

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. Байдаратайха, Щучья, Собь, 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 филаментов и ламелл, отека респираторных ламелл, срастания ламелл и филаментов 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, pH, 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 («Micom») заливали в парафин. Срезы толщиной 5 мкм готовили на автоматизированном роторном микротоме НМ 355S («Micom»), окрашивали железным гематоксилином по Гейденгайну [9] и заключали в канадский бальзам на аппарате для заключения препаратов Tissue-Tek GLC550 («Sakura»). 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 (pH, 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 pH, 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.).

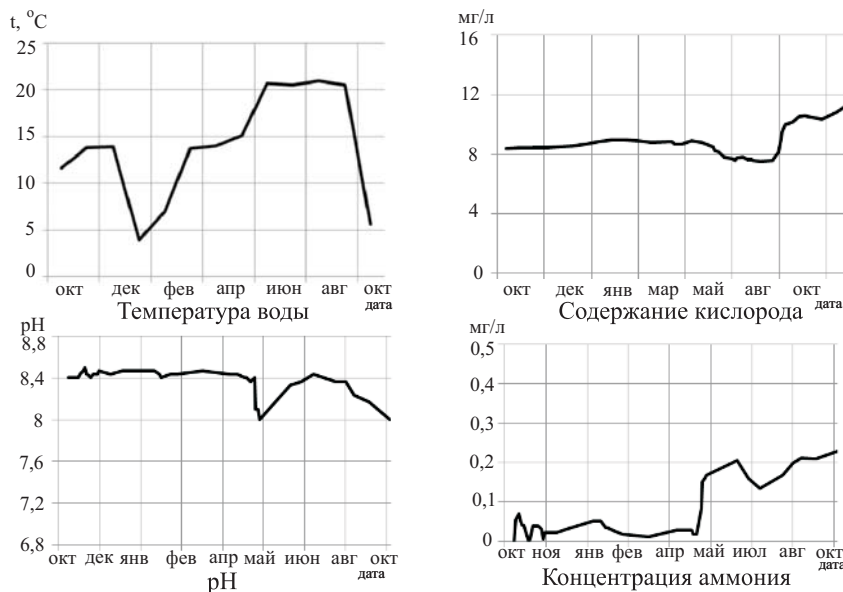


Рис. 1. Динамика гидрохимического режима в УЗВ (2008-2009 гг.)

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].

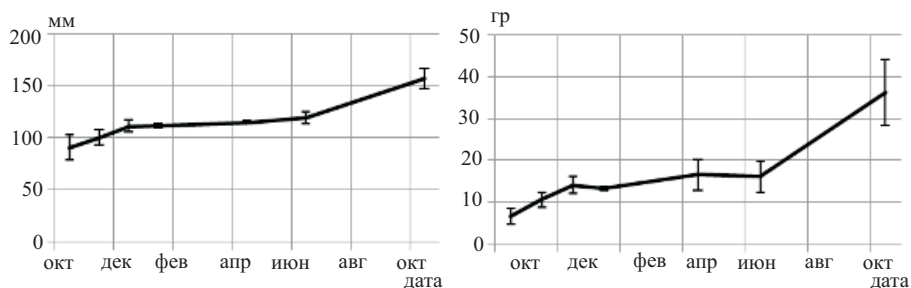


Рис. 2. Динамика размерно-весовых показателей тугуна в УЗВ (2008-2009 гг.)
а — линейные размеры (по Смитту); б — общая масса тела

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).

