МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
"МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"

СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВ

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Мурманск, 25 апреля 2018 г.)

Текстовое электронное издание

Мурманск
Издательство МГТУ
2018

УДК 001.8 : [574+664] (08)
ББК 20 + 3я431
С 56

Редакционная коллегия:
В. А. Гроховский, доктор технических наук, профессор;
С. Р. Деркач, доктор химических наук, профессор;
Е. Е. Минченок, кандидат биологических наук, доцент;
Е. В. Шошина, доктор биологических наук, профессор;
П. П. Кравец, кандидат биологических наук, доцент (ответственный за выпуск);
Е. В. Макаревич, кандидат биологических наук, доцент;
В. А. Похольченко, кандидат технических наук, доцент

С 56 **Современные эколого-биологические и химические исследования, техника и технология производств [Электронный ресурс]** : материалы междунар. науч.-практ. конф., Мурманск, 25 апреля 2018 г. / Федер. гос. бюджетное образоват. учреж-дение высш. образования "Мурм. гос. техн. ун-т". – Электрон. текст. дан. (8,28 Мб). – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2018. – 1 опт. ком-пакт-диск (CD-ROM). – Систем. требования: PC не ниже класса PentiumII 128, Windows 9x – Windows 10; свободное место на HDD 131 Мб ; привод для компакт дисков CD-ROM 2-х и выше.

ISBN 978-5-86185-973-8

В сборнике опубликованы доклады участников Международной научно-прак-тической конференции "Современные эколого-биологические и химические исследования, техника и технология производств", которая состоялась 25 апреля 2018 г. в Мурманском государственном техническом университете. Тематика представленных докладов охватывает направления научных исследований в области биологических наук, экологии и устойчивого развития экомистем Арктики.

Издание предназначено для научных, научно-педагогических работников, докторантов, аспирантов, специалистов, ведущих научные исследования по направлениям работы конференции.

Текстовое электронное издание
Минимальные системные требования:
PC не ниже класса Pentiumii 128 MbRam ; свободное место на HDD 131 Мб ;
привод для компакт дисков CD-ROM 2-х и выше

УДК 001.8 : [574+664] (08)
ББК 20 + 3я431

© Мурманский государственный технический университет, 2018

ISBN 978-5-86185-973-8

Развитие пищеварительной системы атлантического лосося в критический период онтогенеза в условиях контролируемых и естественных температур воды

Ливадина Л. В., Анохина В. С. *(г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра биологии)*

Аннотация. Дана морфологическая и гистологическая характеристика развития пищеварительного тракта заводской сёмги в период перехода на экзогенное питание в условиях естественных температур воды (Россия, Умбский рыбоводный завод) и в условиях искусственного водоподогрева (Норвегия, исследовательская станция Нуфима Марина). Охарактеризованы отличия в количестве бокаловидных клеток и выраженности надъядерной вакуолизации в условиях различных температур. Сделан вывод о рекомендованном биологическом возрасте введения подкормки для личинок атлантического лосося.

Abstract. Morphological and histological features of the digestive system ontogenesis in farm atlantic salmon larva at the endogenous feeding period were observed (in natural and artificial temperature conditions). The results about the biological age of formation of the digestive system structures and variation among mucous cells and supranuclear vacuolization in enterocytes of the intestine were conducted for different temperature conditions. We recommended the biological age for start feeding according to our results.

Ключевые слова: заводское воспроизводство, атлантический лосось, ранний онтогенез, эндогенное питание, *Salmo salar*, пищеварительная система, гистология, биологический возраст.

Key words: artificial fish recovery, atlantic salmon, early ontogenesis, endogenous feeding, *Salmo salar*, digestive system, histology, biological age.

