

## Подходы к расчетам аэрационных мощностей в рыбоводных прудах

Н.М. Белковский, канд. биол. наук, НПП "Салмо.ру", [www.salmo.ru](http://www.salmo.ru)

Одним из самых существенных ограничений в рыбоводстве является содержание растворенного кислорода. Гипоксия негативно влияет практически на все рыбоводные показатели: выживаемость, рост, физиологическое состояние, эффективность, использование кормов, устойчивость к заболеваниям, то есть на все, что определяет результативность рыбоводства.

Массовая гибель рыбы в прудах до сих пор представляет собой реальную угрозу, с которой сталкиваются многие, если не большинство, рыбоводных хозяйств в стране.

До настоящего времени считается, что самым очевидным решением проблемы дефицита кислорода является аэрация воды с помощью аэраторов различного типа либо использование чистого кислорода, вводимого в воду с помощью оксигенаторов.

В вопросе практического применения аэраторов существует много предрассудков и неверных оценок возможностей этой технологии.

К слову сказать, до сих пор в народном сознании прочно укоренилась мысль, что зимой прорубь в водоеме позволяет спасти рыбу от замора. На бесполезную работу по созданию прорубей расходуется много ресурсов, и до сих пор это считается важной мерой по сохранению рыб.

Аэраторы реально могут спасти озеро или пруд от замора, однако необходимо правильно выбрать количество и мощность аэраторов и рационально расположить их на водоеме.

Производительность аэраторов, измеряемая количеством растворенного в воде кислорода, варьирует в широких пределах и зависит от многих факторов, прежде всего от исходного содержания кислорода и температуры.

На рис. 1 показано, как меняется скорость насыщения воды кислородом по мере увеличения его концентрации.

При низком содержании кислорода аэраторы достаточно производительны, растворяя 1,5–2 кг кислорода на 1 кВт, но уже при 70–80% насыщения их эффективность значительно снижается.

Следовательно, для достижения максимального эффекта аэраторы должны работать в воде с низким содержанием кислорода. В прудах и озерах это обычно глубинные слои воды. У дна скапливается большое количество окисляющихся органических веществ, а из-за низкой освещенности фотосинтез или вообще не протекает, или идет с небольшой интенсивностью. В придонных же слоях воды расходуется основная масса кислорода, потребляемого озером или прудом.

В таблице приведены типичные значения окислительно-восстановительного потенциала и содержания кислорода на разных глубинах. Если аэратор воздействует на поверхностные слои воды, которые уже насыщены кислородом за счет фотосинтеза и контакта с атмосферным воздухом, эффективность его работы становится гораздо ниже, чем если бы он аэрировал воду из придонных слоев.

В аэраторах серии "Поток" двигатель с винтом помещен в кожух, что по сути превращает его в осевой пропеллерный насос, способный закачивать воду для аэрации практически с любой глубины водоема (рис. 2). Кроме того, механизм регулировки угла наклона моторного модуля позволяет направлять поток водовоздушной смеси вниз ко дну и воздействовать на придонные слои воды. Летом, если водоем активно "цветет", в верхнем слое воды содержа-

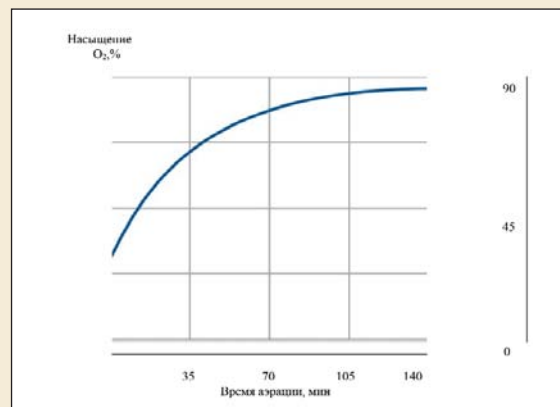


Рис. 1. Скорость насыщения воды кислородом в зависимости от его концентрации (опыты в экспериментальном бассейне)

ние кислорода может значительно превысить 100%.

