

Леонид Александрович ШУМАН¹
Екатерина Владимировна ЕФРЕМОВА²
Кристина Александровна ДЕДУЛЬ³

УДК 597.5: 639.3.05: 591.465.12

**ИЗМЕНЕНИЯ В ГАМЕТОГЕНЕЗЕ И ПОЛОВОМ
СОЗРЕВАНИИ МОЛОДИ МУКСУНА (*COREGONUS MUKSUN*)
ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СУРФАГОНА***

¹ кандидат биологических наук, ассистент кафедры
анатомии и физиологии человека и животных,
Тюменский государственный университет
leonidshuman@yandex.ru

² кандидат биологических наук, зав. лаборатории
ООО НПО «Собский рыбоводный завод» (г. Лабитнанги)
katerinaef@yandex.ru

³ магистрант Института биологии,
Тюменский государственный университет
dedul.kristina@list.ru

Аннотация

Сокращение численности множества ценных видов рыб повышает актуальность разработки технологий их искусственного воспроизводства. Для муксуна (*Coregonus miksun*) процесс создания маточных стад достаточно ресурсозатратен, причиной чему является позднее половое созревание этого вида. Гормональное воздействие во время

* Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (договор № 10188ГУ/2015 от 08.06.2016 г.).

Цитирование: Шуман Л. А. Изменения в гаметогенезе и половом созревании молоди муксуна (*Coregonus miksun*) при воздействии сурфагона / Л. А. Шуман, Е. В. Ефремова, К. А. Дедуль // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2018. Том 4. № 1. С. 61-75.
DOI: 10.21684/2411-7927-2018-4-1-61-75

ранних стадий гаметогенеза потенциально способно ускорить половое созревание. В данной работе приводятся результаты экспериментов по воздействию синтетического аналога гонадотропного релизинг-гормона — сурфагона — на гаметогенез, темп полового созревания и состояние внутренних органов молоди муксуна, выращиваемого в условиях искусственного воспроизводства — в бассейнах с оборотным водоснабжением. Отмечено ускорение темпов гаметогенеза у особей, подвергнутых воздействию гормона.

Ключевые слова

Муксун, гаметогенез, половые циклы, ооциты, гормональные инъекции, сурфагон.

DOI: 10.21684/2411-7927-2018-4-1-61-75

Введение

Муксун (*Coregonus muksun*) является одним из самых ценных видов среди сиговых рыб, в то же время численность его популяций в Западной Сибири в последние десятилетия устойчиво сокращаются, что в перспективе может поставить этот вид на грань исчезновения [12]. Коммерческая ценность муксуна определяет высокую промысловую нагрузку на этот вид, в том числе и браконьерский промысел, в то же время искусственное воспроизводство, способное восстановить численность обской популяции, является ресурсозатратным. Поздние сроки полового созревания вида (в возрасте 4+-7+) делают создание маточного стада достаточно длительным и трудоемким процессом.

Существующие в настоящее время технологии управления воспроизводством и половыми циклами этого вида не позволяют быстро получить половозрелых производителей для целей искусственного разведения. Гистологическими исследованиями показано, что даже в благоприятных условиях нагула и высоких темпах соматического роста у муксуна происходит задержка гаметогенеза на стадии цитологической дифференцировки пола и превителлогенеза [9], чему причиной может являться гибридное происхождение этого вида [1].

В целом половое созревание, гаметогенез и половые циклы позвоночных животных находятся под контролем многоуровневой эндокринной системы гипоталамус — гипофиз — гонады. Центральная нервная система, интегрируя комплекс внешних и внутренних сигналов, с помощью гипоталамических релизинг-гормонов воздействует на гипофиз; тот, в свою очередь, выделяет гонадотропные гормоны, активирующие синтез и выделение половых стероидных гормонов секреторными клетками половых желез. На толстолобике (*Hypophthalmichthys molitrix*) показано, что степень ответа гонадотропоцитов гипофиза на стимуляцию различна между особями с более качественными половыми продуктами (т. е. более готовых к нересту) и менее качественными, что обеспечивается изменением соотношения меро- и голокриновой секреции [6]. Воздействие гонадотропных гормонов (ГТГ) на секреторные клетки гонад также зависит от множества факторов. Для активации стероидогенеза в клетках Лейдига кроме гормонов гипофиза необходим эпидермальный фактор роста

(ЭФР, EGF). Соединяясь с рецепторами в клетках Лейдига, ГТГ и ЭФР через систему вторичных посредников (G-белки, цАМФ, протеинкиназы) активируют транскрипционные факторы генов стероидогенеза [2]. Стероидные гормоны, в свою очередь, воздействуют на множество органов и тканей, направляя процессы полового созревания.

Кроме этого, основного сигнального пути на гаметогенез оказывают влияние нонапептидные нейрогормоны (вазотоцин, изотоцин), которые могут выступать антагонистами гонадотропных гормонов и иметь антигонадотропный эффект, что необходимо для постнерестового торможения генеративного обмена [7]. Имеет значение также система соматотропный гормон — инсулиноподобный фактор роста — инсулин, которая коррелирует с качеством половых продуктов при овуляции у белого амура *Stenopharyngodon idella* [5].

