

С уточный ритм физиологической активности рыб (в частности, интенсивность потребления ими кислорода и выделения аммонийного азота) представляет не только научный, но и большой практический интерес, позволяя более точно устанавливать водообмен в бассейнах, определять оптимальный режим кормления, регулировать работу аэраторов.

Цель настоящей работы заключалась в изучении суточных изменений общего и азотного обмена у сеголетков радужной форели, выращиваемых в промышленных масштабах с использованием системы оборотного водоснабжения.

Опыты проводились в 1978 г. в форелевом хозяйстве «Сходня» в период с 3 июля по 31 августа. Артезианская вода, поступающая в систему оборотного водоснабжения, использовалась 5—10 раз. Биологическая очистка воды производилась в прудах-отстойниках (Лавровский, 1980). Температура воды в процессе

# НА ПУТИ К НОВОЙ

Развитие индустриального рыбководства основывается на использовании новых высокоэффективных машин, механизмов и оборудования, позволяющих стабильно поддерживать оптимальные условия для быстрого роста рыбы и получения высокой рыбопродуктивности.

На рыбководных заводах и в хозяйствах получают большое количество икры и личинок. Но в процессе выращивания посадочного материала и его зимовки наблюдаются значительные отходы, что в конечном итоге отрицательно сказывается на экономических показателях предприятий.

Таким образом, борьба за высокую выживаемость товарной рыбы и за ускорение ее темпа роста — это борьба за высокие экономические показатели.

Успешное освоение новой техники, которая была бы хорошо «под-

## Физиологическая активность форели

опытов изменялась в пределах от 14 до 17°. Суточные колебания температуры не превышали 2—3°.

Молодь форели выращивалась в металлических бассейнах объемом 1,1 м<sup>3</sup>. Плотность посадки составляла 18,2 или 27,3 тыс. экз/м<sup>3</sup>. Отход рыбы учитывали ежесуточно. Средняя масса рыб при посадке была равна 1,5 г.

Рыбу кормили пастообразным кормом, приготовленным на основе говяжьей селезенки с добавкой рыбной, пшеничной и мяско-костной муки, фосфатидов, дрожжей и премикса. Кормление проводили 8 раз в сутки с 6 до 20 ч. Нормирование кормов осуществляли по таблице Дьюэлла (по Титереву, 1980) с внесением поправки на влажность корма и его поедаемость.

Изучение интенсивности обмена проводилось непосредственно в бассейнах по методу, описанному Liao (1971). Интенсивность потребления кислорода или выделения аммонийного азота рассчитывалась по формуле

$$Q = \frac{(C_1 - C_2) V 3600}{M}$$

где Q — интенсивность потребления кислорода или выделения азота, в мг/кг · ч; V — расход воды в л/с; C<sub>1</sub> и C<sub>2</sub> — концентрация кислорода или аммонийного азота на входе или выходе из бассейна в мг/л; M — масса рыб в бассейне в кг.

Концентрацию растворенного кислорода находили по методу Винклера. Содержание аммонийного азота определяли колориметрически с реактивом Несслера, используя фотоэлектроколориметр ФЭК-56М. Анализы выполняли в соответствии с общепринятыми методиками.

Перед началом опытов определялась степень насыщения воды кислородом и улетучивания из нее аммиака. Как показали эксперименты, при большой плотности посадки, быстром водообмене (7—10 мин) и высокой степени насыщения воды кислородом (60—80% от нормального насыщения) влияние аэрации

на изучаемый показатель невелико и им можно пренебречь (Белковский, 1980). Потери аммиака из воды при высоком водообмене и слабощелочной реакции воды (рН = 7,2—7,4) практически не увеличивались и также не сказывались на результатах опытов.

Параллельно с определением интенсивности общего обмена непосредственно в бассейнах мы ставили опыты по обычной методике с использованием респирометров (Строганов, 1962).

Для компенсации колебаний интенсивности обмена, вызванных изменениями температуры воды, все полученные значения были приведены к температуре 15° в соответствии с кривой Крога (Винберг, 1956).

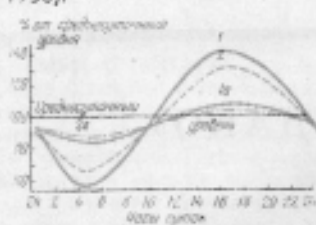


Рис. 1. Суточный ритм потребления кислорода молодью радужной форели: 1 — плотность посадки 18,2 тыс/м<sup>3</sup> [измерения потребления кислорода проводились в бассейне]; 2 — плотность посадки 27,3 тыс/м<sup>3</sup> [измерения проводились в бассейне]; 1а — плотность посадки 18,2 тыс/м<sup>3</sup> [измерения проводились в респирометре]; 2а — плотность посадки 27,3 тыс/м<sup>3</sup> [измерения проводились в респирометре].

