## ЗООГИГИЕНА, САНИТАРИЯ, КОРМЛЕНИЕ

**УДК 639.3.03**
**DOI: 10.17238/issn2072-2419.2021.1.137**

# РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ ЗАВОДСКОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА ПОПУЛЯЦИЙ РЫБ НА ОСНОВЕ ПОЛНОСИСТЕМНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Гарлов П.Е. – д.б.н., профессор ФГБОУ ВО «СПбГАУ»; Аршаница Н.М. – к.б.н.. ведущий научный сотрудник, Гребцов М.Р., Санкт-Петербургский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ГосНИОРХ» им. Л.С. Берга); Стекольников А.А. – к.б.н, ФГБНОУ «ВО СПБГУВМ»; Бугримов Б.С. - начальник отдела рыбоводства, Северо-Западный филиал ФГБУ «Главрыбвод»

***Ключевые слова**:* загрязнение поверхностных вод, нейроэндокринная регуляция размножения рыб, искусственной воспроизводство осетровых и лососевых, система управления заводским производством популяций рыб . ***Keywords:*** surface water pollution, neuroendocrine regulation of fish reproduction, artificial reproduction of sturgeon and salmon, management system of factory production of fish populations

***РЕФЕРАТ***

Усиливающиеся загрязнения поверхностных вод и воздействие загрязняющих веществ на естественное и заводское воспроизводство рыб диктует необходимость поиска новых форм и методов профилактики этого негативного процесса. Эколого-гистофизиологическими исследованиями гипоталамо-гипофизарной нейросекреторной системы (ГГНС) с помощью световой, электронной микроскопии и иммуноцитохимии впервые в мировой литературе установлено ее участие в размножении рыб. В начале миграций проходных рыб происходит нарушение основной осморегуляторной функции ГГНС, вызывающее смену среды обитания. Одновременно ГГНС вызывает нейротропный эффект возбуждения ЦНС в виде доминантного состояния – «миграционного импульса». В начале нереста ГГНС также инициирует нерестовое поведение и завершает нерест участием в защитно-приспособительных реакциях организма на естественный физиологический стресс. Функциональная роль ГГНС в размножения рыб заключается в инициации энергозатратных репродуктовных процессов миграционного и нерестового поведений и завершении нереста путем подавления гиперактивности желез-мишеней, которое обеспечивает переход организма на энергосберегающий пластический обмен. Анализ ключевой роли ГГНС в интеграции размножения рыб по принципу саморегуляции позволил разработать конструктивную рабочую схему. На ее основе разработаны новые способы управления сроками размножения, степенью выживаемости и скоростью роста ценных видов рыб. Они представлены в виде 10 изобретений. Конкретно, для стимуляции полового созревания производителей разработаны и внедрены в осетроводство препараты изолированных передней и задней долей гипофиза, повышающие степени их рыбоводного использования на 15% и экономии гипофиза до 40%. Для задержки полового про-

изводителей созревания разработан метод их промышленного резервирования в среде критической солености 4-8‰, причем как в морской воде, так и в растворах поваренной соли. Производственными испытаниями доказана возможность длительного сохранения рыбоводного качества производителей и получения доброкачественного потомства в этой среде даже при верхних нерестовых температурах. С целью заводского воспроизводства природных популяций промысловых рыб разработан метод управления их размножением триадой адекватных экологических факторов – "критической" соленостью, температурой и освещенностью при видоспецифических пороговых воздействиях. На этой основе разработан полносистемный метод воспроизводства популяций ценных видов осетровых и лососевых рыб, охватывающий все этапы заводской биотехники. Новый метод осуществляется путем массовой морской заготовки производителей, получения потомства в морских садках и, после заводского речного выращивания молоди до готовности к миграции, конечного доращивания в морских садках крупной жизнестойкой молоди. Для промышленного внедрения всей предложенной биотехники и круглогодичной аквакультуры разработаны системы водоснабжения рыбоводных заводов и рыбоводных хозяйств. Они функционируют на принципе внесезонного подземного гидрокондиционирования среды и на природно-промышленных принципах инженерной экологии. Благодаря общей цели (повышения эффективности биотехники воспроизводства) и логической взаимосвязи все разработки интегрированы в систему управления биотехникой воспроизводства популяций рыб.

## *ВВЕДЕНИЕ*

Загрязнения поверхностных вод привело к деградации многих рыбохозяйственных водоемов. Разнообразие токсикантов, поступающих в водные объекты различными путями велико и постоянно пополняется новыми веществами. Влияние загрязнения наглядно повлияло на рыбопродуктивность водных объектов Северо-Запада России, да и других регионов страны. Особенно пострадали наиболее ценные виды сиговых и лососевых рыб. Одной из основных причин этого явления является воздействие загрязняющих веществ на воспроизводство, как в естественных, так и в заводских условиях, что особенно наглядно проявляется в период раннего онтогенеза. Настоящее полносистемное исследование направлено в основном на повышение эффективности биотехники ранних, наиболее уязвимых этапов онтогенеза. До наших работ было известно. что нонапептидергическая гипоталамо-гипофизарная нейросекреторная система (ГГНС) рыб, вырабатывающая 2 нонапептидных нейрогормона (аргинин-вазотоцин и изотоцин, у костистых рыб), ответственна за регуляцию важнейших функций организма: водно-солевого обмена, тонуса гладкой мускулатуры гонад, нерестового поведения и что она участвует в стресс-реакциях организма. Поэтому исходно предполагалось, что она выполняет ведущую роль в детерминации миграционного поведения в виде «миграционного импульса», механизм которого был неясен [3]. Однако участия ГГНС в размножении рыб, включающем нерестовые миграции и нерест, не было установлено, ранее – по-видимому из-за отсутствия количественных методов ее исследований, а на современном (например ультраиммуноцитохимическом) уровне – ввиду изучения только лишь одного (синтетического) отдела ГГНС: нейросекреторных клеток (НСК) преоптического ядра. Поэтому основным механизмом осуществления миграций рыб в мировой литературе принято считать навигационные процессы воздействия геомагнитных полей на рецепторные системы организма и хеморецепторные – ольфакторного импринтинга и хоминга [2].

