

## ГАЗОВЫЙ РЕЖИМ ВОДОЕМОВ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НАСЕЛЯЮЩИХ ИХ ОРГАНИЗМОВ

<sup>1</sup>Казанчева Л.А., <sup>1</sup>Мирзоева А.А., <sup>1</sup>Кумышева К.А., <sup>1</sup>Тхазеплова Р.З.

*ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова», Нальчик, e-mail: mpiezhieva@mail.ru*

Статья посвящена определению содержания различных газов в водоемах КБР и изучению их влияния на обитателей. Изучено содержание кислорода, свободной углекислоты, а также сероводорода в прудах республики. Наличие кислорода в воде — обязательное условие для дыхания рыб и других водных организмов. Содержание его в воде может меняться, главным образом в зависимости от температуры и в меньшей степени от давления воздуха. Концентрация кислорода во всех рыбоводных зонах республики находится на довольно высоком уровне в течение всего года. Наличие кислорода определяет различную реакцию пресноводных рыб. Каждый вид имеет свой «кислородный порог», при наступлении которого рыба погибает от удушья. Для жизнедеятельности гидробионтов немаловажное значение имеет свободная углекислота. Высокие концентрации углекислоты особенно вредно действуют на рыбу при недостатке кислорода. Сероводород — продукт анаэробного разложения клетчатки и белка — является резко отрицательным фактором среды водоемов.

Ключевые слова: режим, кислород, сероводород, углекислота, летальная концентрация, ихтиофауна, гемоглобин

## GAS REGIME OF THE WATER RESERVOIRS OF KABARDINO-BALKARIAN REPUBLIC AND ITS IMPACT ON LIVELIHOODS THEIR INHABITING ORGANISMS

Kazancheva L.A., Mirzoeva A.A., Kumisheva K.A., Thazeplova R.Z.

*Kabardino-Balkaria state agrarian University. V. M. Kokov, Nalchik, e-mail: mpiezhieva@mail.ru*

This article is devoted to the definition of the content of various gases in the CBR reservoirs and study their impact on the residents. We studied the content of oxygen, free carbon dioxide and hydrogen sulfide in the ponds of the republic. The presence of oxygen in the water, a prerequisite for respiration of fish and other aquatic organisms. Its content in the water can vary, mostly depending on temperature and less air pressure (the higher the pressure, the more oxygen) oxygen. Concentration oxygen all fish areas of the republic is at a fairly high level throughout the year. The presence of oxygen determines the different responses of freshwater fish. Each species has its own "oxygen threshold", upon the occurrence of which the fish die from suffocation. For the life aquatic considerable importance is carbon dioxide free. High concentrations of carbon dioxide are particularly harmful to fish with a lack of oxygen. Serovodorod - anaerobic decomposition of fiber product and protein, fiber and is very negative factor for the environment reservoirs.

Keywords: mode, oxygen, hydrogen sulfide, carbon dioxide, lethal concentration, fish fauna, hemoglobin

Современная прогрессивная теория биологической продуктивности исходит из представления о продуктивности водоемов как результате взаимодействия организмов, их среды и формы хозяйства. Одной из основных проблем, стоящих перед экологической системой водоемов, являются численность и биомасса рыб, их групповое поведение, различные формы одновидовых группировок: стаи, элементарные популяции, скопления, пищевые взаимоотношения, размножение и т.д. Экосистема — основная функциональная единица в экологии, поэтому важной составной частью концепции являются среда на выходе и среда на входе, в данной работе — рыбохозяйственные водоемы. Экология рыб изучает жизненный цикл рыбы и взаимосвязи его с биотическим и абиотическим окружением [1]. Для водоема, где особенно четко проявляются взаимосвязи ихтиофауны с элементами среды

(биотическими и абиотическими), важна плотность популяции одного или ограниченного набора видов рыб, разработка методов управления стадом для увеличения выхода рыбопродукции [3].

Естественной средой существования водных организмов является вода с живущими в ней растениями и животными. Она обладает способностью растворять твердые, жидкие и газообразные вещества. К физическим свойствам воды относятся ее температура, цвет, прозрачность; к химическим – содержание кислорода, свободной углекислоты, сероводорода, железа, кальция, магния, фосфора, азота и других веществ .

Качество воды тесно связано с биологическим характером почв, образующих дно водоема, окружающим водосбором, а также с изменением их свойств под влиянием антропогенных факторов и деятельности человека. Температура является основным абиотическим фактором, определяющим рост рыб. Установлено, что с увеличением температуры воды до определенного предела скорость роста рыб возрастает, а затем резко замедляется [5]. Положительное влияние повышения температуры до определенного предела на рост рыб обусловлено увеличением интенсивности обменных процессов в организме, повышением пищевых потребностей, увеличением степени ассимиляции пищи и эффективности ее использования на рост.

