

28. Свистунова Л.Д. Влияние взмучивания и аэрации донных отложений на зоопланктон озера Глубокого // Проблемы рыбного хозяйства внутренних водоемов Западной Сибири. Тюмень: СибрыбНИИпроект. 1986. С. 86-88.

29. Россолимо Л.Л. Изменение лимнических экосистем под воздействием антропогенного фактора. М.: Наука. 1977. 144 с.

30. Системы ведения товарного рыбоводства в АПК Тюменской области / Под ред. И.С. Мухачева. Тюмень: ОАО «Тюменский дом печати», 2005. 240 с.

31. Дорофеев Б.А., Трошанов А.Г., Юхнева В.С., Бурдиян Б.Г. Об эффективности работы агрегата для аэрации воды в заморных озерах // Рыбное хозяйство. 1973. № 3. С. 23-26.

*Александр Германович СЕЛЮКОВ —  
доцент кафедры зоологии и ихтиологии,  
кандидат биологических наук  
ags-bios@yandex.ru*

*Леонид Александрович ШУМАН —  
аспирант кафедры зоологии и ихтиологии  
leonidshuman@yandex.ru*

*Екатерина Владимировна ЕФРЕМОВА —  
аспирант кафедры зоологии и ихтиологии  
katerinaef@yandex.ru  
Тюменский государственный университет*

УДК 597:639.3.04

**ПРИМЕНЕНИЕ УСТАНОВОК ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ  
ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ МАТОЧНЫХ СТАД СИГОВЫХ РЫБ  
(НА ПРИМЕРЕ ТУГУНА)**

**APPLYING OF INSTALLATIONS OF THE CLOSED WATER SUPPLY  
FOR RECEPTION OF COREGONID BROODSTOCKS  
(ILLUSTRATED BY TUGUN)**

*АННОТАЦИЯ. Изучена возможность формирования маточных стад сиговых рыб (Coregonidae) в установках замкнутого водоснабжения на примере модельного объекта — тугуна (Coregonus tugun). Исследованы рост, развитие половых желез, печени и жабр.*

*SUMMARY. The opportunity of reception of Coregonid broodstocks in installations of the closed water supply on the example of modeling object - tugun (Coregonus tugun) — is studied. The data on length and weight growth, histological features of gonads, liver and gills of a tugun are obtained during its stay in recirculation system.*

*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Тугун, маточное стадо, установка замкнутого цикла.  
KEY WORDS. Tugun, broodstock, installation of the closed water supply.*

Сиговые рыбы, как доминанты субарктических водных экосистем, адаптированы к существованию в сравнительно узком диапазоне параметров абиотической среды. Основными природными факторами, лимитирующими их численность в бассейне Оби, являются экстремальные колебания гидрологического режима, промерзание нерестилищ, зимний замор. Эти явления усиливаются избирательной промысловой нагрузкой и возрастающим загрязне-

нием. Начало освоения газоконденсатных месторождений в акватории Обской губы усилит техногенное давление на сиговых рыб в период их зимовки. Более того, в ближайшие годы резко возрастет нагрузка на основной источник пополнения численности этих видов — уральские притоки Оби — в связи с началом работ по реализации мегапроекта «Урал промышленный – Урал Полярный».

Разработка месторождений угля, меди, свинца, золота, молибдена, цинка, хрома и др., строительство поселков, железной и автодорог в верховьях рр. Байдаратаяха, Щучья, Сось, Войкар, Сыня, Северная Сосьва и сведение лесов на водосборах станут основным фактором деградации водных экосистем. Поскольку большинство нерестилищ сиговых рыб окажется в зоне хозяйственного освоения, они будут уничтожены или загрязнены настолько, что в условиях трансформированных гидрологического и гидрохимического режимов нормальное протекание эмбриогенеза и развитие молоди станут невозможны. Это приведет к нарушению популяционной структуры и резкому снижению численности видов.

Обозначенные перспективы не позволяют надеяться на успешное самовосстановление запасов сиговых рыб, и потому одним из вариантов сохранения этих видов может быть создание центров воспроизводства и питомников в естественном ареале или за его пределами с последующим зарыблением природных водоемов. Однако при возрастающем загрязнении общепринятые подходы будут малоэффективны, т.к. взятые из природы производители будут отягощены различными патологиями, в том числе и репродуктивной функции, что негативно отразится на потомстве.