Введение

Вопросы онтогенеза объектов рыбного хозяйства остаются актуальными в условиях рыбоводных заводов. Для определения степени развития атлантического лосося рыбоводы используют биологический возраст, введенный как параметр Городиловым в 1986, который отражает начало определенных стадий в общем развитии эмбриона атлантического лосося, единица измерения – тау-сомит [1]. Используя методы морфологического и гистологического исследования, мы оценивали развитие и появление структур пищеварительной системы атлантического лосося относительно биологического возраста. Подобные работы были проведены для атлантического лосося *Salmo salar* (Sahlmann, 2013) [2] в условиях искусственного водоподогрева, с результатами которой мы провели сравнительный анализ наших данных, хотя в этой статье отсутствует оценка биологического возраста, и хронометраж процесса определяется как количество дней после вылупления (далее –

д. п. в.). Также для родственных групп и в более узком смысле вопросы онтогенеза пищеварительной системы рассмотрены в статьях [3–9]. Цель работы: определение и сравнительный анализ биологических признаков пищеварительной системы, ограничивающих временной диапазон от начала до завершения перехода заводской сёмги с эндогенного на экзогенное питание, в условиях естественных температур воды (Умбский рыбоводный завод) и искусственного водоподогрева.

Материал и методы

Для исследований материал (личинки атлантического лосося (*Salmo salar*, L.)) получили на Умбском рыбоводном заводе в период с 26.05.2016 по 01.07.2016. Фиксацию материала проводили 70% этиловым спиртом.

Для личинок определяли массу, длину тела по Смитту, длину тела до конца чешуйного покрова [10], биологический возраст, стадию развития [1]. По стандартной методике были изготовлены гистологические препараты личинок (n = 40), полученных в период с 26.05.2016 по 01.07.2016. Выбор времени отбора проб обусловлен интенсивностью повышения температуры воды и ускорение формирования структур пищеварительного тракта рыб [4]. Данные о биологическом возрасте и формировании структур сравнивали с работой Sahlmann (2013) [2], где личинок выращивали в условиях искусственного водоподогрева при постоянной температуре после вылупления 7–8 °С. Статистическую обработку данных выполнили в программной среде Microsoft Office Excel, STATISTICA 10.

Отмечали биологический возраст формирования органов пищеварительной системы, морфологические особенности в период перехода на экзогенное питание, гистологические характеристики.

Срезы изготовили в лаборатории ГОБУЗ "Областное Мурманское бюро судебно-медицинской экспертизы", судебно-гистологическое отделение. Препараты исследовали на световом тринокулярном микроскопе XSZ-402, на увеличениях 10x4, 10x10 и 10x40. Для получения изображений высокого разрешения использовали камеру для микроскопов TopCam 3.0.

Статистическую обработку данных выполнили в программной среде Microsoft Office Excel, STATISTICA 10.

Результаты и обсуждение

Исследователи предлагают оценивать готовность пищеварительной системы к экзогенному питанию по следующему ряду признаков [11; 12]:

– анатомической и физиологической сформированности пищеварительного тракта, его составляющих;

– наличию и количеству бокаловидных клеток в различных отделах кишечника;

– характеру надъядерной вакуолизации в энтероцитах кишечника.

Сравнительные данные по морфологическому развитию пищеварительной системы атлантического лосося приведены в табл. 1.

Последовательность развития отделов пищеварительной системы в нашем исследовании происходит в следующем порядке: кишечная трубка (73 тау-сомит), строма желудка (100 тау-сомит), анальное отверстие (100 тау-сомит), печень (126 тау-сомит), ротовая воронка (135–138 тау-сомит), складки кишечника (455,2 тау-сомит), пилорические придатки (506,5 тау-сомит), фундальные железы желудка (584,4 тау-сомит), большая петля кишечника (637,5 тау-сомит).

Одной из гистологических характеристик, отражающих степень развития пищеварительного тракта, являются бокаловидные клетки. Они выполняют антиабразивную и антисептическую функции. К началу периода смешанного питания (584,4 тау-сомит, 45–48 дней после вылупления) бокаловидные клетки в пищеварительном тракте атлантического лосося на Умбском рыбоводном заводе интегрированы к краю кишечного эпителия в условиях естественных температур воды. Однако, появление этих структур в стенке кишечной трубки отмечается в более раннем возрасте в различных отделах кишечника (передний отдел кишечника – 506,5 тау-сомит, 39 д. п.в.; задний отдел кишечника – 455,2 тау-сомит, 34 д. п. в.), но выполнять свою функцию такие клетки еще неспособны, так как не обращены апикальной частью в просвет кишечника. В кишечнике рыб, развивающихся в условиях искусственного водоподогрева, бокаловидные клетки начинают появляться в возрасте 27 д. п. в., в пищеводе – в возрасте 7 д. п. в.