Участие ГГНС в осуществлении процесса нереста впервые было установлено на основе наших собственных наблюдений о явно стрессорном состоянии организма отнерестившихся рыб. Результаты позволили предположить, что функциональная роль ГГНС заключается в инициации и завершении нереста, что дает воз-

можность разработать предварительную рабочую схему ее участия в нересте по принципу саморегуляции [3]. Однако размножение рыб как важнейший для вида этап жизненного цикла охватывает прежде всего и миграционные процессы. Поэтому для создания рабочей схемы, достаточно конструктивной для разработки новых методов биотехники необходимо выяснить и миграционные механизмы, важнейшие для обеспечения эффективности воспроизводства в виде промыслового возврата.

Целью настоящей работы является повышение эффективности искусственного воспроизводства популяций ценных видов промысловых рыб на основе полносистемного научного исследования, т.е. завершенного биотехнологическими разработками.

Главной задачей является разработка инновационной биотехнологии воспроизводства популяций рыб на основе фундаментального нейроэндокринологического исследования.

***МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ***

Материалы для исследований были собраны на Невском лососевом рыбоводном заводе (ЛРЗ), Волжских осетровых рыбоводных заводах, морском садковом рыбоводном хозяйстве в Выборгском заливе. Исследования проведены на ценных видах рыб: осетровых – севрюге Acipenser stellatus Pallas, 1771 и русском осетре Acipenser gueldenstaedtii Brandt, 1833, лососевых – атлантическом лососе Salmo salar Linnaeus, 1758, радужной форели Parasalmo mykiss (= Oncorhynchus mykiss), Walbaum, 1792, а также на вобле Rutilus rutilus caspicus Jakowlew, 1870 и африканском клариевом соме Clarias gariepinus Burchell. Эколого-гистофизиологические и экспериментальные исследования ГГНС, ответственной за защитно-приспособительные реакции организма, которые направлены на преодоление стресса, и оценка физиологического состояния организма проведены с помощью количественных морфометрических методов световой и электронной микроскопии, иммуноцитохимии, а также на анализаторе микроизображений «Видеотест». Полученные морфометрические данные были обработаны статистически с использованием пакета программ Microsoft Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

Среди всех нейросекреторных формаций различной эргичности ЦНС нонапептидергические нейросекретные клетки (НСК), как и в целом ГГНС имеют наиболее степень функциональной пластичности, что обеспечивается их способностью к функциональной реверсии [1]. Показано, что они организованы по принципу триады равновесной системы, которая состоит из двух альтернативных морфофункциональных состояний: накопления и выведения нейросекретных продуктов и центра саморегуляции, контролирующего динамику их взаимоотношений. Поэтому степень пластичности ГГНС оказывается достаточной для ее участия в интеграции размножения рыб. Предполагается, что функциональные возможности ключевых звеньев биологических интеграционных систем на разных уровнях организации реализуются по этому общему структурно-функциональному принципу [1, 3].

Эколого-гистофизиологическими и экспериментальными полносистемными исследованиями ГГНС с применением морфометрических методов световой, электронной микроскопии и иммуноцитохимии впервые установлено ее участие в размножении рыб (Рис. 1).

В начале миграций проходных осетровых и лососевых рыб происходит активация синтеза нейросекреторных продуктов в нейросекреторных клетках преоптического ядра (Рис. 1 а-г) и транспорт их в нейрогипофиз, где, однако, происходит их массовая аккумуляция (Рис. 1 д). Такое нарушение длительно адаптированного нагульного типа осморегуляции является основным физиологическим стимулом смены среды обитания. Одновременно наблюдается выведение нонапептидных нейрогормонов из дендритов НСК и нейросекреторных терминалей в ликвор