Различными исследованиями показано, что формирование гормонального статуса, обеспечивающего в будущем регуляцию половых циклов и полового поведения у рыб, происходит еще на относительно ранних стадиях онтогенеза, задолго до морфологической дифференцировки внутривидовых группировок: пестрятки и серебрянки атлантического лосося *Salmo salar*, пелагической и анадромной группировки кумжи *Salmo trutta labrax* [13, 15]. Это наводит на мысль о возможности управления процессами гаметогенеза рыб путем гормонального воздействия на их молодь.

Кроме того, на гаметогенез и половые циклы напрямую могут влиять различные неблагоприятные факторы внешней среды, включая токсиканты, что для муксуна в естественных условиях подтверждено рядом исследований [10-11, 17].

К настоящему времени для управления процессами воспроизводства и половыми циклами рыб уже давно и успешно применяется гормональное воздействие как в виде инъекций синтетических гормонов, так и в виде препаратов гипофиза (гомогенатов или вытяжек), причем воздействие может быть оказано на всех уровнях регуляции: гипоталамическими релизинг-гормонами, гонадотропными гормонами и половыми стероидными гормонами. Для управления связью гипоталамус — гипофиз широкое применение нашел синтетический агонист гонадотропного релизинг-фактора — сурфагон (pGlu-His-Trp-Ser-Tyr-D-Ala-Leu-Arg-ProNH₂). Этот препарат в комбинации с другими веществами (например, антагонистами дофамина) успешно используется для стимуляции созревания ооцитов и овуляции у разных видов рыб: трехпятнистого дасцилла *Dascyllus trimaculatus* [8], осетровых [3-4], карасей *Carassius auratus* [20], клариевого сома *Clarias gariepinus* [16] и др.

В то же время влияние инъекций сурфагона на неполовозрелую молодь рыб исследовано гораздо меньше. В работе М. Клэр с соавторами [19] показано, что комбинированное воздействие ГнРГ и тестостерона повышает уровень гонадотропных гормонов в гипофизе и плазме крови и стимулирует начало вителлогенеза (появление ооцитов фазы вакуолизации) у молоди полосатого окуня (*Morone saxatilis*). Кроме того, известно, что сурфагон способен изменить рео-реакцию молоди радужной форели, переведя ее в миграционное состояние [14].

Цель нашей работы состояла в изучении воздействия инъекций сурфагона на гаметогенез и состояние внутренних органов молоди муксуна для определения возможности ускорения полового развития данного вида в искусственных условиях.

Материал и методы

Эксперимент проводился на базе рыбоводных мощностей Собского рыбоводного завода (пос. Харп, ЯНАО). Для исследования были отобраны 300 особей сеголеток муксуна в возрасте 240 сут после вылупления. Рыбы были случайным образом разделены на 3 группы по 100 ос. и рассажены в рыбоводные емкости с идентичными температурными, гидрологическими и гидрохимическими условиями (рис. 1). Средняя масса рыб составляла 53,5 г.

Двум группам были проведены инъекции сурфагона в объеме 0,02 и 0,05 мкг на грамм веса особи. Контрольные и опытные группы подращивались в течение семи месяцев. Постоянно отслеживали потребление корма, кормовые коэффициенты, рост особей и отход. Проводили периодические гистологические фиксации особей в формалине, фиксаторах Бродского и Буэна (рис. 1).

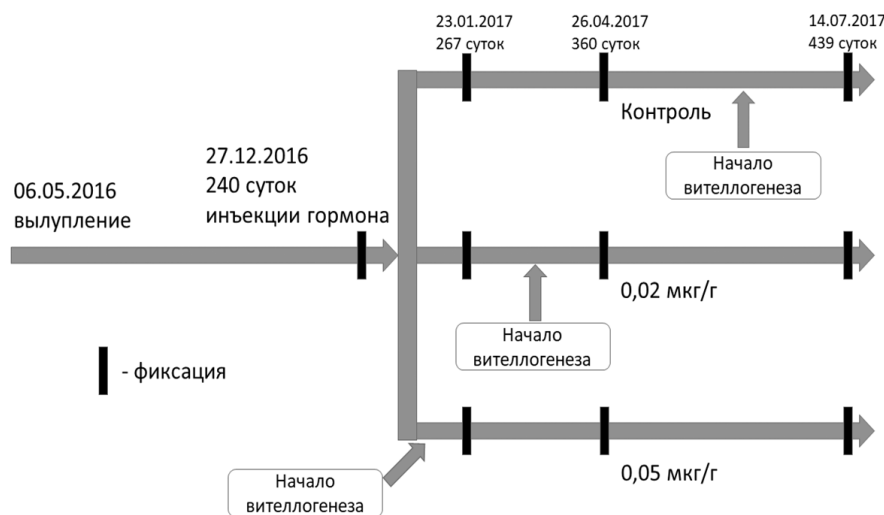


Рис. 1. Схема эксперимента

Fig. 1. Design of the experiment

Для анализа возможных гистопатологий фиксировали печень, почки, жабры, кишечник, сердце. Для оценки темпа гаметогенеза фиксировали гонады. Участки зафиксированных органов дегидратировали в спиртах возрастающей концентрации и заливали в парафиновые блоки. Из блоков при помощи микротомы готовили срезы толщиной 5 мкм. Препараты окрашивали железным гематоксилином по Гейденгайну и заключали в среду Bio Mount (Bio Optica). Препараты анализировали при увеличениях $\times 40$, $\times 100$, $\times 200$, $\times 400$ и $\times 1\ 000$ на микроскопе AxioImager A1 (Zeiss) и фотографировали видеокамерой AxioCam MRc5 с использованием лицензионного программного обеспечения AxioVision 4.7.1.

