

УДК 639  
ББК 47.2  
Н72

Н72 Новейшие генетические технологии для аква-культуры: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Москва, МВЦ «Крокус Экспо», 29 – 31 января 2020 г). – М.: Издательство «Перо», 2020. – 350 с. – Мб. [Электронное издание]. – Систем. требования: процессор x86 с тактовой частотой 500 МГц и выше; 512 Мб ОЗУ; Windows XP/7/8; видеокарта SVGA 1280x1024 High Color (32 bit). – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-00171-087-5

В сборнике представлены материалы Международной научно-практической конференции с международным участием «Новейшие генетические технологии для аквакультуры» проходившей в г. Москва, МВЦ «Крокус Экспо», 29 – 31 января 2020 г в рамках выставки «Agros 2020».

УДК 639  
ББК 47.2

ISBN 978-5-00171-087-5

© Авторы статей, 2020

## ОПЫТ ФОРЕЛЕВОДСТВА В ЗАМКНУТЫХ СИСТЕМАХ

**Жигин А.В., Максименкова А.А.**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», Минсельхоз России, [azhigin@gmail.com](mailto:azhigin@gmail.com)*

## EXPIRIENCE OF TROUT BREEDING IN RECIRCULATING SYSTEMS

**Zhigin A.V., Maksimenkova A.A.**

**Резюме.** *Кратко изложено современное состояние отечественного товарного лососеводства. Представлена ретроспектива использования замкнутых систем в форелеводстве. Обобщены основные результаты полноциклового выращивания в рыбоводных установках от формирования маточного стада до получения товарной продукции.*

**Ключевые слова.** *Радужная форель, *Oncorhynchus mykiss*, установки с замкнутым водоиспользованием, УЗВ, товарное выращивание*

**Summary.** *The current state of domestic commercial salmon farming is briefly described. A retrospective of the use of recirculating systems in trout farming is presented. The main results of full-cycle cultivation in fish-breeding installations from the formation of breeding stock to the production of commercial products are summarized.*

**Key words:** *Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, recirculating aquaculture system, RAS, commercial cultivation*

В настоящее время в нашей стране лососеводство испытывает интенсивное развитие. Производство лососевых за 5 лет выросло более чем в 2 раза – до 90,8 тыс. тонн. Из них более 86% выращивается на предприятиях Северо-Западного федерального округа (СЗФО) [Электронный ресурс 1], который по итогам 2019 года занял в России первое место по темпам развития аквакультуры. Лидерами в этой отрасли являются Республика Карелия, Мурманская и Ленинградская области, где очень заметно продвинулась индустриальная аквакультура. Увеличение объемов производства связано с формированием новых рыбоводных участков, технологической модернизацией рыбоводных хозяйств, увеличением их производственных мощностей, а также мерами государственной поддержки аквакультуры, реализуемыми на территории СЗФО [Электронный ресурс 2]. На лидирующие позиции по производству рыбы стали выходить регионы, где ведется интенсивное выращивание рыбы с использованием высокоиндустриальных, современных технологий. Именно они демонстрируют

самые высокие темпы роста. Хорошо известны такие крупные инвестиционные проекты, как «Русское море – аквакультура» и «Русский лосось», позволившие за последние годы в десятки раз увеличить объемы товарного выращивания рыбы в Мурманской области.

В Ленинградской области расположено более 40 предприятий, специализирующихся на товарном рыбоводстве (главным образом это форелеводство). Более трех четвертей всего объема товарной рыбоводной продукции выращивается в естественных водоемах Приозерского и Выборгского районов, имеющих доступ к Выборгскому заливу и Ладожскому озеру. За последние годы рост объема производства составлял до 15% в год. В Ленинградской области, имеется своя база по производству рыбопосадочного материала - «Федеральный селекционно-генетический центр рыбоводства» в Ропше, который дает около 1 млн штук малька в год.

