

# ТОВАРНАЯ АКВАКУЛЬТУРА И ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО ГИДРОБИОНТОВ

УДК 639.3

*Г. И. Пронина, Н. Ю. Корягина, П. В. Терентьев*

## ВОЗДЕЙСТВИЕ ФИТОПЛАНКТОНА НА КИСЛОРОДНЫЙ РЕЖИМ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОЕМА В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

Исследуется динамика содержания кислорода в водоеме: поступление из воздуха, выработка водорослями, потребление рыбами в зависимости от температуры среды, плотности посадки рыбы и других факторов. Цель исследований – разработка мероприятий по поддержанию оптимального кислородного режима водоема. Определялся видовой состав водорослей в разные сезонные периоды. Весной (в первой декаде марта) концентрация фитопланктона в пробах воды составила 0,3 млн/л, основная масса фитопланктона приходилась на зеленые водоросли. В тот же период 2014 г. содержание кислорода было относительно высоким – более 18 мг/л. В пробах воды концентрация водорослей составляла 30 млн/л (99 % фитопланктона приходилась на диатомовые, являющиеся основным источником кислорода). Снижение кислорода по сравнению с 2014 г. произошло из-за низкой температуры воды (1,6–2,5 °С) и, соответственно, иного видового состава фитопланктона. Установлено, что количество кислорода, поступающего в водоем из атмосферы воздуха – 80 мг/(м<sup>3</sup>·ч), в сотни раз меньше продуцируемого фитопланктоном водоема – 1750 мг/(м<sup>3</sup>·ч). Показано, что можно повысить эффективность использования водоема путем сокращения принудительной аэрации при бурном развитии фитопланктона, особенно диатомовых водорослей, а также добавлением в воду оксидантов, закачки углекислого газа и т. д. при недостатке фитопланктона. Таким образом, появляется возможность рационального управления кислородным режимом экосистемы водоема.

**Ключевые слова:** кислородный режим водоема, фитопланктон, рекреационное рыбное хозяйство, удельное потребление кислорода.

### Введение

Основным критерием эффективного функционирования рекреационного рыбного хозяйства является качественная организация круглогодичного лова рыбы спортивными снастями. В большинстве случаев круглогодичный лов рыбы происходит в постоянно эксплуатируемом водоеме (не сбрасываемом на зиму или лето). Проточность таких водоемов осуществляется за счет использования артезианских источников водоснабжения, что в значительной степени влияет на температурный режим водоёма (снижает летнюю температуру воды и повышает зимнюю). Однако артезианские источники водоснабжения имеют небольшой дебет, поэтому с технологической точки зрения такие водоемы относятся к частично замкнутым системам открытого типа.

Раннее распаление льда (технологический прием, увеличивающий экономические показатели), достигаемое аэрацией и потокообразованием, приводит к ранней генерации фитопланктона. Жизнедеятельность фитопланктона при температуре воды от +1,5 до +10 °С изучена мало в связи с тем, что водоемы с высоким уровнем биогенов, формирующихся в осенне-зимний период, практически не используются в рыбных хозяйствах продукционного типа.

Высокие значения плотности посадки рыбы и большое разнообразие используемой поликультуры приводят к накоплению в зимний период значительного количества растворенных в воде биогенов, в частности углекислого газа. При температуре воды +5 °С 100 %-я насыщаемость её углекислым газом соответствует 3 г/л. Двуокись углерода почти всегда содержится

в воде пресноводных водоемов в растворенном состоянии и частично (около 1 %) в виде угольной кислоты  $H_2CO_3$ , образующейся от взаимодействия углекислого газа с водой. Одним из основных источников поступления углекислоты в воду являются водные растения, которые в темное время суток поглощают кислород и выделяют углекислоту. Выделяющаяся углекислота может изменять реакцию среды (рН). Например, в стоячих водах во время цветения воды, в результате накопления свободной углекислоты, величина рН в утренние часы резко снижается, а вечером, вследствие потребления углекислоты и накопления гидроксильных ионов, повышается до 9,0–10,0 [1–6].

Кислород постоянно присутствует в растворенном виде в поверхностных водах. Содержание в воде растворенного кислорода характеризует кислородный режим водоема и играет важнейшую роль при оценке его экологического и санитарного состояния. Кислород должен содержаться в воде в достаточном количестве, обеспечивая условия для дыхания гидробионтов. Он необходим также для самоочищения водоемов, т. к. участвует в процессах окисления органических и других примесей, разложения отмерших организмов. Снижение концентрации растворенного кислорода свидетельствует об изменении биологических процессов в водоеме, о загрязнении водоема биохимически интенсивно окисляющимися веществами (в первую очередь – органическими). Потребление кислорода обусловлено также химическими процессами окисления содержащихся в воде примесей, а также дыханием водных организмов.