Препараты соматических органов анализировали на наличие гистопатологий, характерных для каждой ткани. В гонадах оценивали фазы и стадии развития половых клеток и их диаметр.

Для статистического анализа использовали программный пакет STATISTICA Statsoft, Inc. (v. 6, 2006) и MS Excel (2007). Статистические различия в исследуемых параметрах рыб оценивали с использованием t-критерия Стьюдента и непараметрического U-критерия Манна — Уитни.

Результаты и обсуждение

Рост и питание. Одними из простых, но эффективных параметров, позволяющих оценить состояние популяции рыб, являются такие линейно-весовые показатели, как соотношение «масса — длина», скорость роста и др. Между тем существует некоторое противоречие между соматическим ростом и половым созреванием особей. Общеизвестно, что после полового созревания ростовые процессы в организме рыбы замедляются. В нашем исследовании за 7 мес. средняя масса рыб и в контроле, и в опытных партиях возросла более чем в 2 раза, с 53 г в декабре до 120,5 г в июле, причем статистических различий между группами не обнаружено.

Наиболее часто для оценки эффективности кормления в рыбоводной практике используют так называемый кормовой коэффициент — отношение затраченного корма к приросту биомассы в стаде. В нашем исследовании кормовые коэффициенты выращиваемых рыб были равны 1,2-1,3. Статистический анализ не выявил достоверных различий в кормовых коэффициентах как между контрольными и опытными вариантами, так и между самими опытными вариантами, что доказывает отсутствие негативного влияния применяемого препарата на эффективность потребления корма.

В целом можно сделать вывод, что при однократном гормональном воздействии на молодь муксуна процессы энергетического обмена и соматического роста не претерпевают сколь либо существенных изменений.

Состояние соматических органов. Гистологический анализ печени, почек, жабр и сердца не выявил существенных гистопатологий как в опытных группах, так и в контрольной (рис. 2). Гепатоциты печени были умеренно базофильны, в них присутствовали включения липидов (рис. 2А); печень в целом отличалась значительной васкуляризацией, что свидетельствует об интенсивном функционировании этого органа. При анализе гистоморфологии почечной ткани и миокарда также не было установлено каких-либо отклонений (рис. 2Б, В). В жабрах были отмечены незначительные аномалии в виде гиперплазии отдельных респираторных ламелл (рис. 2Г), однако они локализовались на незначительных участках гистологического среза, и их количество статистически не различалось в контрольной и опытных партиях.

Многочисленными исследованиями показано, что в естественных условиях Обь-Иртышского бассейна в печени, почках и жабрах сиговых рыб постоянно присутствуют различные гистопатологии [10, 11, 17, 18]. Это означает, что, во-

первых, условия среды в эксперименте были близки к оптимальным, а во-вторых, использованные концентрации сурфагона не оказывают долгосрочного воздействия на внутренние органы.

Гаметогенез. В начале эксперимента гонады муксуна в возрасте 240 суток находились на стадии анатомической дифференцировки пола (рис. 3А, Б). В строме гонад располагались многочисленные гонии, клетки, перешедшие к ранней профазе мейоза, практически отсутствовали.

В течение первого месяца после гормональных инъекций у самок, получивших дозу 0,05 мкг гормона на 1 г массы, начинался активный превителлогенез, а к возрасту 267 сут в ооцитах этот период гаметогенеза завершался: в цитоплазме превителлогенных ооцитов присутствовали липидные капли и появлялись единичные периферические вакуоли (рис. 3В, Г), что маркирует собой самое начало фазы вакуолизации периода вителлогенеза (рис. 1).

У самок, получивших дозу 0,05 мкг гормона на 1 г массы, первые признаки начала вителлогенеза в ооцитах появляются между возрастными 267 и 360 сут, а в контрольной группе — только к возрасту 439 сут от вылупления (рис. 1), что свидетельствует о дозозависимом ускорении процессов гаметогенеза при воздействии сурфагона на молодь муксуна.