В этом случае задачей аэратора становится в первую очередь перемешивание воды в пруду, разрушение температурной и кислородной стратификации.

В результате такой работы пруд будет дополнительно насыщаться кислородом, образовавшимся в результате естественных процессов фотосинтеза.

Чтобы оценить возможности аэраторов в отношении того или иного водоема, попытаемся количественно определить те величины, которыми может измеряться дефицит кислорода в нем.

Об этом может дать представление следующая умозрительный пример.

Допустим, мы имеем нагульный рыболоводный пруд площадью 100 га, средней глубиной 1,5 м и объемом 1,5 млн м<sup>3</sup>.

В течение суток содержание кислорода колеблется от 5 мг/л (г/м<sup>3</sup>) в максимуме в конце светового дня до 1 мг/л (г/м<sup>3</sup>) в минимуме в конце ночи.

Падение кислорода происходит за 12 ч, после чего снова начинается его рост. Следовательно, во всем пруду за 12 ч расходуется 6 т кислорода, или 500 кг/ч.

$$(5 - 1) \times 1500000 : 12 = 500\ 000 \text{ г/ч.}$$

Окислительно-восстановительный потенциал и растворенный кислород на разных глубинах в рыболоводном пруду

Глубина, м	Насыщение кислородом, %	Окислительно-восстановительный потенциал, мВ
0,5–1	70–80	От +120 до +180
1–1,5	30–40	От +50 до +80
1,5– 2	5–10	От +10 до +20
Придонный слой воды	0	<b>От 0 до -100</b>

Затем с такой же скоростью кислород начинает расти. Чтобы полностью скомпенсировать ночные потери кислорода во всем пруду, потребуется более 300 кВт аэрационных мощностей, или 200 аэраторов на 1,5 кВт, что практически невозможно и не нужно.

Попытаемся хотя бы приблизительно оценить, какое количество кислорода потребляет сама рыба. Допустим, общая ихтиомасса в пруду составляет 300 т. Интенсивность общего обмена при температуре 20°C примем, равной

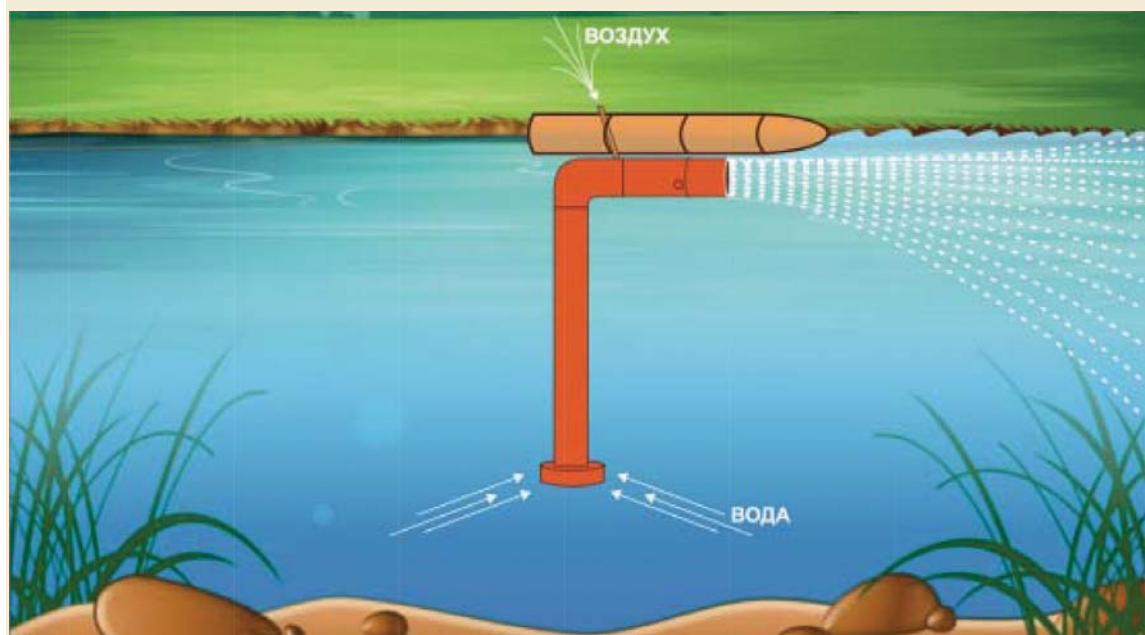


Рис. 2. Схема работы аэраторов серии "Поток". Водозабор с глубины повышает эффективность аэрации

