

Э. М. КАЛИНИНА

ДОПУСТИМЫЕ И КРИТИЧЕСКИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ КИСЛОРОДА
ДЛЯ МОЛОДИ ЧЕРНОМОРСКИХ РЫБ

Литературных сведений об условиях дыхания молоди морских рыб немного. Есть данные о дыхании мальков балтийской салаки (Никифоров, 1953), мурманской сельди (Миронова и Герасимов, 1959), ставриды (Рога и др., 1955) (табл. 1), хамсы, бычков и перкарины (Карпевич, 1955).

В воде морей и океанов кислорода содержится в достаточном количестве от поверхности до дна. В условиях Черного моря имеется зона сероводородного заражения; начиная с глубины 50 м количество кислорода значительно уменьшается, а на глубине 150—200 м кислород практически исчезает. Поэтому черноморским рыбам приходится иногда встречаться с водой, недостаточно насыщенной кислородом. Вследствие сгонно-нагонных явлений влияние сероводородной зоны на содержание кислорода в верхних слоях воды особенно усиливается. По данным синхронных съемок Черного моря, в горизонте от поверхности до глубины 10 м количество кислорода в разных районах и в разные сезоны колеблется от 5,3 до 8,0 мг/л. В слое температурного скачка на глубине 10—30 м в весенний, летний и осенний сезоны наблюдается слой максимального содержания кислорода (до 8—9 мг/л) (Добржанская, 1957). С глубиной содержание кислорода падает. На глубине 50—75 м наблюдаются большие колебания в кислородном режиме для прибрежных и халистатических районов. В прибрежных районах в результате перемешивания воды содержание кислорода на глубине 75 м не бывает ниже 1 мг/л, а концентрации ниже 2 мг/л редки и наблюдаются в течение нескольких часов. В халистатической зоне на том же горизонте содержание кислорода падает до 0,3 мг/л, причем, как показывают данные суточных станций синхронных съемок, такая низкая концентрация кислорода может сохраняться в течение многих (до 20) часов. Такие кислородные условия должны, естественно, вызвать миграцию рыб из этих горизонтов.

Ихтиологам и физиологам небезынтересно знать, каким образом черноморские рыбы и их молодь приспособились к таким резким колебаниям кислорода в естественной среде, каковы у них величины летальных концентраций, кислородного голодания и какие допустимые кислородные условия присущи рыбам Черного моря.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Для опытов использовали молодь 15 видов черноморских рыб трех экологических групп в возрасте от одного года и выше. Из прибрежных видов использовали зеленуху — *Crenilabrus tinca*, смариду — *Spicara smarís*, морского карася — *Diplodus annularis*, ласточку — *Chromis chromis*, шило — *Syngnathus nigrolineatus* и мерланга — *Odontogadus merlangus euxinus*; из донных видов — скорпену-ерша — *Scorpaena porcus*, морскую собачку —

Blennius sphinx, бычков — *Proterorhinus marmoratus* и *Mesogobius batrachocephalus*; из пелагических видов — хамсу — *Engraulis encrassicholus*, атерину — *Atherina mochon pontica*, ставриду — *Trachurus mediterraneus ponticus* и кефаль — *Mugil sp.*

Пойманную в море молодь четыре-пять дней выдерживали в проточных аквариумах. За час до опыта одного из мальков отсаживали в двухлитровый цилиндр с проточной водой. Перед началом опыта проточную воду в цилиндре заменяли водой с небольшим количеством кислорода. Такую воду получали так же, как в работах Привольнева и Никифорова, предварительным выдерживанием в ней в темноте морских водорослей в течение 12—15 час. или кипячением в течение 20—30 мин. В опытах не замечено разницы при использовании воды, полученной этими двумя способами.

После заполнения цилиндров обескислороженной водой их герметически закрывали и в продолжение часа наблюдали за поведением малька. Если малек погибал в течение первых десяти минут опыта, такие данные не принимали в расчет, так как в таком случае начальная концентрация кислорода могла быть равной летальной или даже ниже летальной. Если малек выдерживал в опыте час с явными признаками угнетения дыхания (учащенный ритм, беспокойное поведение, поверхностный рефлекс), то конечную концентрацию кислорода в цилиндре определяли для данного вида, как величину кислородного голодания. Если дыхательные движения прекращались и малек погибал в опыте, наблюдение сейчас же заканчивали; воду в цилиндре перемешивали и забирали сифоном в пикнометры. Конечную концентрацию определяли как летальную. Определение кислорода вели методом Винклера.

Параллельно производились опыты с продолжительным выдерживанием мальков в проточных системах с протоками разной силы и в беспроточных аквариумах с регулярной сменой воды. Если молодь данного вида при заданной температуре и определенной концентрации кислорода выживала в условиях аквариума свыше трех недель и брала пищу, то такую концентрацию кислорода определяли при данных условиях как допустимую. При продолжительном содержании молоди минимальные допустимые концентрации создавались для прибрежных видов молоди небольшой проточностью воды, а для молоди донных рыб — содержанием в беспроточных системах с редкой посадкой, где обогащение кислородом шло с поверхности. Специальные наблюдения за ростом молоди не проводились.

