприца. Физиологическое состояние оценивали по содержанию в крови гемоглобина, сывороточного белка, общих липидов, холестерина и скорости оседания эритроцитов (СОЭ). Концентрацию гемоглобина в крови определяли фотометрически с помощью набора реактивов фирмы Агат-Мед [29], СОЭ – по методу Панченкова, содержание сывороточного белка – с помощью рефрактометра ИРФ-22 [30], холестерин в крови – энзиматическим методом с использованием набора реактивов фирмы “Ольвекс диагностика” [31, 32], общие липиды – с помощью набора реактивов фирмы PLIVA-Lachema [33, 34].

Гистологический анализ морфофункционального состояния печени и половых желез проводили стандартными гистологическими методами [35, 36]. Материал, зафиксированный в жидкости Буэна, после проводки через серию спиртов возрастающей крепости был залит в парафин. Парафиновые срезы толщиной 5–7 мкм окрашены гематоксилин-эозином, железным гематоксилином по Гейденгайну и кислым фуксином с докраской по Маллори. Просмотр препаратов проводили под микроскопом OLYMPUS BX40. Для изготовления микрофотографий использовали цифровую камеру-окуляр для микроскопа DCM500.

В исследованиях использовано 272 экземпляра молоди, исследовано 900 гематологических проб и 24 гистологических образца. Материалы обработаны вариационно-статистическими методами [37]. При этом использовали элементы статистического анализа с определением стандартной ошибки. Сравнительные признаки оценивали с помощью критерия достоверности Стьюдента. Каждый из вариантов сопоставляли с другими, причем разность принимали достоверной при первой степени вероятности безошибочного суждения.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате проведенных исследований выявлено, что абсолютный и среднесуточный приросты молоди, выращенной на комбикорме с добавкой 300 мкг/кг препарата Е-селен, были выше на 8–9% по сравнению с контролем. Эти показатели за весь период эксперимента составили в опытном варианте 136,43 г и 1,44 г/сут, в контрольном – 124,8 г и 1,31 г/сут соответственно (рис. 1).

В целом этой динамике соответствовала и изменчивость таких показателей, как коэффициент массонакопления и среднесуточная скорость роста. Их

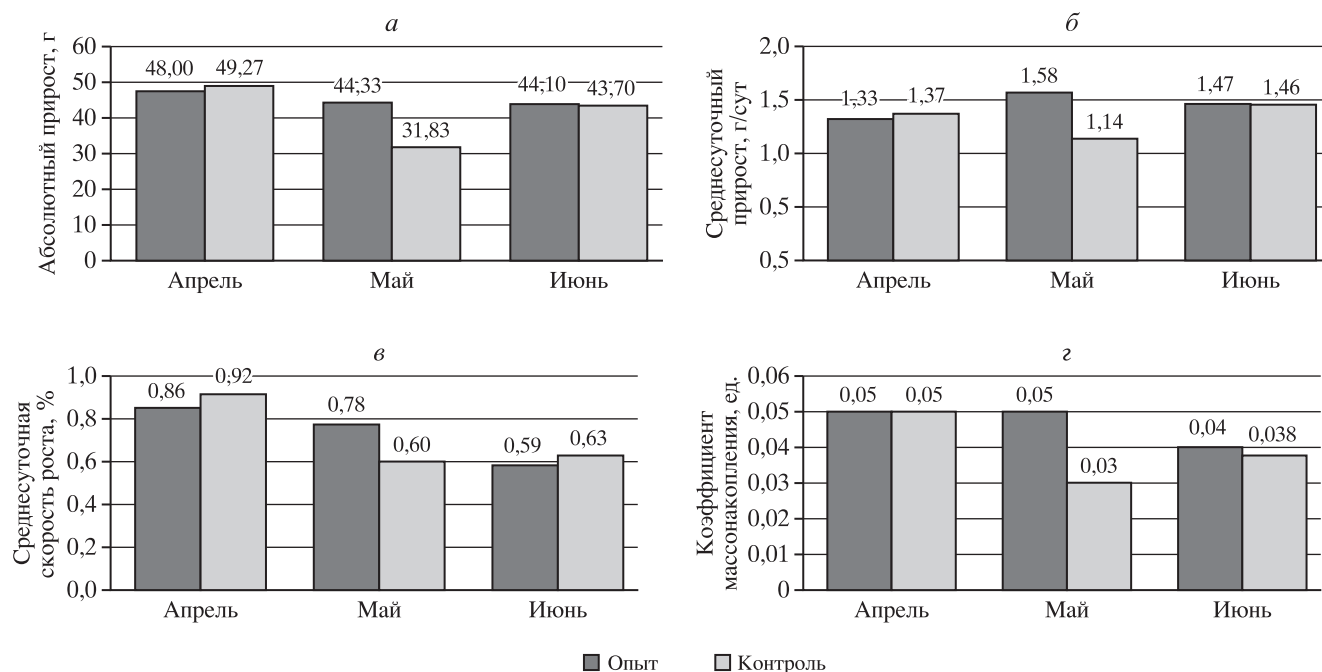


Рис. 1. Показатели роста русско-ленского осетра при введении в корм 300 мкг/кг Е-селена ( $n = 30$ )

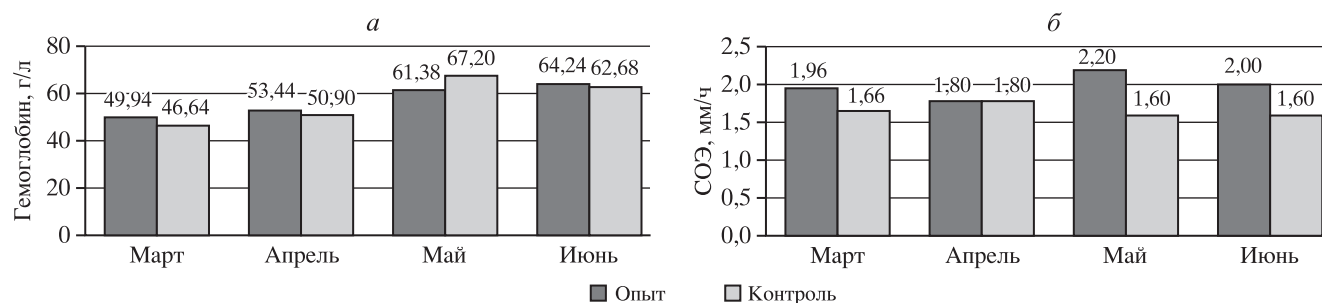


Рис. 2. Динамика гемоглобина и СО<sub>2</sub> у русско-ленского осетра при введении в корм 300 мкг/кг Е-селена ( $n = 30$ )

значения в опытном варианте были выше на 4,5 и 1,4% соответственно.