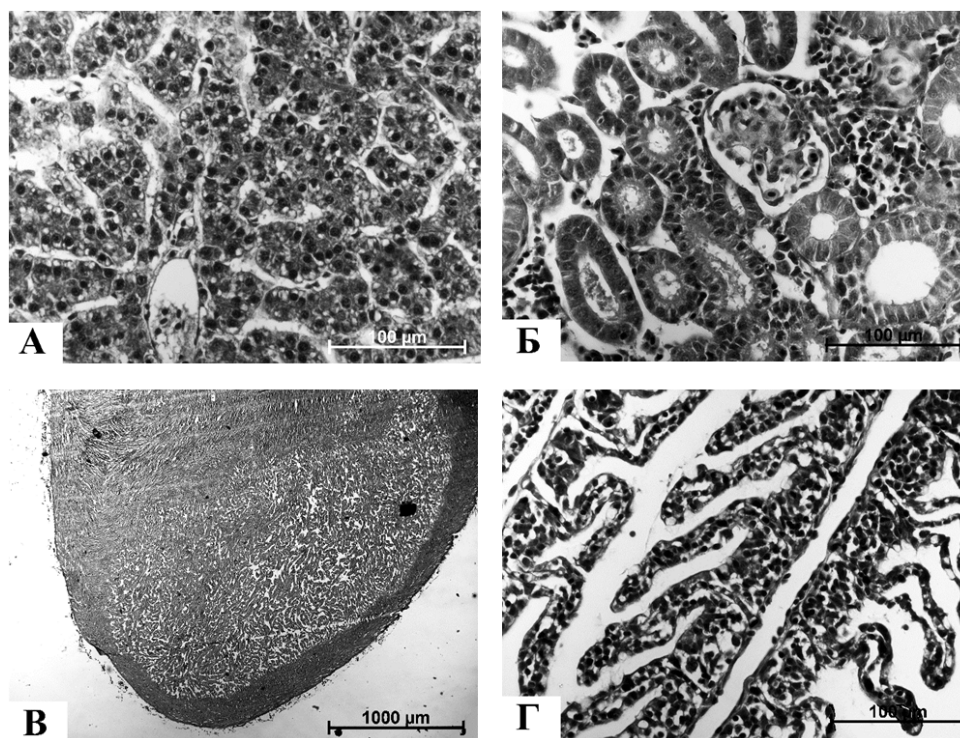


Рис. 2. Состояние соматических органов муксуна в эксперименте: А — печень; Б — почки; В — миокард; Г — жабры

Fig. 2. The state of muksun's somatic organs in the experiment: A — liver; B — kidney; C — myocardium; D — gills

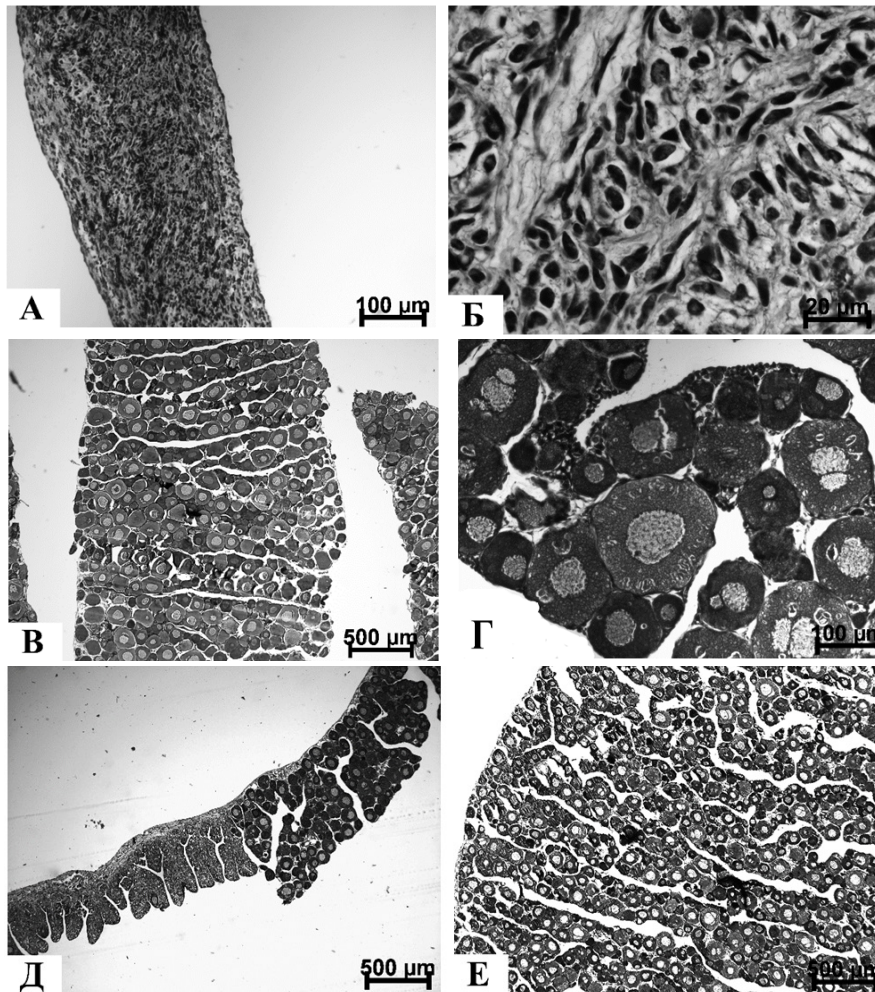


Рис. 3. Гаметогенез муксуна в эксперименте: А — яичник муксуна в начале эксперимента (возраст 240 сут, контроль), индифферентный период развития гонад; Б — то же на большем увеличении, многочисленные клетки стромы и оогонии; В — яичник особей муксуна в возрасте 267 сут (опыт 0,05 мкг/г), многочисленные превителлогенные ооциты; Г — то же на большем увеличении, видны одиночные ооциты начала фазы вакуолизации цитоплазмы; Д — яичник муксуна в конце эксперимента (возраст 439 сут, опыт 0,02 мкг/г), в гонаде имеются незрелые участки; Е — яичник контрольных особей муксуна в конце эксперимента (возраст 439 сут)

Fig. 3. The gametogenesis of muksun in the experiment: А — ovary at the beginning of the experiment (age 240 days, control), indifferent period of gonad development; Б — the same at a larger increase, numerous cells of the stroma and oogonia; В — the ovary of muksun at the age of 267 days (experience of 0.05 mcg/g), numerous pre-vitellogenic oocytes; Г — the same at a higher magnification, single oocytes of the onset of the phase of vacuolization of the cytoplasm are seen; Д — the ovary at the end of the experiment (age 439 days, experience 0.02 mcg/g), there are immature sites in the gonad; Е — the ovary of the control specimens at the end of the experiment (age 439 days)