В новых центрах воспроизводства, сиговых питомниках, будет целесообразно использовать экологически безопасные и ресурсосберегающие подходы, позволяющие получать жизнестойкий посадочный материал. Очевидно, что одним из реальных путей сохранения и поддержания численности сиговых рыб станет формирование их маточных стад в индустриальных условиях [1], [2]. Одно из перспективных направлений в аквакультуре — использование установок замкнутого водоснабжения (УЗВ) для получения жизнестойкой молоди ценных видов рыб [3], [4], [5]. В УЗВ не только молодь защищена от неблагоприятных экологических факторов, а режимы инкубации и разведения управляются автоматически, но и полностью соблюдаются требования охраны окружающей среды.

Состояние репродуктивной системы объектов разведения — важнейший показатель качества рыбоводных работ. На развитие организма при искусственном разведении существенное влияние оказывает состав корма и характер кормления, оценить эффективность которых позволяет детальный анализ состояния печени. Важной особенностью гепатоцитов, отражающей функциональные возможности печени, является наличие в них жировых включений [6]. Один из наиболее показательных индикаторов качества воды в УЗВ — состояние жаберного эпителия. Показано [7], [8], что в жабрах рыб встречаются отклонения в виде гиперплазии и адгезии филламентов и ламелл, отечности респираторных ламелл, срастания ламелл и филламентов и др.

Будучи одним из наиболее ценных видов сиговых рыб, тугун характеризуется коротким жизненным циклом, что делает его удобным модельным объектом для исследования влияния различных факторов на рост и развитие ценных видов рыб в условиях искусственного содержания.

**Целью** нашей работы являлось исследование морфофункционального состояния сеголеток тугуна для установления возможности получения маточных стад сиговых рыб в условиях установки замкнутого водоснабжения за пределами естественного ареала.

**Материал и методы исследования.** В течение года, с октября 2008 г. по октябрь 2009 г. были проведены исследования роста и развития тугуна, выращиваемого в автоматизированном рыбоводном мини-комплексе, оснащенный установкой замкнутого водообеспечения\*. Отрабатывалась биотехника содержания представителя сиговых рыб, как наименее устойчивых и наиболее чувствительных к экстремальным природным и техногенным воздействиям.

Проводили ежедневные измерения температуры воды, 1-2 раза в неделю определяли содержание кислорода, рН, аммонийного азота, нитритов, нитратов, фосфатов, железа. Ежемесячно проводили массовые промеры (по Смитту) и взвешивание молоди (157 экз.), учитывалось количество потребляемого корма (Ecostart 17).

Для оценки морфофункционального состояния рыб (26 самок и 32 самца) использован гистологический анализ гонад, печени и жаберного аппарата. Печень и жабры фиксировали в смеси Буэна, гонады — в фиксаторах Буэна и Карнуа. Органы проводили через спирты возрастающей концентрации до бутанола и на установке ЕС-350 («Microm») заливали в парафин. Срезы толщиной 5 мкм готовили на автоматизированном роторном микротоме НМ 355S («Microm»), окрашивали железным гематоксилином по Гейденгайну [9] и заключали в канадский бальзам на аппарате для заключения препаратов Tissue-Tek GLC550 («Sakuga»). Препараты анализировали на микроскопе AxioImager A1 («Zeiss») с использованием лицензионного программного обеспечения AxioVision 4.7.1.

В яичниках подсчитывали соотношение количества половых клеток разных генераций на разных стадиях развития [10]. В семенниках выявляли сперматогонии, сперматоциты, сперматиды и спермии. В печени измеряли гепатоциты, их ядра и площадь липидных включений. В жабрах подсчитывали относительную площадь участков с гистологическими отклонениями.

**Результаты и обсуждение.** Динамика температурного и кислородного режима, основные гидрохимические показатели (рН, аммоний) представлены на рис. 1. Как можно видеть, в мае произошло значительное возрастание концентрации аммония и последовавшее за ним повышение нитритов и нитратов с одновременным падением рН, что вызвано увеличением плотности посадки за счет временного введения в бассейны УЗВ производителей карпа и повышения температуры в установке. В целом гидрохимические показатели не выходили за рамки предельно допустимых значений для систем с оборотным водоснабжением: аммоний — 4 мг/л, нитриты — 0.1 мг/л, нитраты — 3 мг/л [11].

\* Использованное в работе оборудование приобретено за счет средств Инновационной образовательной программы Тюменского госуниверситета (2007-2008 гг.).