Таким образом, применение Е-селена при кормлении рыб способствовало незначительному увеличению показателей роста по сравнению с контрольным вариантом. Возможно, это связано с тем, что его действие в первую очередь направлено на улучшение физиологического состояния рыб.

Одним из критериев, оценивающих физиологическое состояние организма, являются гематологические показатели. В естественной среде у осетровых рыб нормой принято считать следующие значения этих показателей: гемоглобин 50–80 г/л, сывороточный белок 28–40 г/л, сывороточные липиды – 3–4 г/л, холестерин – 1–2,8 ммоль/л, СО<sub>2</sub> 2–4 мм/час [38, 39].

Показатели красной крови (гемоглобин и СО<sub>2</sub>), в определённой степени характеризующие окислительный обмен и наличие воспалительных процессов, в течение всего периода исследования находи-

лись в пределах нормы как у рыб в контрольном, так и в опытном вариантах (рис. 2). Явных признаков влияния Е-селена на динамику гемоглобина не выявлено. Относительно более низкий уровень СО<sub>2</sub> у контрольных рыб, возможно, связан с негативными изменениями в метаболизме печени, которые компенсируются применением Е-селена у экспериментальных рыб. Этот показатель в крови рыб в контрольном варианте был ниже на 20% по сравнению с опытными.

Средний уровень концентрации сывороточного белка как в контроле, так и в опыте изменялся в пределах нижней границы нормы (28–40 г/л), характерной для рыб из естественных водоёмов. Относительно контроля уровень сывороточного белка в процессе выращивания был ниже на 3–7%, что может свидетельствовать о более эффективной утилизации компонентов потребляемых кормов при добавлении Е-селена (рис. 3).

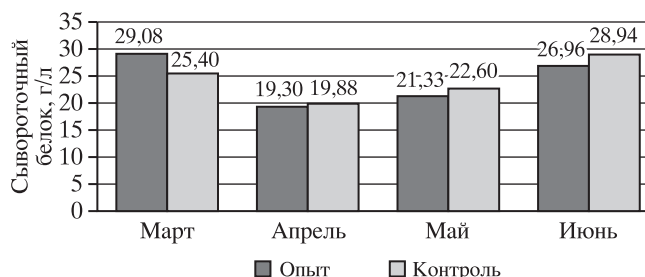


Рис. 3. Динамика общего сывороточного белка у русско-ленского осетра при введении в корм 300 мкг/кг Е-селена ( $n = 30$ )

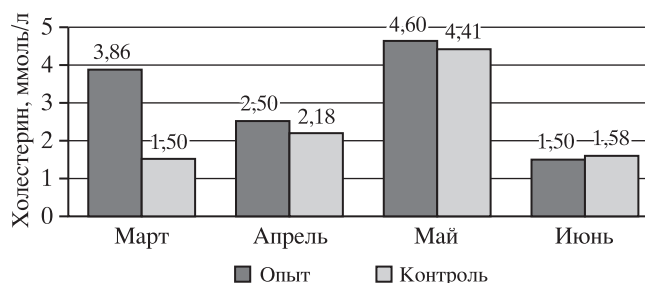


Рис. 4. Динамика холестерина у русско-ленского осетра при введении в корм 300 мкг/кг Е-селена ( $n = 30$ )

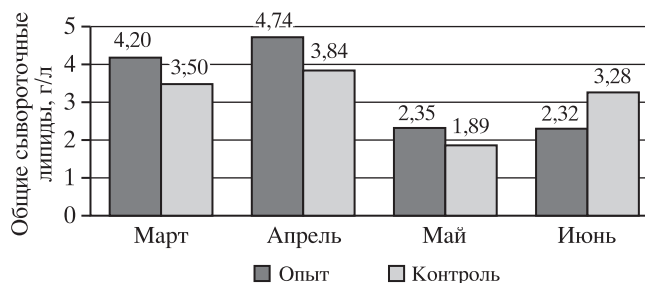


Рис. 5. Динамика общих сывороточных липидов у русско-ленского осетра при введении в корм 300 мкг/кг Е-селена ( $n = 30$ )

По некоторым данным, у разновозрастных осетровых рыб в море уровень холестерина редко превышает 2,8 ммоль/л [38, 39]. В обоих вариантах эксперимента он колебался в значительных пределах, а в отдельные периоды превышал норму в 2–2,5 раза (рис. 4). У рыб, которым в корм добавляли Е-селен, отмечался высокий уровень холестерина – 3,12 ммоль/л, что на 28% выше контроля.

Холестерин как важный компонент липидного обмена играет значительную роль в деятельности иммунной системы и защите от стресса. Более высокое содержание холестерина в крови у экспериментальных рыб можно считать результатом стимуляции Е-селеном активности липидного обмена, направленной на поддержание энергетических и субстратных потребностей этих рыб.

Концентрация сывороточных липидов у экспериментальных рыб соответствовала её значениям (3–4 г/л) у осетровых в естественной среде (рис. 5).

В среднем за период исследований у рыб, которым добавляли в корм Е-селен, концентрация липидов в крови была на 8% выше по сравнению с контролем. По данным некоторых авторов, при добавлении в корм рыбам этого препарата стимулируется липидный обмен и повышается концентрация  $\Omega_3$ -кислот за счет снижения уровня их перекисидации [19]. Однако к концу эксперимента отмечено, что содержание липидов в крови рыб в опыте было ниже на 29%, чем в контроле (достоверность при  $p < 0,001$ ).

Изучение динамики биологических показателей гибрида русско-ленского осетра, выращиваемого в УЗВ с применением корма, насыщенного более высокой концентрацией Е-селена (2000 мкг/кг корма), показало, что абсолютный и среднесуточный прирост рыб в опытном варианте был выше на 5% по сравнению с контрольным, то есть Е-селен стимулировал рост рыбы. Также отмечено увеличение других показателей роста на 10–12,6% (рис. 6).

Анализ физиологического состояния экспериментальной молодежи выявил, что концентрация гемоглобина у рыб в опыте и контроле находилась в пределах нормы, характерной для осетровых рыб в естественной среде (50–80 г/л). Значения СОЭ в обоих вариантах были заметно выше, чем норма (2,0–2,4 мм/час). В свою очередь, СОЭ у рыб в опыте была выше на 33%, чем у контрольных рыб. Такие значения СОЭ наблюдались у осетровых рыб в естественных условиях в период нерестовой миграции. Возраст же экспериментальных рыб составил 12 месяцев, поэтому повышенный уровень СОЭ в опытном варианте скорее всего связан с изменением соотношения белковых фракций в результате применения Е-селена (рис. 7).

Концентрация сывороточного белка снизилась за весь период выращивания в опытном варианте в 1,2 раза, в контрольном – в 1,1 раза и колебалась в пределах нижней границы нормы (28–40 г/л) (рис. 8). Вероятно, это обусловлено комфортными условиями выращивания рыб в установке замкнутого водоснабжения. Применение Е-селена существенно не сказалось на уровне белкового обмена.

