

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»

НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗВИТИЯ АПК В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

Сборник научных трудов

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2022

Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «*Приоритеты развития АПК в условиях цифровизации и структурных изменений национальной экономики*». – СПбГАУ. – СПб., 2022. (Санкт-Петербург – Пушкин, 25-27 мая 2022 года)

В сборнике научных трудов рассматриваются современные проблемы развития отраслей растениеводства и животноводства, совершенствования средств механизации и энергетического оборудования в АПК, вопросы переработки сельскохозяйственной продукции и техносферной безопасности, землеустройства, сельскохозяйственного строительства и экономики в агропромышленном комплексе, повышения эффективности сельскохозяйственного производства на основе современных научных достижений и цифровых технологий.

Главный редактор
доктор ветеринарных наук *В.Ю. Морозов*

Заместитель гл. редактора
кандидат ветеринарных наук *Р.О. Колесников*

Редакционная коллегия:

канд. техн. наук **А.В. Антипов**, канд. экон. наук **Ю.Г. Амагаева**,
канд. техн. наук **В.С. Волков**, канд. биол. наук **М.В. Ермилова**,
канд. филол. наук **А.В. Зыкин**, канд. ист. наук **Ю.Н. Красникова**,
канд. биол. наук **Л.А. Ильина**, канд. техн. наук **Н.В. Миклашевский**,
канд. с.-х. наук **Т.В. Степанова**, канд. техн. наук **Е.Л. Уварова**

ISBN 978-5-85983-379-5

©ФГБОУ ВО СПбГАУ, 2022

3. Царенко П.П., Васильева Л.Т., Кулешова Л.А. Динамика плотности перепелиных яиц при хранении в стандартных условиях // Перспективы инновационного развития агропромышленного комплекса и сельских территорий : междунар. агропром. конгресс : материалы для обсуждения / [Северо-Западный региональный науч. центр Россельхозакадемии, С.-Петерб. гос. аграр. ун-т, ООО "ЭФ-Интернэшнл" ; авт. кол.: Попов В. Д. и др.]. Санкт-Петербург, 2014. – С. 47-48.
4. Кулешова Л.А. Влияние на качество перепелиных яиц условий хранения и материала упаковки // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2017. – № 8. – С. 50–55.
5. Царенко П.П., Кулешова Л.А. Особенности старения куриных и перепелиных яиц при хранении // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования : сб. науч. тр. : материалы науч. конф. проф.-преп. состава, науч. сотрудников СПбГАУ. - Санкт-Петербург–Пушкин, 24–26 января 2013 г. – СПб.: СПбГАУ, 2013. -Ч. 1. – С. 213–217.

УДК 639.3.03

Доктор биол. наук П.Е. ГАРЛОВ
Канд. с.-х. наук Н.Б. РЫБАЛОВА
Канд. биол. наук Т.А. НЕЧАЕВА
Канд. биол. наук Е.Д. ШИНКАРЕВИЧ
(ФГБОУ ВО СПбГАУ)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕСТЕСТВЕННОГО И ЗАВОДСКОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА ЛОСОСЕВЫХ

Сохранение популяций наиболее ценных видов лососевидных рыб в нашем регионе (Балтийской и Ладожской популяций атлантического лосося, кумжи, палии, волховского сига) в настоящее время обеспечивается их искусственным заводским воспроизводством. Однако его эффективность недостаточна, поскольку выживаемость выпускаемых заводских годовиков лосося массой 20–26г в природе достигает всего 0,4% при необходимой массе молоди от 40 г. и норме нерестового возврата производителей от 1,9%. При этом все лососевые рыболовные заводы в ущерб естественному воспроизводству заготавливают зрелых производителей на нерестилищах в сезон нереста.

Целью нашей работы является повышение эффективности заводского воспроизводства популяций лососевых рыб путем преодоления указанных недостатков. Задачей является разработка новых методов биотехники повышения выживаемости, роста, выхода полноценного потомства, позволяющих сочетать эффективности естественного и заводского воспроизводства.