Надъядерная вакуолизация энтероцитов заднего кишечника также свидетельствует о готовности пищеварительного тракта к усвоению пищи. В наших исследованиях такую функциональную готовность можно наблюдать в биологическом возрасте 637,5 тау-сомит, 54 дня после вылупления. Надъядерная вакуолизация у рыбы, выращиваемой в условиях искусственного водоподогрева, появлялась частично на 54 день после вылупления, в выборке n = 3 только у одной личинки [2]. В наших исследованиях почти все личинки на 54 д. п. в. уже питаются экзогенно, а надъядерная вакуолизация выражена гораздо отчетливей.

Таблица 1 – Морфологические показатели развития атлантического лосося в период перехода на экзогенное питание

Дата	**Стадия развития (цит. по Городилову, 1986) [1]**		**Признаки развития пищеварительной системы**		**Биологический возраст сёмги в Умбе, тау-сомит**	**Кол-во градусо-дней для сёмги в Умбе**	**Дней от оплодотворения для сёмги в Умбе**	**Д. п. в. (жирным курсивом возраст норвежской личинки)**
			в условиях естественных температур воды на Умбском рыбоводном заводе, 2015–2016 гг.	**в условиях искусственного водоподогрева, Норвегия, Нуфима Марина Сандалсоре (исследовательская станция), данные Sahlmann, 2013 г. [2]**				
28.04.2016	*Начало вылупления*				274,1	120,9	205	0
21.05.2016	Эндогенное питание	37 стадия	Кишечник пустой, прямой, есть вздутие в области желудка	Кишечник пустой, прямой, в задней части складки, есть вздутие в области желудка, желудочные железы отсутствуют	352,8	242,9	228	7 23
26.05.2016	Эндогенное питание	37 стадия	Питание эндогенное. Закладка спирального клапана, средний отдел кишечника септирован	Желудок имеет различимую кардиальную часть, в фундальной начинают появляться железы. Кишечник без петли, пилорические придатки начинают образовываться, передняя часть кишечника с простыми складками, задняя – с более длинными	394,0	302,4	233	27 28
01.06.2016	Эндогенное питание	39 стадия	Сформирован дугообразный изгиб желудка, формируется большая петля кишечника		455,2	386,8	238	34
03.06.2016	*Начало кормления*				477,6	417,1	240	36
06.06.2016	Эндогенное питание	39 стадия	Начало образования пилорических придатков, корм в пищеварительном тракте отсутствует		506,5	457,6	243	39
11.06.2016	Эндогенное питание	39 стадия	Количество и размер пилорических придатков увеличивается (12 шт.), корм в пищеварительном тракте отсутствует		544,1	513,2	248	44

Таблица 1 – Морфологические показатели развития атлантического лосося в период перехода на экзогенное питание

Дата	**Стадия развития (цит. по Городилову, 1986) [1]**		**Признаки развития пищеварительной системы**		**Биологический возраст сёмги в Умбе, тау-сомит**	**Кол-во градусо-дней для сёмги в Умбе**	**Дней от оплодотворения для сёмги в Умбе**	**Д. п. в. (жирным курсивом возраст норвежской личинки)**
			в условиях естественных температур воды на Умбском рыбоводном заводе, 2015–2016 гг.	**в условиях искусственного водоподогрева, Норвегия, Нуфима Марина Сандалсоре (исследовательская станция), данные Sahlmann, 2013 г. [2]**				
12–15.06.2016	*Начало питания*				544–584	513–571	248–253	45–48
16.06.2016	Смешанное питание	39 стадия	В желудке – пищевые объекты, железы желудка хорошо видны, большая петля сформирована	Продольные складки в пищеводе, дугообразный изгиб желудка развился, фундальные железы в большом количестве. Кишечник морфологически разделен на передний (с пилорическими придатками) и средний, изгиб большой петли начал оформляться. Желток абсорбирован	584,4	571,9	253	46 49
21.06.2016	Экзогенное питание	40 стадия	Желток абсорбирован, питается 90% и более личинок	В кишечнике увеличивается высота складок, личинки питаются	637,5	644,6	258	54
26.06.2016		41 стадия	Пилорических придатков >24, активно происходит переваривание пищевых частиц и формирование фекальных масс		701,8	731,2	263	59
01.07.2016		41 стадия	То же		768,3	820,8	268	64

