

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ГЕНЕРАТИВНЫЙ РОСТ СИГА  
В УСЛОВИЯХ УЗВ**

*В.Г. Костюсов\**, *М.В. Плюта\*\**, *С.В. Rogovtsev \*\*\**

*\*РУП «Институт рыбного хозяйства»,  
220024, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Стебенева, 22,  
e-mail: belniirh@tut.by*

*\*\*ГНУ «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам»,  
г.Минск, Беларусь*

*\*\*\*УО «Белорусская сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Беларусь*

**PHYSIOLOGICAL STATE AND GENERATIVE GROWTH OF WHITEFISH  
IN CONDITIONS OF RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEMS**

*V. Kostousov\**, *M. Pluta\*\**, *S. Rogovtsev\*\*\**

*\*RUE "Fish Industry Institute",  
220024, Stebeneva str., 22, Minsk, Republic of Belarus,  
belniirh@tut.by*

*\*\*National Scientific Institution "Research Production Center of National Academy  
of Sciences of the Republic of Belarus on biological resources",  
Minsk, Republic of Belarus*

*\*\*\*Unitary Association "Belarussian Agricultural Academy",  
Gorki, Republic of Belarus*

**Реферат.** Представлены результаты опытного выращивания сеголетков-двухлетков балтийского сига в условиях УЗВ. Показано, что монодиета и выращивание при температурном режиме с малыми пределами колебаний (16-18 °С) не ведут к заметному изменению физиолого-биохимических показателей молоди, по сравнению с традиционными методами выращивания. Представлены материалы по генеративному росту и обсуждается возможность нормального созревания производителей при заданном технологическом режиме выращивания.

**Ключевые слова:** сиг, молодь, производители, биохимический состав, гонады, степень зрелости.

**Abstract.** There are presented the results of experimental breeding of underyearlings- two year bions of Baltic whitefish in conditions of Recirculating Aquaculture systems. It is shown that monodiet and breeding at temperature with

insignificant fluctuation limits (16-18 °C) shall not cause any noticeable change of physiological and biochemical values of young fish as compared to conventional breeding methods. There is provided the data on generative growth and discussed the possibility of normal maturing of producers at the specified technological breeding conditions.

**Key words:** whitefish, young fish, spawners, biochemical composition, gonads, maturity degree.

## **Введение**

Развитие индустриальной аквакультуры сиговых рыб на базе рециркуляционных установок предполагает возможность выращивания полноценных производителей для снижения зависимости от импорта икры и посадочного материала. Однако, выращивание сигов на монодиете в отсутствии сезонного фактора может сказываться на физиологическом состоянии рыбы и темпе полового созревания, а следовательно и репродукционных показателях [1,2]. В тоже время известно, что производители сигов, выращенные на искусственных кормах, превосходят одновозрастных особей из естественных водоемов по размерам тела, показателям плодовитости и размеру икринок. При четком соблюдении технологии выращивания и кормления каких-либо патологических отклонений в физиологическом состоянии сигов из индустриальных маточных стад, выращиваемых на искусственных кормах, не отмечено [3].

## **Обсуждение результатов исследований**

Жизнестойкость ремонта сига, выращиваемого в условиях УЗВ во многом обеспечивается полноценностью питания, определяющем физиологическое развитие и биохимический состав тканей (таблица 1).

Поскольку аналогичные литературные данные по ремонту сига не выявлены, в качестве показателей сравнения взяты опубликованные данные по физиолого-биохимическим показателям молоди пеляди, выращиваемой в бассейнах на искусственных кормах [1].

**Таблица 1** – Морфо-физиологические показатели ремонта сига

Возраст, пол образца	Масса, г	Длина, см	Коэф-т упитанности по Фультону, %	Индекс, ‰		
				сердце	печень	гонады
Сиг, juv., 0+	76,0	20,7	0,86	0,9	5,8	0,3
Сиг. juv., 1.	149,5	23,0	1,23	0,7	4,9	0,9
Сиг, ♀, 1+	181,5	24,5	1,23	0,7	5,3	4,4
Сиг, ♀, 1+	209,0	26,8	1,08	0,8	5,6	5,3
Сиг, ♂, 1+	167,0	25,3	1,03	0,8	5,4	4,7
Сиг, ♀, 1+	279,0	27,5	1,34	1,0	6,4	4,1
Сиг, ♂, 1+	184,5	24,6	1,24	1,0	5,7	2,4
Сиг, ♂, 1+	189,0	26,0	1,07	1,0	5,8	0,5
Пелядь, 0+ [1]	10,5- 10,9	10,5-11,9	1,59-1,61	1,4-1,7	7,9-13,2	-