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ

Продолжительное выдерживание мальков черноморских рыб в аквариальных условиях с учетом температуры и кислородного режима показало (табл. 2), что при летней температуре воды (15—23°) пелагические и прибрежные рыбы (зеленуха, ставрида, смарида, ласточка, морской карась и атерина) требуют для своего содержания кислорода не менее 4 мг/л. Некоторым исключением является молодь кефали, которая, населяя мелкие бухты и лиманы, приспособилась к жизни в условиях пониженного содержания кислорода — 3,0 мг/л. Наблюдение за молодью мерланга в аквариуме проводили в зимний период. Оказалось, что этот вид молоди наиболее требователен к кислородным условиям. Ему необходимо 5 мг/л кислорода при температуре воды 9—10°. Донные виды (скорпена — ерш, бычки и морские собачки) довольствуются содержанием кислорода 2,5—3 мг/л. У мальков пелагических и прибрежных рыб кислородное голодание

Т а б л и ц а 1

Величина летальных концентраций кислорода для морских рыб
(по литературным данным)

Вид	Летальная концентрация кислорода, мг/л	Данные	Примечание
Морская камбала . . .	0,93	Leiner, 1937	Взрослая рыба
Треска	1,3	То же	То же
Мурманская сельдь . .	2,0	Мионова, Герасимов, 1959	Мальки
Ставрида	< 2,0	Пора, 1957	—
Балтийская салака . .	1,0	Никифоров, 1953	Мальки
Бычок-кругляк	0,58	Шульман и др., 1957 . .	То же
То же	0,7—1,0	Карпевич, 1955	Взрослая рыба
Бычок-сирман	0,35	Шульман и др., 1957 . . .	Мальки
То же	0,28—0,57	Карпевич, 1955	То же
Хамса	2,1	То же	Взрослая рыба
Перкарина	1,4	» »	То же

Т а б л и ц а 2

Допустимые концентрации кислорода при содержании молоди рыб в аквариумах

Вид	Время содержания	Температура воды, °С	Допустимое количество кислорода, мг/л
<i>Crenilabrus tinca</i>	Более месяца	15—20	4,0
<i>Trachurus mediterraneus ponticus</i> . .	Месяц	17—20	3,0—4,5
<i>Atherina mochon pontica</i>	То же	21—23	4,0—5,0
<i>Spicara smaris</i>	Два месяца	15—20	4,0
<i>Diplodus annularis</i>	Более месяца	16—23	3,0—4,0
<i>Chromis chromis</i>	Три недели	17—20	4,0
<i>Mugil sp.</i>	Четыре недели	10—17	3,0
<i>Odontogadus merlangus euxinus</i> . . .	Три недели	9—12	5,0
<i>Scorpaena porcus</i>	Два месяца	15—21	3,0
<i>Blennius sphinx</i>	То же	15—20	3,0
<i>Proterorhinus marmoratus</i>	Более месяца	17—23	2,5
<i>Mesogobius batrachocephalus</i>	То же	17—23	2,5

начинается при концентрациях кислорода 2,5—3,0, у донных рыб — при 1,5—2,0 мг/л (табл. 3).

Опыты показали, что величина летальной концентрации для молоди морских рыб зависит от двух факторов: условий среды, в которых обитает молодь, и ее видовой принадлежности. Так, молодь пелагических видов (атерины, хамсы и ставриды) и пелагическая молодь пикши показали довольно высокие величины летальных концентраций, до 2 мг/л. Сходные величины летальных концентраций отмечены у группы придонных рыб — зеленухи, ласточки. Наименьшие величины летальных концентраций

Таблица 3

Наблюдения за кислородным голоданием молоди рыб

Вид	Длина рыбы, см	Температура воды, °С	Концентрация кислорода, при которой наблюдаются симптомы кислородного голодания, мг/л
<i>Crenilabrus tinca</i>	4—7,5	—	2,0
<i>Trachurus mediterraneus</i>	7—8	17—20	2,0—2,6
<i>Atherina mochon pontica</i>	11	20	—
<i>Spicara smaris</i>	8	14—24	2,9—1,8
<i>Diplodus annularis</i>	4,5—7	21	2,5
<i>Chromis chromis</i>	5—6	27	1,9
<i>Blennius sphinx</i>	5—6	15—20	1,3
<i>Proterorhinus marmoratus</i>	5—7	20	2,0
<i>Odontogadus merlangus euxinus</i>	8—13	10	2,0—1,4
<i>Scorpaena porcus</i>	8—10	15—20	2,5—0,9
<i>Syngnathus nigrolineatus</i>	10	12	1,3—1,5
<i>Mesogobius bathrachocephalus</i>	13	23	2,0—2,1

обнаружены у донных рыб: бычков, собачек, скорпены. На основании гидрохимических данных можно сделать вывод, что глубины 50—70 м в области халистатик в период циклонических течений, — а последние наблюдаются в течение восьми месяцев в году, — являются непригодным для длительного пребывания рыб, так как содержание кислорода в этот период на данных глубинах падает до 0,3 мг/л (табл. 4).