250 мг/кг в 1 ч. Тогда окажется, что вся рыба потребляет примерно 75 кг кислорода в 1 ч, или всего 15% от общего количества кислорода прудом.

При использовании аэраторов не ставится задача полностью компенсировать расходную часть кислородного баланса пруда.

Основную часть потребляемого рыбой кислорода дает сам пруд, и дефицит кислорода, непосредственно приводящий к замору, может быть относительно небольшим.

Иными словами, в этой ситуации аэраторы убирают ту самую "соломинку", которая могла бы переломить спину "верблюду".

Приблизительный расчет баланса кислорода для всего пруда в течение длительного периода времени может проводиться по следующей формуле.

$$O_2 = (C_1 - C_2) V / N24,$$

где  $O_2$  – потребление кислорода всем прудом в среднем, г в 1 ч;

$C_1$  – среднее содержание кислорода в пруду в начале расчетного периода, г/м<sup>3</sup>;

$C_2$  – среднее содержание кислорода в пруду в конце расчетного периода, г/м<sup>3</sup>;

$V$  – объем пруда, м<sup>3</sup>;

$N$  – продолжительность периода в сутках (промежуток времени между измерением  $C_1$  и  $C_2$ );

24 – число часов в сутках;

Эти расчеты позволяют оценить, насколько быстро нарастает дефицит кислорода в пруду и когда возможно наступление заморов.

Такая же схема расчетов может применяться и для определения аэрационных мощностей, необходимых для непосредственного предотвращения гибели рыбы.

Предположим, что гибель карпа начинается при содержании кислорода 1,0 мг/л, а 1,5 уже гарантирует выживание рыбы.

Допустим, что этот дефицит формируется в течение 12 часов.

Тогда масса жизненно необходимого кислорода в приведенном выше примере составит:

$$(1,0 - 0,5) \times 1500000 : 12 = 62,5 \text{ кг кислорода.}$$

Эта нехватка кислорода относится ко всему объему пруда.

Если же принять, что лишь 15% будет потреблено рыбой, то тогда теоретически для спасения рыбы от гибели потребуется растворять в воде по 9 кг кислорода в 1 ч.

Такое количество уже соизмеримо с тем, которое могут растворить в воде аэраторы.

Для этого понадобилось бы, как минимум, шесть аэраторов мощностью по 1,5 кВт каждый, при условии, что весь вырабатываемый ими кислород идет только на удовлетворение кислородных потребностей рыб, что, конечно, невозможно.

Приведенные выше расчеты весьма приблизительны и должны лишь показать порядок величин, с которыми имеет дело рыбовод при расчете аэрационных мощностей.

Каждый пруд имеет свои специфические особенности, которые необходимо учитывать при этих расчетах.

Кислород, растворенный в воде в результате работы аэраторов, расходуется не только для дыхания рыб, но и другими его потребителями.

Для повышения эффекта от аэрации аэраторы должны быть сосредоточены на небольшой площади пруда, чтобы привлечь рыбу в зону работы аэраторов, где содержание кислорода будет выше, чем в остальном пруду.

