

Таблица 2

Нуклиды	Предельные значения $K_{\text{н}}^{\text{д}}$ для			
	рыба	водоос- ков	накоб- разных	листоч- насеко- мых
Хром	0,1	6	0,15	1,0
Марганец	0,2	13	0,6	0,6
Железо	0,01	0,4	0,1	0,3
Кобальт	0,1	0,4	0,15	0,4
Медь	3	25	6	1,5
Цинк	27	25	15	4,5
Стронций	5	200	13	0,1
Цирконий	0,1	15	0,1	0,2
Рутений	0,01	0,5	—	0,6
Сурьма	0,2	0,2	—	1,0
Йод	0,3	5	—	1,5
Цезий	1,5	1,5	6	0,4
Лантан	3	20	7	0,1
Церий	1,2	120	10	0,1
Свинец	1,5	6	3	1,3
Полоний	0,2	0,1	—	0,1

рий для вычисления нормативных величин загрязнения конкретных кормовых объектов с учетом соотношения массы тела рыбы и массы ее суточного рациона. В свою очередь, нормативы загрязнения кормовой базы могут рассматриваться как промежуточные при расчете предела загрязнения донных отложений путем введения корректировочного критерия в виде коэффициента накопления радионуклида в гидробионтах $K^{\text{д}}$ (отношение концентраций нуклида в бионте и донных отложениях). В табл. 2 приведены предельные значения $K_{\text{н}}^{\text{д}}$ некоторых микроэлементов для разных классов гидробионтов.

Сведения о $K_{\text{н}}^{\text{д}}$ микроэлементов могут оказаться полезными для обоснования режимов подкормки рыбы в водоемах или составления соответствующих кормовых рационов.

УДК 351.464.617

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АЗОТА, ВЫДЕЛЯЕМОГО МОЛОДЬЮ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ, ДЛЯ РАСЧЕТА СИСТЕМ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Н. М. БЕЛКОВСКИЙ,
ЦЛИС Минрыбхоза РСФСР

При проектировании и разработке очистных устройств для систем обо-

ротного водоснабжения необходимо иметь сведения о выделении рыбой аммиака, так как аммонийный азот является одним из главных загрязнителей водной среды.

В июле — августе 1978 г. в бассейнах инкубационного цеха форелевого хозяйства «Сходня» нами проводились в производственных условиях опыты по количественному изучению выделения азота аммиака молодь радужной форели, выращиваемой в системе оборотного водоснабжения при высоких (18,2—27,3 тыс. шт./м³) плотностях посад-

ки (Лавровский, 1976). Полученные данные характеризуют фактический уровень выделения аммонийного азота. Количество азота P_N (мг/ч) измеряли в трех производственных бассейнах (варианты I, II, III) объемом 1,1 м³, в которых выращивалось соответственно 20, 30 и 30 тыс. шт. молоди радужной форели. К началу опытов средняя масса одной рыбы составляла 1,5 г. P_N вычисляли как произведение разности концентраций азота аммиака на вытоке из бассейнов $C_{\text{внт}}$ (мг/л) и втоке $C_{\text{вт}}$ (мг/л) на расход воды в них V (л/с): $P_N = (C_{\text{внт}} - C_{\text{вт}}) \cdot V \cdot 3600$.

Рыбу кормили пастообразным кормом, состоящим из говяжьей селезки (55–70%), отсевов гранулированного корма рецепта 12–75 (28–43%), премикса (1%) и рыбьего жира (1%). Суточный рацион рассчитывали на основании имеющихся рекомендаций (Остроумова, Шабалина, 1972). В первый и второй бассейны корм вносили на обычных кормушках (керамических горшках), а в третий — с помощью аэрокормушки (Лавровский, 1978). Результаты опыта обрабатывали по методу, описанному Г. Г. Винбергом (1956).

Зависимость между количеством выделяемого азота аммиака и массой одной рыбы можно представить в виде

$$Q_N = AW^k,$$

где Q_N — количество азота аммиака, выделяемого одной рыбой за 1 ч, мг;

A — коэффициент, численно равный количеству азота аммиака, выделенного одной рыбой, масса которой равна единице;

W — масса рыбы, г;

k — показатель степени, характеризующий скорость и направление изменения Q_N в зависимости от изменения массы рыбы W .

A и k рассчитывали по методу наименьших квадратов. Основные результаты опытов, приведенные к температуре 15°C, представлены в таблице.

В сумме по бассейнам с обычными кормушками была получена следующая зависимость:

$$Q_N = 0,073W^{0,75}, \quad (1)$$

или в логарифмической форме

$$\lg Q_N = 0,75 \lg W - 1,1367. \quad (2)$$

Степень зависимости между количеством выделяемого азота аммиака и массой рыбы ($k=0,75$), рассчитанная по вариантам I и II, оказалась весьма близкой к величине $k=0,76$, найденной Г. Г. Винбергом (1956) и связывающей общий обмен и массу рыбы. Очевидно, это совпадение не является случайным. Оно свидетельствует об относительной универсальности данного показателя и расширяет область его применения.