Авторы показали, что физиолого-биохимические показатели сеголеток-годовиков пеляди из бассейнов были такими же, как у пеляди из прудов, питавшихся естественной пищей, за исключением содержания гемоглобина в крови, который был качественно выше при выращивании в прудах. В целом морфо-физиологические показатели ремонта пеляди в индустриальном выращивании не отличались от нормы.

Биохимический состав тканей ремонта сига показал, что с ростом особей показатели содержания протеина несколько повысились, тогда как липидов – понизились, на фоне некоторого снижения содержания сухого вещества (таблица 2). При этом наблюдается тенденция к половой дифференциации в биохимии тканей. Так, у самок отмечено снижение содержания сырого протеина (как в сухом, так во влажном состоянии), при относительно более высоких показателях содержания общего жира и сырой золы. Сравнение

аналогичных данных по разновозрастной молодежи сига (сеголетков/годовиков и двухлетков) показало, что в целом ремонт при выращивании в условиях индустриального комплекса и при полноценном питании вполне соответствует показателям физиологической полноценности.

Известно, что одним из пусковых механизмов полового цикла служит температура воды. У сиговых, нерест которых идет при более низких значениях температур, нежели в нагуле, температура прямым образом влияет на гаметогенез. Выращивание производителей сигов в УЗВ должно предусматривать возможность имитации естественной температурной цикличности, что служит определенной гарантией для нормального цикла созревания рыб. Так, при выращивании в УЗВ ряпушки, для стимуляции созревания рыб переводили в рециркуляционную систему с системой охлаждения [4]. Основное выращивание проводили при средней температуре 18 °С (диапазон от 13 до 21,5<sup>0</sup>), в преднерестовый период снижали до 5 °С. После достижения температуры 6<sup>0</sup> отмечено созревание отдельных особей. В то же время, часть самок не была готова к размножению, несмотря на то, что масса их тела достигла массы половозрелых рыб в естественных условиях. На возможность получения в условиях УЗВ полноценных производителей тугуна в течение одного годового цикла при соблюдении оптимальных кормовых рационов, гидрохимического состава и температурного режима показывает и работа исследователей Тюменского университета [7]. Закономерно предположить, что для других видов сиговых будут правомерны общие тенденции темпа полового созревания при выращивании в УЗВ.

У сиговых рыб отсутствует выраженная внешняя половая дифференциация, а темп полового созревания зависит от видовой принадлежности и возраста рыб. Соматический рост рыб сопровождается определенным генеративным ростом, скорость которого определяется условиями выращивания и возрастом полового созревания. В естественных условиях самцы сига созревают не ранее трехлетнего возраста, самки – на год позже.

**Таблица 2 – Биохимический состав мышц ремонта сига**

Образец	Средняя масса, г	Коэффициент упитанности по Фультону, %	Содержание сухого в-ва, %	Содержание влаги, %	Содержание сырого протеина, %		Содержание сырого жира, %		Содержание сырой золы, %	
					В сухом в-ве	во влажном в-ве	В сухом в-ве	во влажном в-ве	В сухом в-ве	во влажном в-ве
Juvenus, 0+	93	1,42	23,67±0,06	76,33±0,06	76,12±0,03	18,02±0,02	24,12±0,20	5,71±0,05	5,46±0,06	1,30±0,02
Самки, 1+	223,2±28,3	1,22±0,07	22,05±0,18	77,95±0,18	77,03±0,01	16,19±0,10	17,55±0,24	3,86±0,13	5,64±0,06	1,24±0,08
Самцы, 1+	180,2±6,4	1.12±0,06	22,36 ±0,11	77,64±0,11	79,75±0,07	17,83±0,06	16,14±0,30	3,61±0,12	4,9±0,15	1,10±0,04
По [5]				71,4-77,6		17,6-20,4		1,9-6,8		1,1-1,8
По [6]				73,3-81,9		15,1-19,0		1,7-6,2		1,0-1,3