Уровень холестерина у рыб в опытном варианте в среднем за период исследований превышал показатели, характерные для осетровых рыб в море (1,0–2,8 ммоль/л). В сравнении с контролем этот показатель был выше на 40% (рис. 9). Исключительная зависимость холестеринного обмена от условий содержания рыб и рациона питания определила его сложную и труднообъяснимую динамику в процес-

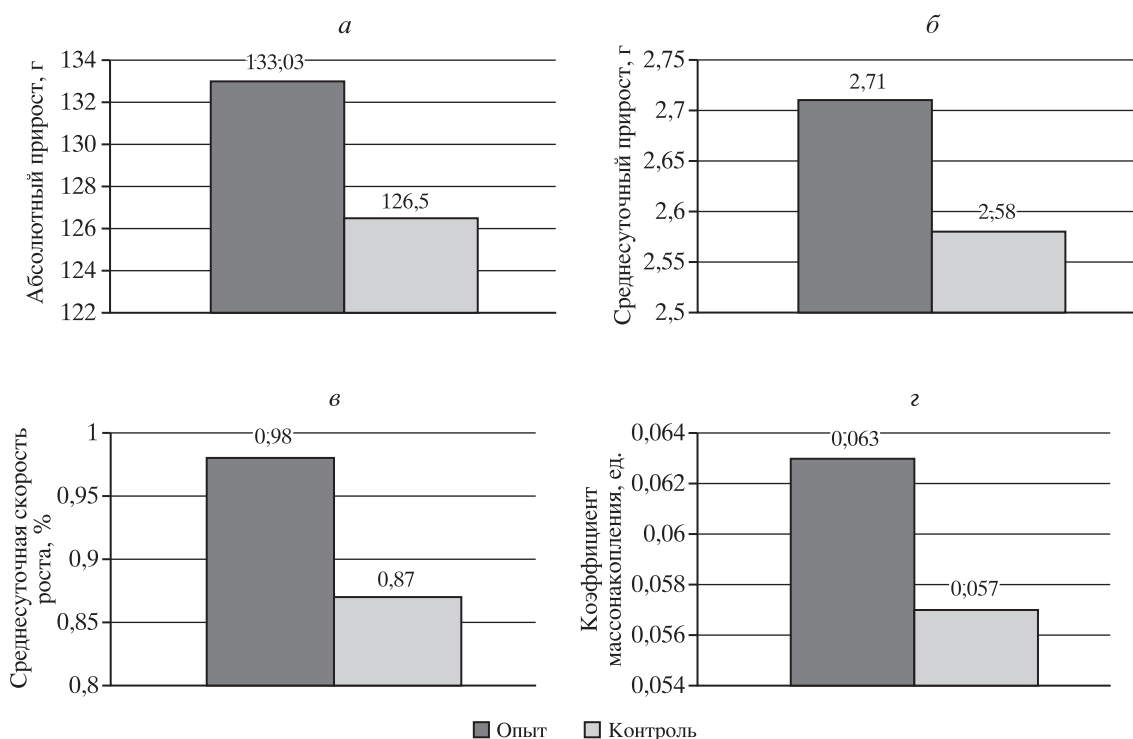


Рис. 6. Показатели роста русско-ленского осетра при введении в корм 2000 мкг/кг Е-селена ( $n = 106$ )

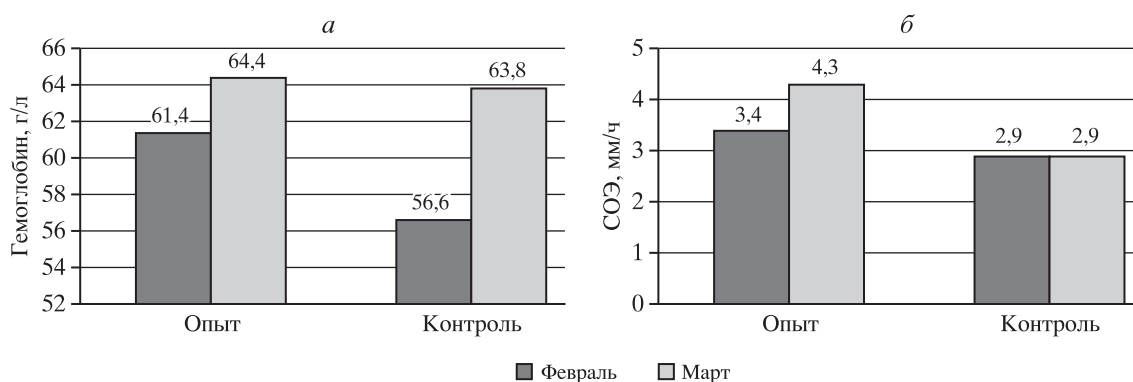


Рис. 7. Динамика гемоглобина и СО<sub>2</sub> у русско-ленского осетра при введении в корм 2000 мкг/кг Е-селена ( $n = 30$ )

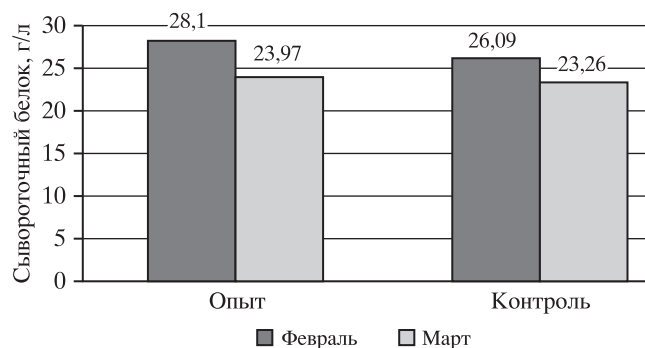
се эксперимента. Однако следует констатировать, что Е-селен в высоких концентрациях в какой-то степени поддерживал концентрацию холестерина в крови у опытных рыб на более высоком уровне, чем у контрольных. Это проявилось в положительной динамике массовых характеристик у рыб, потребляющих корм с Е-селеном.

Содержание липидов в крови у рыб как в опыте, так и в контроле на начальных этапах эксперимента находилось в пределах нормы (3–4 г/л) (рис. 10). В то же время за весь период выращивания рыб с применением высоких доз Е-селена выявлена тенденция резкого снижения липидов в крови у рыб в опытном варианте. Так, в опыте уровень липидов снизился на 54%, в контроле – всего на 10%. В

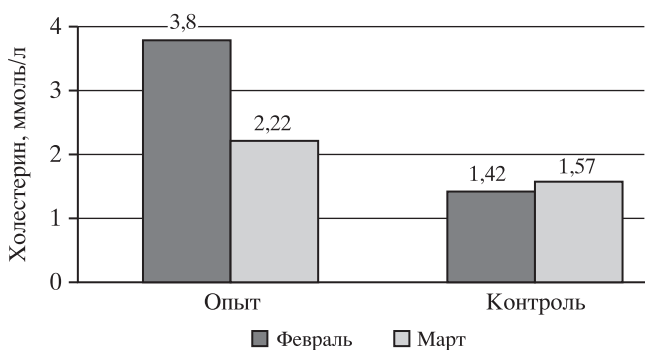
конце выращивания концентрация липидов в крови рыб в опыте была значительно ниже (на 40%), чем в контрольном варианте (достоверность при  $p < 0,001$ ).