Для этого разработан новый принцип заводского воспроизводства популяций ценных видов рыб. Он основан на использовании систем видовых филогенетических адаптаций морского нагула. Они способны обеспечить наибольшую продуктивность популяций проходных эвригаллиных рыб в виде максимального проявления потенций размножения, выживаемости и роста рыб. Прежде всего нами было установлено, что эффекты повышения степени выживаемости и сохранения рыболовного качества производителей рыб, а в дальнейшем и темпов роста молоди наиболее ярко проявляются в узком диапазоне «критической» солености – 4–8‰. Эта соленость является порогом для созревания гамет морских и пресноводных организмов. Она определяет пределы их физиологической устойчивости и ряд важных границ и градиентов взаимоотношений организма с внешней средой. В критической солености нами впервые были установлены наиболее высокая степень выживаемости и задержка полового созревания у производителей костистых и осетровых рыб, причем при верхних нерестовых температурах. Этот эффект впервые установлен как в

морской воде, так и в растворах промышленной поваренной соли той же концентрации. Это особенно перспективно для использования в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ).

В результате логического и экспериментального анализов этих эффектов кафедрой водных биоресурсов СПбГАУ был разработан и предложен к внедрению принципиально новый метод воспроизводства ценных видов рыб, который основан на использовании новой системы биотехнологии «река–море». Этот биотехнический метод заключается в массовой заготовке производителей в море и резервировании их ремонтно-маточных стад в морских садках, естественном созревании производителей и получении здесь потомства при солёности ниже 4‰ и, после заводской инкубации икры и выращивания личинок и молоди в реке до признаков готовности к миграции, последующем ее садковом доразращивании в солоноватой морской воде (патент на изобретение кафедры водных биоресурсов СПбГАУ № 2582347, рис. 1А).

В итоге многолетних производственных проверок на осетровых и лососевых рыболовных заводах и морском рыболовном хозяйстве впервые установлен ряд важнейших рыболовно-биологических эффектов разведения и выращивания рыб в этой среде: 1) наиболее высокая выживаемость; 2) длительное сохранение высоких рыболовных качеств производителей (и ремонтно-маточных стад в целом); 3) возможность получения потомства в солоноватой морской воде (ниже порога критической солёности 4‰) и 4) акселерация развития и роста молоди. Сравнительные результаты производственных испытаний новой биотехники воспроизводства лосося в морских садках и применяемой на базовом Невском лососевом рыболовном заводе (ЛРЗ) приведены в сводной таблице 1.

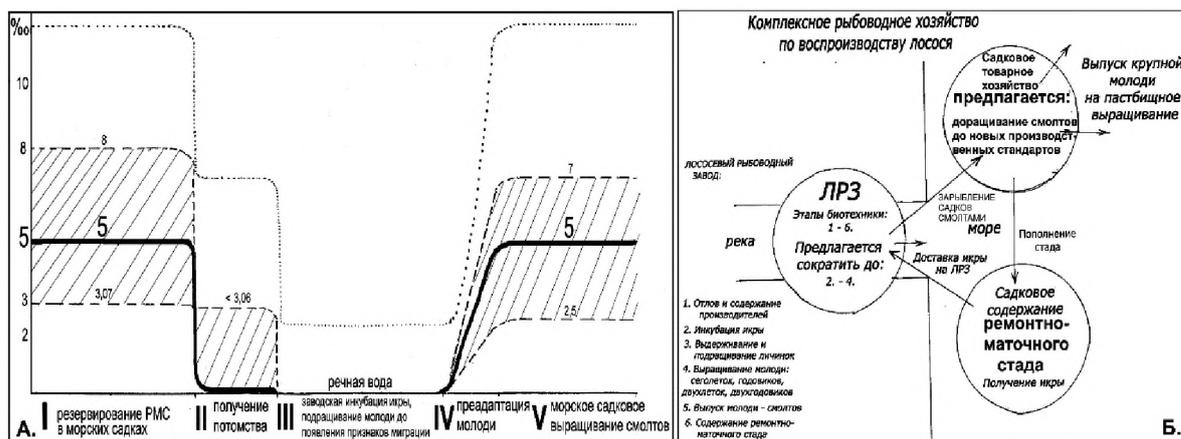


Рис. 1. А. Биотехнологическая схема метода воспроизводства популяций рыб на основе смены режимов солёности на разных этапах биотехники.