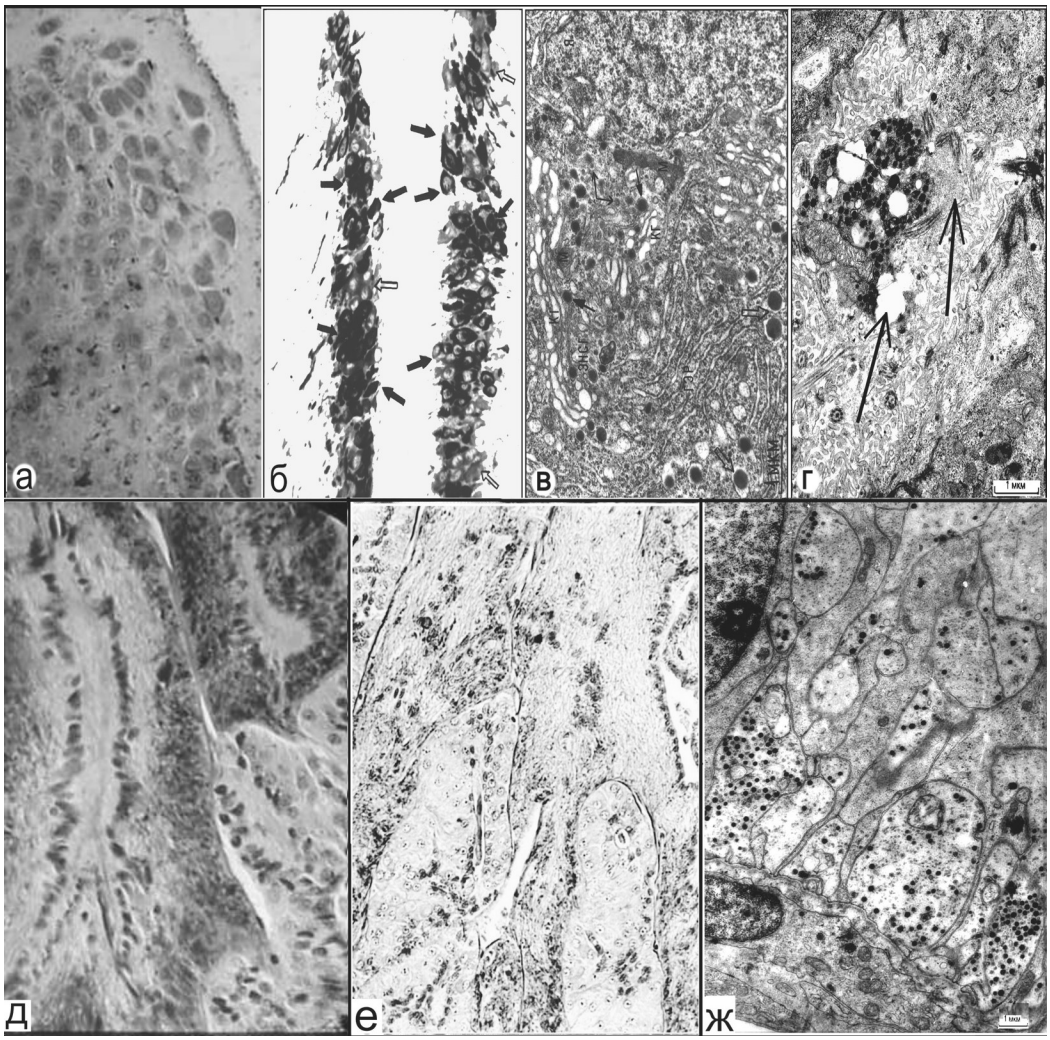


*Рис. 1 – Состояния НСК в преоптическом ядре (ПЯ) горбуши, (а-в) и в нейрогипофизе (НГ) осетра (г-ж) в процессе миграций и нереста:* ***а*** *– в начале нерестового хода (а-д) в ПЯ горбуши преобладают активные светлые НСК,* ***б*** *– вазотоцин-эргические НСК (↑) массово контактируют с полостью III желудочка мозга, куда и выводятся нейрогормоны в период миграций и в начале нереста;* ***в*** *– в комплексе Гольджи происходит массовое оформление нейросекреторных гранул, которые не скапливаются в перинуклеарной зоне НСК;* ***г*** *– разрушение фрагмента ТГ и выход мелкозернистого содержимого в полость гипофизарной бухты мозга;* ***д*** *– в начале нерестового хода осетра неактивное состояние ГГНС характеризуется массовым накоплением в корнях НГ гомори-положительного нейросекреторного материала. В начале и после нереста у осетра* ***(е, ж)*** *активация ГГНС характеризуется опустошением НГ от нейросекреторных продуктов. Световая микроскопия* ***(а, д, е)****: окраска паральдегид-фуксин и азан по Гейденгайну.* ***б*** *– Иммуноцитохимическая реакция на вазотоцин-эргические НСК (****а, б****: ок. х10, об. х20);* ***в, г, ж*** *– Электронная микроскопия.*

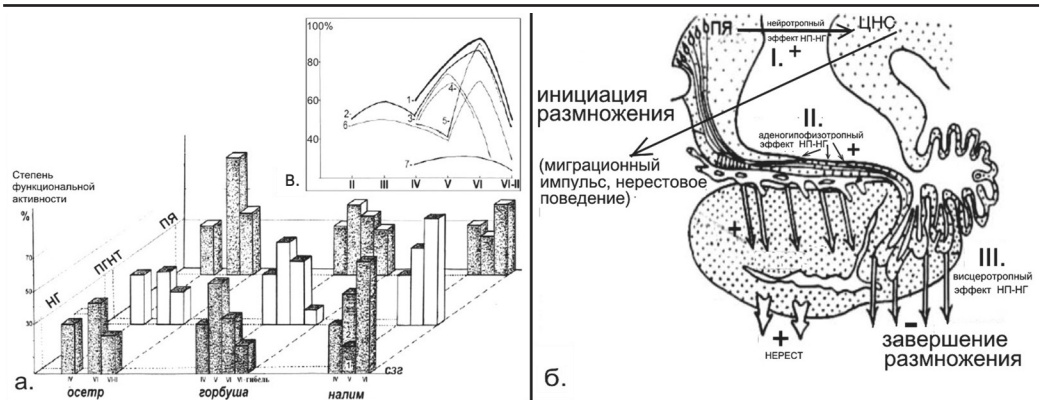


*Рис.2 – Функциональная активность ГГНС у разносезонно нерестующих видов рыб:* ***а****. – Гистограмма показателей степени функциональной активности всех отделов ГГНС на разных стадиях зрелости гонад (****сзг****) по данным цитоморфометрии, светооптических и электронно-микроскопических комплексных исследований. Обозначения: НГ – нейрогипофиз, ПГНТ – преоптико-гипофизарный нейросекреторный тракт, ПЯ – преоптическое ядро; (****IV, V, VI*** *– СЗГ);* ***б. –*** *Основной принцип участия ГГНС в интеграции размножения рыб (стимулирующее действие нонапептидных нейрогормонов – НП-НГ: +, тормозящее действие НП-НГ: –);* ***в.*** *– Динамика изменений степени функциональной активности ГГНС в процессе нереста, которая пропорциона степени интенсивности стресса,: 1 – белуга, 2 – осётр, 3 – горбуша, 4 – кета, 5 – налим, 6 – стерлядь, 7 – севрюга.*

III желудочка мозга (Рис 1 б, г), что вызывает их нейротропный эффект в поведенческих центрах ЦНС в виде доминантного состояния возбуждения – «миграционного импульса» [2].

