

## ТЕСТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОДНОЙ СРЕДЫ РЫБОВОДНЫХ ПРУДОВ И ВОДОХРАНИЛИЩ

С.А. Баранов<sup>1</sup>, Э.В. Иванов<sup>2</sup>, А.А. Нагорный<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский НИИ пресноводного рыбного хозяйства, 141821, пос. Рыбное, Дмитровский район, Московская область, Россия

<sup>2</sup>Экологический факультет, Российский университет дружбы народов, Подольское шоссе, 8/5, 113093, Москва, Россия

<sup>3</sup>ВЦНЛК МЧС, ул. Веселая, 33-3, 115516, Москва, Россия

Рассмотрены наиболее значимые биологические методы определения качества водной среды, разработанные для промышленного выращивания рыбы и определения качества водной среды водохранилищ. Используя эти методы, можно за несколько дней предсказать возникновение токсикозов у рыб или гибель последних.

В данной работе приведены, на наш взгляд, наиболее значимые биологические методы определения качества водной среды, разработанные для промышленного выращивания рыбы и определения качества водной среды водохранилищ. Используя эти методы, можно за несколько дней предсказать возникновение токсикозов у рыб или гибель последних.

I. Методика, основанная на расчетах экологического коэффициента. Разработана к.б.н. С.А. Барановым во ВНИИ прудового рыбного хозяйства (лаборатория теоретических исследований по определению качества водной среды). Эта методика предназначена для расчета роста карпа в зависимости от переменных значений массы рыбы, времени выращивания, температуры воды и других экологических факторов. С этой целью было разработано уравнение стандартного роста карпа, которое имеет следующий вид:

$$M_k = \left( \sqrt[3]{M_0} + \frac{K_r \cdot K_3 \cdot T}{3} \right)^3$$

В этом уравнении  $M_0$  — стартовая масса рыбы,  $M_k$  — конечная масса рыбы через  $T$  дней,  $K_r$  — генетический коэффициент, постоянный для каждого вида рыб,  $T$  — заданное время выращивания рыбы — все величины постоянные.  $K_3$  — экологический коэффициент — величина переменная и зависит от многих факторов:

$$K_3 = \inf \{K_T; K_{O_2}; K_{pH}; K_{\text{корм}} \dots K_X\} \cdot K_{\text{ад}},$$

где знак  $\inf$  означает, что из  $N$  решений берут меньшее — в скобках дан перечень коэффициентов ряда факторов (табл. 1), из которых выбирают наименьший для прямого пользования и второй из наименьших для определения  $K_{\text{ад}}$ ;  $K_{\text{ад}}$  — коэффициент адаптации к следующему (после первого) лимитирующему фактору, определяется по следующей формуле:

$$K_{\text{ад}} = (K_3)^2 + 0,2T.$$

Таблица 1

## Выбор главного лимитирующего фактора

$K_3$	$T^{\circ}\text{C}$	$\text{O}_2$ , мг/л	pH	Другие факторы
1,0	24-28	5-8	7-8	...
0,8	18; 30	4; 11	8,5; 6,8	...
0,6	17; 32	2,5; 12	9; 6	...
0,4	14; 33	2; 13	9,3; 5,6	...
0,2	12; 34	1,5; 15	10; 5,4	...

Поскольку  $K_3$  характеризует качество воды и дает прогноз на конечную массу рыбы по истечении заложенного в формулу времени, то значения  $K_3$  от 0,7 до 1,0 характеризуют технологические условия выше средних, а от 0,7 до 0,4 — ниже средних. При значениях ниже 0,4 выращивание карпа нерентабельно.

$K_3$  зависит от скорости изменения параметров внешней среды и может быть еще определен по табл. 2. Данная таблица рассчитана для 4-й и 5-й рыбоводных зон [1, 2].

Таблица 2

## Зависимость экологического коэффициента от параметров водной среды и облачности

$K_3$	$T^{\circ}\text{C}$	Цветность	Серость	Облачность
0,4	6,0	63	9,0	15
0,6	12	60	7,5	9,0
0,8	16	58	5,5	7,0
1,0	20	56	4,0	5,0

II. Методика определения токсичности водной среды, основанная на оценке изменения размеров (диаметра) респираторных складок жаберных лепестков при воздействии различных химических загрязнителей воды. Данная методика отработывалась на следующих видах рыб: карп, плотва, голянь, форель. Суть методики основывается на том факте, что у рыб с массой тела до 100 г респираторные складки жаберных лепестков имеют в среднем ширину 8,6 мкм, у рыб более 100 г — 12,9 мкм. Эти факты (8,6 мкм; 12,9 мкм) приняты за морфологическую норму, которую в дальнейшем использовали как контроль при проведении лабораторных исследований в аквариумах, а также при исследованиях на прудах и водохранилищах.