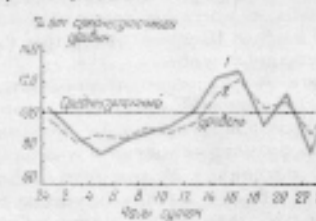


Рис. 2. Суточный ритм выделения аммонийного азота молодью радужной форели: 1 — плотность посадки 18,2 тыс/м<sup>3</sup> [измерения выделения азота проводились в бассейне]; 2 — плотность посадки 27,3 тыс/м<sup>3</sup> [измерения проводились в бассейне].

Всего в процессе производственного выращивания форели в системе оборотного водоснабжения было выполнено 12 суточных опытов, во время которых измерение интенсивности общего и азотного обмена проводилось в течение суток через каждые 2 или 4 ч.

За 60 дней выращивания средняя масса форели при плотности посадки 18,2 тыс/м<sup>3</sup> возросла до 7,2 г, а при плотности посадки 27,3 тыс/м<sup>3</sup> — до 4,7 г. Выживаемость рыб за время эксперимента составила 91,8% и 92,2%.

Молодь радужной форели имела четко выраженный суточный ритм дыхания (рис. 1). Во всех случаях максимальная интенсивность потребления кислорода отмечалась в 15—17 ч, а минимальная — в 3—5 ч. Максимумы и минимумы отличались от среднесуточного уровня на 30—40%. Некоторая тенденция к большей амплитуде колебаний наблюдалась в бассейне, где плотность посадки была ниже. Интенсивность потребления кислорода возрастала особенно быстро в период с 6 до 12—13 ч, а затем после 18 ч резко снижалась.

Результаты, полученные с помощью респирометров, показали в целом ту же картину, что и прямые измерения в бассейнах, однако суточный ритм дыхания у рыб был выражен в этом случае в меньшей степени. Отклонения от среднесуточного уровня не превышали 10—15%.

Интенсивность выделения аммонийного азота заметно изменялась в течение суток (рис. 2). Периоды максимального и минимального выделения азота у рыб полностью совпадали с периодами максимума и минимума потребления кислорода. Наибольшее количество азота выделялось форелью в 16 ч, а наименьшее — в 4 ч. Более отчетливо суточный ритм выделения азота (так же, как и ритм потребления кислорода) был выражен у форели при меньшей плотности посадки.

Проведенные опыты показали, что в условиях производственного выращивания у молоди радужной форели наблюдаются два четко выраженных уровня физиологической активности — ночной и дневной. Наибольшее влияние на формирование суточного ритма у рыб, вероятно, оказывали периодичность кормления, температура воды, освещенность и содержание в воде растворенного

лажена» к биологическим особенностям тех или иных видов выращиваемых рыб, позволит значительно улучшить экономические показатели хозяйств и по степени механизации вывести рыболовную отрасль на один уровень с такими отраслями сельского хозяйства, как свиноводство и птицеводство.

В настоящее время многими научными организациями в широких масштабах проводятся исследования, направленные на разработку метода ускоренного выращивания рыбы.

В этом номере публикуется серия статей об исследованиях в области физиологии рыб (потреблении кислорода, выделении аммонийного азота, реакции на освещенность, ритмах питания и усвояемости искусственных стартовых кормов) в связи с разработкой новой технологии выращивания, внедряемой на производственных предприятиях.

кислорода. Среди названных факторов основными, по всей видимости, являлись концентрация растворенного кислорода, а также освещенность. Несмотря на то, что влияние температуры на суточный ритм обмена сглаживалось, колебания его оставались хорошо выраженными.

Пик интенсивности потребления кислорода форелью приходился на ранние вечерние часы, когда содержание кислорода в воде было наибольшим. Освещенность в этот период уже не была максимальной, и именно при умеренной освещенности интенсивность обменных процессов у рыбы достигала наибольших значений, что согласуется с имеющимися данными В. Лавровского (1976) и Ю. Есаякина (1980).

Изучение интенсивности общего и азотного обмена у форели непосредственно в бассейнах позволило получить более надежные результаты, чем при использовании респирометров. Стресс, возникающий у рыбы при пересадке ее из бассейнов в респирометры, оказывал значительное влияние на суточный ритм, вызывая снижение амплитуды суточных колебаний интенсивности обмена в 3—4 раза.