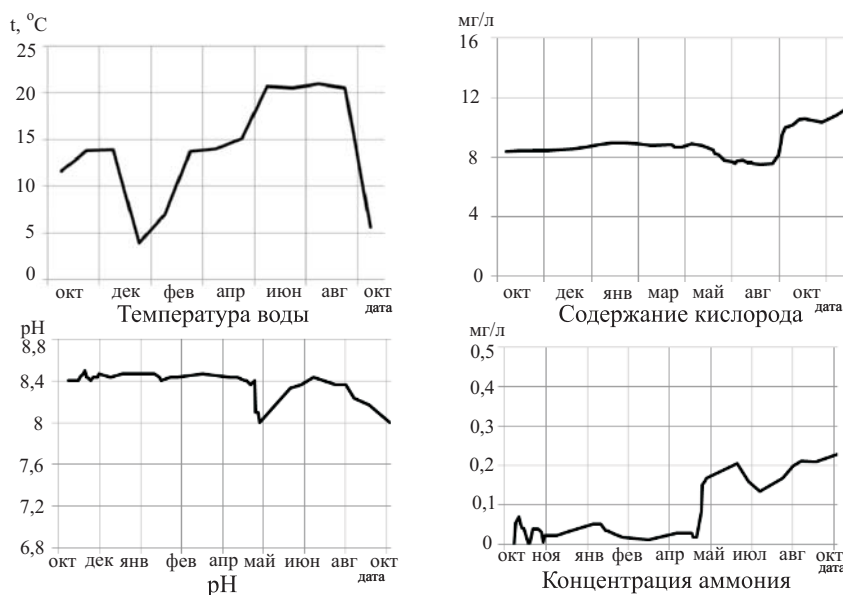


Рис. 1. Динамика гидрохимического режима в УЗВ (2008-2009 гг.)

Размерно-весовые параметры рыб за весь период исследования увеличивались, но в зимний период из-за низких температур их рост замедлялся (рис. 2). По достижении возраста 430 суток средняя масса тугуна составила  $36 \pm 7,8$  г. при средней длине  $150 \pm 9,9$  мм, что значительно превысило показатели одно-возрастных особей вида в природных популяциях [12], [13].

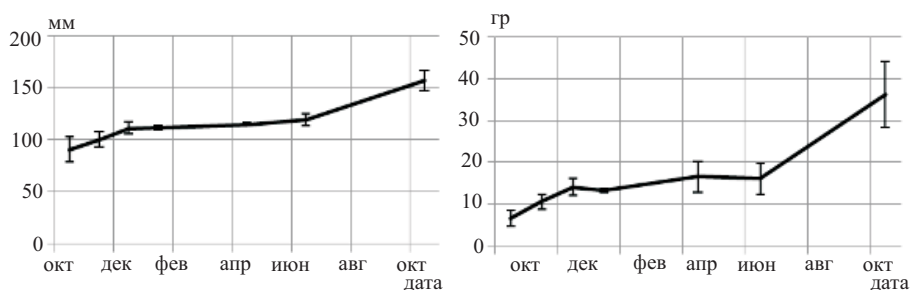


Рис. 2. Динамика размерно-весовых показателей тугуна в УЗВ (2008-2009 гг.)  
а — линейные размеры (по Смитту); б — общая масса тела

**Гонады.** Гистологический анализ гонад тугуна показал, что у большинства особей в 430 суток яичники и семенники достигли IV стадии зрелости. В природных условиях в этом возрасте IV стадии достигают лишь единичные особи при меньших размерах и массе [14]. При анализе соотношения половых клеток разных генераций в яичниках тугуна отмечено, что с возраста 153 до 211 суток в них повышалось число превителлогенных ооцитов и ооцитов фазы вакуолизации цитоплазмы (рис. 3 а, б), в дальнейшем (до 251 сут.) возрастала доля вителлогенных ооцитов (рис. 3 г). У самок в 428 суток часть ооцитов начинала резорбироваться (рис. 3 в, д). Диаметр превителлогенных ооцитов у рыб к этому возрасту составил 110,5 мкм, ооцитов фазы вакуолизации — 190,8 мкм, фазы накопления желтка — 340-990 мкм, что соответствует их размерам у тугуна в природе [14].

У самцов в возрасте 153 суток в гонадах присутствовали сперматогонии и сперматоциты I порядка, в возрасте 173-211 суток количество цист сперматоцитов возрастало, а в 251 сутки отмечались все генерации половых клеток. К возрасту 430 суток количество спермиев в семенниках возрастало (рис. 4).