Вместе с тем задача обеспечения товарных форелевых рыбоводных хозяйств качественным рыбопосадочным материалом по-прежнему остается одной из главных проблем, сдерживающих это направление рыбоводства. В этой связи в Мурманской области рассматривается проект строительства современного комплекса для производства посадочного материала лосося и форели. Аналогичная задача стоит в Карелии, где планируется запустить селекционно-племенной центр по производству оплодотворенной икры и молоди в 2024 году. Однако такие инвестиции могут позволить себе только крупные компании.

В этой связи не лишним будет вспомнить имеющийся положительный опыт использования циркуляционных установок для быстрого создания ремонтно-маточных стад, внесезонной инкубации икры и получения крупного посадочного материала, с целью последующего зарыбления садков и бассейнов для товарного выращивания в традиционных условиях.

Выращивание лососевых рыб относится к холодноводному направлению аквакультуры, требующему большого количества проточной воды высокого качества. Именно относительный дефицит таких водоисточников во многом и привёл когда-то специалистов аквакультуры к разработке замкнутых рыбоводных систем. Именно одно из наиболее развитых в технологическом и техническом плане направлений рыбоводства – форелеводство - дало толчок развитию индустриальных бассейновых и садковых рыбоводных хозяйств.

В форелеводстве часто применяется повторное (многократное) водоиспользование с последовательным каскадным расположением бассейнов, без какой либо очистки. При этом в каждом последующем лотке плотность посадки рыбы, как правило, снижают на 10% относительно предыдущего. В поисках более рационального использования проточной воды и снижения её потребления столь водоёмким направлением аквакультуры, разработчики

постепенно пришли к применению циркуляционных установок.

Первые установки с замкнутым водоснабжением бассейнов по выращиванию радужной форели и других лососей были созданы в США примерно в 1957 году [Лавровский, 1976], которые затем нашли своё применение и в европейских странах. В частности в бывшей ГДР именно за счёт использования УЗВ было значительно увеличено и стабилизировано получение посадочного материала форели [Knösche, Predel, 1985].

Впервые в СССР промышленная система оборотного водоснабжения бассейнов инкубационно-личиночного цеха форелевого хозяйства «Сходня» (Московская обл.) была использована в 1973 году с очисткой воды в биологических прудах [Лавровский, 1976 и др.]. А первая циркуляционная установка промышленных объёмов, хорошо известная специалистам, была создана в Эстонском колхозе им. С.М. Кирова, называлась «Биорек» и являлась аналогом немецкой установки «Штеллерматик» с вращающимся биологическим фильтром. Именно на этой установке отечественными специалистами в основном и отработывалась биотехника полносистемного выращивания форели в УЗВ. Кроме того, работы по созданию полносистемного форелевого хозяйства на базе УЗВ и последующее выращивание рыбы осуществлялось в рыболовецком колхозе «Балтика» (Ленинградской обл.) [Лев, Плотников, Соколов, 1985].

Вместе с тем товарное выращивание форели в УЗВ не является столь актуальным вопросом для севера и северо-запада нашей страны, так как эти регионы обладают благоприятными природно-климатическими условиями для осуществления лососеводства в естественных условиях многочисленных водных объектов, в том числе в морских акваториях Белого и Баренцева морей.

Применение таких УЗВ более актуально с точки зрения раннего получения оплодотворенной икры и крупного посадочного материала. При этом их работу следует подстраивать под естественный годовой цикл производства рыбопродукции. Поскольку известно, что температура оборотной воды в УЗВ стремится к температуре окружающего её воздуха, установка для инкубации икры форели должна быть размещена в отдельном помещении, где в зимнее и весеннее время можно поддерживать температуру воздуха, близкую к оптимальным температурам воды в период инкубации икры и свободных эмбрионов. Бассейны для маточного стада также рекомендовано размещать в отдельном помещении с более низкой температурой воздуха (и соответственно воды) в преднерестовый и нерестовый периоды [Новоженин, Аси, Рельве, Херем, 1988].

