

УДК 639.2/3

Н. В. БАРУЛИН

## СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ТЕХНОЛОГИИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА ОБЪЕКТОВ АКВАКУЛЬТУРЫ В РЫБОВОДНЫХ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСАХ

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,  
Горки, Беларусь, e-mail: barulin@list.ru*

*(Поступила в редакцию 17.04.2015)*

**Введение.** Потребление рыбы и продуктов ее переработки – важный показатель уровня и качества жизни населения. Потребность в этих продуктах удовлетворяется рыбохозяйственным комплексом, представляющим собой сложный многоотраслевой производственный механизм [1, 2]. В условиях, когда уловы океанической рыбы и других морепродуктов сокращаются, а рыбные запасы внутренних водоемов находятся в критическом состоянии и поддерживаются в основном за счет искусственного воспроизводства, единственным надежным источником увеличения объемов пищевой рыбопродукции является аквакультура – культивирование рыб, других водных животных и растений в контролируемых и управляемых человеком условиях [3]. По данным ФАО, производство рыбы и морепродуктов в условиях аквакультуры к 2030 г. достигнет 83 млн т в год [4].

Государственной программой развития рыбохозяйственной деятельности на 2011–2015 годы предусмотрено значительное увеличение объемов выращивания товарной рыбной продукции. Вместе с тем, дальнейшее развитие аквакультуры Беларуси невозможно без освоения и внедрения инновационных технологических направлений, одними из которых являются рыбоводные индустриальные комплексы, работающие на принципах установок замкнутого водоснабжения (УЗВ).

УЗВ позволяют осуществлять круглогодичное выращивание любых видов аквакультуры вне зависимости от климатических условий при одновременном достижении максимальных показателей роста и продуктивности на фоне сбережения ресурсов и обеспечения экологической чистоты производственного процесса [5].

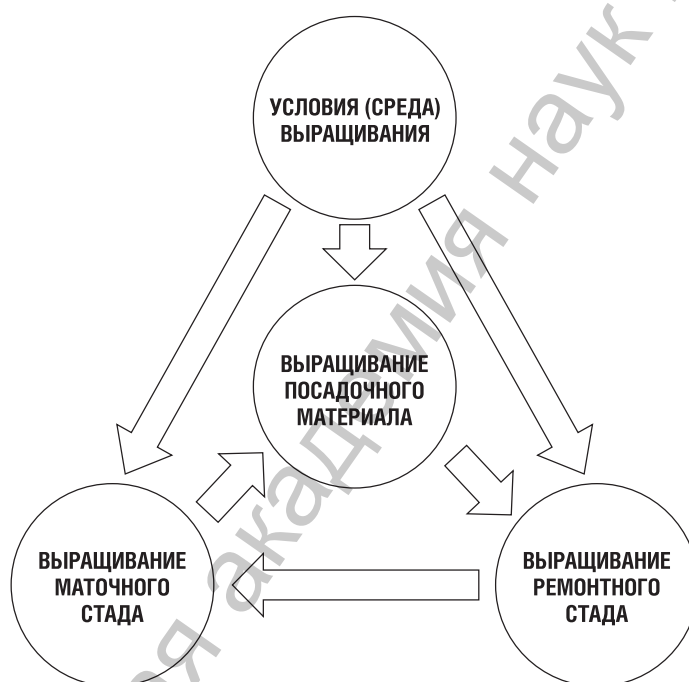
Аквакультуру Беларуси можно разделить на прудовую аквакультуру, садковую аквакультуру, как в водоемах-охладителях электростанций, так и в естественных условиях; установки замкнутого водоснабжения и пастбищное рыбоводство в естественных водоемах [6].