Обозначения: сплошная кривая – оптимальное значение солёности, прерывистая кривая – заявленные допустимые значения (их диапазон – заштрихованный сектор), точечная кривая – ожидаемые верхние значения.

Б. Организационно-хозяйственная схема комбинированного рыболовного хозяйства (на основе метода), включающего лососевый рыболовный завод и морской садково-выростной участок.

Установлено, что по размерно-весовым показателям, коэффициенту упитанности и, главное, по рабочей плодовитости заготовленные на нерестилищах заводские самки значительно превышают морских с нагульных пастбищ (табл. 1А).

Они представляют группу лидеров, которые выдержали жесточайший длительный естественный миграционный отбор и очевидно, что генетически наиболее перспективны. Изъятие их из естественного нереста является явным нарушением природного равновесия. И это требует принятия адекватных компенсационных мер прежде всего в виде выпуска после рыболовного использования обратно на нерестилища всех самок, тем более лошальных, не имеющих товарной ценности. Однако, исключая такой природный ущерб, новый метод уже на первом этапе заводского воспроизводства вносит радикальное природоохранное изменение

– исключение речного промысла (по сути браконьерства). Оно затрагивает, например, интересы ЛРЗ. Поэтому для включения основного компенсаторного механизма обратной связи в этой системе улучшенного природопользования предлагается обеспечивать работников ЛРЗ дешевой товарной рыбой с рыбоводных хозяйств и впервые применять здесь инновации в области развивающейся рекреационной аквакультуры с использованием экологически чистых водных акваторий (патент кафедры СПбГАУ №2707909).

Т а б л и ц а 1. Сравнительные рыбоводно-биологические показатели производителей и молоди лосося в морских садках Выборгского залива (3,06%) и на Невском ЛРЗ

Показатели (средние величины)	А. Сравнительная характеристика производителей (средние величины за трехлетний срок)					
	Общие характеристики		Из них самок:		Из них самцов:	
	Морские садки	Невский ЛРЗ	Морские садки	Невский ЛРЗ	Морские садки	Невский ЛРЗ
Количество отсаженных особей	82	163	44	88	32	75
Длина тела до хвостового стебля (см, пределы)	71,6±0,28 (62,5–78,1)	74,9±0,71 (45–100)	74,3±0,25 (68,0–78,1)	82±0,53 (70–100)	63,2±0,04 (62,5–64,0)	66,1±0,9 (45–92)
Средняя масса (кг, пределы)	4,17±0,07 (1,5–5,7)	5,0±0,12 (0,9–10,6)	3,6±0,05 (3,1–5,1)	6,3±0,13 (3,2–10,6)	4,4±0,12 (1,5–5,7)	2,1±0,14 (0,9–8,6)
Сигма по длине (σ)	2,6	9,166	1,683	5	0,25	7,833
Сигма по массе (σ)	0,7	1,616	0,333	1,233	0,7	1,283
Коэффициент упитанности по Фультону – Q (пределы)	1,02 (0,6–1,4)	1,2 (0,8–3,02)	1,09 (0,9–1,4)	2,6 (2,3–3,02)	0,77 (0,6–0,9)	1,20 (0,8–1,7)
Б. Показатели массы молоди различных возрастных групп в садках Выборгского залива, на Невском ЛРЗ и согласно нормативам (г)						
	Садки, Выборгский залив		Невский ЛРЗ		Норма по Ленобласти	
Сеголетки 0+	15±1,07		11,3±1,84		5–7	
Годовики 1	160±7,35		26 (10–35)		9–18	
Двухлетки 1+	280,1±20,08		41,6		20–25	

Сравнение показателей массы молоди доказывает многократное усиление ее роста в солоноватой воде при прочих равных условиях (температуры, кормления и т. д.), особенно значительное с годовалого возраста: в 5–7 раз (табл. 1 Б).