Впервые участие ГГНС в размножении рыб было установлено в результате наблюдений о сильно выраженном истощении самок особенно крупнотелых видов рыб после нереста, явно стрессорного характера [3].

В начале нереста установлена сильная активация ГГНС с последующим снижением её функциональной активности, что отражает её участие в защитно-приспособительных реакциях организма на естественный физиологический стресс (Рис. 2 а, в). Функциональная роль ГГНС в размножения рыб заключается в инициации энергозатратных процессов миграционного и нерестового поведения и завершении нереста путем подавления гиперактивности желез-мишеней, которое обеспечивает переход организма на энергосберегающий пластический обмен. Анализ такой ключевой роли ГГНС в интеграции размножения рыб по принципу саморегуляции позволил разработать конструктивную рабочую схему (Рис. 2 б). На ее основе сформулированы принципы и разработаны новые методы управления размножением, выживаемостью производителей и темпами роста молоди с целью повышения эффективности заводского воспроизводства популяций рыб [3]. Эти методы, сочетающие воздействия комплексов экологических и гормональных факторов, представлены в виде 9 изобретений и заявки на изобретение. Они составляют систему управления биотехникой воспроизводства популяций рыб, которая предлагается к использованию в рыбохозяйственной и природоохранной областях.

Конкретно, с целью повышения степени (%) рыбоводного использования производителей рыб путем стимуляции их полового созревания был разработан и внедрен в осетроводство препарат изоли-

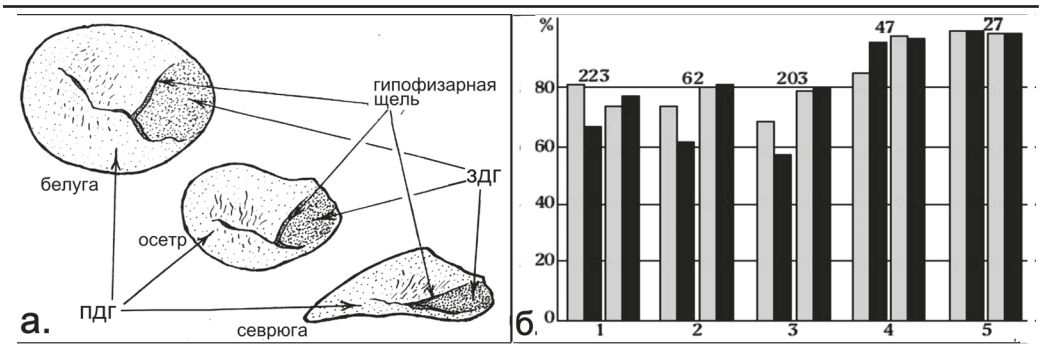


*Рисунок 3 – Разделение гипофиза осетровых рыб на переднюю (железистую)долю гипофиза и заднюю (нервную) и эффективность их применения.* ***а.*** *– Схема строения гипофиза осетровых на медиальном разрезе. Обозначения: ПДГ – передняя доля гипофиза; ЗДГ – задняя доля гипофиза;* ***б.*** *– Результаты испытаний препаратов ИПД, целого гипофиза и ЗДГ. Серии опытов [4, 5]: 1. – Сравнение эффективности ИПД и гипофиза на самках ярового осетра весеннего хода (левая пара колонок – степени рыбоводного использования: ИПД (светлые колонки) – гипофиз (черные, контроль), правая пара колонок: проценты выклева предличинок); 2. – То же на самках «озимой формы» осетра осеннего хода; 3. – То же на самках «яровой формы» севрюги раннего весеннего хода; 4. – Сравнение эффективности использования препаратов ЗНГ и целого гипофиза на самцах севрюги (левая пара колонок – степени рыбоводного использования, правая пара – относительная активность спермиев); 5. – То же на самцах карпа. Цифры наверху – количество производителей в опыте.*

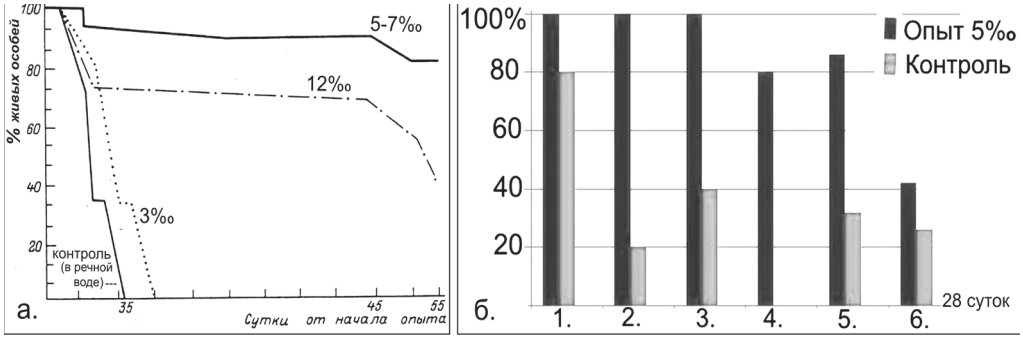


*Рис. 4 – Выживаемость и степень рыбоводного использования производителей рыб в растворах поваренной соли и в контроле: а. – Степень выживаемости производителей воблы; б. – Рыбоводное качество самок севрюги в течение производственно-необходимых сроков резервирования. Обозначения: 1. Степень выживаемости; 2. Процент самок в состоянии физиологической нормы; 3. Процент созревание самок (в состоянии овуляции); 4. Процент (степень) рыбоводного использования самок (с оплодотворением икры >50 %); 5. Процент оплодотворения икры (в контроле у 1-й самки); 6. Процент выклева предличинок.*