В последние годы в Беларуси активно развивается аквакультура в УЗВ. В рамках государственных программ, а также в рамках частных и иностранных инвестиций начиная с 1998 г. было реализовано более 13 проектов по созданию рыбоводных индустриальных комплексов на базе УЗВ по выращиванию таких рыб, как осетровые (ЧПУП «Акватория» фермерского хозяйства «Василек» Дзержинского р-на; КСПА «Несвижская» Несвижского р-на; ООО «ТМ» г. Минска; ООО «Ремона» г. Могилева; СП «Санта Бремор» ООО г. Бреста), клариевые (ИООО «Ясельда» Березовского района), лососевые (УО «БГСХА» г. Горки; КПУП «Форелевое хозяйство «Лохва» Быховского р-на; форелевое хозяйство Костюковичского р-на; ОАО «ПМК-83 Водстрой» Бельничского р-на; «Рыбопитомник «Богушевский» УП «Лиозненское ПМС» Лиозненского р-на; ОАО «Рыбхоз «Альба» Несвижского р-на); угревые (фермерское хозяйство «Актам Фиш» Миорского р-на) и др. [6].

УЗВ позволяют повысить уровень интенсификации технологии воспроизводства большинства объектов аквакультуры, особенно ценных видов, однако дальнейшее повышение интенсификации воспроизводства объектов рыбоводства сталкивается с необходимостью системного подхода к освоению и внедрению новых инновационных технологий.

На современном этапе развития аквакультуры необходимо делать разграничения в технологии выращивания одного и того же вида в зависимости от конечных целей. Например, при выращивании осетровых в условиях аквакультуры имеются три основные направления: выращивание посадочного материала для зарыбления естественных водоемов; товарное выращивание; выращивание рыбы с целью воспроизводства (получения посадочного материала или пищевой икры) [7]. Каждое из названных направлений имеет отличительные особенности, нарушение которых приводит к снижению результативных показателей.

Воспроизводство ценных видов рыб – это сложный технологический процесс, включающий в себя работу с производителями, получение посадочного материала, формирование ремонтного и маточного стада. Каждый этап данного технологического процесса влияет на успех следующего этапа и в целом всей технологии воспроизводства: успех получения жизнестойкого посадочного материала зависит от продуктивности, здоровья и качества производителей из маточного стада; полноценное ремонтное стадо формируется из посадочного материала, который должен выращиваться по другой, отличной от товарного выращивания, технологии; продуктивность рабочего маточного стада зависит от эффективности отбора и качества ремонтного стада. Каждый из названных элементов, в свою очередь, зависит от условий и технологии выращивания (рисунок).



Система взаимосвязи основных этапов технологии воспроизводства объектов аквакультуры в рыбоводных промышленных комплексах

Для повышения эффективности каждого этапа процесса воспроизводства необходимо не только строго выполнять весь технологический цикл, но и внедрять систему новых инновационных методов.

Цель исследований – разработка и освоение научно обоснованной системы рыбоводно-технологических и физико-биохимических методов и приемов регулирования воспроизводства объектов аквакультуры в рыбоводных промышленных комплексах для решения проблемы обеспечения населения высококачественной ценной рыбной продукцией.

На основании вышеназванной цели нами решались следующие задачи:

- разработать теоретические и практические основы, а также новые технологические решения развития рыбоводных промышленных комплексов на основе УЗВ для выращивания и воспроизводства объектов аквакультуры;
- разработать новую технологию повышения эффективности выращивания жизнестойкого посадочного материала ценных видов в рыбоводных промышленных комплексах;

- разработать новую технологию формирования ремонтных стад ценных видов рыб в рыбных индустриальных комплексах;
- разработать новую технологию повышения воспроизводительной функции ценных видов рыб.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводили в 2006–2015 гг. на базах кафедры ихтиологии и рыбоводства УО «БГСХА», кафедры биотехнологии и ветеринарной медицины УО «БГСХА», кафедры крупного животноводства и переработки животноводческой продукции УО «БГСХА», Института физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, Национального института водных исследований Датского технического университета (Дания), Финского научно-исследовательского института охоты и рыболовства (Финляндия), а также в рыбных индустриальных комплексах Республики Беларусь.

В качестве объектов исследований были использованы установки замкнутого водоснабжения, осетрообразные (стерлядь, русский осетр, ленский осетр, белуга, гибриды бестер и РОЛО, веслонос) и лососевые (радужная форель) различного возраста и их половые продукты (икра и сперма), а также науплии артемии.

