

ФИЗИОЛОГИЯ

С. В. СТРЕЛЬЦОВА

**КОЖНОЕ ДЫХАНИЕ РЫБ**

(Представлено академиком А. И. Опариным 26 X 1950)

Диффузное дыхание (т. е. потребление кислорода и выделение углекислоты через поверхность тела) широко распространено в животном мире, являясь у низкоорганизованных особей (например червей) основным типом дыхания.

Кожное дыхание рыб, функционирующее как добавочное, наряду с жаберным, изучено мало и на небольшом числе видов (вьюн, угорь, карась) (1-3). В виду того, что условия обитания пресноводных рыб часто неблагоприятны в отношении кислородного режима, можно ожидать развития кожного дыхания как дополнительного и у других пресноводных рыб.

Настоящие исследования проводились над различными пресноводными рыбами. Наряду с определением кожного дыхания у рыб с различной экологией, определялась его зависимость от возраста рыбы и от изменения некоторых факторов среды (парциального давления кислорода в воде, температуры).

**Методика.** Во всех опытах предварительно определялось общее дыхание рыбы (т. е. дыхание через поверхность тела и жабры совместно), затем определялось кожное дыхание. В зависимости от интенсивности общего дыхания кожное дыхание определялось или при выключении жаберного дыхания (наложением герметической резиновой маски на жабры), или одновременно с жаберным в особо устроенном респираторе. В этом респираторе голова рыбы была помещена в резиновую манжетку, которая разграничивала водную среду, омывающую голову, и среду, омывающую поверхность тела. Контрольные опыты показали, что величина кожного дыхания примерно одинакова при открытых и закрытых жабрах. Количество кислорода в воде определялось по Винклеру. Общее и кожное дыхание выражено в миллиграммах  $O_2$  на 1 кг веса в 1 час.

Чтобы установить удельное значение кожного дыхания, для каждого вида рыб высчитывался средний процент кожного дыхания по отношению к общему (табл. 1).

Наибольшее удельное значение кожное дыхание имеет у угрей, карпов, сомов и карасей, т. е. у тех рыб, которые адаптированы к пребыванию в воде с часто наблюдаемым дефицитом кислорода. Общее дыхание этих рыб невелико, и они могут находиться в воде с очень незначительным количеством кислорода. Так, карпы могут жить еще при содержании кислорода в воде  $0,5 \text{ см}^3/\text{л}$ . У отдельных рыб (карпы-сеголетки, угри) наблюдалось очень интенсивное кожное дыхание, достигающее до 42—80% от общего. У карпов-сеголеток в среднем около  $\frac{1}{4}$  всего необходимого кислорода поступает через поверхность кожи.

Вид рыбы	Кожн. ды- хан. в % к общ.	Вид рыбы	Кожн. ды- хан. в % к общ.
Сиг . . . . .	3,3	Корюшка . . . . .	9,4
Шип . . . . .	4,7	Осетр (молодь) . . . . .	12,9
Ерш . . . . .	5,8	Карп-годовик . . . . .	12,6
Окунь . . . . .	5,7	Сом . . . . .	17,3
Налим . . . . .	6,1	Карась . . . . .	17,2
Северюга . . . . .	8,0	Карп-сеголеток . . . . .	23,5
Стерлядь . . . . .	9,1	Угорь . . . . .	31,3

Небольшим процентом кожного дыхания по отношению к общему обладают сиги, окуни, ерши, налимы, т. е. рыбы, имеющие среднюю или большую интенсивность общего дыхания и адаптированные к среднему (окунь, ерш), или к высокому (сиг) содержанию кислорода в воде.

Следовательно, имеется соответствие между адаптацией рыб к воде с небольшим количеством кислорода и величиной кожного дыхания.

Как известно, у рыб, адаптированных к среде, бедной кислородом, имеются приспособления, позволяющие переносить низкое содержание

кислорода в воде. К этим приспособлениям относятся: небольшая интенсивность общего дыхания, низкое напряжение «зарядки» гемоглобина. Интенсивное кожное дыхание также способствует потреблению кислорода при низком содержании его в воде. Ставились специальные опыты по определению величины кожного дыхания у рыб при выдерживании их в воде с низким содержанием кислорода (до 1,93 мг/л).