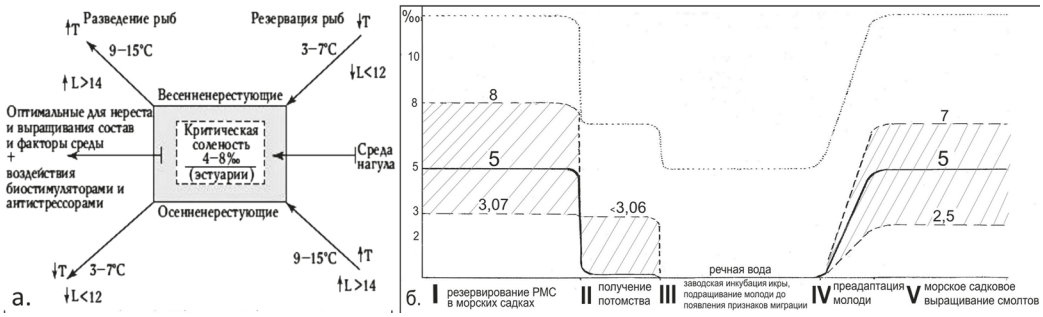


*Рис. 5 – Способы воспроизводства популяций рыб. а. – Принцип управления размножением и выращиванием проходных рыб триадой ведущих экологических факторов сигнального (температуры и освещенности: T°C, L – фотопериод, свет. час/сут) и филогенетического (‰) значений (на основе ведущего эколого-физиологического механизма миграций рыб); б. – Изменения режимов солености на последовательных этапах заводской биотехники [8]. Обозначения: сплошная кривая: оптимальные значения режимов солености, прерывистая кривая: допустимые значения солености, заштрихованный сектор: их диапазон, точечная кривая: верхние расчетные ожидаемые значения.*

рованной передней доли гипофиза (Рис. 3) [4].

Для этого же разработан способ стимуляции созревания самцов рыб изолированной задней долей гипофиза в дозах, обеспечивающих безотходную технологию обоих способов [5]. Производственными проверками эффективности этих препаратов на осетровых рыбоводных заводах нижней Волги и Дона было доказано повышение степени рыбоводного использования производителей в среднем на 15% и экономия до 40% исходного биологического материала (Рис. 3 б) [3-5].

С целью задержки полового созревания производителей разработан метод их длительного промышленного резервирования в среде критической солености 4-8‰, оптимальной для содержания ремонтно-маточных стад рыб [3. 6]. В ней впервые была установлена наиболее высокая степень выживаемости и задержка полового созревания производителей, причем не только в морской воде, но и в растворах промышленной поваренной соли той же концентрации (Рис. 4).

На этой основе для заводского воспроизводства популяций промысловых рыб с разной сезонностью нереста первоначально была разработана биотехнология управления их размножением [7]. Эколого-физиологический принцип управления заключается в резервировании производителей в универсальной для разных видов рыб "критической" солености при видоспецифических преднерестовых пороговых значениях “сигнальных” факторов (температуры и освещенности) и в последующей стимуляции их созревания и выращивании молоди путем плавного перевода в комплекс оптимальных экологических условий (Рис. 5 а).

Новый полносистемный метод искусственного воспроизводства популяций ценных видов рыб разработан на основе дополнительного использования систем видовых филогенетических адаптаций морского нагула, которые обеспечивают наибольшую продуктивность популяций [8]. Благодаря максимальному проявлению и использованию приспособительных видовых потенций размножения, выживаемости и роста метод позволяет преодолеть главные недостатки биотехники искусственного воспроизводства лососевых рыб: низкую выживаемость в природе (до 0,4%) годовалой заводской молоди (конечной массой до 26г) и заводскую заготовку производителей на нерестилищах в

**Таблица 1**

**Рыбоводно-биологические показатели производителей и молоди лосося на Невском ЛРЗ и в морских садках Выборгского залива**

| Показатели (средние величины) | А. Сравнительная характеристика производителей (среднегодовые величины) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Общие характеристики | | Из них самок: | | Из них самцов: | |
| | Невский ЛРЗ | Морские садки | Невский ЛРЗ | Морские садки | Невский ЛРЗ | Морские садки |
| Количество отсаженных особей | 163 | 82 | 88 | 44 | **75** | **32** |
| Длина тела до хвостового стебля (см, пределы) | 74,9±0,71 (45-100) | 71,6±0,28 (62,5-78,1) | 82±0,53 (70-100) | 74,3±0,25 (68,0-78,1) | 66,1±0,9 (45-92) | 63,2±0,04 (62,5-64,0) |
| Средняя масса (кг, пределы) | 5,0±0,12 (0,9-10,6) | 4,17±0,07 (1,5-5,7) | 6,3±0,13 (3,2-10,6) | 3,6±0,05 (3.1-5,1) | 2,1±0,14 (0,9-8,6) | 4,4±0,12 (1,5-5,7) |
| σ по длине | 9,166 | 2,6 | 5 | 1,683 | 7,833 | 0,25 |
| σ по массе | 1,616 | 0,7 | 1,233 | 0,333 | 1,283 | 0,7 |
| Коэффициент упитанности по Фультону – Q (пределы) | 1,2 (0,8-3,02) | 1,02 (0,6-1,4) | 2,6 (2,3-3,02) | 1,09 (0,9-1,4) | 0,73 (0,98-1,10) | 1,74 (0,61-2,17) |
| Степень рыбоводного использования (% созревания) | 84 | 92 | 82 | 95 | 96 | 97 |
| Рабочая плодовитость ♀ (тыс. шт.) | - | - | 4,7±0,03 | 2,4±0,1 | - | - |

| Б. Показатели массы молоди различных возрастных групп на Невском ЛРЗ, в садках Выборгского залива и согласно нормативам (г.) | | | |
|---|---|---|---|
| | Невский ЛРЗ | Садки, Выборгский залив | Норма по Ленобласти |
| Сеголетки 0+ | 11,3±1,84 | 15±1,07 | 5-7 |
| Годовики 1 | 26±3,23 | 160±7,35 | 9-18 |
| Двухлетки 1+ | 41,6±6,75 | 280,1±20,08 | 20-25 |