Исследования выполнялись в рамках Государственной программы научных исследований на 2011–2015 годы «Электроника и фотоника»; Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований; Инновационного фонда Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь; Программы региона Балтийского моря 2007–2013 при частичном финансировании Европейского союза и гранта Германской службы академических обменов, а также в рамках проведения хоздоговорных тематик с рыбными хозяйствами Беларуси.

Проведенные исследования соответствовали направлениям фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2011–2015 годы. Составная часть исследований соответствовала национальным интересам Республики Беларусь и одобрена Постановлением Совета Министров Республики Беларусь.

**Результаты и их обсуждение.** Для решения задачи по разработке теоретических и практических основ, а также новых технологических решений развития рыбных индустриальных комплексов на основе УЗВ для выращивания и воспроизводства объектов аквакультуры, в рамках проведенных исследований совместно с Датским техническим университетом и Финским научно-исследовательским институтом охоты и рыболовства, нами были разработаны рекомендации по увеличению эффективности механической и биологической очистки воды, предназначенной для выращивания ценных объектов аквакультуры в рыбных индустриальных комплексах, функционирующих на основе технологий УЗВ [5, 8]. Были найдены оптимальные параметры плотности посадки, скорости воды, аэрации, оксигенации, биологической загрузки, которые позволят повысить уровень эксплуатации типовых УЗВ, построенных и строящихся в рамках Государственной программы развития рыбохозяйственной деятельности на 2011–2015 годы и других отраслевых и региональных программ. Кроме того, в рамках проведенных исследований разработаны рекомендации по внедрению новых УЗВ модульного типа, позволяющие значительно повысить эффективность выращивания ценных видов рыб (преимущественно лососевых) за счет снижения энергозатрат [5].

Для решения задачи по разработке новой технологии повышения эффективности выращивания жизнестойкого посадочного материала ценных видов в рыбных индустриальных комплексах нами в результате многолетних и фундаментальных исследований были научно обоснованы и успешно получены новые результаты, свидетельствующие о стимулирующем влиянии низкоинтенсивного оптического излучения на рыбные биологические и хозяйственно-полезные качества посадочного материала осетровых и лососевых. На основании проведенных исследований были научно обоснованы параметры и дозировки оптического излучения, позволяющие осуществлять внедрение данного метода в производство [9–13]. Совместно с Институтом физики НАН Беларуси были созданы новые приборы, позволяющие осуществлять массовое облучение икры рыб оптическим излучением в условиях производства. Нами был создан лазерно-оптический прибор «Стронга» для облучения икры рыб, при инкубации икры, находящейся в неподвижном положении (преимущественно икры радужной форели), и лазерно-оптический

прибор Sturgeon для облучения икры рыб, инкубирующихся в аппаратах Вейса (преимущественно икры осетровых рыб). Данные приборы позволяют повысить эффективность инкубации икры ценных видов рыб и получить качественный рыбопосадочный материал.

Разработка оптимальных параметров светового режима для выращивания посадочного материала в рыбоводных промышленных комплексах позволила выявить стимулирующие зависимости продолжительности светового дня и темноты, а также необходимую потребность в поляризованном свете.

Нами были проведены исследования по выявлению оптимальных параметров и разработке технологии использования низкоинтенсивного оптического излучения для стимуляции выклева науплий артемии, используемых в современной аквакультуре в качестве живого корма, для стартового кормления личинок ценных видов рыб в рыбоводных промышленных комплексах [14, 15]. Кроме того, проведенные исследования позволили разработать новую методику использования науплий артемии в качестве биообъекта для проведения биологических, физических и других исследований, за счет снижения толщины защитных оболочек, путем применения новых декапсулирующих растворов.