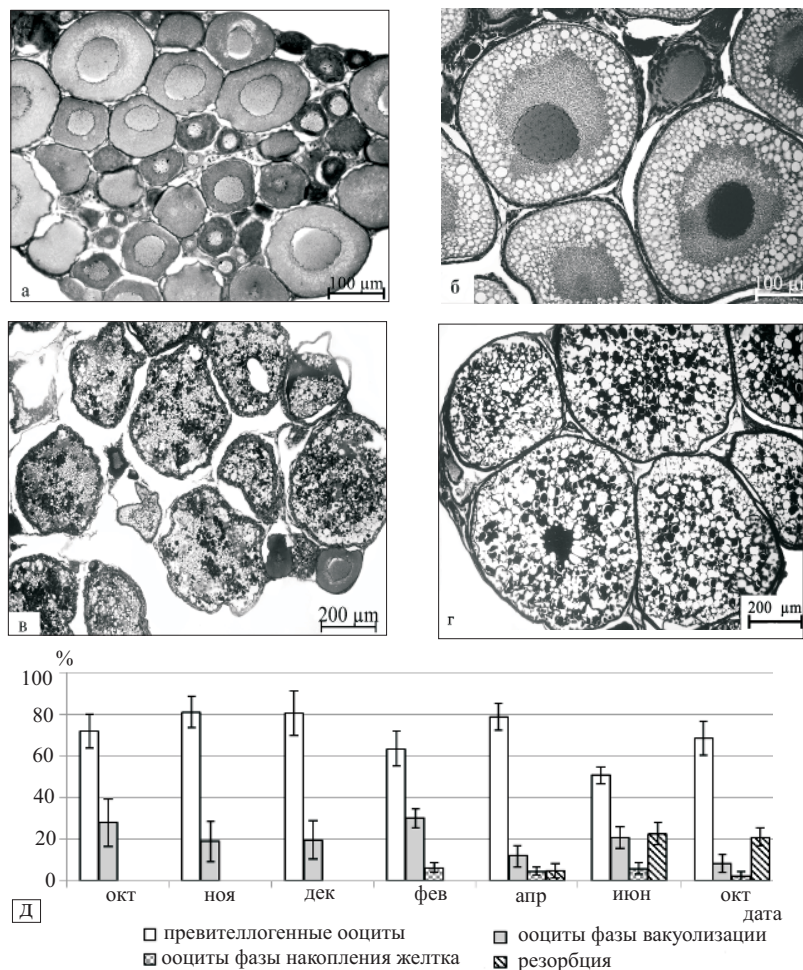


Рис. 3. Половые клетки самок тугуна (2008-2009 гг.);  
 а — превителлогенные ооциты, б — ооциты фазы вакуолизации,  
 в — резорбирующиеся ооциты, г — ооциты фазы накопления крупнозернистого  
 желтка, д — соотношение (%) ооцитов разных генераций и состояний

**ПЕЧЕНЬ.** В этом органе у тугуна была выявлена значительная динамика липидного обмена, отчетливо проявившаяся в морфологических изменениях гепатоцитов (рис. 5а). Если при переводе сеголетов в бассейны липидные включения занимали 33,7% площади клеток печени на гистологическом срезе, то уже через месяц их объем в гепатоцитах сократился втрое (10%); еще через 30 суток вновь отмечали повышение объема липидных включений (до 22,5%)



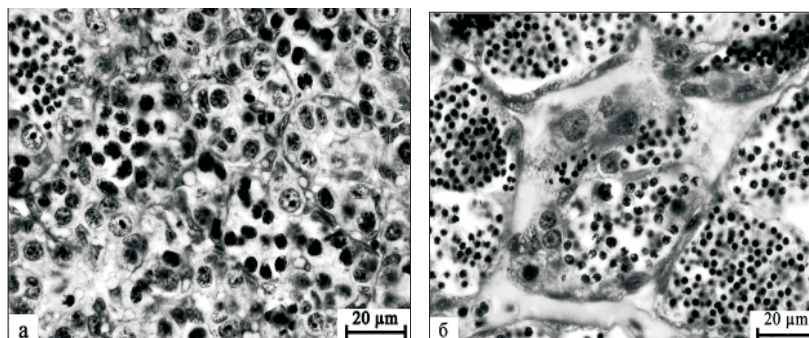


Рис. 4. Семенники тугуна в возрасте 153 (а) и 430 суток (б)

Данная тенденция сохранялась и далее — на начало февраля их площадь достигла 30,6%, но во второй половине июня (430 суток) содержание липидов снизилось до 19% (рис. 5б). В печени самок за весь исследуемый период липидов была меньше, чем у самцов, что отражало энергетические потребности в генеративном обмене созревающих рыб.