Однако к концу эксперимента степень развития яичников у контрольных особей практически сравнялась с опытными группами (рис. 3Е). В строме гонады в большом количестве присутствовали превителлогенные ооциты, имелись также ооциты начала фазы вакуолизации цитоплазмы. В это же время у особей муксуна из первого варианта опыта (0,02 мкг/г) в яичниках появились аномалии неравномерного развития (рис. 3Д): четко выделялись незрелые участки, в которых преобладали оогонии и ооциты ранней профазы мейоза, превителлогенные ооциты же почти отсутствовали. Возможно, это связано с тем, что гормональный сдвиг, вызванный инъекцией низких концентраций сурфагона, недостаточен для модификации половых циклов муксуна. К концу эксперимента волна гаметогенеза, запущенная инъекциями, «затухла», что привело к асинхронному развитию гонады и появлению незрелых участков.

Доля ооцитов старшей генерации во втором варианте опыта (0,05 мкг/г) на протяжении всего эксперимента была достоверно выше, чем в контроле и в первом варианте (таблица 1). В то же время средний диаметр ооцитов к концу эксперимента у всех групп выравнился, составив в среднем 90-95 мкм. Некоторое уменьшение среднего диаметра ооцитов в конце эксперимента, по сравнению с первой фиксацией, связано не с уменьшением размеров клеток, а с формированием большого количества новых генераций мелких превителлогенных ооцитов.

Таблица 1

Цитологические характеристики гонад муксуна в эксперименте

Table 1

Cytological parameters of gonads in the experiment

Возраст, сутки	Вариант опыта	Доля ооцитов начала фазы вакуолизации цитоплазмы, %	Средний диаметр ооцитов, мкм	Ядерно-цитоплазматическое отношение
267	контроль	0	—	—
	сурфагон 0,02 мкг/г	0	110±6,3	0,49±0,004
	сурфагон 0,05 мкг/г	3,7±0,2*^	106,2±5,1	0,5±0,004
360	контроль	0	52,6±8,3	0,61±0,05
	сурфагон 0,02 мкг/г	0,6±0,2*^	95,1±3,1*	0,499±0,006*
	сурфагон 0,05 мкг/г	2,9±0,2*^	96,9±4,6*	0,46±0,005*
439	контроль	3,03±0,03	94,7±3,7	0,49±0,006
	сурфагон 0,02 мкг/г	3,62±0,4^	86,7±5,3	0,52±0,04
	сурфагон 0,05 мкг/г	7,14±0,4*^	93,2±6,2	0,5±0,2

Примечания: * — статистически значимые отличия от контроля, ^ — статистически значимые отличия от варианта опыта, U-критерий Манна — Уитни ($p < 0,05$)

Notes: * — statistically significant differences from the control, ^ — statistically significant differences from the experiment variant, the Mann — Whitney U test ($p < 0.05$)

Ядерно-цитоплазматическое отношение в ооцитах опытных групп вплоть до середины эксперимента было достоверно ниже, чем в контроле, в то же время статистически значимых различий по этому показателю между опытными группами не выявлено. К концу эксперимента ядерно-цитоплазматическое отношение в ооцитах контрольной группы сравнялось с таковым в опытных группах (таблица 1).

Стоит отметить, что к концу эксперимента в ооцитах контрольной и опытных партий отсутствовали желтковые гранулы, имелись только первые кортикальные вакуоли и немногочисленные липидные капли, что свидетельствует о неготовности организма к активному формированию нерестового фонда ооцитов. Даже при ускорении гормонами гаметогенеза не происходит «переформатирования» метаболизма с соматического роста на развитие генеративной ткани.

В целом можно сделать вывод, что инъекции сурфагона во время раннего гаметогенеза муксуна способны значительно ускорить дифференцировку пола и превителлогенез, значительно приблизить начало вителлогенеза, маркируемое появлением вакуолизованных ооцитов. Однако эффект от применения гормона склонен к затуханию во времени. Возможно, применение повторяющихся (градуальных) инъекций в определенные этапы жизненного цикла позволит значительно ускорить формирование маточных стад муксуна.

Как было указано выше, гормональная регуляция гаметогенеза зависит от большого числа факторов как внутренних, так и внешних, поэтому для разработки эффективной системы управления половыми циклами муксуна в будущих исследованиях необходимо учитывать гормональный фон в крови, состояние гипофиза, процессы соматического роста и внешние сигнальные факторы (гидрохимический режим, фотопериод, течение, обеспеченность пищей и др.).

Благодарности

Выражаем благодарность руководству (в лице Даниила Юрьевича Эльтекова) и коллективу Собского рыбоводного завода за возможность проведения производственного эксперимента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балдина С. Н. Генетическая дифференциация муксуна *Coregonus muksun* (Pallas) и родственных видов сиговых рыб (Coregonidae, Salmoniformes) Сибири по мтДНК / С. Н. Балдина, Н. Ю. Гордон, Д. В. Политов // Генетика. 2008. Т. 44. № 7. С. 896-905.
2. Бахтюков А. А. Молекулярные механизмы регуляции стероидогенеза в клетках Лейдига / А. А. Бахтюков, А. О. Шпаков // Цитология. 2016. Том 58. № 9. С. 666-678.
3. Бубунец Э. В. Инновационная модель комбинированного стимулирования овуляции у осетровых рыб и цитометрические особенности продуцируемых ооцитов / Э. В. Бубунец, А. О. Ревякин, А. В. Лабенец // Биомедицина. 2014. Т. 1. № 4. С. 65-69.