Для решения задачи по разработке технологии формирования ремонтных стад ценных видов рыб в рыбоводных промышленных комплексах на основании проведенных исследований были предложены новые технологические решения для целей воспроизводства. Так, был разработан атлас ультразвуковых снимков стадий зрелости гонад при разном уровне интенсификации и физиологического состояния, позволяющий осуществлять эффективную оценку уровня развития половой системы с целью отбора в ремонтное стадо. Были выявлены биохимические параметры-маркеры для оценки уровня потенциальной фертильности ремонтного стада. Установлены гормональные параметры-маркеры для оценки уровня потенциальной фертильности ремонтного стада [16–19]. Впервые в мировой практике аквакультуры разработан новый способ диагностики пола стерляди и других осетровых, позволяющий в 2 раза раньше осуществлять идентификацию пола, чем другие известные способы. Данный способ будет использоваться с целью формирования ремонтных стад осетровых рыб на более ранних сроках.

Для решения задачи по разработке новой технологии повышения воспроизводительной функции ценных видов рыб на основании проведенных исследований были разработаны способы повышения качества воспроизводства на основе использования оптического излучения низкой интенсивности. Создан инновационный способ надвального воздействия оптическим излучением на производителей. В результате такого воздействия у самок повышался ответ на гормональное стимулирование, а также качество получаемых половых продуктов. У самцов наблюдалось повышение качества спермопродукции в виде повышения подвижности и сроков хранения [20]. Также в результате многолетних фундаментальных исследований нами были разработаны оптимальные параметры воздействия оптического излучения непосредственно на сперму рыб, приводящие к повышению их качественных показателей [21–23].

Исследования с использованием методик компьютерного анализа спермы рыб позволили разработать новую технологию повышения продолжительности краткосрочного хранения и транспортировки свежееохлажденной спермы для целей воспроизводства без использования криоконсервации, с сохранением высоких показателей подвижности.

**Заключение.** В результате многолетних исследований, проведенных в рамках международных, фундаментальных и инновационных научно-исследовательских проектов, нами разработана и научно обоснована система рыбоводно-технологических и физико-биохимических методов регулирования воспроизводства объектов аквакультуры в рыбоводных промышленных комплексах для решения проблемы обеспечения населения высококачественной ценной рыбной продукцией.

## Литература

1. Курдюков, С. И. Экономическая ситуация в рыбохозяйственном комплексе / С. И. Курдюков // Вест. Рос. акад. с.-х. наук. – 2007. – № 1. – С. 20–22.
2. Стратегия развития аквакультуры в Российской Федерации на период до 2020 года // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2008. – № 6. – С. 1–16.