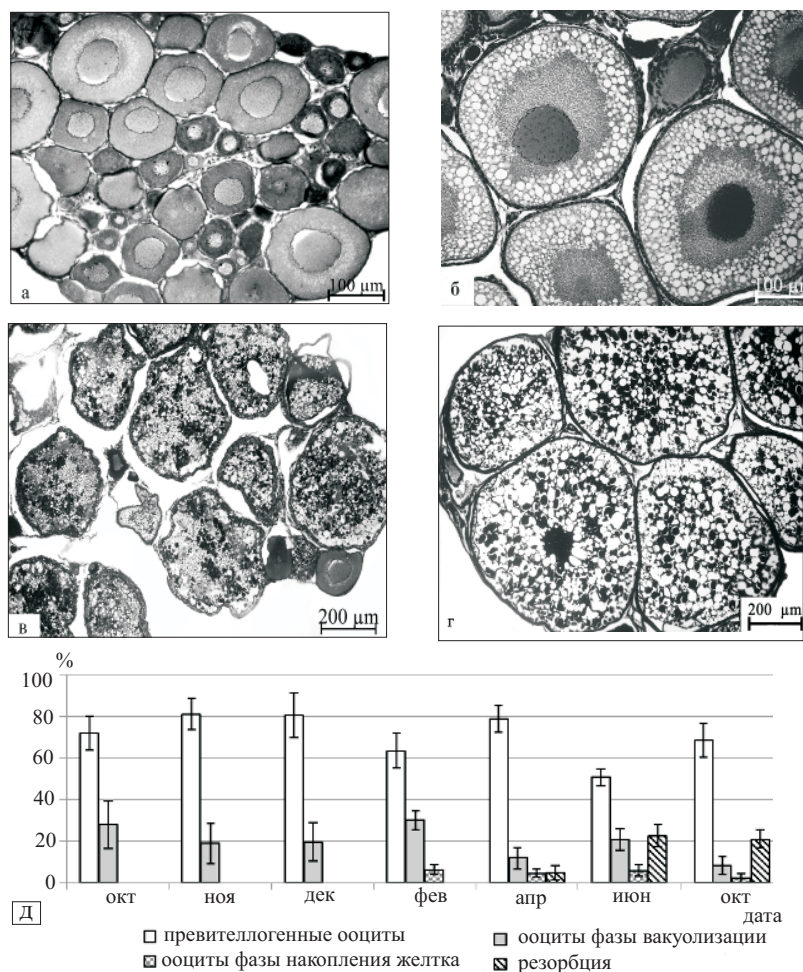


Рис. 3. Половые клетки самок тугуна (2008-2009 гг.);
 а — превителлогенные ооциты, б — ооциты фазы вакуолизации,
 в — резорбирующиеся ооциты, г — ооциты фазы накопления крупнозернистого
 желтка, д — соотношение (%) ооцитов разных генераций и состояний

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 вдвое (10%); еще через 30 суток вновь отмечали повышение объема липидных включений (до 22,5%)

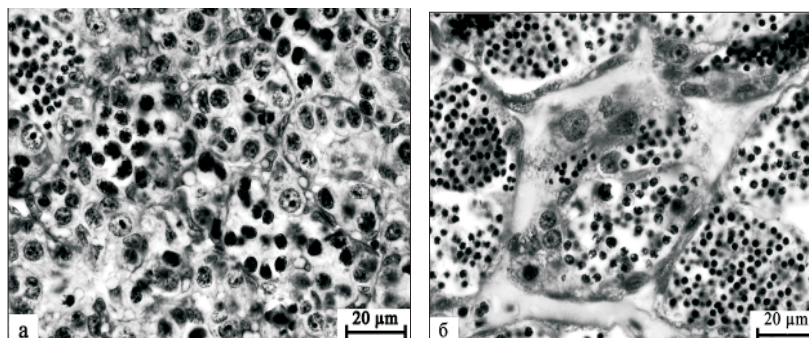


Рис. 4. Семенники тугуна в возрасте 153 (а) и 430 суток (б)

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.

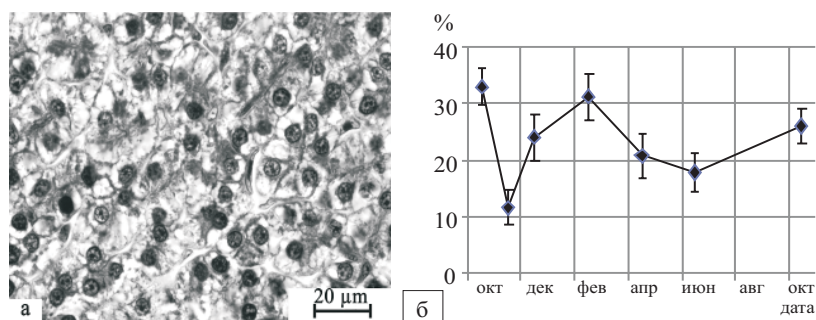


Рис. 5. Гепатоциты тугуна (а) и динамика липидных включений (б)

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.

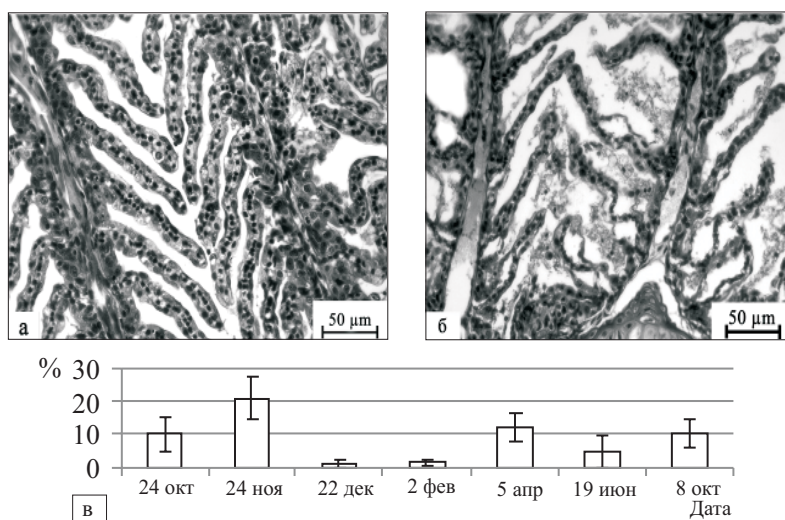


Рис. 6. Жабры тугуна в норме (а) и с различными нарушениями (б, в)

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 тигляпии // 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 эпинеретического комплекса течения Куроиси. 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.