Возможность сокращения наиболее затратных этапов биотехники на ЛРЗ позволяет сочетать искусственное воспроизводство с естественным в единый природно-промышленный комплекс, объединив их эффективность, и высвободить дополнительные производственные мощности для повышения эффективности заводского воспроизводства (рис. 1Б). Однако, несмотря на установленный эффект спонтанного созревания лососевых рыб в морской воде при наступлении нерестовых температур, ограниченные условия получения потомства в разработанном методе (до 3,06%) значительно сужают возможности его применения.

Поэтому для дальнейшего повышения эффективности новой биотехнологии заводского воспроизводства рыб и возможности круглогодичного ее применения в континентальных установках замкнутого водоснабжения (УЗВ) в аквакультуре мы начали разработку новых методов разведения и выращивания рыб в более широком диапазоне солености, включая и «искусственно модифицированную, биостимулирующую» среду. Последующий метод биотехники заключается в двух основных биотехнических приемах:

1) в резервировании производителей в солевом растворе критической солености и последующим получении потомства путем их ступенчатого перевода в оптимальные нерестовые условия; 2) в дальнейшем интенсивном выращивании молоди в растворе

поваренной соли, концентрацией близкой к изотонической среде. В первом «Способе содержания производителей в искусственной биостимулирующей среде» (Патент на изобретение кафедры СПбГАУ №2726107, от 09.07.2020) производителей рыб резервируют в плавно осолоненной (с градиентом концентрации 1–2‰ в сутки до 4–8‰) поваренной солью среде до наступления половой зрелости, после чего соленость воды плавно повышают до 9–12‰ с тем же градиентом концентрации осолонения, где и выдерживают в течение 1–2 суток. Затем их переводят в нерестовые условия путем опреснения среды содержания с градиентом концентрации 2,5–3‰ в час и получают потомство. Изобретение позволяет управлять содержанием производителей путем повышения доступности применения способа для любого типа рыбоводных хозяйств и повысить тем самым эффективность разведения рыб в аквакультуре.

Результаты сравнительных испытаний способа приведены на рис. 2.

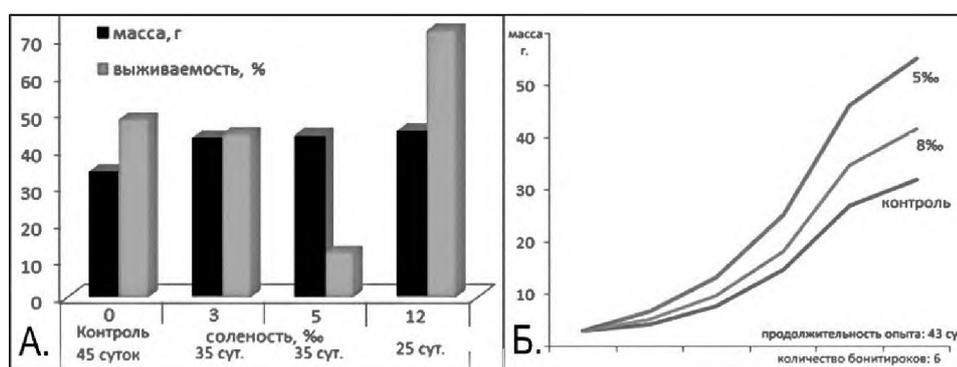


Рис. 2. Результаты выращивания молоди форели и клариевого сома в растворах поваренной соли различной концентрации. А. Результаты первого (поискового) опыта по выращиванию сеголетков форели в опыте (3, 5, 12‰) и контроле (всё по 25 шт.)
 Б. Результаты выращивания сеголетков клариевого сома в опыте (5, 8‰) и в контроле (по 150 шт.; по результатам 6 бонитировок, выживаемость 100%).