Повышение температуры воды выше  $35,7^{\circ}\text{C}$  является для ихтиофауны (карпа) летальной границей. Отрицательное влияние на ихтиофауну повышения температуры выше некоторого значения объясняется многими причинами: уменьшением количества растворенного кислорода, возрастанием его дефицита для обмена веществ, при этом вредные вещества, растворенные в воде, становятся более токсичными, снижается сопротивляемость организма к болезням.

Об уровне оптимальности температуры воды для определенного вида рыб однозначно сказать нельзя, поскольку наиболее благоприятное ее влияние на рост зависит от ряда факторов. Для каждой стадии онтогенеза свой оптимум температуры. Нерест карпа и развитие икры в прудах происходят при температуре  $17\text{--}18^{\circ}\text{C}$  и выше, выращивание личинок наиболее эффективно при  $30\text{--}32^{\circ}\text{C}$ , молоди — при  $28\text{--}30^{\circ}\text{C}$ , товарной рыбы — при  $26\text{--}29^{\circ}\text{C}$  [7]. На первых этапах постэмбрионального развития карпа требуется более высокая температура. Температурный режим на протяжении одного технологического цикла выращивания карпа должен быть переменным. Оптимум температуры, необходимый для поддержания наивысшей скорости роста рыб, снижается с увеличением размера рыбы. Наиболее благоприятной температурой для роста и накопления питательных веществ в организме сеголеток карпа является  $27^{\circ}\text{C}$ .

Для пойкилотермных животных особое место в жизнедеятельности занимает кислород, растворенный в воде, обеспечивающий у них нормальный обмен веществ. Полное расщепление веществ с выделением максимального количества энергии возможно только при наличии кислорода, биохимическое значение которого состоит в том, чтобы акцептировать электроны, переносимые по дыхательной цепи митохондрий с образованием молекул аденозинтрифосфорной кислоты — универсальных доноров энергии, запасенной в макроэргических фосфатных связях [7].

Субоптимальная и оптимальная для эмбрионального развития карпа концентрация кислорода в воде лежит приблизительно в пределах 7–40 мг/л, при снижении содержания кислорода в воде до 6 мг/л эмбриональное развитие тормозится. При дальнейшем понижении концентрации кислорода до 3–3,5 мг/л происходят гибель эмбрионов и преждевременное вылупление предличинок как при развитии в нерестовых прудах, так и при искусственном разведении. Потребление кислорода взрослыми рыбами зависит от уровня пищевых потребностей и экологических особенностей питания, характера двигательной активности, температуры воды. Стойкое увеличение потребления кислорода у рыб наблюдается после их кормления, а также при снижении давления кислорода в воде. Дефицит кислорода в воде обуславливает высокие затраты корма, поскольку при хорошей поедаемости корма, но при плохом его усвоении имеет место низкий прирост рыбы [3].

Потребление кислорода зависит от пола рыбы. Самцы отличаются большим удельным потреблением кислорода, которое снижается при возрастании половой активности. Для самок радужной форели с высоким уровнем дыхания отмечены высокие показатели качества икры и потомства. Поэтому индивидуальные колебания уровня обмена веществ у рыб могут быть использованы в селекционных работах. К настоящему времени убедительно показано, что отбор самок карпа с высоким уровнем общего обмена веществ положительно влияет на рост и выживаемость сеголеток, на их зимостойкость.

Учитывая, что при снижении в воде концентрации кислорода потребление карпами корма сокращается, некоторые авторы [2, 6] в рекомендациях по нормированному кормлению предлагают уменьшить суточную выдачу корма карпу на 15% при падении содержания кислорода ниже 4 мг/л, на 40% — ниже 3 мг/л, на 70% — ниже 2 мг/л прекратить кормление.

Поверхностные слои воды обогащаются кислородом из воздуха, а также за счет выделения кислорода водными растениями в процессе фотосинтеза. Выделяемый при этом свободный кислород распределяется по всей толще воды в результате перемешивания ее под действием ветра и вертикальной циркуляции, вызываемой поверхностным охлаждением воды (табл. 1). Содержание кислорода во всех эколого-климатических зонах республики

находится на довольно высоком уровне в течение всего года.

Таблица 1

Среднее содержание кислорода в воде по эколого-климатическим зонам республики

Зоны	Весна (IV–V)		Лето (VI–VIII)		Осень (IX–X)		Среднее за сезон	
	мг/л	насыщение,	мг/л	насыщение	мг/л	насыщение	мг/л	насыщение
I	11,6	113	8,9	92	10,9	112	10,7	108
II	11,3	112	9,5	102	10,6	109	10,4	108
III	10,6	109	9,4	100	10,3	105	10,1	104
IV	10,3	105	9,2	99	10,0	103	9,5	102
V	9,5	102	9,6	103	9,7	100	9,4	98

Для ихтиофауны наиболее благоприятным содержанием кислорода в малых водоемах следует считать 6 и более миллиграммов на литр.