Условия, в которых выращивается рыба, могут вызывать значительные отклонения A и k от величин, указанных в таблице. В первом бассейне (вариант I) при плотности посадки 18,18 тыс. шт./м³ условия выращивания были более благоприятными, чем во втором и третьем бассейнах (варианты II и III): темп роста рыбы в первом бассейне на 26–30% выше, чем в двух других. Такому темпу роста соответствовал и более высокий уровень

Вариант опыта	Конечная масса одной рыбы*, г	Среднесуточный прирост**, %	k	A	Интенсивность выделения азота $\frac{Q_N}{W}$, мг/(мг·ч)	
					начальная	конечная
I	7,2	2,7	0,75	0,080	69,2	45,8
II	4,7	1,9	0,64	0,074	63,0	41,8
III	5,0	2,0	1,17	0,047	50,3	60,3

* Начальная масса одной рыбы во всех бассейнах 1,5 г.

** Среднесуточный прирост за 59 дней выращивания рассчитывали по результатам пяти контрольных взвешиваний с использованием формулы, предложенной Г. Г. Винбергом (1956).

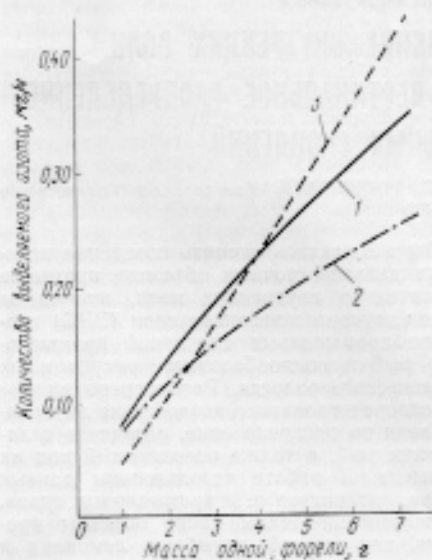
выделения азота ($k=0,75$, $A=0,080$). Во втором бассейне (вариант II) из-за большей плотности посадки условия выращивания хуже, чем в первом бассейне. При этом наблюдалась тенденция к более резко выраженной зависимости между количеством выделяемого азота аммиака и массой рыбы (см. рисунок). Согласно полученным данным к концу опыта рыба массой 4 г в первом бассейне выделяла 0,23, во втором—0,18 мг азота в час.

Влияние условий выращивания на характер зависимости между количеством выделяемого азота и массой рыбы наиболее заметно в варианте III. С установкой аэрокормушки показатель степени k оказался больше единицы и достоверно отличался от величины k , полученной в варианте II. Корм, находящийся на аэрокормушке, был менее доступен мелкой рыбе, и более крупная рыба получала больше пищи. В то же время по мере роста форели доступность корма возрастала. Этим очевидно, и объясняется несколько необычная величина $k=1,17$ в варианте III, свидетельствующая, что увеличение количества выделяемого одной рыбой азота опережало скорость роста форели.

Однако, несмотря на высокое значение k , абсолютное количество азота, выделяемого одной рыбой до того, как она достигла массы 2,5 г, в третьем бассейне было ниже, чем в других бассейнах. Это нашло отражение в низком коэффициенте $A=0,047$. Как видно из рисунка, после достижения массы 2,5 г форель в третьем бассейне, получавшая корм с аэрокормушки, выделяла больше азота, чем рыба такой же массы во втором бассейне, а затем, при достижении массы 3,6 г, — больше, чем рыба в первом бассейне.

Зависимость между количеством азота аммиака, выделяемого рыбой, и массой рыбы достаточно хорошо передается параболой $Q_N = AW^k$.

До получения более точных данных для ориентировочных расчетов количества азота аммиака, выделяемого одной форелью за 1 ч, можно использовать приведенную выше ло-



Зависимость между количеством выделяемого азота и массой одной форели при производственном выращивании: 1 — вариант I, $A=0,080$, $k=0,75$; 2 — вариант II, $A=0,074$, $k=0,64$; 3 — вариант III, $A=0,047$, $k=1,17$.

гарифмическую формулу (2). Полученное значение соответствует температуре 15°C , и для приведения его к фактической температуре следует обратиться к таблице температурных поправок (Винберг, 1956). Если же нужно вычислить интенсивность выделения азота, найденное значение Q_N следует разделить на массу рыбы и умножить на 1000.

Условия выращивания форели могут оказывать большое влияние на параметры A и k , что необходимо учитывать при проведении расчетов. Если условия кормления и выращивания значительно отличаются от описанных выше, то для уточнения найденной зависимости следует провести дополнительные исследования.

Предложенные формулы позволяют рассчитывать не только интенсивность выделения азота на единицу массы рыбы, но и количество азота, выделяемого одной рыбой в производственных условиях при высоких плотностях посадки.

Результаты работы показали также, что интенсивность азотного обмена при использовании аэрокормушки повышается по достижении форелью массы 2,5—3,6 г.