Во втором «Способе выращивания молоди рыб в искусственной биостимулирующей среде» (Патент кафедры СПбГАУ №2741648, от 28.01.2021) у взрослой молоди рыб (от сеголетков до годовиков) предварительно определяют показатель содержания хлоридов, либо натрия в плазме крови. Затем среду выращивания рыб плавно осолоняют поваренной солью с градиентом концентрации 0,5–0,9‰ в сутки до величины этого показателя, но не превышающей 5‰ и выращивают молодь в этой среде до необходимой массы тела. Затем среду ее выращивания опресняют с градиентом концентрации 1–2‰ в час и содержат молодь в пресной воде не менее 5–7 суток. При этом в течение всего срока выращивания молоди в осолоненном растворе регулярно проводят ее бонитировки с интервалом 7–10 суток и при появлении признаков токсикоза молодь переводят в пресную воду, где и проводят лечебно-профилактические мероприятия.

Все предложенные способы разработаны с целью решения главных задач искусственного заводского воспроизводства, в частности лосося: выращивать крупную молодь массой от 40 г и сочетать эффективности естественного и заводского воспроизводства путем заготовки производителей и получения заводского потомства в море на местах нагула и промысла, освободив нерестилища. Однако возможности их применения в производстве жестко ограничены прежде всего узкими условиями получения потомства (в диапазоне солености до 3,06‰) и технологической сложностью смены солености среды содержания производителей и получения потомства (рис. 1 А). В итоге, несмотря на разработку нового природоохранного принципа искусственного воспроизводства (системы «река–море») задача получения потомства лосося в естественной морской и искусственной осолоненной средах, реальная для промышленного использования оказывается нерешенной.

Поэтому нами начата разработка метода получения потомства от производителей пресноводных видов рыб при их содержании в растворах поваренной соли (далее: соли) повышенной концентрации, что, по нашему мнению, докажет возможность получения такого же эффекта на проходных видах рыб и в морской воде при более высоких значениях солености, сравнимой с нашими маточными водоемами (11–20‰). При этом мы исходили из известного представления о том, что при гормональной стимуляции полового созревания (овуляции и спермиации) основным строго необходимым для получения потомства экологическим фактором является нерестовая температура в их видоспецифическом (нерестовом) диапазоне воздействия.

Предварительный опыт был поставлен на (уже освоенных экспериментальной лабораторией) зрелых самках пресноводного африканского клариевого сома *Clarias gariepinus*, находящихся в IV завершенной стадии зрелости гонад, когда вблизи оболочки большинства ооцитов старшей генерации располагаются их ядра. Работа проводилась в лабораторных условиях на базе ООО «Бюро экологической экспертизы, агробиологии и микробиологии при ФГБОУ ВПО СПбГАУ». Видовые границы солевой толерантности даже личинок и молоди составляют 9,5% [1]. Поэтому 3 группы рыб (по 5 самок) содержали в течение 3 суток в растворах соли концентрацией 5% (1-й вариант опыта), 8% (2-й вариант опыта) и в пресной воде (3-й вариант, контроль).

Гидрохимические условия содержания соответствовали видовой норме (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. Гидрохимические показатели воды в опыте

Показатели	В опыте	Рыбохозяйственные нормы и ПДК
Температура воды, °С	26,7–27,1	24–28
Водородный показатель (рН)	6,6–6,8	6,5–7
HN ₄ ⁺ , мг/л	1–1,03	1
NO ₂ ⁻ , мг/л	0,01–0,05	до 0,25
Fe, мг/л	0,26–0,28	0,3
Cl, мг/л	43,32–43,45	45
O ₂ , мг/л	4,0–5,1	4–6

Содержание и кормление рыб проводили в равных условиях. Кормление рыб осуществляли полнорационным комбикормом СОМ 40/13 производства ООО «Лимкорм» (г. Белгород), который обеспечивал наиболее высокие видовые показатели роста. Суточный рацион составлял 1,0% от биомассы рыб. Половое созревание рыб стимулировали суспензией ацетонированного гипофиза того же вида рыб в дозе 3,2 мг/♀ и 2,2 мг/♂. Масса самок во всех вариантах опыта отличалась незначительно (табл. 3).