Выявленную динамику липидного обмена, как и в случае с динамикой холестерина, можно объяснить хорошей утилизацией этих компонентов под влиянием высоких концентраций Е-селена, что привело к стимуляции роста массовых характеристик.

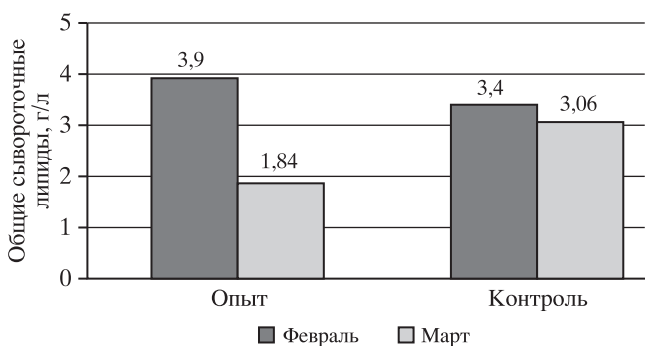
Развитие патологического состояния рыб при искусственном выращивании определяется не только технологическими аспектами, но и эндогенными причинами, связанными с употреблением некачественных кормов. При этом обнаруживаются мор-



**Рис. 8.** Динамика сывороточного белка у русско-ленского осетра при введении в корм 2000 мкг/кг Е-селена ( $n = 30$ )



**Рис. 9.** Динамика холестерина у русско-ленского осетра при введении в корм 2000 мкг/кг Е-селена ( $n = 30$ )



**Рис. 10.** Динамика общих липидов у русско-ленского осетра при введении в корм 2000 мкг/кг Е-селена ( $n = 30$ )

фологические изменения печени. Ее поражение возможно в двух направлениях – жировой или белковой дегенерации. Исключительно эффективными для предотвращения процессов перекисления рыбных кормов и оксидативного стресса являются селеносодержащие препараты [40].

Гистологический анализ печени рыб в контроле (рис. 11а–в) и опыте (рис. 11г–е) в начале эксперимента выявил аналогичные изменения структуры этого органа в обоих вариантах. Балочная структу-

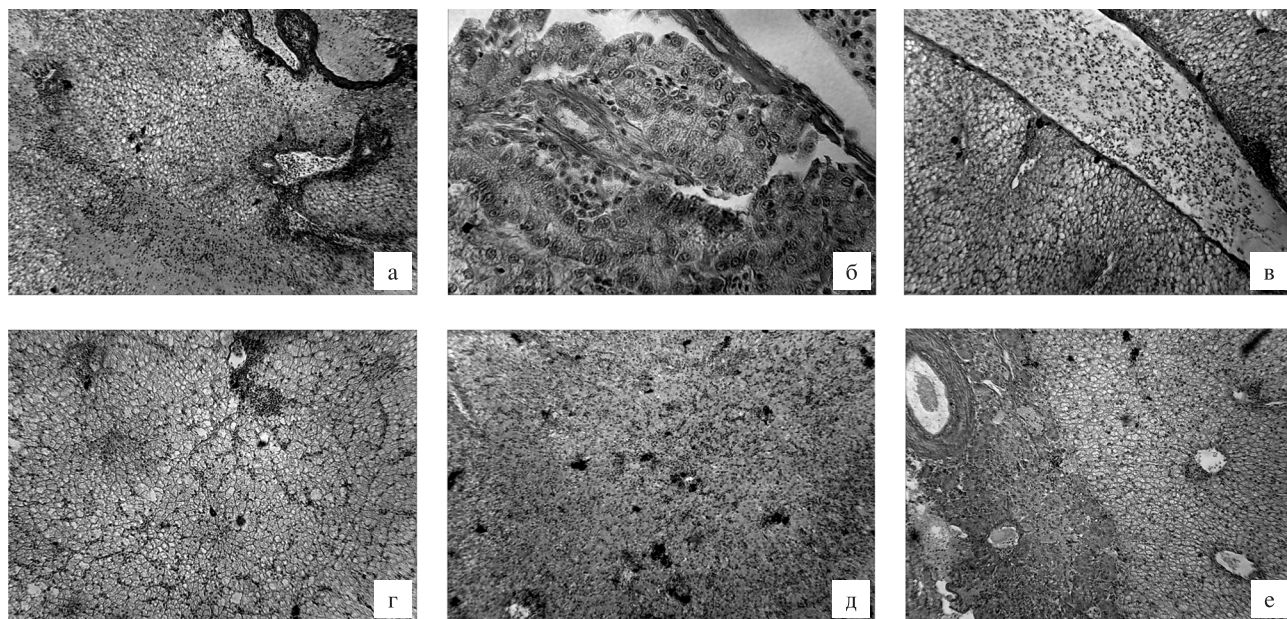
ра печени была хорошо выражена, хотя и отмечены застойные явления и кровоизлияния. Зафиксирован капилляростаз. В большинстве клеток просматривалась зернистость цитоплазмы. Их ядра крупные, округлой формы, содержали хорошо оформленные ядрышки. В некоторой части гепатоцитов имелись жировые пустоты. Встречались и мелкие очаги некроза. В целом печень была достаточно активная.

В конце эксперимента ощутимой разницы в состоянии рыб контроля и опыта не выявлено, на площади среза образцов печени наблюдалось полнокровие сосудов всех калибров. Имелось несколько очагов некроза и кровоизлияния. Имел место стаз в капиллярах. Ядра чаще всего мелкие, различной формы, часто не содержат оформленных ядрышек. Много безъядерных клеток. Изредка встречался пигмент. Выражены дистрофические изменения гепатоцитов. Отмечены участки с умеренным и выраженным накоплением жира (рис. 12а–е).