ущерб естественному воспроизводству. Метод осуществляют путем массовой заготовки производителей на рыбопромысловых участках в море, садковом содержании маточных стад в солоноватой морской воде и получения здесь потомства (Рис. 5 б). Затем, после заводской инкубации икры и выращивания личинок и молоди в реке до признаков готовности к миграции, заводскую молодь доращивают в морских садках массой свыше 40г., что обеспечит их необходимую выживаемость (не менее 2%). Многолетними производственными проверками метода впервые были установлены 3 важнейших рыбоводно-биологических эффекта разведения промысловых рыб в среде критической солености: 1) наиболее высокая выживаемость, 2) длительное сохранение высоких рыбоводных качеств производителей, 3) акселерация развития и роста молоди (Табл. 1).

Однако, исключение речного промысла на нерестилищах затрагивает интересы рыбоводных заводов и поэтому для реа-

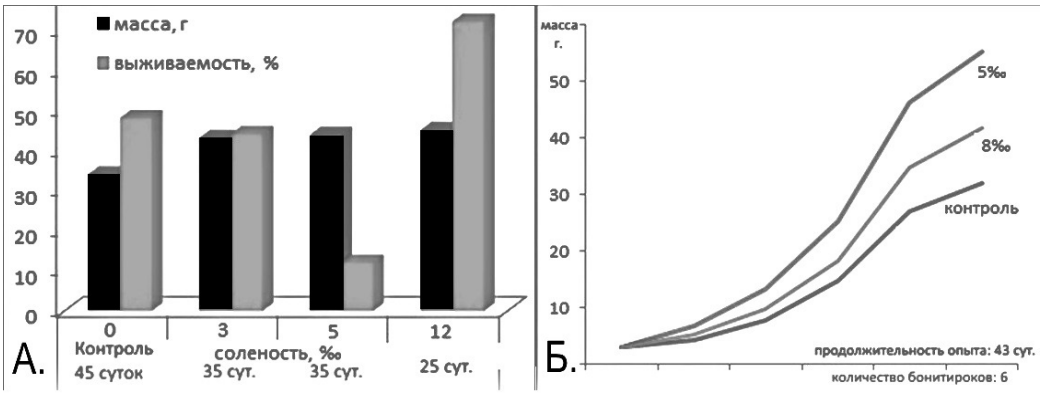


*Рисунок 6 – Результаты выращивания молоди форели и клариевого сома в растворах поваренной соли различной концентрации. А. Основные показатели первого (поискового) опыта по выращиванию сеголетков форели в растворе соли (3, 5, 12 ‰) и контроле (по 25 шт.); Б. Динамика роста сеголетков клариевого сома в опыте (5, 8‰) и в контроле (по 150 шт.; по результатам 6 бонитировок, выживаемость 100 %)*

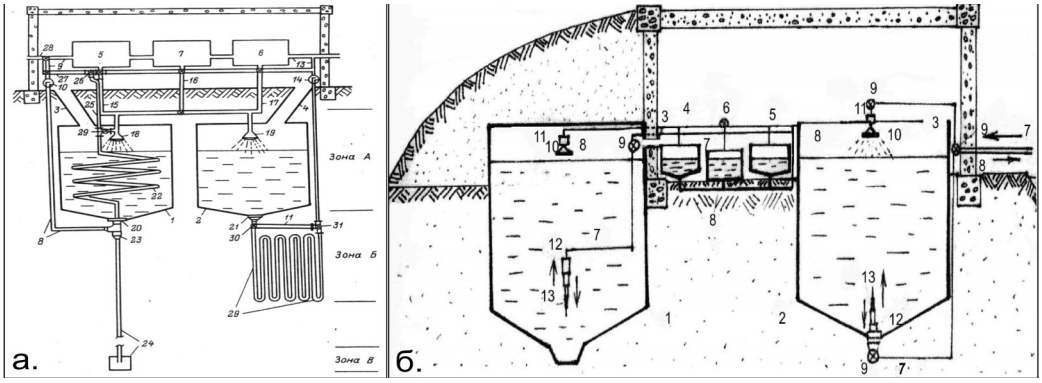


*Рисунок 7 – **а**. Схемы систем круглогодичного водоснабжения рыбоводных заводов [12] и **б.** – рыбоводных хозяйств [13] комбинированного типа – для совместного воспроизводства весенне- и осенненерестующих видов рыб.*

лизации компенсаторного механизма обратной связи в этой системе улучшенного природопользования впервые предложено использовать инновации в области рекреационной аквакультуры [9]. Сравнительный морфометрический анализ показал, что с наступлением смолтификации (особенно ранней у заводских сеголеток) развитие годовалой молоди в морских садках сменяется интенсивным ростом, который соответствует естественному морскому нагулу [3].

Для дальнейшего развития метода в аквакультуре, особенно круглогодичного рыборазведения в континентальных установках замкнутого водоснабжения (УЗВ), начата разработка универсального способа выращивания рыб в искусственно модифицированной биостимулирующей среде [10]. Его сущность заключается в резервировании производителей, получении потомства и последующим выращивании молоди в растворе поваренной соли концентрацией близкой к изотонической среде, ускоря-

ющей темпы роста молоди (Рис. 6) [11].