Естественно предположить, что в отсутствии фактора сезонности, темп созревания гонад будет выше, что нашло отражение как в индексах зрелости (от 0,03% для особей с неопределенным полом до 0,52% с установленными показателями половой принадлежности). При вскрытии сеголетков сига отмечено значительное содержание полостного жира, покрывавшего желудочно-кишечный тракт с правой и левой сторон. Гонады имели вид тонких полупрозрачных тяжей, трудно отделимых из-за большого количества жира. У годовиков состояние гонад отличалось незначительно, хотя в передней трети уже отмечено некоторое утолщение. К двухлетнему возрасту появились первые признаки половой дифференциации, позволяющие визуально оценить половую принадлежность. Гонады самцов к этому возрасту потеряли прозрачность и существенно увеличились в объеме. Гонады самок также потеряли прозрачность и при визуальном обследовании позволяли выявить некоторую зернистость.

Гаметогенез ремонта сига изучали по гистологическим срезам образцов гонад особей обоего пола в возрасте 16 мес., полученным в 2014 г.

**Оогенез.** Начальный период характеризуется как период превителлогенеза. Этот период по изученным образцам соответствует выделяемым в отечественной литературе «периоду протоплазматического роста» и начальным этапам «периода трофоплазматического роста» до появления в ооцитах желтка. В ядре и цитоплазме ооцитов в этот период формируется комплекс органелл, необходимых для последующего роста клеток, накопления в них цитоплазматических включений и завершения созревания. Количество ядрышек, в которых происходит синтез нескольких типов РНК, увеличивается. Постепенно повышается объем цитоплазмы, в результате чего в ней появляются «циркумнуклеарная зона» (участки цитоплазмы с высокой концентрацией свободных рибосом и скоплений митохондрий, также содержащих РНК) и «желточное ядро», которое, видимо, является центром размножения органелл, прежде всего митохондрий и комплекса Гольджи. При участии этих и других органелл в период

превителлогенеза в цитоплазме ооцитов формируются кортикальные и жировые включения, а позднее, в период вителлогенеза, – гранулы желтка [8-10].

Весь период превителлогенеза можно условно подразделяется на 3 фазы: протоплазматического роста, формирования кортикальных вакуолей и формирования жировых вакуолей. В свою очередь, первую из этих фаз дополнительно подразделяют на 4 ступени, аналогично предложенным Г.М. Персовым [11].

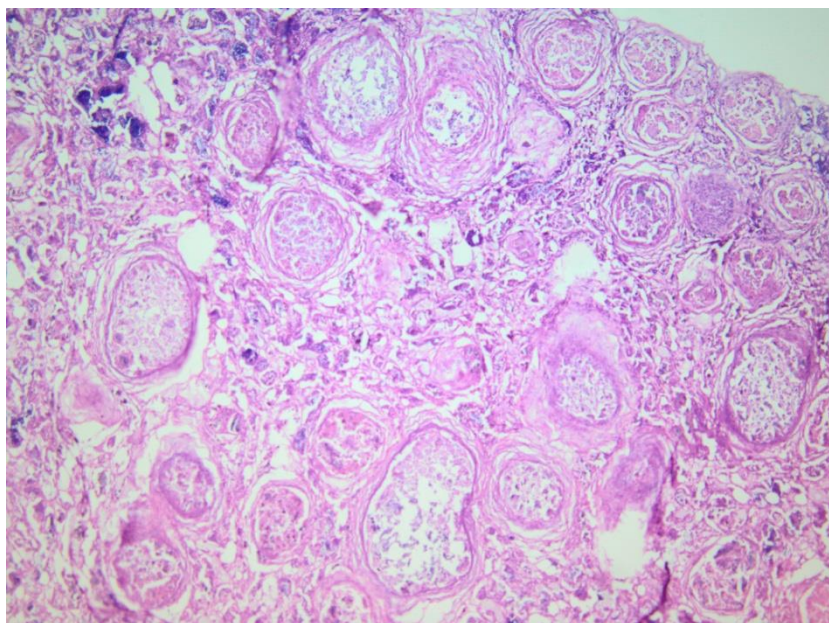
### **Наблюдаемые стадии зрелости яичников**