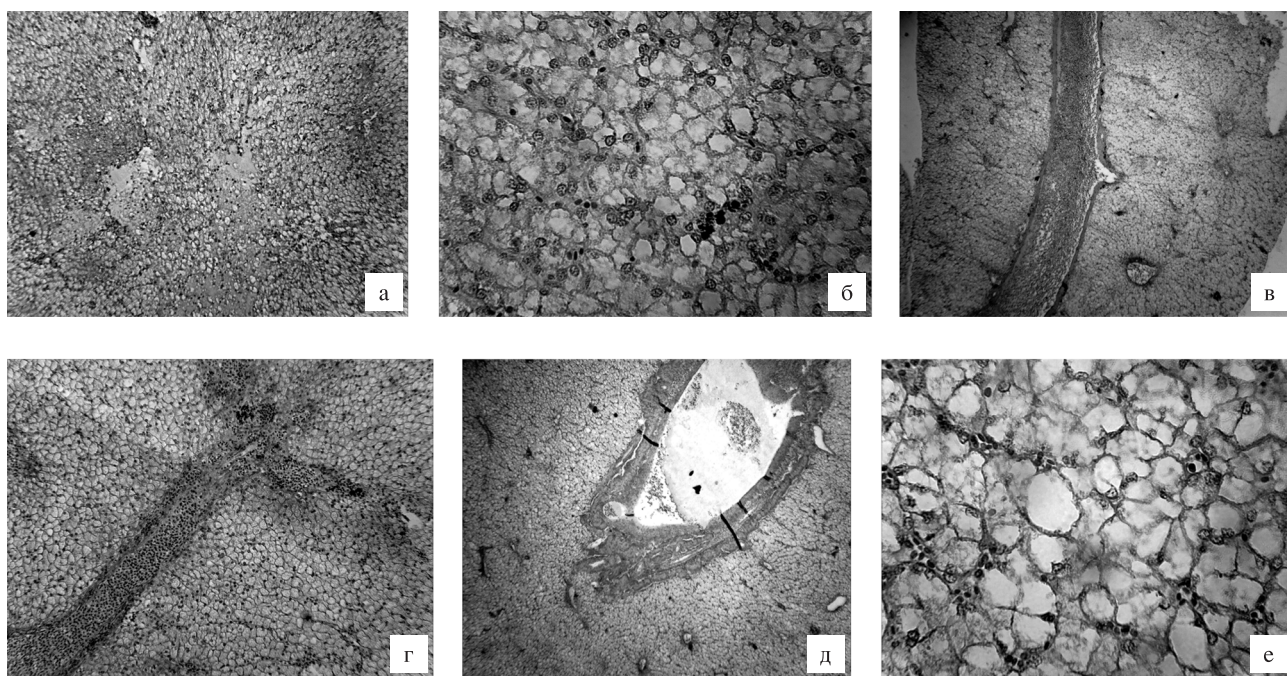
Таким образом, гистологическая картина печени у преобладающего большинства исследованных рыб (как в начале, так и в конце эксперимента) отличалась мозаичностью с различными признаками незначительных морфологических нарушений. Оптимальное по разным признакам состояние печени наблюдалось в начале эксперимента у одной из опытных особей (рис. 12д). Ни у одной из исследованных особей патологического накопления жира не выявлено. В целом структура исследованных тканей печени не имела существенных отклонений. Печень на момент взятия образцов была функционально достаточно активна.

Гистологическое исследование гонад у контрольных рыб в начале эксперимента (рис. 13) показало, что на двух срезах представлена морфологическая картина половой железы, характерной для самок (рис. 13а, в). Однако у первой особи (рис. 13а) произошла не только анатомическая (наличие щели борозды, указывающей на формирование гонады в сторону самки), но и цитологическая дифференцировка половой железы. Идет формирование яйценосных пластинок. Половые клетки представлены оогониями после митотического деления и в период их перехода к ооцитам (ооциты раннего состояния в стадии прелептонема) [41].

Половые железы контрольной особи (рис. 13в), характерные для самки, были наиболее развиты. Формирование яйценосных пластинок яичника еще не завершено. Однако наличие единичных ооцитов начальных ступеней протоплазматического роста позволяет отнести его состояние к I стадии зрелости [42]. Кроме того, на препаратах видны оогонии и ооциты ранних состояний: прелептонема, лептонема, синаптический период развития.



**Рис. 11.** Образцы печени в начале эксперимента. Контроль (а-в): а – ув.  $10 \times 22$ , б – ув.  $40 \times 22$ , в – ув.  $10 \times 22$ . Опыт (г-е): г – ув.  $10 \times 22$ , д – ув.  $10 \times 22$ , е – ув.  $10 \times 22$ . Окраска всех образцов гематоксилином-эозином

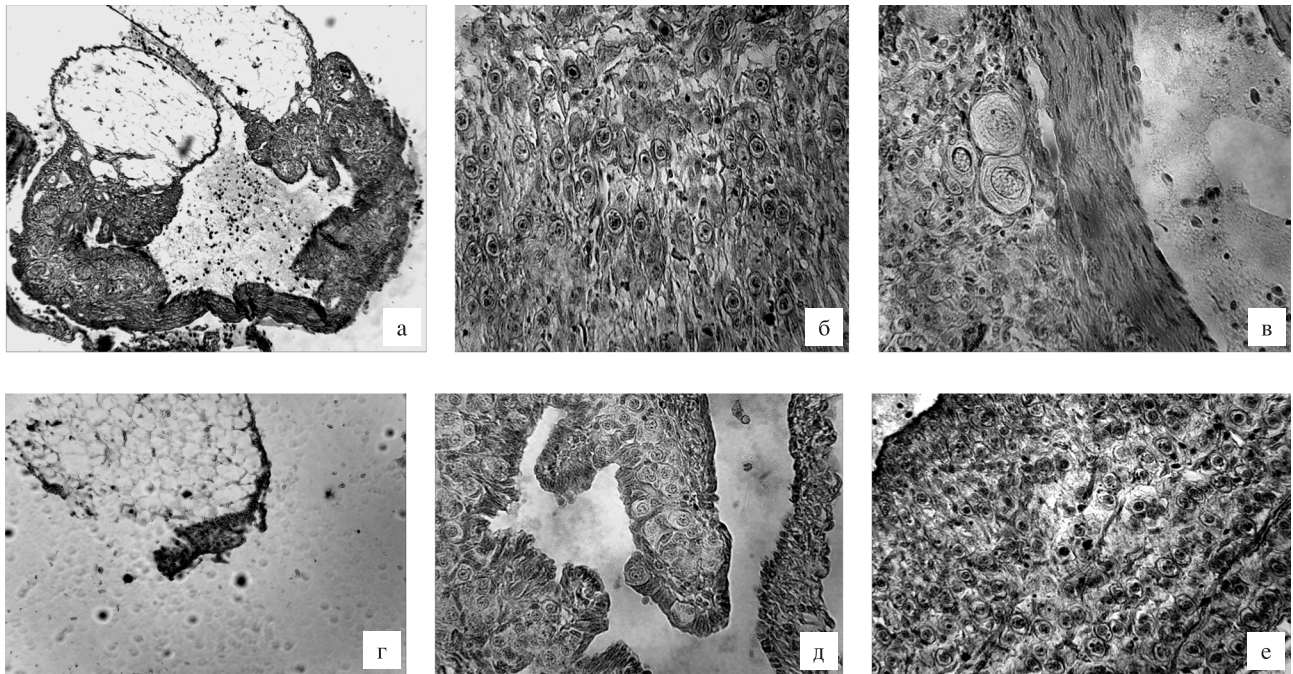


**Рис. 12.** Образцы печени в конце эксперимента. Контроль (а-в): а – ув.  $10 \times 22$ , б – ув.  $40 \times 22$ , в – ув.  $4 \times 22$ . Опыт: г – ув.  $10 \times 22$ , д – ув.  $4 \times 22$ , е – ув.  $40 \times 22$ . Окраска всех образцов гематоксилином-эозином