С целью промышленного внедрения всей предложенной биотехники, развития круглогодичной аквакультуры и защиты продукции от загрязнений разработаны крупномасштабные системы замкнутого водоснабжения рыбоводных заводов и хозяйств, основанные на внесезонном подземном гидрокондиционирования среды выращивания гадробионтов [12, 13]. Эти системы функционируют по новому биотехнологическому принципу управления воспроизводством (Рис. 5 а) и на природно-промышленных принципах инженерной экологии (Рис. 7) [3].

Эксплуатацию этих систем осуществляют путем заполнения в соответствующие сезоны года одного из резервуаров «теплой» водой (9-150С), а другого «холодной» (3-70С), и, по принципу УЗВ, межсезонного дополнительного водоснабжения ими наземных рыбоводных сооружений. Проанализированы и другие возможности управления средой выращивания: составом воды и термостабилизацией ее с помощью смесителей и теплообменников (рис. 7а), связанных с подземными источниками воды [12].

С помощью технико-экономических расчетов удалось доказать снижение скорости теплопередачи воды из бассейнов в грунт до < 0,1оС/мес. уже при увеличении объема воды в резервуаре свыше 10 тыс.м3, при этом степень очистки воды прогрессивно возрастает [3]. В итоге эти принципиально новые отечественные системы УЗВ большой (промышленной) мощности способны впервые согласовать объединение противоречивых (экономических) принципов очистки воды и энергозатрат в аквакультуре, всегда требовавшие либо увеличения объемов воды (для очистки путем отстаивания), либо их снижения (для терморегуляции) в резервуарах-отстойниках. Также доказаны максимальная надежность системы за счет простоты конструкции и прогрессивное увеличение ее продуктивности с пропорциональным снижением удельной себестоимости при увеличении объема резервуаров.

## *ВЫВОДЫ*

С целью повышение эффективности заводского воспроизводства популяций рыб, в создавшихся условиях загрязнения, разработаны способы управления их размножением путем стимуляции и задержки полового созревания производителей. Способы позволяют увеличить степень рыбоводного использования производителей осетровых в среднем на 15 %, длительно резервировать производителей промысловых рыб в среде критической солености 4-8 ‰ при нерестовых температурах и получать от них доброкачественное потомство. Установлен эффект ускорения роста молоди балтийского лосося при ее выращивании в морской воде критической солености, особенно значительный с годовалого возраста, по достижении максимальной величины различия средней массы молоди (160 г по сравнению с заводской, выращенной в реке – 26 г). Рыбоводные эффекты длительного резервирования производителей рыб и ускорения роста молоди проявляются также и в растворах пищевой поваренной соли концентрацией 5 ‰, что перспективно для использования в УЗВ. На основе нового управления размножением рыб разработан способ воспроизводства их популяций, который осуществляется путем резервирования производителей рыб различных экологических форм в «триаде» экологических факторов – среде «критической» солености при видоспецифических преднерестовых пороговых условиях сигнального значения (температуры и освещенности) и последующего синхронного получения от них потомства в оптимальных нерестовых условиях среды. Конечный полносистемный (охватывающие все этапы заводской биотехники) метод воспроизводства популяций (севрюги и балтийского лосося) заключается в эксплуатации их ремонтно-маточных стад в морских садках, получении здесь потомства и, после заводского (речного) цикла выращивания ранней молоди до степени готовности к миграции, эффективному ее доращиванию в морских садках при критической солено-

сти. Метод позволяет прекратить речной промысел производителей лососевых рыб на нерестилищах, значительно повысить рост его заводской годовалой молоди (от 40 г и выше) и увеличить объемы ее выпуска. Для промышленного круглогодичного использования новой биотехнологии разработаны системы замкнутого водоснабжения рыбоводных заводов и рыбоводных хозяйств, основанные на природно-промышленных принципах энергосбережения сезонных гидроресурсов, внесезонного подземного гидрокондиционирования и инженерно-экологической биотехнологии. Возможности их использования доказаны технико-экономическими расчетами. Все инновационные биотехнологические разработки интегрированы в систему управления воспроизводством популяций рыб, поскольку объединены общей целью повышения его эффективности и в логической последовательности. Разработанная инновационная биотехнология заводского воспроизводства популяций рыб дает возможность снизить потери от воздействия загрязняющих веществ.

**the INNOVATIVE BIOTECHNOLOGY OF FISH Population REPRODUCTION EXPLORE ON THE BASIS OF THE FULL-SYSTEM SCIENTIFIC RESEARCH**

**Garlov P.E. – Doctor of Biological Sciences, Professor of FGBOU VO "SPbGAU"; Arshanitsa N.M. – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher; Grebtsov M.R. – St. Petersburg branch of FGBNU "VNIRO" ("GOSNIORH " named after LS Berg); A.A. Stekolnikov – Ph.D., FGBNOU VO " SPbGUVM"; Bugrimov B.S. – Head o f Fish Breeding Department, North-West Branch of FGBU "Glavrybvod"**

