

# Интенсивная аквакультура



**Николай Барулин,** заведующий кафедрой иктиологии и рыбоводства Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

**Один из важнейших путей интенсификации производства – переход на использование новых, особо ценных видов рыб. С учетом сохраняющегося спроса на продукцию осетровых (икра, мясо) аквакультура – практически единственное направление, позволяющее удовлетворять запросы рынка в этих продуктах.**

С аквакультурой тесно связано современное развитие технологий производства осетровых и лососевых, предусматривающих выращивание рыбы и других гидробионтов в условиях повышенной плотности посадки, снижения расхода воды и многократного ее использования, регулируемых гидрохимических и световых условий, стимулирования темпа роста, полового созревания, применения сухих комбикормов и т.д. Одно из самых популярных направлений интенсивной аквакультуры – использование промышленных комплексов, работающих на основе замкнутого водоснабжения (УЗВ). К их

преимуществам следует отнести возможность выращивания разных видов рыб в любой климатической зоне, снижение кормового коэффициента и потребления воды, высокий выход продукции с единицы площади, возможность объединения технологий выращивания рыбы и растений и получения экологически чистой продукции [3]. Среди отрицательных факторов – снижение требований к репродуктивным показателям рыб, задействованных в воспроизводстве [4], неконтролируемое искусственное освещение, стрессовое воздействие, условия, способствующие возникновению гипоксии вследствие высокой плотности посадки [5], большая концентрация нитратов, несбалансированное, недостаточное или избыточное кормление и др. Все это может оказывать как острое, так и хроническое воздействие на физиологические показатели рыб, из-за чего снижается их выживаемость, жизнестойкость, товарные и репродуктивные характеристики, а также другие хозяйственно полезные качества.

В последние годы в Беларуси активно развивается аквакультура в УЗВ. В рамках Государ-

ственных программ, а также благодаря частным и иностранным инвестициям начиная с 1998 г. было реализовано более 13 проектов по созданию рыбоводных промышленных комплексов по выращиванию осетровых (фермерское хозяйство «Василек» в Дзержинском р-не; ЗАО «Агрокомбинат Несвижский» в Несвижском р-не; ООО «ТМ» в г. Минске; ООО «Ремона» в г. Могилеве; СП «Санта Бремор» в г. Бресте), клариевых (ИООО «Ясельда» в Березовском р-не); лососевых (УО БГСХА в г. Горки; КПУП «Форелевое хозяйство «Лохва» в Быховском р-не; КПУП «Форелевое хозяйство «Высокое» в Костюковичском р-не; ОАО «ПМК-83 Водстрой» в Бельничском р-не; «Рыбопитомник «Богушевский» УП «Лиозненское ПМС» Лиозненского р-на; ОАО «Рыбхоз «Альба» Несвижского р-на); угревых (фермерское хозяйство «Актам Фиш» Миорского р-на) и др.

Современная интенсивная аквакультура нашей страны нуждается в обеспечении научного и образовательного сопровождения на всех этапах технологического процесса. В 1996 г. при Белорусской государственной сельскохозяйственной академии была организована кафедра ихтиологии и рыбоводства, которая впервые в республике стала осуществлять подготовку профессионалов рыбохозяйственной отрасли в рамках специальности «Промышленное рыбоводство» (рис. 1). Ежегодно диплом вуза получают 45–55 выпускников, которые на должностях директоров, главных рыбоводов и мастеров участков реализуют планы государственных программ по развитию этой сферы. Кроме того,

при кафедре действуют магистратура, аспирантура и докторантура по специальности «Рыбное хозяйство и аквакультура», организуются курсы повышения квалификации.

Наряду с этим кафедра осуществляет научное сопровождение интенсивной аквакультуры. Выполнен комплекс исследований, направленных на разработку новых научно обоснованных технологических способов и приемов производства рыбопосадочного материала ценных видов рыб в рыбоводных промышленных комплексах.

Созданы установки для инкубации икры (эмбрионов) рыб на базе оптических фильтров и матриц различных источников оптического излучения низкой интенсивности для применения в технологии искусственного воспроизводства, стимулирующие хозяйственно полезные качества рыбопосадочного материала. Установка включает герметичную емкость и крышку, выполненную из красного органического стекла, покрытого поляроидной пленкой. Источником излучения служит как солнечный свет, так и искусственное освещение. Лазерно-оптические приборы для инкубации икры «Sturgeon» (рис. 2) и «Стронга» (рис. 3) имеют открытую герметичную емкость



Рис. 2. Лазерно-оптический прибор для инкубации икры «Sturgeon»



Рис. 1. Кафедра ихтиологии и рыбоводства Белорусской государственной сельскохозяйственной академии

и модуль оптического излучения, выполненный на базе светодиодных источников или их матрицы одинаковых или различных длин волн с оптическим преобразователем пучка.