Поступление кислорода в водоем происходит путем его растворения при контакте с воздухом (абсорбции), а также в результате фотосинтеза водными растениями, т. е. в результате физико-химических и биохимических процессов. Кроме того, кислород поступает в водные объекты с дождевыми и снеговыми водами. Вследствие этого существует много причин, вызывающих повышение или снижение концентрации в воде растворенного кислорода [7].

Растворенный кислород находится в воде в виде гидратированных молекул  $O_2$ . Содержание растворенного кислорода зависит от температуры, атмосферного давления, степени турбулентности воды, количества осадков, минерализации воды и пр. При каждом значении температуры существует равновесная концентрация кислорода, которую можно определить по специальным справочным таблицам, составленным для нормального атмосферного давления. Степень насыщения воды кислородом, соответствующая равновесной концентрации, принимается равной 100 %. Растворимость кислорода возрастает с уменьшением температуры и минерализации и с увеличением атмосферного давления.

В поверхностных водах содержание растворенного кислорода может колебаться от 0 до 14 мг/л и подвержено значительным сезонным и суточным колебаниям. В эвтрофированных и сильно загрязненных органическими соединениями водных объектах может иметь место значительный дефицит кислорода. Уменьшение концентрации растворенного кислорода до 2 мг/л вызывает массовую гибель рыб и других гидробионтов.

В воде водоемов в любой период года до 12 часов дня концентрация растворенного кислорода должна быть не менее 4 мг/л. Для рыбохозяйственных водоемов ПДК растворенного в воде кислорода установлена на уровне 6 мг/л (для ценных пород рыбы) либо 4 мг/л (для остальных пород).

Растворенный кислород является весьма неустойчивым компонентом химического состава вод.

В результате жизнедеятельности бактерий происходит аэробное биохимическое окисление присутствующих в воде органических соединений. При наличии в воде сильных окислителей и соответствующих условий протекают химические реакции окисления органических веществ. В результате этого уровень кислорода в водоеме падает.

Кислород выделяется в толщу воды в результате процесса фотосинтеза фитопланктона (в особенности диатомовых водорослей), лучше всего протекающего в дневное время. Основным свойством фитопланктона, имеющим наибольшую функциональную значимость для водоема, является не только трансформация биогенов в массу, но и производство при этом кислорода. Для пищевой активности рыб содержание в воде кислорода имеет одно из решающих значений.

Ночью идет обратный процесс – выделение углекислоты и потребление кислорода. Вследствие этого максимальное содержание растворенного в воде кислорода приходится на полуполуденное время, а минимальное – на раннее утро (в сочетании с высокой температурой воды, штилевой погодой и т. п. это становится иногда причиной так называемых летних замо-

ров). Зимнее снижение содержания кислорода является естественным процессом, обусловленным грунтовым питанием рек и наличием ледяного покрова, препятствующего поступлению кислорода из воздуха. Резкий дефицит кислорода могут вызвать вещества органического происхождения, поступившие в водоем, для биохимического разрушения (бактериального или химического окисления) которых требуется большое количество кислорода.

К снижению содержания кислорода в воде могут приводить различные химические соединения и элементы. Например, закисное железо легко переходит в окисную форму и при этом связывает растворенный в воде кислород.

Цель нашего исследования – выявить причины снижения содержания в воде растворенного кислорода и оптимизировать его содержание в условиях рекреационного рыбоводного хозяйства.

### Материалы и методы исследования

Работа проводилась в рекреационном рыбоводном хозяйстве, расположенном на базе Выставки достижений народного хозяйства (ВДНХ). Площадь водоема составляла 0,7 га, общий объем – около 10 тыс. м<sup>3</sup>. Водоём функционирует как частично замкнутая система открытого типа.

В хозяйстве используются аэрация и потокообразование, артезианское водоснабжение.

Время проведения исследований: с середины марта до середины мая.

С 15 марта было отмечено резкое снижение содержания кислорода – до 4,2–5,5 мг/л при температуре 1,6–2,5 °С.

В ходе всего эксперимента проточность составляла 12–15 м<sup>3</sup>/ч (в обычном режиме – 10 м<sup>3</sup>/ч, полная смена объёма – 40–42 сут).

Для нормализации кислородного режима водоема в зону действия потокообразователя вносили 38 %-ю перекись водорода (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) – 90 кг на 10 тыс. м<sup>3</sup> в течение 5-ти часов.

После этого содержание кислорода составляло 8,0–8,5 мг/л; рН воды – 6,3.

Известно, что одним из механизмов самоочищения воды в открытых водоемах являются реакции окисления перекисью водорода, представляющей собой сильный окислитель, легко разлагающийся на атомарный кислород и воду.