3. Мамонтов, Ю. П. Аквакультура в пресноводных водоемах России / Ю. П. Мамонтов, А. И. Литвиненко. – Тюмень : ФГУП Госрыбцентр, 2007. – 35 с.
4. FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture. – Rome : FAO, 2007. – 162 p.
5. Feasibility case study in Belarus on the feasibility of Danish recirculation technology / P. Nielsen [et al.] // Helsinki, Finnish Game and Fisheries Research Institute. – 2014. – P. 95.
6. Kostousov, V. G. Development of industrial fish culture in Belarus / V. G. Kostousov, N. V. Barulin // Recirculation technologies in indoor and outdoor systems. HANDBOOK. – Research Institute for Fisheries, Aquaculture and Irrigation – Szarvas, 2013. – P. 44–48.
7. Чебанов, М. С. Руководство по искусственному воспроизводству осетровых рыб / М. С. Чебанов, Е. В. Галич // Технический доклад ФАО по рыбному хозяйству 558. – Анкара, 2013. – 370 с.
8. Barulin, N. Störtaufzucht in der Republik Belarus / N. Barulin // Fischerei & Fischmarkt in M. V. – 2006. – Vol. 1. – P. 17–18.
9. Plavskii, V. Y. Effect of exposure of sturgeon roe to low-intensity laser radiation on the hardness of juvenile sturgeon / V. Y. Plavskii, N. V. Barulin // Journal of Applied Spectroscopy. – 2008. – Vol. 75 (2). – P. 241–250.
10. Plavskii, V. Y. Effect of polarization and coherence of low-intensity optical radiation on fish embryos / V. Y. Plavskii, N. V. Barulin // Journal of Applied Spectroscopy. – 2008. – Vol. 75 (6). – P. 843–856.
11. Plavskii, V. Y. Fish embryos as model for research of biological activity mechanisms of low intensity laser radiation / V. Y. Plavskii, N. V. Barulin // Advances in Laser and Optics Research. – 2010. – Vol. 4. – P. 1–48.
12. Plavskii, V. Y. How the biological activity of low-intensity laser radiation depends on its modulation frequency / V. Y. Plavskii, N. V. Barulin // Journal of Optical Technology. – 2008. – Vol. 75 (9). – P. 546–552.
13. Plavskii, V. Y. Investigation of biological activity mechanisms of low intensity optical radiation at the embryonic level / V. Y. Plavskii, N. V. Barulin // Advances in Optics, Photonics, Spectroscopy & Applications. – 2011. – Vol. VI. – P. 234–238.
14. Барулин, Н. В. Жаброногий рачок *Artemia salina L.* как объект для исследования биологической активности оптического излучения низкой интенсивности / Н. В. Барулин, В. Ю. Плавский, В. А. Орлович // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. Вып. 28. – Минск, 2012. – С. 42–50.
15. Regulatory action of laser radiation of red and near infrared spectral regions on the zooplankton *Artemia salina L.* / V. Y. Plavskii [et al.] // Advances in Optics Photonics Spectroscopy & Applications – 2013. – Vol. VII. – P. 774–777.
16. Барулин Н. В. Ультразвуковая диагностика осетровых рыб, выращенных в установках замкнутого водоснабжения Беларуси / Н. В. Барулин, А. П. Курдеко // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. Вып. 28. – Минск, 2012. – С. 30–42.
17. Барулин, Н. В. Активность гепатоспецифических ферментов в сыворотке крови осетровых рыб в нерестовый период / Н. В. Барулин // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2013. – № 3 (10). – С. 29–33.
18. Барулин, Н. В. Комплекс диагностического мониторинга физиологического состояния ремонтно-маточных стад осетровых рыб в установках замкнутого водоснабжения / Н. В. Барулин // Вест. Гос. поляр. акад. – 2014. – № 1 (18). – С. 19–20.
19. Barulin, N. V. Diagnostyka stanu fizjologicznego stada selektow i tarlakow sterleta (*Acipenser ruthenus L.*) w systemach recyrkulacyjnych / N. Barulin // Aktualny stan i ochrona naturalnych populacji ryb jesiotrowatych Acipenseridae. – Olsztyn, 2014. – P. 197–202.
20. Барулин, Н. В. Применение лазерного излучения низкой интенсивности в технологии воспроизводства осетровых рыб / Н. В. Барулин, В. Ю. Плавский // Вопросы рыбного хозяйства: сб. науч. тр. Вып. 25. – Минск, 2009. – С. 49–56.
21. Барулин, Н. В. Способ обработки спермы осетровых рыб / Н. В. Барулин, В. Ю. Плавский // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2014. – № 4 (15). – С. 30–35.
22. Барулин, Н. В. Способ повышения активности сперматозоидов самцов осетровых рыб / Н. В. Барулин, М. В. Шалак, В. Ю. Плавский // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2013. – № 3 (10). – С. 14–18.
23. Barulin, N. V. Effect of Polarization and Coherence of Optical Radiation on Sturgeon Sperm Motility / N. V. Barulin, V. Y. Plavskii // International Journal of Biological, Veterinary, Agricultural and Food Engineering. – 2012. – Vol. 6 (7). – P. 23–27.

N. V. BARULIN

## SYSTEM APPROACH TO THE REGULATION OF FISH REPRODUCTION ON FISH FARMS

### Summary

As a result of the long-term research conducted within different international, fundamental and innovative scientific projects developed is the system of fish breeding and physical-biochemical methods of regulation of fish reproduction on fish farms in order to solve the problem of providing people with fish of high quality.