При снижении концентрации кислорода в воде до 0,7–1 мг/л гидробионты погибают.

Помимо кислорода, немаловажное значение в жизни ихтиофауны имеет свободная углекислота. Она легко растворяется в воде и содержится в ней в значительно большем количестве (2,26%), чем в воздухе (0,03%). Углекислота в водоеме образуется прежде всего в результате биологических процессов: разложения органических веществ жизнедеятельности водных экосистем.

Чем выше температура воды, тем меньше углекислоты поглощается ею. Распределение углекислоты в воде зависит от глубин водоема, а также от времени года. Летом, когда фитопланктон усиленно поглощает углекислоту, она содержится в малых водоемах в незначительном количестве или совершенно отсутствует. Высокая концентрация углекислоты в воде оказывает вредное воздействие на рыб. Желательно, чтобы содержание свободной углекислоты не превышало 15–20 мг/л. В летних и зимовальных карповых водоемах допускается содержание  $\text{CO}_2$  до 40 мг/л.

Высокие концентрации свободной углекислоты особенно вредно действуют на ихтиофауну при недостатке кислорода. Гибельным считается следующее содержание свободной углекислоты: для ихтиофауны в летних водоемах при благоприятном кислородном режиме — около 200, в зимних — около 150 мг/л [2, 4].

Отрицательное влияние высокой концентрации углекислоты на жизнедеятельность ихтиофауны заключается в том, что она, находясь в угнетенном состоянии, хуже использует кислород, растворенный в воде. При этом значение имеет не просто абсолютное содержание в воде кислорода и углекислоты, а их соотношение. Для карпа, например, соотношение  $\text{O}_2$  и  $\text{CO}_2$ , приближающееся к 0,02, является опасным. При низком содержании кислорода и

неблагоприятном соотношении  $O_2$  и  $CO_2$  ихтиофауна значительно хуже использует корм. Максимальное содержание углекислоты ( $CO_2$ ) в водоемах республики не превышает 13,5 мг/л (табл. 2). Газовый режим малых водоемов, хотя и изменяется по сезонам, но в целом благоприятен для жизнедеятельности всех обитателей. Лишь в водоемах Эльбрусского района на территории сброса Тырнаузского отхода отмечено снижение содержания кислорода.

Таблица 2

Газовый режим малых водоемов по эколого-климатическим зонам республики (в мг/л)

Зо- ны	Весна			Лето			Осень			Средняя за IV–X		
	$O_2$	$CO_2$	$CO_3^{2-}$	$O_2$	$CO_2$	$CO_3^{2-}$	$O_2$	$CO_2$	$CO_3^{2-}$	$O_2$	$CO_2$	$CO_3^{2-}$
I	11,6	3,0	17,1	8,9	2,9	—	10,9	8,2	16,2	10,7	4,7	16,6
II	11,3	3,2	15,2	9,5	2,7	—	10,6	11,7	15,7	10,4	5,8	15,4
III	10,6	4,1	18	9,4	2,1	—	10,3	12,1	19,1	10,1	6,1	18,9
IV	10,3	3,2	15	9,2	1,9	—	10,0	13,5	14,5	9,5	3,7	14,7
V	9,5	3,0	12,5	9,6	1,5	—	9,7	10,1	12,1	9,4	4,8	12,3

Сероводород — продукт анаэробного разложения белка и клетчатки — является резко отрицательным фактором среды. Этот газ при отсутствии кислорода становится ядовитым для всех гидробионтов. Отравляющее действие сероводорода заключается в том, что он связывает железо, входящее в соединение с гемоглобином крови. Гемоглобин, лишенный железа, не способен поглощать кислород при дыхании, вследствие чего наступает смерть рыбы от кислородного голодания. Небольшие концентрации сероводорода не оказывают прямого губительного влияния на ихтиофауну, а вредны своим воздействием на среду поглощением из нее кислорода.

На окисление 1 мг сероводорода поглощается 1,3 мл кислорода. В летнее время это вредное воздействие компенсируется ветровыми движениями воды, обогащающими воду кислородом атмосферы. В зимнее время на окисление сероводорода может быть израсходован весь кислород воды. В этом случае гибель рыбы происходит от недостатка кислорода даже при очень малых концентрациях сероводорода.