В отличие от рыбоводных хозяйств, специализирующихся только на выращивании рыбы, плотность посадки в которых – величина практически постоянная в зимний период и постепенно увеличивающаяся в вегетационный сезон, в рыбоводном хозяйстве на ВДНХ плотность посадки рыб резко возрастает при завозе крупных партий рыбы и постепенно снижается по мере их реализации.

Количество рыбы в водоеме на момент исследований составило 2030 кг (табл. 1).

Таблица 1

Количество рыбы в водоеме

Вид рыб	Реализовано за февраль 2014 г.	На момент исследований
	кг	
Осетровые	262	600
Форель	1272	400
Карп	49	600
Щука	22	130
Сом	–	100
Карась и мелкий частик	–	200

В пробах воды исследовались количество и видовой состав фитопланктона при помощи цифрового микроскопа Optika LM-15.

Количество кислорода, потребляемое организмом в единицу времени на единицу веса тела (интенсивность потребления кислорода), определяли по формуле Кляшторина – Яржомбека [8]:

$$Q = (C_0 - C_t) V / t \cdot W,$$

где  $Q$  – интенсивность потребления кислорода, мл O<sub>2</sub>/ч на 1 г сырого веса;  $C_0$  и  $C_t$  – концентрация кислорода в начале и конце эксперимента;  $V$  – объем респирометра, л;  $t$  – время продолжительности опыта, ч;  $W$  – масса рыбы, г.

## Результаты исследований

Динамика содержания кислорода и температуры исследуемого водоема схематично представлена на рис. 1.

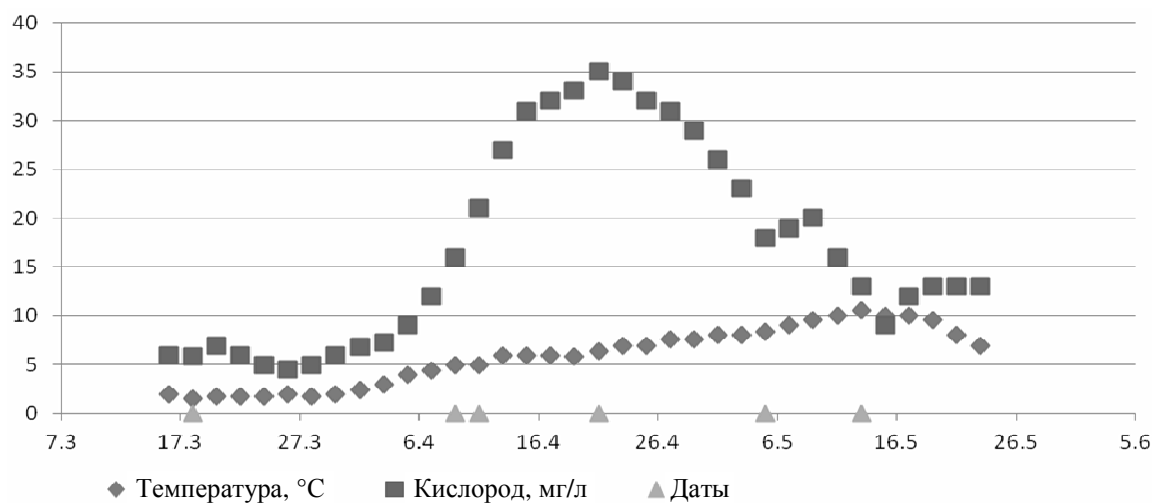


Рис. 1. Динамика содержания кислорода и температуры по датам.

Значками ▲ отмечены даты: 18.03 – начало цветения зеленых; 9.04 – начало цветения диатомовых; 11.04 – 1-й завоз форели (1000 кг); 21.04 – первые признаки газовой эмболии форели; 5.05 – 2-й завоз форели (1000 кг); 13.05 – окончание цветения диатомовых

С середины до конца марта 2015 г. наблюдалось снижение уровня кислорода в воде. С 27.03, при незначительном повышении температуры, наблюдалось резкое повышение уровня кислорода в воде.

В конце апреля температура составляла +6...+8 °С, кислород на поверхности пруда был на уровне 32 мг/л, на глубине (в придонных слоях) – 28 мг/л. Наблюдался расцвет диатомовых водорослей. С 21.04 появились первые признаки газовой эмболии форели.

После этого содержание кислорода в воде начало резко падать. Для выявления причин снижения концентрации кислорода в водоеме были взяты 19-литровые прозрачные пластиковые контейнеры, которые полностью заполняли прудовой водой. Время экспозиции составило 4 часа. Результаты эксперимента представлены в табл. 2.