4. Бубунец Э. В. Применение градуальных инъекций сурфагона в нетрадиционные сроки при воспроизводстве осетровых / Э. В. Бубунец, А. В. Лабенец // Аграрная наука. 2012. № 2. С. 26-28.
5. Бурлаков А. Б. Вовлечение в регуляцию процессов созревания и овуляции ооцитов соматотропного гормона у белого амура *Stenopharyngodon idella* / А. Б. Бурлаков // Вестник научных конференций. 2016. № 2-3 (6). С. 16-19.
6. Бурлаков А. Б. Особенности формирования в гонадотропцитах гипофиза овуляторной волны гонадотропина при искусственном воспроизводстве рыб с высокой плодовитостью / А. Б. Бурлаков // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2015. Том 1. № 1 (1). С. 126-132.
7. Гарлов П. Е. Разработка принципов эффективного управления биотехникой воспроизводства рыб на основе нейроэндокринологических исследований / П. Е. Гарлов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2016. № 43. С. 153-160.
8. Емельянова Н. Г. Гормональная стимуляция созревания и овуляции, строение гамет и выращивание личинок *Dascyllus Trimaculatus* (Pomacentridae) / Н. Г. Емельянова, Д. А. Павлов, Л. Т. Б. Тхуан // Вопросы ихтиологии. 2009. Т. 49. № 2. С. 254-268.
9. Ефремова Е. В. Особенности дифференцировки пола и формирования фонда половых клеток в раннем онтогенезе муксуна *Coregonus Muksun* (Pallas) / Е. В. Ефремова, А. Г. Селюков, Л. А. Шуман // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2011. № 6. С. 46-55.
10. Исаков П. В. Сиговые рыбы в экосистеме Обской губы / П. В. Исаков, А. Г. Селюков. Тюмень: Тюменский государственный университет, 2010. 184 с.
11. Исаков П. В. Состояние яичников и особенности овариальных циклов муксуна *Coregonus muksun* (Coregonidae, Salmoniformes) в период зимовки в Обской губе / П. В. Исаков, А. Г. Селюков // Вопр. ихтиологии. 2005. Т. 45. № 2. С. 242-250.
12. Литвиненко А. А. Современное состояние и проблемы восстановления запасов сиговых рыб Обь-Иртышского бассейна / А. А. Литвиненко, Я. А. Капустина, А. К. Матковский, С. М. Семенченко // Биология, биотехника разведения и состояние запасов сиговых рыб. Тезисы Девятого Международного научно-производственного совещания. Под общей редакцией А. И. Литвиненко, Ю. С. Решетникова. Тюмень: Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства, 2016. С. 57-60.
13. Нечаев И. В. Развитие этолого-физиологической дифференциации между пестрятками и серебрянками атлантического лосося *Salmo salar* / И. В. Нечаев, Д. С. Павлов, В. Я. Никандров // Вопросы ихтиологии. 2007. Т. 47. № 6. С. 799-818.
14. Павлов Д. С. Реореакция молоди радужной форели при воздействии сурфагона / Д. С. Павлов, Е. Д. Павлов, В. В. Костин, Е. В. Ганжа // Онтогенез. 2016. Т. 47. № 2. С. 110-116.
15. Павлов Д. С. Содержание тиреоидных и половых стероидных гормонов у сеголеток черноморской кумжи *Salmo trutta labrax* из двух пространственных группировок при разной продолжительности голодания / Д. С. Павлов, Е. Д. Павлов, Е. В. Ганжа, В. В. Костин // Известия ран. Серия «Биологическая». 2015. № 4. С. 415-422.
16. Романова Е. М. Инновационные подходы в получении половых продуктов африканского клариевого сома в бассейновой аквакультуре / Е. М. Романова,

- В. Н. Любомирова, В. В. Романов, М. Э. Мухитова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 3 (39). С. 88.
17. Селюков А. Г. Репродуктивная система сиговых рыб (Coregonidae, Salmoniformes) как индикатор состояния экосистемы Оби. II. Половые циклы муксуна *Coregonus muksun* // Вопр. ихтиологии. 2002 б. Т. 42. № 2. С. 225-235.
18. Шуман Л. А. Гистопатологические изменения и репродукционный потенциал у рыб в водоемах Обь-Иртышского бассейна с различной антропогенной нагрузкой: дисс. ... канд. биол. наук // Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии. Москва. 2014. 203 с.
19. Claire M. Effects of Long-Term Testosterone, Gonadotropin-Releasing Hormone Agonist, and Pimozide Treatments on Gonadotropin II Levels and Ovarian Development in Juvenile Female Striped Bass (*Morone saxatilis*) / M. Claire, H. Holland, S. Hassin, Y. Zohar // BIOLOGY OF REPRODUCTION 59. 1998. Pp. 1153-1162.
20. Targonrska K. The Application of hCG, CPH and Ovopel in Successful Artificial Reproduction of Goldfish (*Carassius auratus auratus*) Under Controlled Conditions / K. Targonrska, D. Kucharczyk // Reprod Dom Anim. 2011. № 46. Pp. 651-655.