***ABSTRACT***

The participation of the hypothalamic-hypophysial neurosecretory system (HHNS) in fish reproduction using light, electron microscopy and immunocytochemistry was established by ecologo-histophysiological studies for the first time in the world literature. At the beginning of passing fish migrations a violation of the HHNS basic osmoregulative function, causing habitat change is revealed. Simultaneously the HHNS causes the neurotropic effect on CNS arousal in the form of a dominant state of "migration impulse." At the beginning of spawning, HHNS also initiates spawning behavior and completes it by participating in the body's protective-adaptive reactions to natural physiological stress. The functional role of the HHNS in fish reproduction is to initiate energy-intensive (reproductive) processes of migratory and spawning behaviors and to complete spawning by suppressing the hyperactivity of target glands, which ensures the body's transition to energy-saving plastic exchange. The analysis of the key role of the HHNS in the integration of fish reproduction by the self-regulation principle has allowed the development of a constructive working scheme. New biotech methods of managing breeding time, rates of survival and growth of valuable fish species were developed on this basis. They are presented in the form of 10 inventions. To stimulate sex maturation, drugs of isolated anterior and posterior pituitary lobes were developed and introduced in sturgeon industry, increasing the extent of their fish-breeding use by 15% and saving the pituitary up to 40%. To delay puberty, a method of industrial fish breeders reservation in the critical salinity habitat of 4-8‰, both in seawater and in table salt solutions has been developed. On this basis, a full-system method of sturgeon and salmon fish populations reproduction, covering all stages of farm biotechnology has been developed. It is carried out by mass breeders reservation in sea cages, obtaining there offspring and, after the river fish-farm growing youngs to their readiness for migration, the final cultivation them in sea cages gardens till large life-resistant youngs. For the implementation of the proposed industrial biotechnology and year-round fish farming a new installation of recirculating aquaculture systems (RAS) hatcheries and farms was developed by means of the off-season underground conditioning of fish cultivation habitat and by the principle of natural-industrial engineering ecology. Due to the general aim – increasing the efficiency biotechnology of reproduction

and logical relationships, all developments are integrated into the system of biotech management of fish population reproduction.

***ЛИТЕРАТУРА***

1. Garlov P.E. Plasticity of Nonapeptidergic Neurosecretory Cells in Fish Hypothalamus and Neurohypophysis. International Review of Cytology. 2005. 245, 123-170.
2. Гарлов П.Е., Мосягина М.В., Рыбалова Н.Б. Эколого-гистофизиологический обзор участия гипоталамо-гипофизарной нейросекреторной системы в размножении рыб. // Труды ЗИН РАН. 2019, 323, № 4. С. 476-497.
3. Гарлов П.Е., Нечаева Т.А., Мосягина М.В. «Механизмы нейроэндокринной регуляции размножения рыб и перспективы искусственного воспроизводства их популяций». СПб,: Изд-во «Проспект науки», 2018. 335с.
4. Способ приготовления гормонального препарата для стимуляции созревания производителей рыб. 1976. Авторское свидетельство СССР № 719571. (Заявители: ЛГУ им. А.А.Жданова, ИЭФБ им И.М.Сеченова АН СССР, 26.10.1976). Опубл.: Бюлл. Госкомизобретений и открытий. 05.03.1980. № 9, С. 13-14.
5. Способ стимуляции полового созревания самцов рыб. 1983. Авт. свид. СССР № 1163817 (Заявители: Институт цитологии АН СССР, Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М.Сеченова АН СССР, Центральный НИИ осетрового рыбного хозяйства МРХ СССР, КаспНИИРХ МРХ РСФСР, 15.11.1983). Опубл.: Бюлл. Госкомизобретений и открытий. 30.06.1985 N 24, С. 5.
6. Способ резервации производителей рыб. 1977. Авт. свид. СССР № 965409. (Заявители: ГосНИОРХ, ИЭФБ им И.М.Сеченова АН СССР, ЦНИОРХ МРХ СССР, КаспНИИРХ МРХ РСФСР, 05.12.1977). Опубл.: Бюлл. Госкомизобретений и открытий. 12.10.1982 N 38, С. 6.
7. Способ воспроизводства популяции рыб. 1977. Авт. свид. СССР № 682197. (Заявители: ГосНИОРХ, ИЭФБ им И.М.Сеченова АН СССР, 02.06.1977). Опубл.: Бюлл. Госкомизобретений и открытий. 30.08.1979. N 32, С. 11.
8. Способ воспроизводства популяций севрюги и балтийского лосося. Патент на изобретение № 2582347. (Патентообладель ФГБОУ ВО СПбГАУ (RU). Заявка МПК А01К 61/00 № 2014132322/13(052080). Приоритет изобретения 05.08.2014. Зарегистрировано в Гос. Реестре РФ 01. апреля 2016. Срок действия патента истекает 05 августа 2034г. Опубликовано: 27.04.2016. Бюл. № 12.
9. Стационарная рыбная ловушка для рекреационной аквакультуры. Патент на изобретение № 2707909. Патентообладель ФГБОУ ВО СПбГАУ (RU); по заявке МПК А01К 69/00 № 2017120877 от 14 июня 2017. Опубликовано: 02.12.2019.
10. Способ содержания производителей в искусственной биостимулирующей среде. (Патент на изобретение № 2726107. Патентообладель ФГБОУ ВО СПбГАУ (RU); по заявке МПК А01К 61/00 № 201910644/(012451) от 06. марта 2020. Зарегистрировано в Гос. Реестре РФ 09 июля 2020. Срок действия патента истекает 06 марта 2039г. Опубликовано: 09.07.2020. Бюл. № 19).
11. Способ выращивания молоди рыб в искусственной биостимулирующей среде. Заявка на выдачу патента на изобретение № 2020121859 от 26.06.2020. (положительное решение ФИПС).
12. Система водоснабжения рыбоводных заводов. Авт. свид. СССР № 982614. (Заявитель: ГосНИОРХ МРХ РСФСР, 06.04.1981). Опубл.: Бюлл. Госкомизобретений и открытий. 23.12.1982 N 47, С. 6.
13. Система водоснабжения рыбоводных хозяйств. Патент на изобретение № 2400975. (Патентообладель ФГНУ ГосНИОРХ (RU). Заявка № 2008117679. Приоритет изобретения 04 мая 2008. Зарегистрировано в Гос. Реестре РФ 10 октября 2010. Срок действия патента истекает 04 мая 2028г. Дата публикации заявки: 10.11.2009). Опубликовано: 10.10. 2010 Бюл. № 28.