Таблица 2

## Динамика содержания кислорода в эксперименте

Показатель	Температура, °С		Содержание кислорода, мг/л	
	В начале опыта	Через 4 часа	В начале опыта	Через 4 часа
На свету с термоизоляцией	2,0	2,2	6,5	6,7
В темноте	2,0	2,3	6,5	6,3
На свету без термоизоляции	2,0	3,5	6,5	9,1

На свету количество кислорода увеличилось до 9,1 мг/л, т. е. в 1,5 раза.

Выработка кислорода фитопланктоном составила:  $(9,1 - 6,5) / 4 = 0,65$  мг/(л · ч).

По сравнению с 2014 г. видовой состав фитопланктона значительно изменился. Концентрация фитопланктона в пробах воды (от 06.03) при низком содержании кислорода составила 0,3 млн/л, основная масса фитопланктона приходилась на зеленые водоросли (рис. 2), представленные родами *Chlamydomonas* sp. (наибольшее содержание), *Apatococcus lobatus*, *Euglena viridis*, *Chlorella* sp., *Golenkinia radiata*.

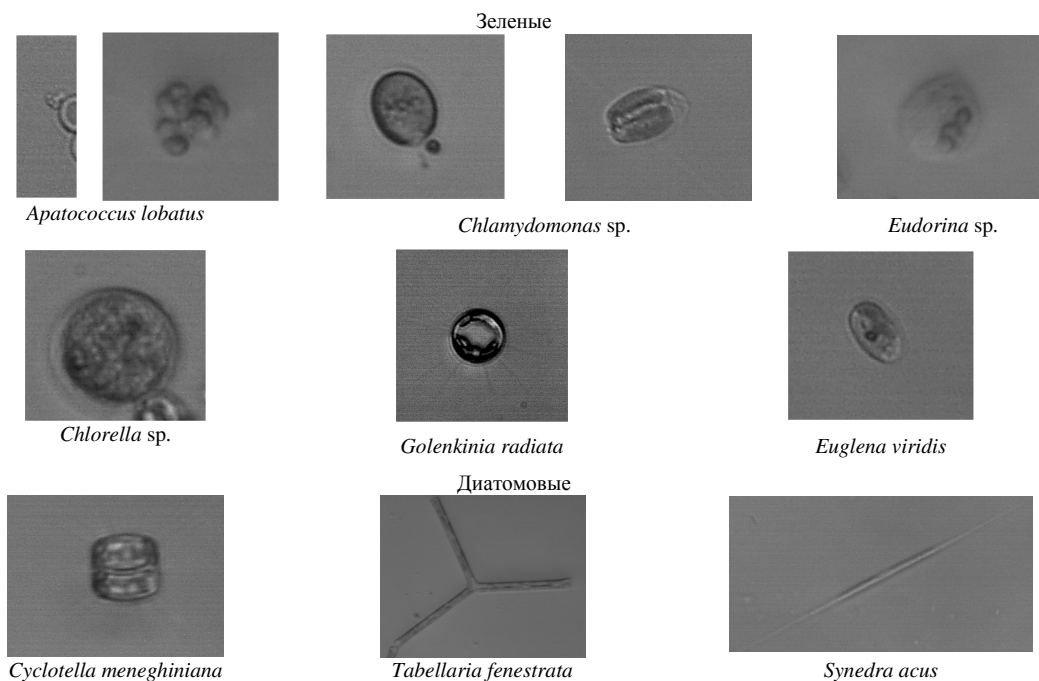


Рис. 2. Фитопланктон пруда в период наблюдений

Из диатомовых встречались в небольшом количестве (менее 10 % от общего числа водорослей) пеннатные бесшовные водоросли – *Synedra acus*.

В пробах воды присутствовали кокки – 0,01 млн/л, палочки – 0,45 млн/л, единичные стрептококки и спирохеты, бациллы (рис. 3).

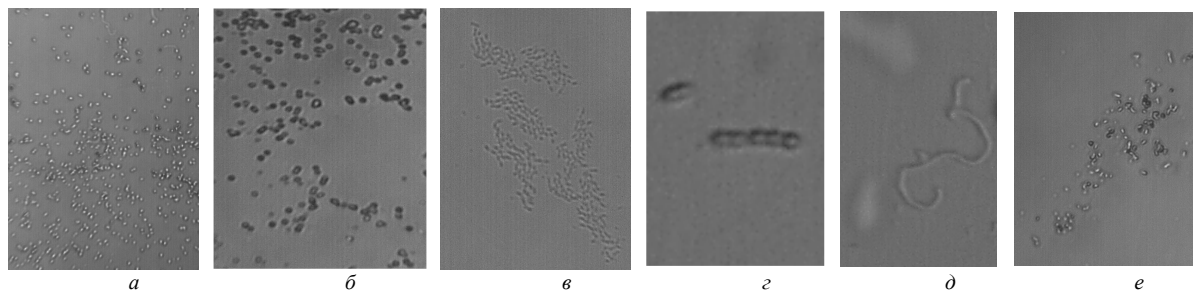


Рис. 3. Микроорганизмы пруда в период наблюдений:  
 а, б – кокки; в – палочки; г – стрептококки; д – спирохета;  
 е – бациллы (а, д – увеличение 200, б, в, г, е – увеличение 450)