Поскольку радужная форель является распространённым и традиционным объектом аквакультуры, её отношение к основным технологическим факторам водной среды достаточно хорошо изучены.

В нашей стране данные, касающиеся выращивания форели в УЗВ, накоплены в основном в период существования СССР и главным образом были получены на базе установки «Биорек» при выращивании форели Дональдсона - породной группы радужной форели, выведенной в результате длительной селекции в США, при этом основное внимание уделялось увеличению размеров и плодовитости.

Работы по рыбохозяйственному освоению форели Дональдсона были начаты в 1982 году. Результаты исследований показали, что эта форель обладала большей потенцией роста по сравнению с культивируемой в хозяйствах радужной форелью. При этом наилучшие результаты по жизнестойкости, темпу роста, ускоренному половому созреванию были получены в условиях регулируемых оптимальных параметров среды в УЗВ. Уже через год исследователям удалось получить икру от впервые созревших производителей, выращенных в УЗВ «Биорек». Первые самки созревали при средней массе 1 кг, однако полученная от них икра оказалась низкого качества и практически не оплодотворялась. Самцы созревали на 1-2 месяца раньше самок в возрасте 9-12 месяцев, но качество их спермы также было ниже по сравнению с самцами старшего возраста. К первому нересту созревало 100 % самцов и 80 % самок (ко второму все – 100 %).

В этой связи формирование маточного стада форели в УЗВ рекомендуется начинать с отбора пар повторно нерестящихся производителей, отдельной инкубации качественной икры и раздельного выращивания молоди при посадках в 2-3 раза более низких по сравнению с нормативами промышленного производства посадочного материала. Масса сеголетков в этих условиях должна составлять 500 г, и в этом возрасте уже производится отбраковка части самцов, достигших половой зрелости для составления нужной пропорции в стаде производителей, масса которых в возрасте одного года должна составлять около 1 кг, созревание самок происходит в возрасте до 1,5 лет [Киселёв, 1999]. Основные технологические принципы работы на данном этапе практически воспроизводят традиционные методы формирования маточных стад форели в индустриальных хозяйствах [Канидьев, Новоженин, Титарев, 1985; Титарев, Сергеева, Линник, 1991], за исключением главного отличия по более быстрым срокам созревания и более крупной массе получаемых производителей [Новоженин, Аси, Рельве, Херем, 1988; Киселёв, 1999].

Температуру воды при содержании производителей в межнерестовый период рекомендовано поддерживать на уровне 16-17°C, а за 1,5 месяца до нереста и в период нереста снижать до 13-8°C. При этом в бассейны рекомендуют подавать воздух, не только для аэрации, но и для создания внутри него дополнительной циркуляции, которая благотворно воздействует на производителей при созревании гонад.

В преднерестовый период до созревания первых самок, особей кормят полноценным витаминизированным кормом с увеличением количества премикса до 2-3 %, но суточную норму уменьшают до 0,5 % от массы форели. Кормление прекращают за 4 дня до сортировки производителей по половым признакам, которую проводят за 2 недели до нереста. Кормление пастообразными смесями исключается, так как они загрязняют воду.

Рекомендуемый срок эксплуатации самцов в УЗВ составляет 1-2 года, при этом установлено, что их можно использовать 5-6 (не более 8) раз за нерест с интервалом 3 суток, самок – в течение 2-3 лет (включая первый нерест), далее необходима отбраковка производителей из-за достижения крупных размеров [Аси, Рельве, Херем, 1986; Новоженин, Аси, Рельве, Херем, 1988].

Проведённые американской компанией «Clear Springs Trout Company» эксперименты показывают, что под влиянием усиленного питания, постоянной температуры воды 15°C и контролируемого фотопериода, половые продукты форели могут созревать до 4 раз в год. Однако, при четырехразовом нересте качество икры получается довольно низким, при трёхразовом – допустимое для рыбоводных целей, а при двухразовом – хорошее, что позволяет предприятию получать икру в течение всего года [Овчинникова, 1990].