Выводы

В условиях естественных температур воды Умбского рыбоводного завода подкормку личинок сёмги (переход к смешанному питанию) рекомендуется начинать в биологическом возрасте 540 тау-сомит, в нашем случае 45–48 д. п. в., поскольку в этот момент сформированы основные структурные элементы пищеварительной системы. В условиях искусственного водоподогрева развитие бокаловидных клеток происходит в более ранние сроки, но надъядерная вакуолизация, наоборот, сформировалась сравнительно позже в зарубежном исследовании, что дает основание предположить функциональное отличие в развитии.

Благодарности

Исследование выполнено в соответствии с базовой частью государственного задания высшим учебным заведениям Минобрнауки России в части инициативных научных проектов по теме НИР "Комплексная рыбоводно-биологическая оценка культивируемой форели в водоёмах Кольского полуострова". № 37.10193.2017/8.9.

Библиографический список

1. Городилов Ю. Н. Методические материалы по определению возраста и стадий развития зародышей атлантического лосося. – Мурманск : ПИНРО, 1986. – 72 с.

2. Sahlmann C. The digestive system of Atlantic salmon (Salmo salar L.) Ontogeny and response to soybean meal rich diets : thesis for the degree PhD / Norwegian School of Veterinary Science, Oslo 2013. – 65 pp.

3. Løkka G., Austbø L., Falk K., Bjerkås I., Koppang E. O. Intestinal morphology of the wild atlantic salmon (Salmo salar) // Journal of Morphology. – 2013. – V. 274. – P. 859–876.

4. Новиков Г. Г. Рост и энергетика развития костистых рыб в раннем онтогенезе. – М. : Эдиториал УРСС, 2000. – 296 с.

5. Baeverfjord G., Krogdah A. Development and regression of soybean meal induced enteritis in Atlantic salmon, Salmo salar L., distal intestine: a comparison with the intestines of fasted fish // Journal of Fish Diseases. – 1996. –V. 19. – P. 375–387.

6. Гаврилов Ю. М. Строение и особенности развития пищеварительной системы личинок черноморского лосося // Современные наукоемкие технологии : тезисы материалов конференции. – М. : 2005. № 4. – С. 86–87.

7. Волкова И. В., Ершова Т. С., Шипулин С. В. Морфо-функциональные особенности формирования пищеварительной функции у рыб различных таксономических и экологических групп // Успехи современного естествознания. – 2009. – № 7. – С. 11–13.

8. Ершова Т. С., Волкова И. В., Зайцев В. Ф. Особенности становления пищеварительной функции у некоторых видов рыб семейства Лососевых на личиночном этапе развития // Онтогенез. – 2004. – Т. 35, № 4. – С. 291–296.

9. Смирнов А. И. Биология, размножение и развитие тихоокеанских лососей. – М. : МГУ, 1975. – 335 с.

10. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). 4-е изд. перер. и доп. / Под ред. П. А. Дрягина, В. В. Покровского. М.: Пищевая промышленность, 1966. – 375 с.

11. Yufera M., Darias M. J. The onset of exogenous feeding in marine fish larvae // Aquaculture. –2007. – V. 268. – P. 53–63.

12. Baeverfjord G., Krogdah A. Development and regression of soybean meal induced enteritis in Atlantic salmon, Salmo salar L., distal intestine: a comparison with the intestines of fasted fish // Journal of Fish Diseases. – 1996. – V. 19. – P. 375–387.