Морфологическая картина половой железы контрольной особи (рис. 13б) характерна для самца. Половые клетки (сперматогонии) различаются размерами. Более крупные из них расположены ближе к эпителию железы. Семенные каналцы еще не сформированы, однако в отдельных участках отмечено начало этого процесса. Об этом свидетельствуют встречающиеся иногда группы клеток, час-

тично обрамленные тонким слоем соединительной ткани.

Гистологическое исследование гонад у одной из особей (рис. 13г) в опытном варианте в начале эксперимента показало, что гонада еще недостаточно сформирована. Значительную часть среза на препарате занимает жировая ткань, площадь которой значительно превышает генеративную часть железы.



**Рис. 13.** Образцы гонад в начале эксперимента. Контроль (а–в): а – самка, окраска железным гематоксилином по Гейденгайну, ув.  $10 \times 22$ , б – самец, окраска железным гематоксилином по Гейденгайну, ув.  $40 \times 22$ , в – самка, окраска гематоксилин-эозином, ув.  $40 \times 22$ . Опыт (г–е): г – пол не определен, окраска железным гематоксилином по Гейденгайну, ув.  $10 \times 22$ , д – самка, окраска гематоксилин-эозином, ув.  $40 \times 22$ , е – самец, окраска железным гематоксилином по Гейденгайну, ув.  $40 \times 22$

Половые клетки представлены гониями. Пол еще четко не определяется.

Морфологическая картина половой железы на рисунке 13д характерна для формирующегося яичника. Заметно начало формирования яйценосных пластинок. Эпителий яичника высокий, столбчатый. Половые клетки представлены оогониями и ооцитами ранней профазы мейоза (прелептонома, лептонома).

Довольно значительную часть среза образца гонад третьей особи (рис. 13е) занимает генеративная ткань. Морфологически это похоже на состояние половой железы самца в период формирования семенных канальцев. Половых клеток, в данном случае их можно назвать сперматогониями, уже достаточно много, и их группы начинают оформляться соединительной тканью.

Анализ морфологической структуры гонад показал, что в начальный период эксперимента у преобладающего большинства исследованных рыб уже видны признаки цитоморфологической дифференцировки пола.

Гистологический анализ генеративной части половой железы у одной из контрольных рыб (рис. 14а) в конце эксперимента показал, что это формирующийся семенник, половые клетки которого представлены сперматогониями. Их довольно много. Они нередко расположены группами в обрамлении соединительной ткани, что характерно

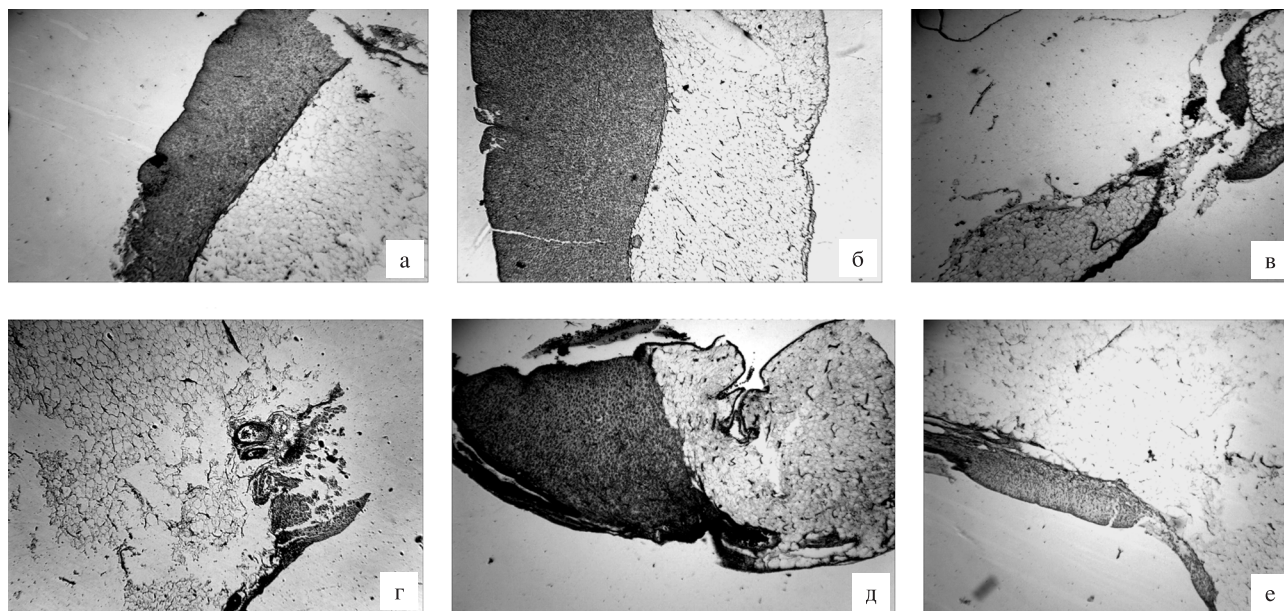
для образования семенных канальцев. На одном из срезов видны полнокровные капилляры.

На рисунке 14б представлена половая железа самца с хорошо развитой генеративной частью. Плотность расположения и количество половых клеток значительно больше, чем на ранее исследованном образце (рис. 14а). Выше и степень сформированности семенных канальцев. Встречаются полнокровные капилляры и мелкоклеточные инфильтраты.

Морфологическая картина образца, представленного на рисунке 14в, характерна для состояния половой железы в начале дифференцировки пола в направлении самца. Генеративная часть ее менее выражена, чем у двух предыдущих особей. Половые клетки (сперматогонии) лежат как одиночно, так и группами по две–три штуки. Намечается формирование семенных канальцев.