*Создание одного или нескольких "кислородных полей" в пруду, где концентрация кислорода будет достаточной для выживания, позволит рыбе спастись от замора.*

*Установка аэраторов должна производиться таким образом, чтобы свести к минимуму рассеивание введенного в воду кислорода по всему пруду.*

*Несколько килограммов кислорода, распределенных на большой площади, могут не помочь рыбе избежать гибели, но если эти же килограммы будут сосредоточены в ограниченной зоне, рыба может спастись в ней.*

*Следовательно, аэраторы нужно располагать на пруду напротив друг друга, использовать береговую линию как отражающий экран, чтобы вода как можно дольше оставалась в зоне работы аэраторов, не смешиваясь с остальной водой в водоеме.*



## Иммуногенная активность пробиотиков

В.Г. Енгашев, канд. вет. наук, ООО Научно-внедренческий центр "Агроветзащита"

К.В. Гаврилин, д-р. биол. наук, Московский государственный университет технологии и управления

В последнее время пробиотики получили широкое применение для профилактики аэромоноза, хотя Инструкции по их применению и Инструкция о мероприятиях по борьбе с аэромонозом не содержат указаний по их использованию при этом и других инфекционных заболеваниях рыб. К тому же, имеется ряд научных и практических противоречий по их применению в аквакультуре как иммуностимулирующих средств.

Пробиотики получили распространение в рыбоводстве как иммуностимулирующие средства в 1980-е гг. после получения положительных результатов испытаний их иммуногенной активности при аэромонозе.

Однако спустя некоторое время многие хозяйства Центральной и Южной зоны рыбоводства отказались от их применения для профилактики аэромоноза, как препаратов, не защищающих рыб от его возникновения.

Применяемые в отечественном рыбоводстве пробиотики (Суб-Про, Субтилис) сконструированы на основе бактерий рода *Bacillus* для использования у животных с температурой тела 38-40°C.

При использовании у рыб и попадая в кишечник, они, как считают некоторые авторы, размножаются и вытесняют из кишечника патогенную микрофлору. Хотя этот процесс протекает значительно менее интенсивно, чем у животных, так как средняя температура тела рыб в течение вегетационного сезона вдвое ниже температуры тела животных. Соответственно, вырабатывается меньшая степень защищенности рыб от воздействия патогенов.

Необходимо отметить, что механизмы действия пробиотиков изучены у рыб поверхностно и чаще демонстрируются потенциальному потребителю в виде принципиальных схем, а не установленных фактов.

Так, вытеснение патогенной микрофлоры из кишечника рыб происходит за счет неких факторов, синтезируемых клетками бацилл. Если эти факторы являются антибиотическими, то встает такая же проблема развития резистентности к ним естественной кишечной микрофлоры [1,2].

Бациллы не относятся к естественной кишечной микрофлоре рыб, поэтому нет ничего удивительного, что они достаточно быстро (в среднем за 5–10 суток) выводятся из кишечника рыбы.

Быстрое развитие резистентности к пробиотическим бактериям в результате частого применения пробиотиков и кратковременного пребывания в кишечнике рыб сводит на нет их действие на патогенную микрофлору и иммуногенную активность. Это подтверждается возникновением аэромоноза в хозяйствах, активно применяющих пробиотики.

Экспериментальную ясность в этот вопрос вносят весьма интересные результаты исследований этого пробиотика, проведенные специалистами лаборатории иммунологии Института биологии внутренних вод РАН с нашим участием [3].

При изучении иммуногенной активности Суб-Про было выявлено незначительное повышение уровня бактерицидной активности сыворотки крови (БАСК) в группе карпов, получавшей во все дни исследования Суб-Про. Максимальные значения БАСК в этой группе было  $13,56 \pm 0,23\%$ , при показателе в контрольной группе  $10,50 \pm 0,95\%$  (в течение опыта). Это повышение иммуностимулирующего действия оказалось кратковременным.

Несмотря на практические и экспериментальные данные по более высокой эффективности применения лекарственных препаратов, которые профилактируют, лечат и ликвидируют заболевания, обработка рыб пробиотиками методом лечебно-профилактического кормления за счет бюджетных противозпизоотических средств, составляет в последние годы около 80% поголовья и за счет собственных средств – около 30%.

Применение пробиотиков вместо лекарственных препаратов в значительной степени снижает защиту здоровья рыб и эпизоотического благополучия рыбководных хозяйств.

Пробиотики оставляют в тканях рыбы продукты своей жизнедеятельности, создавая проблему отсутствия данных по накоплению, выведению и содержанию остаточных коли-