В тот же период 2014 г. содержание кислорода было относительно высоким: более 18 мг/л. В пробах воды концентрация водорослей составляла 30 млн/л (99 % фитопланктона приходилась на диатомовые). Это на два порядка больше, чем во время настоящего исследования. Присутствовали следующие систематические группы диатомей: класс Центрические диатомеи: *Cyclotella meneghiniana* (доминирующий вид), класс Пеннатные: *Asterionella formosa*, *Tabellaria fenestrata*, *Gyrosigma pinnularia*, *Symbella tumida*, *Fragilaria crotonensis* [9].

По-видимому, причина снижения содержания кислорода кроется именно в видовом составе водорослей и низкой (1,6–2,5 °С) температуре воды.

Известно, что диатомовые являются основным источником кислорода. В нашем случае эти водоросли присутствовали в пробах воды в небольшом количестве. Фотосинтез зеленых водорослей (тоже относительно малое количество) при низких значениях температуры был замедлен, что не компенсировало ночное потребление экосистемой кислорода.

Постоянная аэрация водоема, проводящаяся в период исследований с использованием потокообразователя, практически не увеличивала содержание в воде кислорода: единственным значимым средством, увеличивающим содержание растворенного в воде кислорода, являлось регулярное внесение перекиси водорода.

По данным, приведенным в табл. 2, можно заключить, что фитопланктонное сообщество, состоящее в основном из зеленых водорослей, при температуре около 2 °С близко к анабиозному состоянию (характеризующемуся медленным развитием и низкой продуктивностью по кислороду). Следует отметить, что даже незначительное повышение температуры воды (на 1,5 °С) приводит к резкому увеличению продуктивности фитопланктона по кислороду.

Через 10 дней (26.03) наблюдалось повышение температуры воды (+4 °С) и, соответственно, содержания кислорода (до 16 мг %). Содержание фитопланктона возросло на порядок и составило 1,3 млн/л. Видовой состав фитопланктона в этот период показан на рис. 2.

Зеленые в основной массе были представлены родами *Chlamydomonas*, *Apatococcus lobatus*, присутствовали *Chlorella* sp., *Golenkinia radiata*, встречались единичные *Euglena viridis*.

Диатомовые составляли около 25 % от общего количества фитопланктона. Основной вид – *Synedra acus*, в большом количестве встречались *Cyclotella meneghiniana*, единично – *Tabellaria fenestrata*.

Содержание микроорганизмов в пробах воды увеличилось. Присутствовали в основном кокки, палочки; в меньшем количестве – бациллы (0,7 млн/л), спирохеты (0,2 млн/л).

Во второй декаде апреля температура воды в пруду увеличилась до 6,6 °С. Фитопланктон в большей массе был представлен диатомовыми водорослями (2,2 млн/л – 73 % от общего количества); основной вид – *Cyclotella meneghiniana*; присутствовали: *Synedra acus*, *Tabellaria fenestrata*, единично – *Nitzschia* sp. Зеленые водоросли составили 0,8 млн/л, встречались представители родов *Apatococcus*, *Chlamydomonas*, *Eudorina*.

**Эксперимент на стрессоустойчивость** фитопланктона к температурному фактору проводился с использованием 19-литровой открытой ёмкости, в которую наливалась прудовая вода. Опыт проводился при максимальной солнечной освещенности. Измерялись температура воды и содержание кислорода в начале и конце опыта. Начало – в 12.30, окончание – в 14.30. Экспозиция – 2 часа. Результаты показаны в табл. 3.

Таблица 3

**Динамика содержания кислорода  
в эксперименте на устойчивость фитопланктона к температуре**

Показатель	В начале опыта	Через 2 часа
Температура, °С	6,6	15,2
Содержание кислорода, мг/л	13,5	13,6
100 %-е насыщение кислородом, мг/л	11,5	9,5

$13,5 - 11,5 = 2$  мг/л кислорода выделялось в начале опыта.

$13,6 - 9,5 = 4,1$  мг/л кислорода выделялось в конце.

Рассчитываем выделение кислорода:  $4,1 - 2 = 2,1$  мг/л.

Учитывая, что время экспозиции составило 2 часа, получаем:  $2,1 : 2 = 1,05$  мг/(л·ч) – выработка кислорода водорослями.

Вычисления производились по предполагаемому максимально возможному варианту.