При дыхании рыб в воде с низким содержанием кислорода во многих опытах наблюдается

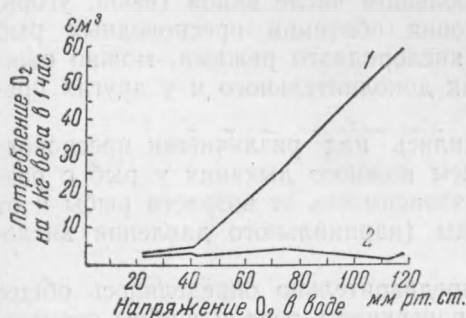


Рис. 1. Жаберное (1) и кожное (2) дыхание сеголетка амурского сазана при среднем и низком содержании кислорода в воде

увеличение процента кожного дыхания по отношению к общему, особенно у молоди, у которой имеется прямая пропорциональность между интенсивностью жаберного дыхания и напряжением кислорода в воде (4).

На рис. 1 приведены результаты опытов над сеголетками амурского сазана. Как видно, для молоди рыб жаберное дыхание зависит от напряжения кислорода в воде, уровень же кожного дыхания остается при снижении напряжения кислорода в воде почти одинаковым. Так как при низком содержании кислорода жаберное дыхание изменяется более, чем кожное, то при этом изменяется процент кожного дыхания по отношению к общему. При содержании кислорода в воде 6,27—9,7 мг/л процент кожного дыхания по отношению к общему составляет 14,9, при снижении содержания кислорода в воде до 1,93 мг/л этот процент повышается до 43.

Кроме определения потребления кислорода через поверхность кожи определялось также выделение углекислоты (для трех видов рыб). Ранее Крофом (2) в опытах на угре и Т. И. Привольным (3) в опытах над карасем было обнаружено, что через кожу выделяется больше

углекислоты, чем за это же время потребляется кислорода. В наших опытах дыхательный коэффициент во всех случаях больше для кожного дыхания, чем для общего, т. е. через кожу при температуре 11—20° выделяется больше углекислоты чем потребляется кислорода.

При сравнении количеств углекислоты, выделяемой кожей и жабрами совместно, и углекислоты, выделяемой только кожей, видно, что большая часть углекислоты у карпов и у осетровых рыб выделяется жабрами (табл. 2). В среднем для карпов-сеголеток через кожу выделяется 40—45 мг свободной углекислоты на 1 кг веса в 1 час, что составляет 31% от общего выделения углекислоты. Для осетровых этот процент значительно ниже — 8,7% выделения через кожу от общего выделения углекислоты.

Таблица 2

Выделение углекислоты через поверхность кожи

Вид рыбы	Вес	Т-ра в°	Выделение CO <sub>2</sub> через жабры и кожу в мг CO <sub>2</sub> на 1 кг веса в 1 час	Выделение CO <sub>2</sub> через кожу в мг на 1 кг веса в 1 час	Кожное дыхание в % к общему		Дыхательный коэффициент	
					для O <sub>2</sub>	для CO <sub>2</sub>	для общ. дыхания	для кожн. дыхания
Карп-сеголеток . . . . .	24,5 г	11	230,08	46,0	21	19,9	1,17	1,3
" . . . . .	24,0 "	11	183,3	42,5	11,3	23	1,06	2,5
" . . . . .	22 "	11	197,3	61,3	33	31	0,8	0,7
" . . . . .	46 "	9	88,4	44,2	17	50	0,79	2,9
Севрюга . . . . .	7,6 кг	23	124,5	11,82	6,6	9,5	0,94	1,3
" . . . . .	7,6 "	20	119,27	6,11	1,8	10	0,88	2,5
" . . . . .	7,4 "	20	235,7	6,03	7,6	6,6	0,94	1,13
Шип . . . . .	100	19	300,3	17,6	4,1	5,8	0,83	1,16

Следовательно, обмен углекислоты у рыб в основном происходит через жабры и только в некоторых случаях обмен углекислоты через кожу достигает 50%.