Образование сероводорода в прудах может происходить биологическим и химическим путем. Биологическим путем сероводород в больших количествах образуется в результате деятельности гнилостных бактерий, выделяющих этот газ при разложении белковых веществ. Выделение сероводорода происходит также при восстановлении сульфатов сульфатредуцирующими бактериями, развивающимися в анаэробных условиях. Эти бактерии переводят сульфаты в соли сероводородной кислоты, которые, реагируя со

свободной углекислотой, выделяют сероводород.

Значительное количество гумусовых веществ наряду с обилием сульфатов также может привести к образованию сероводорода в результате восстановления сернокислых солей гуминовыми кислотами. Этот процесс возникновения сероводорода возможен в летнее время. Образование сероводорода в этот период вызывает угнетение многих видов донной фауны, служащей пищей для рыбы, вследствие чего рыбопродуктивность прудов резко снижается, а в некоторых случаях возможна даже гибель рыбы. В зимнее время накопление сероводорода на дне заиленных прудов и связанное с этим истощение кислорода ведет к гибели рыбы в непроточных прудах.

Химическим путем сероводород возникает при медленном протекании богатой сульфатами воды через угольные или битуминозные соли, которые восстанавливают сульфаты до сероводорода, или при воздействии свободной углекислоты на большие количества сульфата. Такое явление наблюдается ночью в водоемах, богатых сульфатами, когда низшие и высшие организмы потребляют кислород и выделяют углекислоту. Сероводород в концентрации 3 мг/л вызывает отравление большинства рыб.

В малых водоемах присутствие сероводорода в незначительных количествах допустимо лишь при достаточном содержании кислорода в воде. Минимальная его летальная концентрация для рыб — 1,0 мг/л, однако разные гидробионты реагируют неодинаково. Линь и растительные рыбы при концентрации сероводорода 0,86 мг/л погибают через 24 ч, а карп может жить при концентрации 3,6 мг/л (табл. 3).

Таблица 3

Содержание сероводорода в малых водоемах по эколого-климатическим зонам республики (мг/л)

Экологические зоны	Зима	Весна	Лето	Осень	Средняя
I	н/о	0,02	0,03	0,01	0,015
II	н/о	0,03	0,04	0,02	0,022
III	н/о	0,01	0,03	0,05	0,022
IV	н/о	0,02	0,030	0,06	0,033
V	н/о	0,021	0,036	0,019	0,019

### Выводы

Газовый режим прудов, хотя и изменяется по сезонам, но в целом благоприятен для жизнедеятельности всех его обитателей. Содержание кислорода во всех прудах республики находится на довольно высоком уровне в течение всего года. Снижение содержания

кислорода отмечено лишь в прудах Эльбрусского района. Весной максимальное содержание кислорода отмечено в первой рыбоводной зоне, летом — в пятой зоне. В зимний период во всех водоемах содержание кислорода остается на высоком уровне — 8,9–11,6 мг/л.

В рыбоводных прудах присутствие сероводорода в незначительных количествах допустимо лишь при достаточном содержании кислорода в воде. Минимальная его летальная концентрация для рыб — 1,0 мг/л. Однако разные рыбы реагируют неодинаково. Линь и растительноядные рыбы при концентрации сероводорода 0,86 мг/л погибают через 24 ч, а карп может жить при концентрации 3,6 мг/л.

### Список литературы

1. Винберг Г.Г. Взаимосвязь роста и энергетического обмена у пойкилотермных животных. В кн.: Количественные аспекты роста организмов. — М.: Наука, 1975. — С. 7–25.
2. Зайцев В.Ф., Киселева Л.А. К оценке эффективности функционирования прудовых экосистем. Тез. докл. XIX конф. «Биологические основы рыбного хозяйства водоемов Средней Азии и Казахстана». — Ашхабад: Илим, 1986. — С. 215–216.
3. Казанчев С.Ч., Казанчева Л.А. Биологические показатели качества воды. Сб. «Актуальные проблемы региона». — Нальчик, 2002. — С. 41–43.
4. Мина М.В., Клевезаль Г.А. Рост животных. — М.: Наука. 1976. — С. 288–291.
5. Привезенцев Ю.А., Дацюк П.В. Рост, развитие и репродуктивные качества молдавского карпа первого поколения. Изв. ТСХА. 1986. — Вып. 2. — С. 151–157.
6. Шахмурзов М.М. Экологобиологические и антропогенные факторы, ограничивающие численность терской кумжи, пути повышения эффективности естественного и искусственного воспроизводства. // Юбилейная конференция «Аграрная наука как основа для решения проблемы самообеспечения региона продовольствием». — Нальчик, 2001. — С. 139–142.
7. Kammerad B., Kampa A. Proba bilansu dawki hawozowej fosforu wprowadzonego do srodowiska stawowego. — Roczn. Nauk. Roln. Ser. H. 1987. — V. 98. — № 2. — P. 77–102.