**II стадия.** На этой и последующих стадиях зрелости яичники уже хорошо различимы при визуальном рассмотрении. Они имеют ланцетовидную форму, в поперечном сечении обычно трехгранные, реже овальные. В начале стадии гонады почти прозрачные, практически бесцветные, в конце – непрозрачные, бледно-розового цвета. Невооруженным глазом ооциты 1-й – начала 3-й ступеней не различаются, лишь с конца 3-й ступени они становятся видны как мелкая зернистость железы. Ооциты, достигшие в развитии конца 4-й ступени видны более отчетливо, так как они становятся менее прозрачными, беловатыми. Гонады на II стадии зрелости встречаются у неполовозрелых самок разного возраста во все сезоны года.

Состояние яичников исследуемых образцов (рисунок 1) соответствовало фазе протоплазматического роста (3-я и 4-я ступени).

**3-я ступень.** Диаметр ооцитов на препаратах составляет 80-120 мкм. Циркумнуклеарная зона в клетках имеет вид замкнутого кольца, иногда состоящего из отдельных фрагментов и равномернее, чем на предыдущей ступени, распределена вокруг ядра. Ядро на этой ступени занимает центральное положение в клетке.

**4-я ступень.** Диаметр ооцитов на препаратах составляет 145-250 мкм. Циркумнуклеарная зона не наблюдается, цитоплазма равномерно воспринимает краситель.

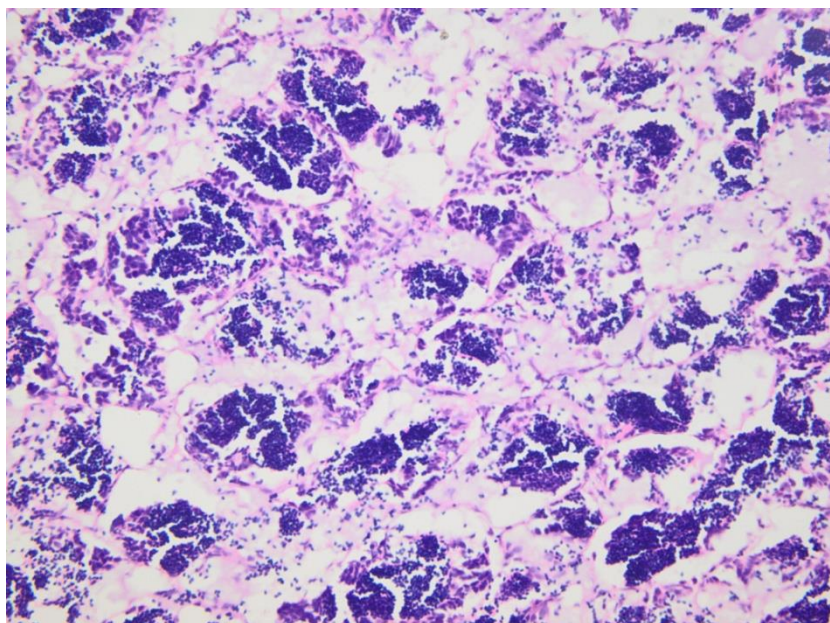


*Рисунок 1* – Превителлогенез в яичниках двухлетков сига с выделением мелких (82-92 мкм) и крупных (145-195 мкм) ооцитов

**Сперматогенез.** Анализ препаратов опытных образцов позволил выявить стадия зрелости семенников ремонта сига, выращенного в условиях УЗВ. По совокупности показателей самцы сига находились на III поздней подстадии. Обычно к концу подстадии наблюдается наибольший объем гонад. В поперечном сечении семенники имели овальную форму. На гистологических препаратах семенников в большом количестве отмечены цисты со сперматидами.

В плане развития такое состояние семенников соответствует концу периода мейотических преобразований. В ходе этого периода в ядрах половых клеток осуществляется мейоз. Перед началом преобразований клетки имеют диплоидный набор хромосом и тетраплоидное количество ДНК. Вступающие в мейоз половые клетки характеризуют как сперматоциты первого порядка (спцI). В результате первого деления созревания формируются сперматоциты второго порядка (спцII), имеющие уже гаплоидный набор хромосом и диплоидное количество ДНК. Сперматоциты второго порядка в результате второго деления созревания преобразовываются в сперматиды, которые обладают уже как гаплоидным набором хромосом, так и гаплоидным количеством ДНК. Размеры сперматид на препаратах составляют около 3 мкм.