Впервые в ихтиологии установлены закономерности в экстерьерном строении производных кориума осетровых рыб и получены на их основе принципиально новые научные результаты. Созданы методологические основы новой системы ранней диагностики пола представителей семейства осетровых для племенной работы. При этом оценивается экстерьерное строение костных пластинок и начисляются баллы согласно специальной шкале, используются алгоритмы систем машинного зрения. Это позволяет увеличить точность исследований



Рис. 3. Лазерно-оптический прибор для инкубации икры «Стронга»



Рис. 4. Студенты специальности «Промышленное рыбоводство» во время проведения практических занятий по бонитировке осетровых рыб



Рис. 5. Конечный итог интенсивного осетроводства – половозрелая самка со зрелой черной икрой

при формировании ремонтно-маточного стада осетровых.

Впервые в Беларуси составлен атлас эхографических снимков развития гонад осетровых с подробным описанием их стадий, проведена диагностика некоторых внутренних органов у представителей ремонтно-маточного и племенного стада. Определены сроки начала дифференциации гонад, выявлены оптимальные периоды половой выбраковки [8] (рис. 4).

Составлен гормональный и биохимический репродуктивный профиль осетровых рыб, культивируемых в аквакультуре, а также обнаружена зависимость их племенных качеств от изменения концентрации гормонов, активности гепатоспецифических ферментов,

метаболитов белкового и минерального обменов [7] (рис. 5).

Обосновано использование УЗВ датского канального типа в качестве основного технологического элемента рыбоводных промышленных комплексов (РИК).

Разработаны новые способы повышения размерно-весовых показателей и жизнестойкости (терморезистентности) рыбопосадочного материала за счет светодиодного излучения, стимулирования племенных качеств производителей осетровых путем низкоинтенсивного оптического излучения [6].

Создан научно обоснованный системный подход к повышению эффективности технологии производства посадочного материала ценных видов рыб, включающий организационно-технологическую модель и единую стратегию развития основных направлений осетроводства – икорно-племенного, мясного, искусственного разведения, воспроизводства и восстановления природных популяций.

Специалисты кафедры ведут активную работу по сопровождению производственного процесса отечественных рыбоводных организаций, готовят тех-



Рис. 6. Рыбоводный промышленный комплекс по выращиванию рыбопосадочного материала радужной форели ОАО «Форелевое хозяйство «Лохва»

нологические обоснования для создания промышленных комплексов для ценных видов рыб. Так, при непосредственном участии наших сотрудников создан крупнейший в Восточной Европе рыбокомплекс по выращиванию рыбопосадочного материала лососевых (рис. 6), расположенный в г. Горки при кафедре. Он входит в состав крупного холдинга ОАО «Форелевое хозяйство «Лохва». Радужная форель выращивается там по технологии замкнутого водоснабжения и представляет собой непрерывный круглогодичный конвейерный цикл производства от оплодотворенной икринки до малька средней навеской 50 г, который доращивается до товарной рыбы в бассейновых и садковых хозяйствах Беларуси и России. В рыбокомплексе создано маточное стадо стерляди для практического обучения студентов-рыбоводов методам искусственного размножения (рис. 7). В рамках практической помощи производству сотрудники кафедры проводят прижизненную диагностику пола и стадий зрелости осетровых с помощью метода ультразвуковой диагностики (рис. 8, 9), регулярно разрабатывают и издают рекомендации для практического использования.

В 2020 г. при кафедре появился тренажер (комплекс), в состав которого входят 4 лаборатории: по новым объектам аквакультуры; биологической очистке воды; проведению экспериментов в аквакультуре *in vivo*; переработке рыбы. В первой исследуют новые и перспективные для белорусского осетроводства виды: русского осетра, а также гибриды – калуга X стерлядь, калуга X амурский осетр,



Рис. 7. Сортировка маточного стада стерляди



Рис. 8. Бонитировка ремонтно-маточного стада белуги в ОАО «Опытный рыбхоз «Селец»

калуга X белуга. Ведутся исследования по повышению эффективности выращивания рыбопосадочного материала стерляди, ленского осетра, радужной форели, африканского сома и широкопалого рака. Осуществляются сравнительные испытания различных технологий культивирования рыб в УЗВ.

В лаборатории по биологической очистке воды испытывают новые виды биологической загрузки для аквакультурных установок УЗВ на базе современных приборов для гидрохимических измерений.

В лаборатории по переработке отрабатываются современные технологии посола рыбы, а также ее горячего и холодного копчения.

В лаборатории по проведению экспериментов в аквакультуре *in vivo* осуществляются биохимические, физиологические, ихтиологические, токсикологические, нейробиологические, генетические и другие исследования на пресноводной

рыбе данио рерио (рис. 10). Это популярный модельный объект для лабораторных медико-биологических изысканий, который только начинает приобретать популярность в научной сфере Беларуси (рис. 11). Работа с ним позволяет изучать процессы функционирования генов, развития организма, анатомию, физиологические и поведенческие особенности и использовать полученные результаты в экотоксикологии, нейробиологии, онкологии и аквакультуре. К примеру, за последние два десятилетия исследователи начали все больше применять данио рерио в качестве объекта исследований для



Рис. 9. Бонитировка ремонтно-маточного стада стерляди-альбиноса в ОАО «Рыбхоз «Волма»



Рис. 10. Модельный объект данио рерио (зебрданио)



Рис. 11. Эмбрионы данио рерио – новый объект для медико-биологических исследований



Рис. 12. Специализированный виварий для выращивания данио рерио кафедры ихтиологии и рыбоводства

понимания того, как нейронные цепи генерируют поведение, фундаментальную цель в нейробиологии [9]. Несмотря на низкое сходство с человеком, многие системы рыбы, например сердечно-сосудистая, взаимодействуют с низкомолекулярными соединениями так же, как и у людей. Методами генной инженерии разрабатываются модели данио рерио, имитирующие заболевания людей.