Во всех вариантах опыта доброкачественно созрели все самки. При этом качество оплодотворения икры оказалось наиболее высоким в растворе соли максимальной солености 8‰. Промышленное качество икры определяли химическими методами в лаборатории ФГБУ «ЛЕНИНГРАДСКАЯ МВЛ» по принятым методикам и гостам: М-02-1006-08, М-04-56-2009, ГОСТ 7336-85, ГОСТ 32344-2013, ГОСТ 30504-97, ГОСТ 26570-95, ГОСТ 26657-97 и оно соответствовало всем указанным стандартам.

Эти положительные результаты, полученные на пресноводном виде, согласуются с недавно полученными на проходном эвригалинном виде осетровых севрюге *Acipenser stellatus* [2]. В опыте 4 самки и 5 самцов после 5 суток содержания в морской (Каспийской) воде 11–13‰ при нерестовых температурах 18,5–19°С были проинъецированы гипофизами карпа в дозах соответственно: 4 и 3 мг/кг массы тела. Из них доброкачественно созрели 3 самки (88, 72, 64% оплодотворения икры) и 4 самца (1–2, 4, 5, 5 баллов качества спермы). Из литературы

известны и случаи поимки текучих самок осетровых рыб в прибрежных водах Каспия, хотя достоверных случаев их нереста здесь не отмечалось [3].

Есть все основания полагать, что на проходных эвригалинных видах лососей будут достигнуты даже более сильно выраженные эффекты стимуляции полового созревания производителей и доброкачественного получения потомства в морской либо осолоненной воде, поскольку солевая толерантность их производителей достигает океанической солености 35‰, а их эмбриональное, личиночное развитие и рост молоди оптимальны в границах критической солености 4–8‰ [4, 5]. На Сахалине в маловодные годы мы наблюдали также массовый выброс зрелой икры горбуши в приустьевом пространстве моря (в заливе Анива при океанической солености 35‰) из-за невозможности захода производителей на нерест в малые реки.

При этом очевидно, что степень выраженности этих эффектов в основном ограничивается верхними пределами солевой толерантности вида.

Т а б л и ц а 3. Морфологические характеристики самок африканского клариевого сома после применения гормональных инъекций

Средние показатели	Живая масса ♀, г	Масса икринки, мг	Рабочая плодовитость, шт.	Коэффициент зрелости	Процент оплодотворения
Опыт Вариант 1 (5%)					
М	1010±36,85	1,23	42996,67	5,1	89
М	44,45	0,04	8409,60	0,96	
Σ	117,6	0,10	2224,9	2,54	
CV	18	8,3	5,6	49,8	
Опыт Вариант 2 (8%)					
М	932±35,63	1,21	42514,29	5,00	92
М	81,12	0,04	4225,67	0,99	
Σ	214,64	0,12	2085,7	1,37	
CV	23,0	8,2	6,6	34,5	
Контроль					
М	1054±43,70	1,32	42241,29	5,21	90
М	68,64	0,07	744,53	0,85	
Σ	181,59	0,21	1969,8	2,23	
CV	17,6	15,1	9,9	49,0	

Л и т е р а т у р а

1. Chervinski J. Salinity tolerance of young catfish, *Clarias lazera* (Burchell) // Journal of Fish Biology. – 1984. – 25(2). – P. 147–149. DOI:10.1111/j.1095-8649.1984.tb04861.x.
2. Климов В.И. Опыт получения зрелых половых продуктов севрюги в морской воде // Рыбоводство. – 2019. – № 3-4. – С. 27.
3. Подушка С.Б. Могут ли осетры размножаться в море? // Рыбоводство. – 2019. – № 1-2. – С.28–29.
4. Павлов Д.А. Способ инкубации икры лососевых рыб. Авторское свидетельство СССР № 707555. – Бюлл. Изобретений и открытий № 1. – Оpubл. 05.01.1980.
5. Гарлов П.Е., Бугримов Б.С., Рыбалова Н.Б., Турецкий В.И., Торганов С.В. Способ воспроизводства популяций севрюги и балтийского лосося. Патент на изобретение № 2582347 (Патентообладатель ФГБОУ ВО СПбГАУ (RU)). – Бюлл. № 12. – Оpubл. 27.04.2016.