Leonid A. SHUMAN¹
Katerina V. EFREMOVA²
Kristina A. DEDUL³

**CHANGES IN GAMETOGENESIS AND SEXUAL MATURATION OF
THE YOUNG MUKSUN (*COREGONUS MUKSUN*) UNDER
THE INFLUENCE OF SURFAGON***

¹ Cand. Sci. (Biol.), Assistant, Department of Anatomy
and Physiology of Humans and Animals, University of Tyumen
leonidshuman@yandex.ru

² Cand. Sci. (Biol.), Head of the Laboratory, Sobsk Fish Farm (Labytnangi)
katerinaef@yandex.ru

³ Master Student, University of Tyumen
dedul.kristina@list.ru

Abstract

Reducing the number of many valuable fish species increases the importance of technologies for their artificial reproduction. For muksun (*Coregonus muksun*), the process of creating broodstocks is resource-intensive because of its late sexual maturation. Hormonal exposure during the early stages of gametogenesis is potentially capable of accelerating puberty of fishes.

In this paper, the authors describe the effect of a synthetic analogue of the gonadotropin releasing hormone-surfagon on gametogenesis, rates of puberty, and the internal organs of muksun's juveniles. The results show an acceleration in the rate of gametogenesis in the fish exposed to the hormone.

* The research was supported by the Fund for Assistance to Innovative Enterprises in Science and Technology (no 10188ГҮ/2015, 8 June 2016).

Citation: Shuman L. A., Efremova K. V., Dedul K. A. 2018. "Changes in Gametogenesis and Sexual Maturation of the Young Muksun (*Coregonus muksun*) under the Influence of Surfagon". Tyumen State University Herald. Natural Resource Use and Ecology, vol. 4, no 1, pp. 61-75. DOI: 10.21684/2411-7927-2018-4-1-61-75

Keywords

Muksun, gametogenesis, sexual cycles, oocytes, hormonal injections, surfagon.

DOI: 10.21684/2411-7927-2018-4-1-61-75

REFERENCES

1. Baldina S. N., Gordon N. Yu., Politov D. V. 2008. "Geneticheskaya differentsiatsiya muksuna *Coregonus muksun* (Pallas) i rodstvennykh vidov sigovykh ryb (Soregonidae, Salmoniformes) Sibiri po mtDNK" [Genetic Differentiation of *Coregonus muksun* (Pallas) and Related Species the of Siberian Fish (Coregonidae, Salmoniformes) in Siberia according to mtDNA]. *Genetics*, vol. 44, no 7, pp. 896-905.
2. Bakhtyukov A. A., Shpakov A. O. 2016. "Molekulyarnyye mekhanizmy regulyatsii steroidogeneza v kletkakh Leydiga" [Molecular Mechanisms of Steroidogenesis Regulation in Leydig Cells]. *Cytology*, vol. 58, no 9, pp. 666-678.
3. Bubunets E. V., Revyakin A. O., Labenets A. V. 2014. "Innovatsionnaya model' kombinirovannogo stimulirovaniya ovulyatsii u osetrovykh ryb i tsitometricheskiye osobennosti produksiruyemykh ootsitov" [Innovative Model of Combined Ovulation Stimulation in Sturgeon and Cytometric Features of Produced Oocytes]. *Biomedicine*, vol. 1, no 4, pp. 65-69.
4. Bubunets E. V., Labenets A. V. 2012. "Primeneniye gradual'nykh in'yektsiy surfagona v netraditsionnyye sroki pri vosproizvodstve osetrovykh" [Application of Gradual Injections of Surfagon into Unconventional Periods during the Reproduction of Sturgeon]. *Agricultural science*, no 2, pp. 26-28.
5. Burlakov A. B. 2016. "Vovlecheniye v regulyatsiyu protsessov sozrevaniya i ovulyatsii ootsitov somatotropnogo gormona u belogo amura *Ctenopharyngodon idella*" [Involvement in Regulation of Maturation and Ovulation of Oocytes of Somatotropic Hormone in the White Cupid *Ctenopharyngodon idella*]. *Bulletin of scientific conferences*, no 2-3 (6), pp. 16-19.
6. Burlakov A. B. 2015. "Osobennosti formirovaniya v gonadotropotsitakh gipofiza ovulyatornoy volny gonadotropina pri iskusstvennom vosproizvodstve ryb s vysokoy plodovitost'yu" [Features of the Formation in the Gonadotropocytes of the Pituitary Gland Ovulatory Wave Gonadotropin in the Artificial Reproduction of Fish with High Fertility]. *Tyumen State University Herald. Natural Resource Use and Ecology*, vol. 1, no 1 (1), pp. 126-132.
7. Garlov P. E. 2016. "Razrabotka printsipov effektivnogo upravleniya biotekhnikoy vosproizvodstva ryb na osnove neyroendokrinologicheskikh issledovaniy" [Development of Principles for Effective Management of Biotechnology of Fish Reproduction Based on Neuroendocrinological Studies]. *Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University*, no 43, pp. 153-160.
8. Emelyanova N. G., Pavlov D. A., Txyan L. T. B. 2009. "Gormonal'naya stimulyatsiya sozrevaniya i ovulyatsii, stroeniye gamet i vyrashchivaniye lichinok *Dascyllus Trimaculatus* (Pomacentridae)" [Hormonal Stimulation of Maturing and Ovulation, the Structure of Gametes and Growing of Larvae *Dascyllus Trimaculatus* (Pomacentridae)]. *Ichthyology questions*, vol. 49, no 2, pp. 254-268.