В процессе отработки инкубации икры форели и выдерживания свободных эмбрионов в УЗВ было показано, что их выживаемость зависела от возраста полового созревания самок и качества половых продуктов. При этом наибольший отход наблюдался в период инкубации икры до стадии «глазка» и при выдерживании свободных эмбрионов, хотя он не превышал существующие нормативы для прямоточных систем, а выживаемость выдерживаемых эмбрионов была выше нормативных требований [Херем, Новоженин, 1985].

В дальнейшем интенсивность роста личинок обеспечивала достижение средней массы особей 1 г в течение 30-40 дней при выживаемости до 95 %, затратах корма 0,8-0,9 кг/кг привеса и плотности посадки в мальковых бассейнах типа «силос» до 30 тыс. шт./м<sup>3</sup>. Последующее опытное выращивание посадочного материала форели в УЗВ из полученной молоди средней массой 1 г показало, что при исходной плотности посадки рыбы 5 тыс. шт./м<sup>3</sup> форель достигает веса 10 г через 35 дней, и далее - 20 г за 25 суток, при выходе рыбопродукции молоди массой 10 и 20 г - соответственно 40 и 60 кг/м<sup>3</sup>, а выживаемости 90-98 % [Киселёв, 1999].

Другими исследователями установлено, что основные физиолого-биохимические и гематологические показатели сеголетков форели Дональдсона и стальноголового лосося, выращенных в регулируемых условиях УЗВ оказались в норме или близки к таковой [Шестеренко, Яновская, Быковская, Борбан, 1989].

В целом результаты многолетней эксплуатации УЗВ «Биорек» показали, что масса форели увеличивалась от 0,2 до 50 г за 120-140 дней выращивания, а

за год достигала 1 кг [Орлов, Швец, Щербань, Бутусова, 1990]. При этом максимальный индивидуальный прирост рыбы и минимальные затраты корма отмечены при ихтиомассе в бассейне 70 кг/м<sup>3</sup> [Древс, 1987], а максимально достигнутая нагрузка по товарной форели составила 83,3 кг/м<sup>3</sup> бассейна [Новоженин, Аси, Рельве, Херем, 1988].

Отмечено, что превосходство в скорости роста форели, выращиваемой в УЗВ, проявляется особенно заметно на стадии получения посадочного материала, когда она в 2-3 раза превышала таковую по сравнению с традиционными методами выращивания. Это также предопределило схему преимущественного использования УЗВ на этапе получения посадочного материала форели во внесезонные сроки с последующей её пересадкой в хозяйства нагульного типа. В результате общий срок производства товарной продукции сокращается до 1 года и менее. Примером комбинированного выращивания товарной форели с использованием УЗВ и прямоточных бассейнов являлось хозяйство рыболовецкого колхоза им. С.М. Кирова, где в течение зимнего времени в УЗВ «Биорек» выращивался крупный (100-200 г) посадочный материал, который в дальнейшем, при наступлении благоприятных условий, пересаживали в бассейны, где он достигал к концу первого года 400-800 г. То есть получаемая продукция переходила в разряд ценной и более дорогой, что повышало рентабельность работы хозяйства в целом [Киселёв, 1999].

В условиях Ленинградской области, за счёт проведения ранних сроков нереста и выращивания посадочного материала форели в УЗВ, удаётся зарыблять озёрные садки рыбой массой 20 г, а не 5 г, как при традиционной технологии. В свою очередь к концу сезона выращивания форель достигает товарной массы 500 г, против 165 г, то есть за один сезон [Ивойлов, Чмилевский, Стадник, 2007].