Респираторные складки обладают высокой чувствительностью к воздействию токсикантов. Полный ответ на воздействие токсикантов составляет около 4 час. Поражение 25-30% респираторных складок свидетельствует о присутствии в воде незначительной дозы токсикантов, которую рыбы переносят легко. Поражение более 30%, но менее 90% респираторных складок свидетельствует о присутствии в воде летальных доз токсикантов. В данной ситуации наблюдаются необратимые разрушения респираторных складок, рыба плохо растет (применительно к рыбоводным прудам, где налажен контроль за ростом), на жабрах поселяются паразиты. Поражение более 90% респираторных складок может привести к гибели рыбы через 1-2 сут., если качество воды остается без изменения [3].

III. Методика, основанная на принципе установления градации воздействия токсикантов на жаберы рыб, дающая возможность выявления зависимости между степенью поражения жабр и поражающим фактором.

Некоторый процесс, или система, характеризуется набором разнородных показателей, а чтобы вывести на их основе некоторый интегральный показатель качества предлагается для каждого из выходных параметров построить безразмерную шкалу, называемую шкалой желательности, на которой 0 должен соответствовать абсолютно неприемлемому значению каждого из показателей, а 1 — такому их значению, которое можно было использовать как идеальное. Все промежуточные значения выходных параметров будут таким образом выражены между 0—1, определяющими степень желательности, т.е. близости к «идеалу» каждого из них.

Независимо от способов преобразования реальных шкал показателей в шкалы частных желательностей обобщенная функция желательности определяется затем как среднее геометрическое из частных желательностей:

$$D = \sqrt[n]{d_1 \cdot d_2 \cdot \dots \cdot d_n}.$$

При оценке гидрохимического режима водоема по показателям функции желательности необходимо определять следующие параметры воды — бихроматная окисляемость, рН, растворенный кислород (среднее значение дно—поверхность), жесткость, аммонийный азот, аммиак — согласно существующим инструкциям. Эти показатели приняты приоритетными на основании лабораторных исследований с применением многофакторного анализа и натурных исследований на водоемах.

По табл. 3 для найденных значений каждого из этих показателей качества воды находят величину частной желательности ( $d$ ), а затем вычисляют обобщенную желательность ( $D$ ) как среднее геометрическое найденных частных желательностей.

Величины от 90 до 45% указывают на благоприятные ситуации, величины от 45 до 30% указывают на необходимость применения гидрохимических мероприятий, величины ниже 30%, как правило, сопровождаются спустя 1-3 сут. усилением поражения жаберного аппарата с последующим развитием патологических процессов или гибелью рыбы и требует срочного применения гидрохимических мероприятий [4].

IV. Методика, основанная на определении способности микроводорослей трансформировать окисленный азот в восстановленный. В процессе роста микроводорослей и до момента, как клетка не остановит свой рост и не перейдет к внутрисклеточным изменениям, подготавливаясь к делению, восстановленный азот клеткой не используется и накапливается в окружающей среде. Крупные клетки, наоборот, интенсивно поглощают восстановленный азот. Восстановленный азот способствует развитию крупных клеток водорослей и в природных фитоценозах способствует смене ведущих форм видов.

Суть методики заключается в том, что рассчитывается либо средняя площадь сечения клетки, либо средний объем, либо средний вес. При работе с популяцией предположим, что в 1 мл культуральной среды содержится 100 клеток водорослей. При посеве данной культуры предположим, что в ней содержится 60 клеток размером  $3 \text{ мкм}^2$ , 30 клеток —  $5,2 \text{ мкм}^2$ , 10 клеток —  $8,2 \text{ мкм}^2$ . Находим суммарную площадь культуры перед посевом:  $60 \times 3 + 30 \times 5,2 + 10 \times 8,2 = 418 \text{ мкм}^2$ . Разделив на 100 клеток, получаем среднюю площадь клеток культуры, равную  $4,18 \text{ мкм}^2$ . Таким способом ведется расчет культуры на стационарной фазе, а затем сравниваются полученные размеры.

Таблица 3

## Переход от значений гидрохимических показателей к величине частной желательности

Частная желательность	pH	Кислород, мг/л	Жесткость, мг-экв/л	Аммонийный азот, мг/л	Аммиак, мг/л	Бихроматная окисляемость, мг О/л
1	9,00	5,9	2,0	1,40	1,000	20
5	8,9	5,80	2,2	1,3	0,089	20—22
10	8,80	5,7	2,25	1,25	0,079	23—24
15	8,7	5,6	2,3	1,18	0,071	25—26
20	8,6	5,50	2,30	1,15	0,063	27—28
25	8,55	5,25	2,50	1,10	0,000	29—30
30	8,50	5,12	2,55	1,05	0,050	31—32
35	8,40	5,0	2,60	0,95	0,040	33—34
40	8,30	4,90	2,70	0,93	0,039	35—36
45	8,25	4,80	2,80	0,87	0,032	38—40
50	8,10	4,70	2,90	0,60	0,031	41—44
55	8,0	4,50	3,00	0,57	0,025	45—48
60	8,00	4,00	3,10	0,56	0,024	49—52
65	7,80	4,35	3,20	0,55	0,020	53—60
70	7,75	4,20	3,25	0,52	0,018	61—65
75	7,70	4,00	3,30	0,50	0,016	61—65
80	7,65	4,00	3,40	0,48	0,014	61—65
85	7,60	4,00	3,50	0,46	0,012	61—65
90	7,50	4,00	3,50	0,44	0,010	61—65
95	7,50	4,00	3,50	0,42	0,010	61—65
100	7,50	4,00	3,50	0,40	0,010	61—65