Таблица 3

Кожное дыхание в зависимости от возраста

Вид рыбы	Вес и возраст	Общ. дыхание в мг O <sub>2</sub> на 1 кг веса	Общ. дыхание на 1 см <sup>2</sup> поверхности	Кож. дыхание в мг O <sub>2</sub> на 1 кг веса в 1 час	Кожн. дыхание на 1 см <sup>2</sup> поверхности	Кожн. дыхание в % к общему
Карп	34,5 г, сеголеток	107,4	0,031	33,1	0,0097	30,8
	395 г, годовик	55,7	0,037	12,1	0,0081	21
Карась	1,0—1,5 г	488,7 (3)	—	137,32	—	28,1
	3 мес.	147	—	25,5	—	17
Угорь	28,6 г	44,51	0,019	14,7	0,0063	33
	115 г	14,02	0,0107	2,4	0,0018	17
Стерлядь	579 г	250,8	0,085	40,19	0,0137	16
	52 г	246,4	0,209	12,64	0,0107	5,1
	800 г					

Определялась также величина кожного дыхания у рыб различного возраста (веса). В табл. 3 приведены величины интенсивности общего и кожного дыхания у сеголеток и годовиков карпа, угря, стерляди, карася различного веса (возраста).

Из сравнения интенсивностей кожного дыхания у сеголеток и годовиков карпов видно, что абсолютная величина кожного дыхания (рассчитанная на единицу веса и на единицу поверхности) уменьшается с возрастом.

Процент кожного дыхания по отношению к общему также уменьшается. Следовательно, у молоди рыб величина кожного дыхания по

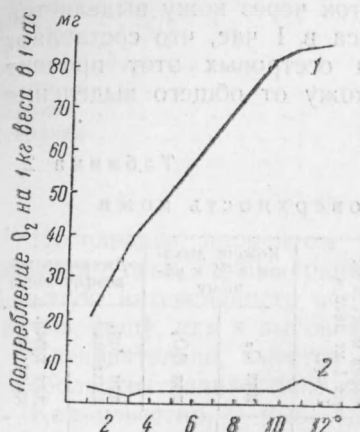


Рис. 2. Изменение общего (1) и кожного (2) дыхания у налима при снижении температуры

отношению к общему больше, чем у рыб большего веса (возраста). У молоди рыб имеется прямая пропорциональность между интенсивностью жаберного дыхания и напряжением кислорода в воде, что обусловлено недоразвитостью системы жаберного дыхания. (4). Молодь более требовательна к кислородному режиму водоема. Интенсивное кожное дыхание молоди дополняет жаберное дыхание.

При снижении температуры уменьшается жаберное и кожное дыхание, причем их изменение происходит неодинаково (по опытам на карпах-сеголетках и налимах). Особенно это заметно в опытах с налимом (см. рис. 2). Таким образом, значение кожного дыхания увеличивается при низких температурах.

Величина кожного дыхания зависит от состояния сосудов поверхности тела;

Так у севрюги кожное дыхание в одном опыте достигло величины 35% от общего (при средних величинах 8,04%) при одновременной гиперемии плавников и кровеносных сосудов на поверхности брюха.

В заключение выражаю благодарность проф. Т. И. Привольневу за руководство работой.

Поступило  
18 III 1950

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> D. Calugareanu, Pflüg. Arch. f. d. ges. Physiol., 120, (1907). <sup>2</sup> A. Krogh, Skandinavisches Arch. f. Physiol., 16 (1904). <sup>3</sup> Т. И. Привольнев, ДАН, 48, № 8 (1945). <sup>4</sup> Т. И. Привольнев, Изв. Всесоюз. н.-и. ин-та озern. и речн. рыб. хоз., 25, 1, 57 (1947).