В состав лаборатории по проведению экспериментов в аквакультуре *in vivo* входят: специализированные виварии для экспериментов и выращивания личинок, мальков и взрослых данио рерио общим водообъемом 6 тыс. л (рис. 12); участки выращивания живых кормов и водорослей, а также получения эмбрионов и их инкубации; комплекс для нейробиологических исследований с эмбрионами, личинками, мальками и взрослыми данио рерио; оборудование для микроинъектирования эмбрионов и личинок; для изучения спермы рыб по протоколу CASA; для мониторинга показателей качества воды; комплексы оборудования

для кардиологических и флуоресцентных исследований, изучения биохимических, иммуноферментных процессов, а также эмбрионального развития; для проведения ПЦР-анализа.

В настоящее время основные усилия ученых сосредоточены на использовании данио рерио в различных областях. В токсикологии ведутся исследования по установлению токсичности (в том числе эмбриотоксичности) пестицидов – хлорорганических, пиретроидных, фосфорорганических и карбаматных, а также растворителей. Оцениваются перспективы повышения диагностического и прогностического потенциала модельных эмбрионов данио рерио для обнаружения нейротоксических соединений. В биофизике исследуется влияние низкоинтенсивного оптического излучения на развитие рыб. В области репродуктивной физиологии, кормления животных и аквакультуры изучают влияние раз-

личных биологически активных веществ на рост и развитие данио рерио, физиологические и эпигенетические эффекты микотоксинов и др. Кроме того, сотрудники лаборатории освоили международные протоколы содержания данио рерио в искусственных условиях, управления качеством водной среды, получения эмбрионов и их инкубации, стартового кормления личинок и др.

Таким образом, интенсивная аквакультура активно развивается и имеет хорошие перспективы в дальнейшем. Растет потребность в ее образовательном, научном и производственном сопровождении. Вместе с тем для более эффективного роста требуется совершенствовать не только технологии выращивания, но и технические средства, рыбопереработку, маркетинг и другие слабые, что требует привлечения специалистов из непрофильных организаций. ■

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Барулин Н.В. Стратегия развития осетроводства в Республике Беларусь / Н.В. Барулин // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. 2017. №2. С. 82–90.
2. ФАО, МФСР, ЮНИСЕФ, ВПП и ВОЗ. Положение дел в области продовольственной безопасности и питания в мире – 2020. Преобразование продовольственных систем для обеспечения финансовой доступности здорового питания. – Рим, 2020.
3. Барулин Н.В. Аквакультура ценных видов рыб и ресурсосберегающие технологии. В 3 ч. Ч. 1. Форелеводство: учебно-методическое пособие / Н.В. Барулин. – Горки, 2018.
4. Карпюк М.И. Развитие аквакультуры – важный фактор сохранения водных биоресурсов Каспийского моря / М.И. Карпюк, М.В. Михайлова, А.Ю. Мажник // Рыбное хозяйство. 2004. №6. С. 16.
5. Федосеева Е.А. Физиологические нормы молоди бестера при различных технологиях выращивания / Е.А. Федосеева, С.С. Астафьева // Рыбное хозяйство. 2006. №2. С. 68–69.
6. Плавский В.Ю. Роль поляризации и когерентности оптического излучения во взаимодействии со сперматозоидами осетровых рыб / В.Ю. Плавский, Н.В. Барулин // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сборник научных трудов / РУП «Институт рыбного хозяйства», РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Белорусский государственный университет; под. общ. ред. М.М. Радько. – Минск, 2009. Вып. 25. С. 56–63.
7. Барулин Н.В. Комплекс диагностического мониторинга физиологического состояния ремонтно-маточных стад осетровых рыб в установках замкнутого водоснабжения / Н.В. Барулин // Вестник Государственной полярной академии. 2014. №1 (18). С. 19–20.
8. Барулин Н.В. Рекомендации по воспроизводству осетровых рыб в рыбоводных промышленных комплексах с применением инновационных методов / Н.В. Барулин, В.Ю. Плавский, К.Л. Шумский, Л.О. Атрощенко, Е.Г. Новикова, С.В. Роговцов, М.С. Лиман. – Горки, 2016.
9. Arrenberg A.B. Integrating anatomy and function for zebrafish circuit analysis / A.B. Arrenberg, W. Driever // *Frontiers in neural circuits*. – 2013. Vol. 7.