*Рисунок 2* – Интенсивное накопление сперматид в семенниках двухлетков сига (цисты со сперматидами первого, размеры сперматид около 3 мкм)

### **Заключение**

1. В условиях УЗВ возможно выращивание и формирование полноценного ремонтно-маточного стада сиговых рыб. Определяющими условиями являются полноценное питание и температурный режим в периоды формирования гонад и последующего созревания рыб.

2. Физиологическое состояние двухлетков сига соответствует показателям при естественном выращивании, что дает основание надеяться на нормальный гаметогенез производителей.

3. Анализ соотношения половых клеток разных генераций в яичниках сига показал возрастание числа превителлогенных ооцитов и ооцитов фазы вакуолизации цитоплазмы. Диаметр ооцитов в зависимости от степени роста составляет от 80-120 мкм до 145-250 мкм.

4. У самцов в двухлетнем возрасте гонады содержат сперматогонии. В семенниках наряду со сперматогониями отмечены сперматоциты I и II порядков. Размеры сперматид составляют около 3 мкм. Это дает основание утверждать о нормальном ходе генеративного роста ремонта сига в возрасте 14-16 месяцев.

## Список использованных источников

1. Князева Л.М. Биологические особенности молоди сиговых и форели в условиях индустриального выращивания / Л.М. Князева., А.К. Шумилина, В.В. Костюничев, И.Н. Остроумова //СПб, 2007, ГосНИОРХ, Научные тетради, В.10. – 56 с.
2. Князева Л.Н. Методические рекомендации по расчету основных рыбоводных показателей выращивания сиговых рыб индустриальным способом. /Л.М. Князева, В.В. Костюничев, В.П. Баранова //СПб. изд. ГосНИОРХ, 1995 – 22 с.
3. Князева Л.М. Методические рекомендации по выращиванию и формированию ремонтно-маточных стад сиговых рыб (пелядь, чир, муксун) в индустриальных условиях на искусственных кормах/ Л.М. Князева, В.В. Костюничев, А.К. Шумилина.- СПб, изд. ГосНИОРХ, 1998. – 27 с.
4. Щепковский М. Темп роста и созревание ряпушки *Coregonus albula* L., выращиваемой в УЗВ / М. Щепковски, Б. Щепковска, Р. Кольман, Б. Здановский – матер. 8 междунар. научно-произв. совещания «Биология, биотехника разведения и состояние запасов сиговых рыб», Россия, Тюмень, 27-28 ноября 2013 года. - Тюмень, ФГУП «Госрыбцентр», 2013. - С. 253-257.
5. Яржомбек А.А. Справочник по физиологии рыб / А.А. Яржомбек, В.А. Аминева. - М.: Агропромиздат, 1986. - 192 с.
6. Клейменов И.Я. Химический и весовой состав рыб водоемов СССР и зарубежных стран /И.Я. Клейменов. – М.: Изд-во ВНИРО, 1962. – 143 с.
7. Селюков А.Г. Применение УЗВ для формирования маточного стада сиговых рыб (на примере тугуна) / А.Г. Селюков, Л.А. Шуман, Е.В. Ефремова, Г.Н. Беспоместных – матер. 7 междунар. научно-произв. совещания «Биология, биотехника разведения и состояние запасов сиговых рыб», Россия, Тюмень, 16-18 февраля 2010 года. - Тюмень, Госрыбцентр, 2010. - С. 250-254.
8. Гинзбург А.С. Оплодотворение у рыб и проблемы полиспермии. - М.: Наука, 1968.- 358 с.

9. Семенов В.В. Особенности вителлогенеза у морских сельдей и сиговых рыб // Автореф. канд. дис.- М., 1983.- 21 с.

10. Beams H.W., Kessel R.G. Oocyte structure and early vitellogenesis in the trout, *Salmo gairdneri* // Am. J. Anat., 1973.- V. 136.- № 1.- P. 105-122.

11. Персов Г.М. Ранний период гаметогенеза у проходных лососей // Труды ММБИ.- 1966.- Т. 12.- № 6.- С. 7-44.