В природном фитоценозе ведется расчет размеров каждого вида водорослей, находящихся в пробе, суммируются все размеры, а общая сумма размеров делится на общее число подсчитанных клеток, находящихся в пробе. Полученная величина есть размерная характеристика всего фитопланктона в пробе.

Если фитоценоз представлен мелкими клетками, то происходит накопление в водоеме восстановленного азота и органического вещества, при фоне кислорода до 200%. Если фитоценоз представлен крупными клетками, тогда водоем лишается биогенных элементов, растворенного органического вещества. Создается обстановка, когда резко падает жесткость воды при повышенном фоне кислорода. Оба состояния водоема приводят к различным видам токсикозов и отрицательно влияют на рост рыбы. Этот метод позволяет дать характеристику состояния водоема без проведения химических анализов воды [5].

V. Методика с использованием фрагментов саркоплазматического ретикулума (ФСР). ФСР — представляют собой мембранную фракцию, получаемую центрифугированием при 1000 и 4000 g гомогената скелетных мышц карпа. Гидролизуя АТФ, эта фракция активно поглощает из среды  $\text{Ca}^{2+}$ . Присутствие токсикантов в водной среде тормозит поглощение кальция ФСР.

Данная модельная система прошла проверку на действие ионов металлов переменной валентности, жирных кислот природного происхождения (олеиновой, линолевой, линоленовой), а также на действие детергентов.

В процессе развития фитопланктона в воде рыбоводных прудов фиксируется наличие жирных кислот. Особая ценность этой методики заключается в том, что она способна показать степень токсичности растворенного в воде органического вещества окисленного физико-химическим путем.

Названные жирные кислоты в чистом виде производят полумаксимальное торможение кальция в концентрациях 20-30 мкг в 1 мл суспензии. Если вводить гидроперекиси этих кислот в модельную систему ФСР, то ингибирование кальция происходит уже при концентрации 10-20 нмоль. В липидах водной среды рыбоводных прудов содержание гидроперекисей в 1 мг жирорастворимых соединений составляет в среднем 10 нмоль. В отдельные периоды содержание гидроперекисей в воде прудов увеличивается в 10-15 раз [6].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов С.А., Стариков Е.А., Резников В.Ф., Толчинский Г.И. Расчет роста карпа с помощью тактического рыбоводного планшета. — ВНИИПРХ, 1979. — С. 6.
2. Резников В.Ф., Баранов С.А., Стариков Е.А., Толчинский Г.И. Стандартная модель массонакопления рыбы // Механизация и автоматизация рыбоводства и рыболовства во внутренних водоемах. Вып. 22. — М., 1978. — С. 182-195.
3. Авторское свидетельство №110729 от 22.10.84. Способ контроля воды на токсичность.
4. Иванов Э.В., Горюнова С.В., Максимов В.Н. Применение биологических тестов для оценки степени токсичности водной среды при нормальном развитии фитопланктона // Вестник РУДН. Сер. «Экология и безопасность жизнедеятельности». — 1996. — №1. — С. 46-51.
5. Иванов Э.В. Размерные характеристики фитопланктона и связь их с качеством воды // Проблемы экологии Прибайкалья. Тезисы докладов к III Всесоюз. науч. конф. — Иркутск, 1988. — С. 95.
6. Шестерин И.С., Иванов Э.В. Использование субклеточных структур из тканей рыб для оценки токсичности водной среды // Всесоюз. конф. молодых ученых «Научно-технический прогресс в рыбной промышленности». Тезисы докладов. — М., 1976. — С. 70-71.

## THE TESTS APPLIED FOR ASSESSMENT OF AQUATIC ENVIRONMENT QUALITY OF FISHING PONDS AND WATER STORAGE BASINS

S.A. Baranov<sup>1</sup>, E.V. Ivanov<sup>2</sup>, A.A. Nagorny<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>All-Russian Research Institute of Freshwater Fishing Economy,  
141821, pos. Rybnoe, Moscovskaya obl., Russia

<sup>2</sup>Ecological Faculty, Peoples' Friendship Russian University,  
Podolskoye shosse, 8/5, 113093, Moscow, Russia

<sup>3</sup>All-Russian Center of Monitoring and Forecasting of Emergencies,  
Veselaya street, 33-3, 115516, Moscow, Russia

In the article the most significant biological methods of definition of aquatic environment quality of fishing ponds and water storage basins designed for industrial cultivation fish are given. Usage of these methods allows to forecast occurrence of toxicosis and death in fishes before some days.