Если количество кислорода, потребляемого рыбой, стоит в прямой связи с ее подвижностью (Фортунова, 1948; Карпевич, 1958), то величины летальной концентрации и подвижность мальков не влияют друг на друга.

Таблица 4

Летальные концентрации кислорода

Вид	Длина рыбы, см	Температура воды, °С	Летальная концентрация кислорода, мг/л
<i>Crenilabrus tinca</i>	7	15	1,4
<i>Trachurus mediterraneus ponticus</i>	7—8	15	1,1
<i>Engraulis encrassicholus</i>	11	17—20	2,0
<i>Spicara smaris</i>	8—9	16	0,9
<i>Diplodus annularis</i>	4,5—6	13	1,3
<i>Chromis chromis</i>	5—6	23	1,1
<i>Mugil sp.</i>	4,5—6	12	0,85
<i>Odontogadus merlangus euxinus</i>	12,8	9	1,25
<i>Scorpaena porcus</i>	7—9	17	0,8
<i>Syngnathus nigrolineatus</i>	10—11	15	0,6
<i>Proterorhinus marmoratus</i>	7—8	17	0,5
<i>Mesogobius bathrachocephalus</i>	13—11	16	0,5

Очень подвижные мальки кефалей и смариды показывают относительно невысокие летальные концентрации (0,9—0,85 мг/л) (см. табл. 4).

Была проведена серия опытов по влиянию температуры воды на величины летальных концентраций. В опытах участвовали мальки двух видов — зеленушек и кефалей. Несмотря на разницу температуры в 8° , величины летальных концентраций для этих мальков не изменились (табл. 5). Результаты наших опытов совпадают с данными Привольнева для пресноводных рыб: «Температура воды почти не влияет на величины летальных концентраций рыб в пределах тех колебаний, которые имеются в водоемах и к которым рыба адаптирована» (Привольнев, Королева, 1953).

На основании данных о летальных концентрациях для молоди черноморских рыб можно сделать вывод, что если в каком-либо слое черноморской воды концентрация кислорода упадет до 1,0—2,0 мг/л, то такой слой непригоден для пребывания в нем молоди пелагических и придонных рыб, и она вынуждена мигрировать из этого горизонта.

Таблица 5

Влияние температуры на величины летальных концентраций

Вид	Длина, см	Температура, $^\circ\text{C}$	Летальная концентрация, мг/л
Crenilabrus tinca	5—7	15	1,3
	4—7	23	1,4
Mugil sp.	3—5	12	0,85
	3—6	20	0,70

ЛИТЕРАТУРА

- Добрянская М. А. 1957. Сезонные особенности вертикального распределения кислорода в зоне фотосинтеза Черного моря.— Докл. АН СССР, т. 115, № 4.
- Карпевич А. Ф. 1955. Экологическое обоснование прогноза изменений ареалов рыб и состава ихтиофауны при осолонении Азовского моря.— Труды ВНИРО, т. XXXI, вып. 2.
- Карпевич А. Ф. 1958. Потребление кислорода морскими рыбами при различном их физиологическом состоянии.— Вopr. ихтиологии, вып. 10.
- Мионова Н. В. и Герасимов В. В. 1959. Морской аквариум.— Природа, № 2.
- Никифоров Н. Д. 1953. Предельные концентрации кислорода и предельная сольность для молоди промысловых рыб.— Изв. ВНИОРХ, т. 33.
- Привольнев Т. И. и Королева Н. В. 1953. Пороговое содержание кислорода в воде для рыб летом и зимой.— Изв. ВНИОРХ, т. 33.
- Фортунатова К. Р. 1948. Очерк биологии питания Trachurus trachurus.— Труды Севаст. биол. станции, т. VI.
- Шульман Г. Е., Венгржин Е. П., Дубинина В. И. 1957. Особенности газового обмена бычков Азовского моря (Neogobius melanostomus, Neogobius syrtman) в связи с условиями обитания.— Вopr. ихтиологии, вып. 8.
- Leiner. 1937. Die Physiologie der Fischatmung.— Bronns Kl. u. Ord. I, Bd. VI, Buch 2, Lief. 5.
- Pora E. A., Wittenberg, Fl. Stoicovici, D. Rusdea. 1957. Biologia stavidului din Marea Neagra. Nota XI.— Bul. stiintific, t. 7,3.