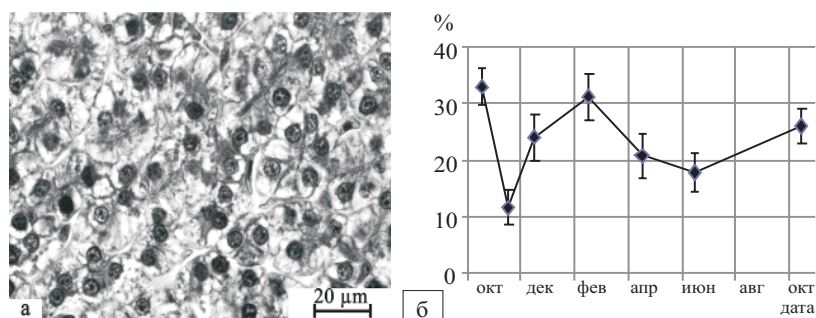


Рис. 5. Гепатоциты тугуна (а) и динамика липидных включений (б)

**ЖАБРЫ.** Патологических изменений жаберного аппарата, за некоторыми исключениями (рис. 6), не отмечали. Выявленные отклонения проявлялись в виде гиперплазии клеток афферентной зоны и на терминалях респираторных ламелл. Можно видеть, что периоды увеличения количества отклонений в жабрах совпадают с периодами снижения содержания липидов в печени (рис. 5, б) и свидетельствуют о напряженном морфофункциональном состоянии рыб в это время.

Проведенный комплексный анализ выращиваемых рыб показал, что в исследуемых органах в разные периоды содержания в УЗВ проявились два пика отклонений. Первый пик пришелся на начальный период пребывания рыбы в УЗВ и характеризовался возрастанием количества аномалий в жаберном аппарате и снижением доли липидных включений в печени, что обусловлено акклимационным стрессом, а также началом формирования фонда половых клеток. Второй пик, пришедшийся на восьмой-девятый месяцы пребывания рыбы в УЗВ, был вызван незначительным ростом отклонений в жаберном эпителии и некоторым снижением доли липидных включений в печени, а также резорбцией части вителлогенных ооцитов у самок. Этот пик

проявился на фоне вынужденного изменения температурного режима в летний период в сторону повышения температур, что пагубно отразилось на формировании конечной плодовитости в момент завершения вителлогенеза и перехода яйцеклеток к созреванию.

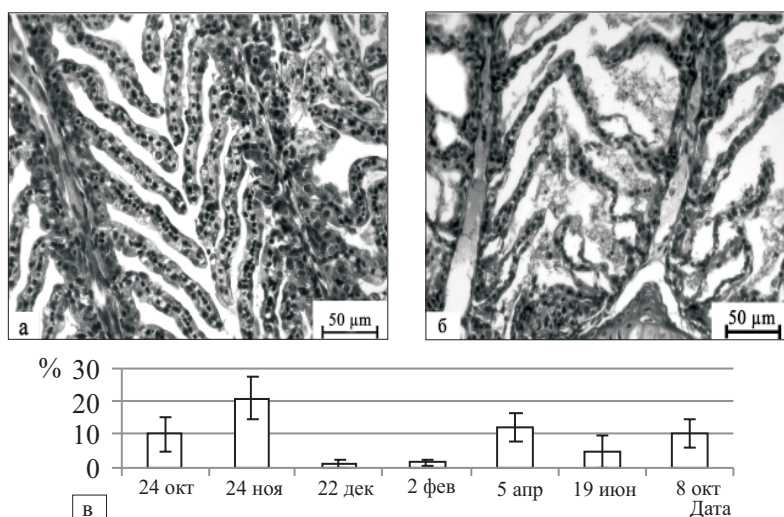


Рис. 6. Жабры тугуна в норме (а) и с различными нарушениями (б, в)

В целом следует отметить, что обнаруженные отклонения носят более адаптационный, нежели патологический характер. Так, в печени не было обнаружено типичных для такого состояния структурных нарушений. Формирование половых желез самцов проходило без патологий; это связано с меньшими энергетическими потребностями при созревании семенников, нежели яичников, что также подтверждается более высоким содержанием липидов в гепатоцитах самцов.