На основании положительного опыта содержания форели в солоноватых водах, были разработаны рекомендации по комбинированному выращиванию её посадочного материала массой до 50 г в УЗВ для последующего получения товарной рыбы в морских садках. Процесс культивирования рекомендуется начинать с момента инкубации икры при солёности 3-5‰. Затем, с момента начала подращивания личинок, её постепенно увеличивают до 5,0-7,5‰. При подращивании личинок до 500 мг температуру воды рекомендовано поддерживать в диапазоне 15-18°C. В ходе дальнейшего выращивания температуру воды постепенно повышают до 20°C. Поскольку наличие солей в оборотной воде снижает негативное воздействие на рыб соединений азота, нормативы допускают содержание азота нитритов от 0,1 до 0,3 мг/л, а нитратов – от 100 до 200 мг/л [Хрусталёв, Киселёв, Илясов и др., 1994]. Общая продолжительность выращивания рыбы в УЗВ при этом составляет 165 суток (табл. 1).

Таблица 1 - Некоторые параметры технологии выращивания молоди форели в УЗВ на солоноватых водах (солёность 5,0-7,5‰) [Киселёв, 1999]

Плотность посадки, шт./м <sup>3</sup>	Средняя масса, г		Выживаемость, %	Время выращивания, сут.
	исходная	конечная		
10 000	0,1	0,5-1,0	70	45
5 000	0,5	5,0	80	50
2 000	5,0	50,0	80	70

Что касается специфических особенностей возникновения заболеваний лососёвых в условиях циркуляционных установок, то сведения об этом практически отсутствуют. Скорее данные носят общий характер, свойственный всем УЗВ в целом.

Известна гибель радужной форели от газопузырькового заболевания при насыщении воды азотом до 109-120%, сопровождавшаяся множественными патологическими отклонениями состояния организма, как функционального, так и структурного характера. При этом после уменьшения насыщения до 103,8% гибель рыбы прекратилась [Dalbelo, Katavic, Fijan, 1987; Дементьева, Чаплыгин, Кирилин, Исаков, 1988]. В этой связи не рекомендуется превышать уровень насыщения воды азотом выше 100% [Machado, Garling, Kevern et al., 1985].

В целом можно констатировать, что содержание ремонтно-маточного стада, инкубация икры и выращивание посадочного материала форели в условиях УЗВ достаточно хорошо отработаны и этот опыт может быть с успехом использован для расширения производства посадочного материала и дальнейшего наращивания объемов производства товарной продукции форелеводства.

#### Список использованных источников

1. Аси А.А., Рельве П.Ф., Херем Х.Я.-Э. Основные итоги эксплуатации установки «Биорек» и выращивания в ней радужной форели Дональдсона // Тез. докл. всес. совещания по рыбоводству в замкнутых системах (25-27 фев.).- М., 1986.- С. 34-36.
2. Дементьева М.А., Чаплыгин В.М., Кирилин С.Ю., Исаков А.А. Газопузырьковое заболевание форели при бассейновом выращивании на сбросных тёплых водах // Сб. науч. тр.: Научные основы интенсификации тепловодного рыбоводства.- Л.: Промрыбвод, 1988.- Вып. 274.- С. 99-112.



3. Древис Т.К. Влияние плотности посадки на темп роста радужной форели // Биол. ресурсы водоём. басс. Балт. моря: матер. 22 науч. конф. по изуч. водоёмов Прибалтики.- Вильнюс, 1987.- С. 50-51.

4. Ивойлов А.А., Чмилевский Д.А., Стадник М.А. Выращивание сибирского осетра и радужной форели в установке с замкнутым циклом водообеспечения, оснащённой погружным фильтром с постоянно регенерирующейся загрузкой // Науч.-техн. бюлл. лаб. ихтиол. ИНЭНКО.- Вып. 13.- С. 16-29.

5. Канидзев А.Н., Новоженин Н.П., Титарев Е.Ф. Инструкция по разведению радужной форели.- М.: ВНИИПРХ, 1985.- 59 с.

6. Киселёв А.Ю. Биологические основы и технологические принципы разведения и выращивания объектов аквакультуры в установках с замкнутым циклом водообеспечения: Автореф. дис. ... докт. биол. наук: 03.00.10. - М., 1999. - 62 с.