При более благоприятных условиях выращивания, обусловленных меньшей плотностью посадки, размах колебаний общего и азотного обмена оказался на 5—10% выше, чем при менее благоприятных условиях.

Как видно из рис. 2, колебания дневного и ночного уровней азотного обмена имели период, равный 4 ч. Наличие правильного чередования повышения и понижения интенсивности выделения азота вероятнее всего связано с периодичностью кормления рыбы днем. Аналогичные колебания интенсивности выделения аммонийного азота, также обусловленные периодичностью кормления, отмечались у форели другими авторами (Rychly, Balsani, 1977).

Таким образом, на основании проведенных исследований было установлено, что интенсивность общего и азотного обмена у молоди форели в условиях бассейнового выращивания значительно колеблется в течение суток, отклоняясь от среднесуточных значений на 30—40%. При расчете водообмена в бассейнах по кислородному балансу следует учитывать данное обстоятельство и

устанавливать подачу воды таким образом, чтобы даже в период максимального потребления кислорода рыбой его содержание в бассейнах не опускалось ниже допустимого уровня.

Для более экономичного использования воды можно регулировать ее расход в соответствии с изменяющейся интенсивностью обмена веществ. При этом необходимо контролировать и учитывать суточную динамику содержания кислорода в водосточнике.

Тот факт, что максимальная физиологическая активность рыб отмечается с 15 до 17 ч, позволяет рекомендовать увеличение норм внесения корма в данный промежуток времени в 1,2—1,3 раза за счет соответственного сокращения рациона в утренние и вечерние часы.

**Н. БЕЛКОВСКИЙ,**  
старший иктлопатолог  
Центральной лаборатории  
иктлопатологической службы  
МСХ РСФСР



В хозяйстве «Сходня» испытывается новый оксиметр

**В** ряде рыбхозов нашей страны успешно работают механизированные линии раздачи гранулированных кормов товарному карпу при помощи автокормушек «Рефлекс Т-50» и тракторных кормозагрузчиков РГК-700 (см. «РиР» № 4 за 1981 г.).

Проведенные нами в период с 20 июня 1980 г. по 12 августа 1980 г. испытания многомятниковой автокормушки «Рефлекс МТ-10У» системы В. Лавровского в рыбхозе «Черепетский» Туларьблпрома в садках на участке ГосНИОРХа выявили явное преимущество этого способа кормления по сравнению с кормлением вручную. Результаты испытаний приведены в таблице.

Кормление при помощи автокормушек позволило снизить затраты кормов на получение единицы прироста в среднем на 26% и получить продукции на 59% больше, чем при кормлении вручную по нормам 10—16 раз в сутки. Применение автокормушек дает возможность сни-

## Ритмы питания сеголетков карпа

жить затраты труда на кормление в 9—16 раз.

Нами были проведены 11 круглосуточных наблюдений за ритмом питания сеголетков. Каждые 2 ч производилась учет потребленного из автокормушек корма, замерялись атмосферное давление, температура воды и содержание в ней кислорода. Полученные данные позволили выявить потребление корма сеголетками.

С 8—10 ч утра интенсивность питания быстро возрастает, и первый максимум отмечается в 14—18 ч. Затем она несколько снижается, и в промежутке между 18—20 ч, как правило, наблюдается первый минимум. Следующее увеличение интенсивности потребления корма длится до второго максимума, который наступает в 20—24 ч. После этого она резко падает, и с 2—4 ч следующих суток корм из автокормушек не потребляется.

Такой ритм питания образуется у рыб не сразу. В течение первых 2 сут после установки автокормушки корм потребляется круглосуточно, и лишь на 3—4-е сут ритм питания приобретает ясно выраженный циклический характер.

На рис. 1 показано питание карпов в течение первых суток. На рис. 2 представлен типичный суточный ритм питания сеголетков, которые уже привыкли питаться из автокормушек. С небольшими отклонениями такой ритм наблюдался в течение всего времени эксперимента.

Ритм питания сеголетков при кормлении из автокормушек по поедемости претерпевал значительные изменения лишь в том случае, если как-либо образом затруднялось свободное поступление корма из автокормушки. Изменение в первую очередь отмечалось на самой лабильной части кривой интенсивности потребления (между 18 и 20 ч). Интенсивность потребления сдвигалась по времени, уменьшалась в относительном значении или отсутствовала совсем.

При дальнейшем ограниченном поступлении корма сокращался перерыв в кор-