Гистологический анализ генеративной части половой железы у одной из рыб в опыте (рис. 14г) в конце эксперимента показал, что это самец. Большую часть среза занимает жировая ткань. Генеративная часть железы небольшая. Половые клетки чаще всего располагаются группами по две штуки. Среди них встречаются полнокровные капилляры. На другом стекле генеративная часть железы хорошо выражена. Видны как одиночные, так и группы половых клеток в обрамлении тонких прослоек соединительной ткани, что указывает на формиро-





**Рис. 14.** Образцы гонад в конце эксперимента. Контроль: а – самец, окраска железным гематоксилином по Гейденгайну, ув.  $4 \times 22$ , б – самец, окраска железным гематоксилином по Гейденгайну, ув.  $4 \times 22$ , в – самец, окраска железным гематоксилином по Гейденгайну, ув.  $4 \times 22$ . Опыт: г – самец, окраска железным гематоксилином по Гейденгайну, ув.  $4 \times 22$ , д – самец, окраска железным гематоксилином по Гейденгайну, ув.  $4 \times 22$ , е – пол не определен, окраска гематоксилин-эозином, ув.  $4 \times 22$

вание семенных канальцев. На отдельных участках они достаточно хорошо сформированы.

Половая железа особи на рисунке 14д имеет достаточно развитую генеративную часть, состояние которой характерно для развивающегося семенника с начавшимся формированием семенных канальцев. Половые клетки (сперматогонии) расположены достаточно плотно. Видны полнокровные капилляры.

Морфологическая картина половой железы на рисунке 14е похожа на состояние формирующегося семенника с менее развитой, в сравнении с двумя предыдущими самцами (рис. 14г, д), генеративной частью. Плотность расположения половых клеток здесь меньше.

Гистологический анализ показал, что выраженного различия в уровне развития половых желез между контрольной и опытной группами рыб не выявлено.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведения исследований по влиянию препарата Е-селен на физиологические показатели русско-ленского осетра при выращивании в искусственных условиях установлено, что его использование в составе комбикормов для осетровых рыб способствует повышению адаптивных возможностей организма рыб за счет механизма действия этого препарата на обменные процессы, фи-

зиологическое состояние осетровых рыб, который заключается в антиоксидантном действии посредством снижения свободнорадикального окисления и пролонгации липидного обмена.

Выявлено, что введение препарата Е-селен в концентрации 300 мкг/кг корма способствует увеличению показателей роста (абсолютный и среднесуточный приросты – на 8–9%, коэффициент масонакопления – на 4,5%, среднесуточная скорость роста – на 1,4%). Показано, что скорость оседания эритроцитов (СОЭ) в крови рыб, получавших комбикорм с добавкой препарата Е-селен, на 20% выше, что, возможно, связано с его компенсирующим действием негативных изменений в метаболизме печени. Уровень сывороточного белка в конце эксперимента в опыте был ниже на 3–7% по сравнению с контролем и составил 19,3–27,0 г/л. Отмечено, что содержание холестерина в крови рыб в опытном варианте в среднем составило 3,12 ммоль/л, что на 28% выше контроля. При исследовании сывороточных липидов в крови рыб обнаружено снижение их концентрации к концу эксперимента в опыте на 29% ( $p < 0,001$ ).

Введение препарата Е-селен в концентрации 2000 мкг/кг оказывает положительное влияние на показатели роста русско-ленского осетра, повышая абсолютный и среднесуточный приросты рыб в опытном варианте на 5%, а среднесуточную скорость роста и коэффициент накопления массы – на 10–12,6%. При исследовании физиологического состояния рыб определено увеличение содержания

СОЭ на 33%, холестерина – на 40%. Уровень липидов при использовании Е-селена в опыте к концу выращивания был значительно (на 40%) ниже, чем в контрольном варианте ( $p < 0,001$ ).

Изучение гистологической картины печени и половых желез не выявило существенных различий в исследуемых группах.

Таким образом, можно говорить о положительном влиянии корма с витаминно-минеральной добавкой Е-селен на физиологическое состояние рыб в опыте в сравнении с контрольными особями русско-ленского осетра, которое проявилось в увеличении темпа роста и активизации липидного обмена.

Работы выполнены в рамках Программы фундаментальных исследований ОНЗ РАН № 13, направление 8 “Географические основы устойчивого развития Российской Федерации и ее регионов”, проект “Современное состояние и продукционный потенциал ихтиофауны Азовского и Каспийского морей”.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пономарёв С.В., Иванов Д.И. Осетроводство на интенсивной основе. М.: Колос, 2009. 312 с.
2. Никольский Г.В. Частная ихтиология. Изд. 3-е, испр. и доп. М.: Высшая школа, 1971. 471 с.
3. Глубоков А.И. Витамин В12 как препарат для повышения жизнестойкости рыб в периоды раннего онтогенеза // Водная токсикология и оптимизация биопродукционных процессов в аквакультуре: Сб. науч. тр. М.: ВНИРО, 1988. С. 130–138.
4. Головин П.П., Головина Н.А., Романова Н.Н., Коробельникова О.В. Испытание в аквакультуре биологически активных препаратов, повышающих иммунофизиологический статус рыб // Рыбное хоз-во. 2008. № 4. С. 63–66.
5. Емелина Н.Г., Крылова В.С., Петрухова Е.А., Бромлей Н.В. Витамины в кормлении сельскохозяйственных животных и птиц. М.: Колос, 1970. 310 с.
6. Витамины / под ред. М.И. Смирнова. М.: Агропромиздат, 1974. 495 с.
7. Hung S.O., Cho C.Y., Slinger S.Y. Effect of oxidized fish oil DL- $\alpha$ -tocopherol acetate and ethoxyquin supplementation on the vitamin E nutrition of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) fed practical diets // Nutrition. 1981. Vol. 111. P. 648–657.
8. Cowey C.B., Adron J.W., Joungson A. The vitamin E requirement of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) given diets containing polyunsaturated fatty acids derived from fish oil // Aquaculture. 1983. Vol. 30. № 1–4. P. 85–93.
9. Пономарева Е.Н., Пономарев С.В., Сорокина М.Н., Храмова А.В. Повышение резистентности осетровых рыб на ранних этапах онтогенеза при использовании витаминных препаратов // Вестник Южного научно-центра. 2005. Т. 1. № 1. С. 41–44.
10. Громова О.А. Селен – впечатляющие итоги и перспективы применения // Трудный пациент. 2007. Т. 5. № 14. С. 25–40.
11. Голубкина Н.А., Шагова М.В., Спиричев В.Б., Алфтан Дж. Обеспеченность селеном некоторых регионов России // Патология человека и роль препаратов селена и пантов в её терапии: мат-лы науч.-практ. конф. Чита: Изд-во ЧГПИ, 1993. С. 23–24.
12. Булах А.А., Козловская А.Ю., Фёдорова М.А., Леонтьев А.А., Козловский В.Ю. Биологическая роль селена в организме животных // Перспективное свиноводство: теория и практика. Самара: ООО “Инфо 3”, 2012. С. 17–20.
13. Трифонов Г.А., Евсеева О.П. Влияние селеносодержащих препаратов и витамина Е на показатели крови и яйценоскость кур родительского стада // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2008. № 6 (44). С. 55–59.
14. Кулагина Ю.М., Головацкая И.Ф. Влияние селенита натрия на рост и развитие растений пшеницы в зависимости от способа обработки // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2011. № 2. (14). С. 56–64.
15. Родионова Т.Н. Использование селеноорганического препарата ДАФС-25 в животноводстве // Ветеринария Поволжья. 2003. №2 (5). С. 26–27.
16. Шабунин С.В., Беляев В.И., Дубовской И.И., Курило Н.Ф., Бальм Ю.П., Алехин Ю.Н. Селен. Биологические свойства и применение в животноводстве и ветеринарии. Воронеж: Ориган, 2007. 140 с.
17. Илларионова Т.С., Харлицкая Е.В., Манякина Н.С., Виноградова Л.Ф., Чибисов С.М. Фармакологическая регуляция антиоксидантами цитолиза гепатоцитов при токсическом повреждении печени // Успехи современного естествознания. 2003. № 2. С. 59–64.
18. Овчинникова Т.М. Селен: яд и противоядие // Животноводство России. 2005. № 4. С. 45.
19. Сергеева Н.Т. О влиянии добавок витамина Е, селена и кальмарового жира в составе комбикорма РГМ-5В на обмен веществ и темп роста форели (*Salmo gairdneri* Rich.) // Вопросы разработки и качества комбикормов. Сб. науч. тр. М.: ВНИИПРХ, 1989. Вып. 57. С. 27–31.
20. Есавкин Ю.И., Панченков Г.Т., Панов В.П., Базутко Н.П. Морфологические и физиолого-биохимические особенности радужной форели, выращиваемой на кормах с добавками селена и токоферола (препарата “эсвекс”) // Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоёмов аридного климата (международный симпозиум). Астрахань: Изд-во АГТУ, 2007. С. 458–460.
21. Мясников Г.Г. Кормление карпа: курс лекций. Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2007. 76 с.
22. Мовчан Н.О., Пименов Ю.Т., Пономарев С.В., Милаева Е.Р. Влияние соединений ртути в стартовых кормах на развитие русского осетра // Токсикологический вестник. 2001. № 1. С. 28–32.
23. Пименов Ю.Т., Берберова Н.Т., Осипова В.П., Коляда М.И., Милаева Е.Р. Токсическое действие соеди-