7. Лавровский В.В. Опыт промышленного выращивания молоди радужной форели при замкнутом водоснабжении // Изв. ГосНИОРХ: Биологические основы форелеводства.- 1976.- Т. 117.- С. 87-102.

8. Лев В.Б., Плотников В.Т., Соколов Ю.М. и др. А.С. 1331466 СССР МКИ А01К61/00. Установка для выращивания рыбы - № 3965886/28-13. Заявл. 07.08.85; Оpubл. 23.08.87.

9. Новоженин Н.П., Аси А.А., Рельве П.Ф., Херем Х.-Я.Э. Рекомендации по разведению и выращиванию форели Дональдсона с использованием установок с замкнутым циклом водообеспечения // М.: ВНИИПРХ, 1988.- 33 с.

10. Овчинникова Т. Выращивание форели в США // Рыбное хозяйство. Сер. Рыбохозяйственное использование внутренних водоёмов. Экспресс-информация.- М.: ВНИЭРХ, 1990.- Вып. 8.- С. 22-26.

11. Орлов Ю.И., Швец Э.М., Щербань Г.Н., Бутусова Е.Н. Рыбоводные установки: современное состояние // Рыбное хозяйство. Сер. Аквакультура. Рыбохозяйственное использование водоёмов: Обзорная информация. - М.: ВНИЭРХ, 1990.- Вып. 3.- 84 с.

12. Титарев Е.Ф., Сергеева Л.С., Линник А.В. Типовая технология разведения и выращивания разных форм радужной форели // М.: ВНИИПРХ, 1991.- 86 с.

13. Херем Х.-Я.Э., Новоженин Н.П. Установка с замкнутым циклом водоиспользования для инкубации икры форели // Сб. науч. тр. ВНИИПРХ. - 1985.- № 46.- С. 103-109.

14. Хрусталёв Е.И., Киселёв А.Ю., Илясов А.Ю. и др. Технология комбинированного выращивания камбалы, форели и налима в установках с

замкнутым циклом водообеспечения и открытых солоноватых системах.- М.: ВНИИПРХ, 1995.- 13 с.

15. Шестеренко А.Е., Яновская Г.Н., Быковская Н.И., Борбан Н.А. Некоторые физиолого-биохимические показатели сеголетков форели Дональдсона и стальноголового лосося, выращиваемых в лотках с оборотной системой водоснабжения // Рыбное х-во (Киев).- 1989.- № 43.- С. 35-37.

16. Электронный ресурс 1. РФ за прошлый год увеличила производство продукции аквакультуры почти на 20% - URL. <http://fishery.ru/news?idnews=508491> (дата обращения 13.02.2020).

17. Электронный ресурс 2. Итоги года: производство лососевых за 5 лет выросло более чем в 2 раза – до 90,8 тыс. тонн - предварительные данные. - URL. <http://www.fish.gov.ru/press-tsentr/novosti/29775-itogi-goda-proizvodstvo-lososevykh-za-5-let-vyroslo-bolee-chem-v-2-raza-do-90-8-tys-tonn-predvaritelnye-dannye> (дата обращения 13.02.2020).

18. Dalbelo M., Katavic J., Fijan N. Mjehuricavost kalifornijske pastrve (*Salmo gairdneri* Rich) uzrokovana gojilistu // Ribar. Jugosl. - 1987. - 42, № 6. -S. 121-124.

19. Knösche R., Predel J. Stabilisierung und Erhöhung Satzfishproduktion durch die Aufzucht in geschlossenen Kreislaufanlagen // Z. Binnenfisch. DDR. - 1985. -32, № 11.- S. 330-341.

20. Machado J.P., Garling D.L., Kevern N.P. et all. Histopathology and the Pathogenesis of embolism (Gas Bubble Disease) in Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*).- Can. J. Fish. And Aquat. Sci.- 1987.- 44, № 11.- P. 1985-1994.