9. Efremova E. V., Selyukov A. G., Shuman L. A. 2011. "Osobennosti differentsirovki pola i formirovaniya fonda polovykh kletok v rannem ontogeneze muksuna *Coregonus muksun* (Pallas)" [Features of sex differentiation and formation of sexual cells pool in the early ontogenesis of whitefish *Coregonus muksun* (Pallas)]. Tyumen State University Herald. Natural Resource Use and Ecology, no 6, pp. 46-55.
10. Isakov P. V., Selyukov A. G. 2010. Sigovyie ryby v ekosisteme Obskoy guby [Sigmata in the Ecosystem of the Ob Bay]. Tyumen: University of Tyumen.
11. Isakov P. V., Selyukov A. G. 2005. "Sostoyaniye yaichnikov i osobennosti ovarial'nykh tsiklov muksuna *Coregonus muksun* (Coregonidae, Salmoniformes) v period zimovki v Obskoy gube" [Ovarian Condition and Features of Ovarian Cycles of *Coregonus muksun* (Coregonidae, Salmoniformes) during the Wintering Period in the Ob Bay]. Russian ichthyological Journal, vol. 45, no 2, pp. 242-250.
12. Litvinenko A. A., Kapustina Ya. A., Matkovskii A. K., Semenchenko S. M. 2016. "Sovremennoye sostoyaniye i problemy vosstanovleniya zapasov sigovykh ryb Ob'-Irtyskogo basseyna" [The Current State and Problems of Restoring the Stocks of Whitefish in the Ob-Irtysh Basin]. In: Litvinenko A. I., Reshetnikova Yu. S. (eds.). Proceedings of the 9th International Research Convention "Biologiya, biotekhnika razvedeniya i sostoyaniye zapasov sigovykh ryb" [Biology, Breeding Biotechnology, and the State of Stocks of Whitefish], pp. 57-60. Tyumen: State Research and Production Center for Fisheries.
13. Nechaev I. V., Pavlov D. S., Nikandrov V. Ya. 2007. "Razvitiye etologo-fiziologicheskoy differentsiatsii mezhdzhu pestryatkami i serebryankami atlanticheskogo lososya *Salmo salar*" [Development of Ethological and Physiological Differentiation between Patches and Silverfish of Atlantic Salmon *Salmo salar*]. Russian Ichthyological Journal, vol. 47, no 6, pp. 799-818.
14. Pavlov D. S., Pavlov E. D., Kostin V. V., Ganzha Ye. V. 2016. "Reoreaktsiya molodi raduzhnoy foreli pri vozdeystvii surfagona" [Reoreaction of Juveniles of Rainbow Trout under the Influence of a Surfagon]. Ontogenesis, vol. 47, no 2, pp. 110-116.
15. Pavlov D. S., Pavlov E. D., Ganzha E. V., Kostin V. B. 2015. "Soderzhaniye tireoidnykh i polovykh steroidnykh gormonov u segoletok chernomorskoy kumzhi *Salmo trutta labrax* iz dvukh prostranstvennykh gruppirovok pri raznoy prodolzhitel'nosti golodaniya" [The Content of Thyroid and Sex Steroid Hormones in Juveniles of the Black Sea Trout *Salmo trutta labrax* from Two Spatial Groupings with Different Duration of Fasting]. News of wounds. Biological Series, no 4, pp. 415-422.
16. Romanova E. M., Lyubomirova V. N., Romanov V. V., Mukhitova M. E. 2017. "Innovatsionnyye podkhody v poluchenii polovykh produktov afrikanskogo klariyevogo soma v basseynovoy akvakul'ture" [Innovative Approaches in Obtaining Sex Products of African Clarified Catfish in Basin Aquaculture]. Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy, no 3 (39), p. 88.
17. Selyukov A. G. 2002. "Reproduktivnaya sistema sigovykh ryb (Coregonidae, Salmoniformes) kak indikator sostoyaniya ekosistemy Obi. II. Polovyie tsikly muksuna *Coregonus muksun*" [Reproductive System of Whitefish (Coregonidae, Salmoniformes) as an Indicator of the State of the Ecosystem of the Ob. II. Sexual Cycles of *Coregonus muksun*]. Russian ichthyological Journal, vol. 42, no 2, pp. 225-235.
18. Shuman L. A. 2014. "Gistopatologicheskiye izmeneniya i reproduksionnyy potentsial u ryb v vodoyemakh Ob'-Irtyskogo basseyna s razlichnoy antropogennoy nagruzkoj" [Histopathological Changes and Reproductive Potential of Fish in Reservoirs of the

- Ob-Irtysh Basin with Different Anthropogenic Load]. Cand. Scil (Biol.) diss. Moscow: All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography.
19. Claire M., Holland H., Hassin S., Zohar Y. 1998. "Effects of Long-Term Testosterone, Gonadotropin-Releasing Hormone Agonist, and Pimozide Treatments on Gonadotropin II Levels and Ovarian Development in Juvenile Female Striped Bass (*Morone saxatilis*)". *Biology of Reproduction*, vol. 59, pp. 1153-1162.
 20. Targonska K., Kucharczyk D. 2011. "The Application of hCG, CPH and Ovopel in Successful Artificial Reproduction of Goldfish (*Carassius auratus auratus*) under Controlled Conditions". *Reproduction in Domestic Animals*, no 46, pp. 651-655.