В сравнении с предыдущими исследованиями [9], с диапазоном значений температуры 14–16 °С, производство кислорода фитопланктоном составило 1,75 мг/(л·ч) или 1750 мг/(м<sup>3</sup>·ч) при подъеме температуры на 2,2 °С за период наблюдений (2 часа). В связи с этим результаты, полученные в настоящем опыте, могут трактоваться как стресс-воздействие резкого увеличения температуры на производство фитопланктоном кислорода.

**Эксперимент с термоизоляцией** проводился в 19-литровых закрытых ёмкостях с освещением и в темноте (табл. 4).

Таблица 4

**Динамика содержания кислорода в пруду с разным освещением**

Показатель	Температура, °С		Содержание кислорода, мг/л	
	В начале опыта	Через 2 часа	В начале опыта	Через 2 часа
На свету	6,3	7,0	18,5	21,2
На свету без термоизоляции	6,3	6,3	18,5	18,5

Результаты показали, что в темноте за 2 часа потребления кислорода фитопланктоном практически не происходит. Выработка кислорода составила:  $(21 - 18,5) : 2 = 1,25$  мг/(л·ч).

**Эксперимент по потреблению кислорода** проводился в двух вариантах – в емкостях 32 и 55,5 л.

В 32-литровую открытую емкость наливалась водопроводная вода, отстоянная до 100 %-го насыщения кислородом. Высота водяного столба составляла 30 см. В неё были посажены годовики плотвы ( $n = 15$ ), общая масса рыб –  $13 \text{ г} = 0,013 \text{ кг}$ . Результаты представлены в табл. 5.

Таблица 5

Динамика потребления кислорода рыбой (емкость 32 л)

Экспозиция	Температура, °С	Содержание кислорода,	
		мг/л	% насыщения
Начало опыта	18,0	10,4	110
1 час	16,6	9,5	97
1,5 часа	16,1	9,0	95
3,5 часа	16,0	8,6	85
4,3 часа	15,8	8,7	87

Так как водопроводная вода практически не содержит фитопланктона, то кислород берется исключительно из атмосферного воздуха. Потребление кислорода рыбой составило:

$$Q_1 = (10,4 - 8,7) 32 / 4 \cdot 0,013 = 1046 \text{ мг}/(\text{кг}\cdot\text{ч}).$$

Аналогичный опыт был произведен с емкостью 55,5 л. Высота водяного столба составляла 50 см (табл. 6). Общая масса рыбы (годовиков плотвы) – 30 г.

Таблица 6

Динамика потребления кислорода рыбой (емкость 55,5 л)

Экспозиция	Температура, °С	Содержание кислорода,	
		мг/л	% насыщения
Начало опыта	15,0	10,2	107
1 час	15,0	9,2	97
2 часа	15,3	9,1	95
3 часа	15,5	8,7	92
4 часа	16,6	8,8	95
5 часов	15,4	8,7	93

Потребление кислорода в этом варианте опыта составило:

$$Q_2 = (10,2 - 8,7) 55,5 / 5 \cdot 0,03 = 555 \text{ мг}/(\text{кг}\cdot\text{ч}).$$

Динамика содержания кислорода в экспериментах показана на рис. 4. Вначале, в течение 1,5–2 часов, происходит резкий спад кислорода. Затем показатель выравнивается и остается на уровне 87–93 %.

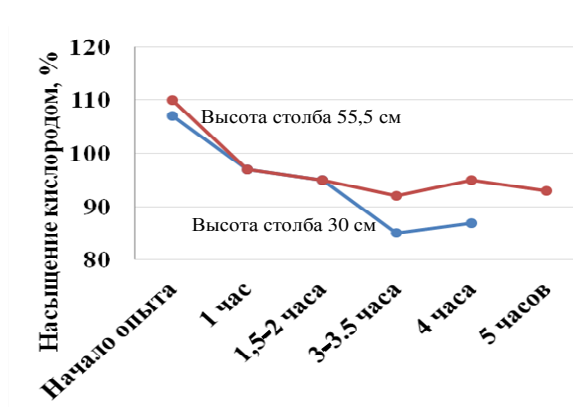


Рис. 4. Динамика содержания кислорода в опыте

Удельное потребление кислорода рыбами при его содержании в пруду на уровне около 18 мг/л составляет примерно 120–170 мг/(кг·ч) в зависимости от освещенности [9], в среднем – 150 мг/(кг·ч).

В пересчете на емкость (55 л) с рыбами общей массой 30 г данные рыбы потребили  $150 \cdot 0,03 = 4,5$  мг/ч. Потребление рыбами составило  $4,5/55 = 0,08$  мг/(л·ч) или 80 мг/(м<sup>3</sup>·ч). Потребление кислорода рыбами равно количеству поступающего в воду кислорода. Эту величину мы сравниваем с величиной продуцируемого фитопланктоном кислорода – 1750 мг/(м<sup>3</sup>·ч) [9]. Соответственно, количество кислорода, поступающего в водоем из атмосферы воздуха, почти на 2 порядка меньше количества кислорода, реально продуцируемого фитопланктоном водоема.