Приведенные данные свидетельствуют о возможности получения полноценных производителей тугуна в течение одного годового цикла в УЗВ при соблюдении оптимальных кормовых рационов, гидрохимического и гидрологического режимов.

#### Выводы

1. В период содержания тугуна в УЗВ температура и гидрохимические показатели находились в пределах допустимых значений для выращивания сиговых индустриальным методом.
2. Длина и масса тела двухлеток тугуна, выращенных в установке замкнутого водоснабжения, значительно превысили соответствующие показатели особей из природных популяций.
3. В яичниках самок с октября по апрель оогенез протекал без отклонений, ооциты старшей генерации вступали в период вителлогенеза, однако в летний период у части самок ооциты резорбировались, что связано с неблагоприятным температурным режимом.
4. Отклонений в прохождении сперматогенеза не выявлено, в семенниках присутствуют половые клетки всех генераций.

5. Значительных гистологических нарушений в печени тугуна не было установлено; изменение количества липидных включений в гепатоцитах отражало текущие энергетические потребности организма.

6. Гистологический анализ жабр выявил незначительные отклонения в строении жаберного эпителия, совпадавшие с периодами стрессорного состояния организма.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданова В.А., Князева Л.М. Исследования развития и функционирования воспроизводительной системы сиговых рыб в процессе формирования индустриальных ремонтно-маточных стад // Матер. научно-практич. конф. «Пресноводная аквакультура: состояние, тенденции и перспективы развития». Тюмень: Госрыбцентр. 2010. С. 22-28.
2. Костюничев В.В. Перспективы развития индустриального сиговодства на Северо-Западе России // Матер. научно-практич. конф. «Пресноводная аквакультура: состояние, тенденции и перспективы развития». Тюмень: Госрыбцентр. 2010. С. 75-81.
3. Ивойлов А.А., Чмилевский Д.А., Стадник М.А. Выращивание сибирского осетра и радужной форели в установке с замкнутым циклом водообеспечения, оснащенной погружным биофильтром с постоянно регенерирующей загрузкой // Научно-технический бюллетень лаборатории ихтиологии ИНЕНКО. СПб. 2007. Вып. 13. 17 с.
4. Мелехова О.П., Чертихина Е.А. Асинхронность в развитии ооцитов у стерляди в индустриальных условиях // Вестник Московского университета. 2009. №4. Сер. 16. Биология. С. 29-32.
5. Селюков А.Г., Мухачев И.С. О необходимости развития комплексов модульного типа в условиях Западной Сибири // Материалы Всерос. научно-практич. конф. «Пресноводная аквакультура: состояние, тенденции и перспективы развития». Тюмень. 2010. С. 126-130.
6. Краснодембская К.Д., Баюнова Н.Н., Семенкова Т.Б. Оценка физиологического состояния молоди лосося при выращивании на рыбоводных заводах по гистологическим показателям // В кн.: Лососевидные рыбы. 1980. С. 252-257.
7. Матей В.Е. Функциональная морфология жаберного эпителия пресноводных костистых рыб // В кн.: Физиология, биохимия и токсикология пресноводных животных. Л.: Наука. 1990. С. 104-141.
8. Матей В.Е., Павлов Д.Р., Чуйко Г.М. Влияние кадмия на структуру жабр тилпии // Цитология. 1993. Т. 35. № 10. С. 13-19.
9. Ромейс Б. Микроскопическая техника. М.: Изд-во иностранной литературы, 1953. 718 с.
10. Беляев В. А., Федоров К. Е., Сакун О. Ф. Оогенез и особенности функции половых желез у рыб эпинергетического комплекса течения Куроисио. СПб.: Изд-во СП.-ГУ, 2004. 124 с.
11. Лавровский В.В. Рекомендации по применению систем с оборотным водоснабжением для промышленного выращивания молоди радужной форели. М.: ТГСХА, 1980. 15 с.
12. Демин А.И. Тугун реки Нижняя Тунгуска // Тез. докл. IV Всерос. совещания по биологии и биотехнике разведения сиговых рыб. Л. 1990. С. 84-85.
13. Экология рыб Обь-Иртышского бассейна / Под ред. Д.С. Павлов, А.Д. Мочек. М.: Т-во научн. изданий КМК. 2006. 596 с.
14. Михайличенко Л. В. Анализ динамики роста ооцитов тугуна во время нагульного периода // Тез. докл. IV Всерос. совещания по биологии и биотехнике разведения сиговых рыб. Л. 1990. С. 54-55.