- нений ртути и олова на молодь осетровых рыб // Вестник Южного научного центра. 2005. Т. 1. № 1. С. 33–40.
24. 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.
  25. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность, 1966. 376 с.
  26. Castell J.D., Tiews K. Report of the EIFAC, IUNS and ICES Working Group on the standartization of the methodology in fish nutrition research // EIFAC Tech. Pap. Hamburg, 1979. P. 1–24.
  27. Резников В.Ф., Баранов С.А., Стариков Е.А., Толчинский Г.И. Стандартная модель массонакопления рыбы // Механизация и автоматизация рыбоводства и рыбовольства во внутренних водоемах: Сб. научн. тр. М.: ВНИИПРХ, 1978. Вып. 22. С. 182–196.
  28. Кутинский С.В., Баранов С.А., Резников В.Ф. Радужная форель – предварительные параметры стандартной модели массонакопления // Индустриальное рыбоводство в замкнутых системах: сб. науч. тр. М.: ВНИИПРХ, 1985. Вып. 46. С. 109–115.
  29. van Kampen E.J., Zijlstra W.G. Standardization of hemoglobinometry. II. The hemoglobincyanide method // Clin. Chim. Acta. 1961. Vol. 6. P. 538–545.
  30. Филиппович Ю.Б., Егорова Т.А., Севастьянова Г.А. Практикум по общей биохимии. М.: Просвещение, 1975. 318 с.
  31. Trinder P. Determination of glucose in blood using glucose oxidase with an alternative oxygen acceptor // Ann. Clin. Biochem. 1969. Vol. 6. P. 24–27.
  32. Fishbach F., Dunning M. A manual of laboratory diagnostic tests. 7th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2004. 1291 p.
  33. Zolner N., Kirch K.Z. Uber die quantitave Bestimmung von Lipoiden (micromethode mittels die vieles naturlischen Lipoiden allen Bekannten plasmolipoiden) gemein-samen sulfophosphovanillin-reaction // Zeitschrift fur die gesamte experimentelle Medicin. 1962. Vol. 135. № 6. P. 545–561.
  34. Knight J., Anderson S., Rawle J. Chemical basis of the sulfo-phospho-vanillin reaction for estimating total serum lipids // Clin. Chem. 1972. Vol. 18. P. 199–202.
  35. Ромейс Б. Микроскопическая техника. М.: Изд-во иностр. лит., 1954. 718 с.
  36. Меркулов Г.А. Курс патолого-гистологической техники. Л.: Медицина, Ленинград. отд., 1969. 423 с.
  37. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 293 с.
  38. Шелухин Г.К. Физиолого-биохимическая характеристика осетровых Северо-Каспийской популяции в морской период жизни // Актуальные вопросы осетрового хозяйства: сборник науч. трудов. Астрахань: Изд-во ЦНИОРХ, 1971. С. 214–216.
  39. Металлов Г.Ф., Распопов В.М., Аксенов В.П., Чипинов В.Г. Биохимические и морфофизиологические показатели русского осетра в современных экологических условиях Волго-Каспия // Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата (международный симпозиум). Астрахань: Изд-во АГТУ, 2007. С. 484–486.
  40. Череменина Н.А. Состояние организма кроликов при использовании селена в качестве кормовой добавки // Актуальные проблемы современной биологии и биотехнологии: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. Алматы: Семей, 2007. С. 546–548.
  41. Персов Г.М. Дифференцировка пола у рыб. Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1975. 148 с.
  42. Трусов В.З. Созревание половых желез волго-каспийского осетра *Acipenser gueldenstaedtii* Brandt в морской период жизни // Труды ЦНИОРХ. Астрахань: Изд-во ЦНИОРХ, 1972. Т. 4. С. 95–122.

## THE INFLUENCE OF E-SELENIUM ON THE GROWTH AND PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF THE RUSSIAN STURGEON × LENA STURGEON HYBRID

**G.F. Metallov, V.A. Grigoriev, A.V. Kovaleva, O.A. Levina, M.N. Sorokina**

The influence of vitamin and mineral supplements of E-selenium on the physiological state of Russian sturgeon × Lena sturgeon hybrid during the rearing in a recirculation system was investigated. It was established that the application of supplements increased the growth rates and resulted in the lipid metabolism activation and exchange stimulation. The application of E-selenium promoted the correction and prevention of pathological state of sturgeon.

**Key words:** sturgeon, recirculation system, fish feeding, vitamins, selenium.