### **Заключение**

Таким образом, аэрация водоема в условиях развития фитопланктона может носить кратковременный характер и служить для более равномерного распределения биогенов, используемых в питании фитопланктоном, но никак не для дополнительного насыщения воды кислородом (если в случае аэрации не используется чистый кислород). При отсутствии или минимальном количестве фитопланктона в водоеме система аэрации может быть использована в качестве дополнительного источника поставки кислорода в водоем. Таким образом, мы подошли к рациональному управлению кислородным режимом экосистемы водоема.

Дальнейшие исследования в данном направлении позволят создать технологию увеличения естественной кормовой базы несбросных глубоких (от 4 м глубины) водоемов за счет зимней закачки избыточных количеств углекислого газа, который не дает растворяться избыточному количеству кислорода.

### *СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ*

1. *Никольский Г. В.* Частная ихтиология / Г. В. Никольский. М.: Сов. наука, 1971. 471 с.
2. *Лавровский В. В.* Определение оптимальных плотностей посадки по кислородному балансу // В. В. Лавровский // Рыбоводство и рыболовство. 1977. № 2. С. 5–7.
3. *Моисеев П. А.* Ихтиология и рыбоводство / П. А. Моисеев, А. С. Вавилкин, И. И. Куранова. М.: Пищ. пром-сть, 1975. 279 с.
4. *Канидьева А. Н.* Биологические основы искусственного разведения лососевых рыб / А. Н. Канидьева. М.: Легкая и пищ. пром-сть, 1984. 216 с.
5. *Муравьев А. Г.* Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами / А. Г. Муравьев. СПб.: Кримас+, 2011. 264 с.
6. *Исеналиева Н. Ж.* Гидрохимические и гидробиологические исследования некоторых водных объектов дельты реки Волги / Н. Ж. Исеналиева, И. В. Волкова, Нгуен Тхи Тхуи Ньунг // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2014. № 2. С. 27–36.
7. *Конькова А. В.* Влияние гидролого-гидрохимических факторов на зараженность молоди карповых рыб ремнецами в Северном Каспии / А. В. Конькова, В. П. Иванов, Е. Г. Лардыгина, Л. В. Дегтярёва // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2015. № 3. С. 25–32.
8. *Кляшторин Л. Б.* Определение стандартного обмена у рыб с использованием мембранного электрода / Л. Б. Кляшторин, А. А. Яржомбек // Тр. ВНИРО. 1972. Т. 85, № 3. С. 36–50.
9. *Пронина Г. И.* Использование особенностей фотосинтеза диатомовых водорослей для управления кислородным режимом неспускных водоемов / Г. И. Пронина, Н. Ю. Корягина, П. В. Терентьев, А. П. Буртовой // Изв. Оренбург. гос. аграр. ун-та. 2014. № 50. С. 158–160.

Статья поступила в редакцию 15.02.2016

### **ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ**

**Пронина Галина Иозепошна** – Россия, 142460, Московская область, Ногинский район, пос. им. Воровского; Всероссийский научно-исследовательский институт ирригационного рыбоводства; г-р биол. наук; ведущий научный сотрудник лаборатории рыбохозяйственных исследований и поликультуры рыб; gidrobiont4@yandex.ru.



**Корягина Наталья Юрьевна** – Россия, 142460, Московская область, Ногинский район, пос. им. Воровского; Всероссийский научно-исследовательский институт ирригационного рыбоводства; канд. биол. наук; старший научный сотрудник лаборатории рыбохозяйственных исследований и поликультуры рыб; gidrobiont4@yandex.ru.

**Терентьев Павел Васильевич** – Россия, 129223, Москва; главный технолог комплекса отдыха «Рыбачья деревня» государственного акционерного общества «Всероссийский выставочный центр»; gidrobiont4@eandex.ru



G. I. Pronina, N. Yu. Koryagina, P. V. Terentyev

## IMPACT OF THE PHYTOPLANKTON ON THE OXYGEN MODE OF THE FISHERY RESERVOIR IN THE CONDITIONS OF LOW TEMPERATURES

**Abstract.** The paper considers the dynamics of the content of oxygen in the reservoir: receipt from air, development by alga, consumption by fishes depending on the temperature of the environment, density of fish stocking and other factors. The aim of the work is to develop the actions for maintaining the optimum oxygen regime of the reservoir. The species composition of phytoplankton during the different seasonal periods was defined. In spring (in early March) the concentration of phytoplankton in the water samples was 0.3 mln/l, the bulk of the phytoplankton were green algae. In the same period of the last year, the oxygen content was relatively high – more than 18 mg/l. In water samples the concentration of algae was 30 mln/l (99 % of the phytoplankton were diatoms, which are the main source of oxygen). The reduction of oxygen in comparison with the previous year occurred due to low water temperatures (1.6 to 2.5 °C) and different species composition of phytoplankton. It is stated that the amount of oxygen entering the lakes from the atmosphere air – 80 mg/(m<sup>3</sup>·h), hundreds of times less than that in the produced by phytoplankton reservoir – 1750 mg/(m<sup>3</sup>·h). It is shown that it is possible to increase efficiency of using the reservoir by reduction of forced aeration at rapid development of phytoplankton, especially the diatomic algae, and also by addition in water of oxidizers, pumping carbon dioxide, etc. at a lack of phytoplankton. Thus, there is a possibility of rational management of the oxygen mode of the ecosystem of the reservoir.

**Key words:** oxygen mode of reservoir, phytoplankton, recreational fish-breeding economy, specific consumption of oxygen.

### REFERENCES

1. Nikol'skii G. V. *Chastnaia ikhtiologiia* [Individual ichthyology]. Moscow, Sovetskaia nauka Publ., 1971. 471 p.
2. Lavrovskii V. V. Opredelenie optimal'nykh plotnostei posadki po kislorodnomu balansu [Determination of optimal densities of stocking on oxygen balance]. *Rybovodstvo i rybolovstvo*, 1977, no. 2, pp. 5–7.
3. Moiseev P. A., Vavilkin A. S., Kuranova I. I. *Ikhtiologiia i rybovodstvo* [Ichthyology and fishery]. Moscow, Pishchevaia promyshlennost' Publ., 1975. 279 p.
4. Kanid'ev A. N. *Biologicheskie osnovy iskusstvennogo razvedeniia lososevykh ryb* [Biological bases of artificial breeding of salmon]. Moscow, Legkaia i pishchevaia promyshlennost' Publ., 1984. 216 p.
5. Murav'ev A. G. *Rukovodstvo po opredeleniiu pokazatelei kachestva vody polevymi metodami* [Guidelines on determination of parameters of water quality with field methods]. Saint-Petersburg, Krismas+ Publ., 2011. 264 p.
6. Isenaliyeva N. Zh., Volkova I. V., Nguen Tkhi Tkhu N'ung. Gidrokhimicheskie i gidrobiologicheskie issledovaniia nekotorykh vodnykh ob"ektov del'ty reki Volgi [Hydrochemical and hydrobiological studies of some water objects of the Delta of the river Volga]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo*, 2014, no. 2, pp. 27–36.
7. Kon'kova A. V., Ivanov V. P., Lardygina E. G., Degtiareva L. V. Vliianie gidrologo-gidrokhimicheskikh faktorov na zarazhennost' molodi karpovykh ryb remnetsami v Severnom Kaspii [Influence of hydrological and hydrochemical factors on infections of carp fry with tapeworms in the Northern Caspian]. *Vestnik Astrakhanskogogosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo*, 2015, no. 3, pp. 25–32.
8. Kliashorin L. B., Iarzhombek A. A. Opredelenie standartnogo obmena u ryb s ispol'zovaniem membrannogo elektroda [Determination of standard exchange of fish using membrane electrode]. *TrudyVsesoiuznogo nauchno-issledovatel'skogo instituta rybnogo khoziaistvai okeanografii*, 1972, vol. 85, no. 3, pp. 36–50.

9. Pronina G. I., Koriagina N. Iu., Terent'ev P. V., Burtovoi A. P. Ispol'zovanie osobennosti fotosinteza diatomovykh vodoroslei dlia upravleniia kislorodnym rezhimom nespusknykh vodoemov [Use of the peculiarities of photosynthesis of diatomic algae to control oxygen mode of closed reservoirs]. *Izvestiia Orenburgskogogosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2014, no. 50, pp. 158–160.

The article submitted to the editors 15.02.2016

#### **INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Pronina Galina Iozepovna** – Russia, 142460, Moscow region, Noginsk region, village named after Vorovskiy; All-Russian Scientific Research Institute of Irrigational Fish Breeding; Leading Researcher of the Laboratory of Fisheries Researches and Polyculture; natalkoryagin@yandex.ru.

**Koryagina Natalya Yurevna** – Russia, 142460, Moscow region, Noginsk region, village named after Vorovskiy; All-Russian Scientific Research Institute of Irrigational Fish Breeding; Senior Research Associate of the Laboratory of Fisheries Researches and Polyculture; natalykoryagin@yandex.ru.

**Terentyev Pavel Vasilyevich** – Russia, 129223, Moscow; Chief Engineer of the Recreational Complex "Fishing Village" of State Stock Community "All-Russian Exhibition Centre"; gidrobiont4@eandex.ru.

