

ФИЗИОЛОГИЯ

С. В. СТРЕЛЬЦОВА

КОЖНОЕ ДЫХАНИЕ РЫБ

(Представлено академиком А. И. Опарным 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 срез 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, доходящее до 42—80% от общего. У карпов-сеголеток в среднем около $1/4$ всего необходимого кислорода поступает через поверхность кожи.

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

Небольшим процентом кожного дыхания по отношению к общему обладают сиги, окунь, 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).

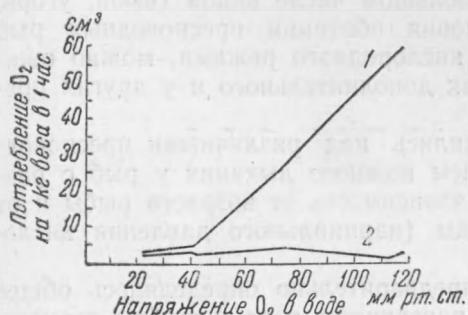


Рис. 1. Жаберное (1) и кожное (2) дыхание сеголетка амурского сазана при среднем и низком содержании кислорода в воде

увеличение процента кожного дыхания 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. Привольневым (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 ₂ через жабры и кожу в мг CO ₂ на 1 кг веса в 1 час	Кожное дыхание в % к общему		Дыхательный коэффициент	
				для O ₂	для CO ₂	для общ. дыхания	для кожн. дыхания
Карп-сеголеток	24,5 г	11	230,08	46,0	21	19,9	1,17
" "	24,0 "	11	183,3	42,5	11,3	23	1,06
" "	22 "	11	197,3	61,3	33	31	0,8
" "	46 "	9	88,4	44,2	17	50	0,79
Севрюга	7,6 кг	23	124,5	11,82	6,6	9,5	0,94
"	7,6 "	20	119,27	6,11	1,8	10	0,88
"	7,4 "	20	235,7	6,03	7,6	6,6	0,94
Шин	100	19	300,3	17,6	4,1	5,8	0,83
							1,13

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 ₂ на 1 кг веса	Общ. дыхание на 1 см ² поверхности	Кож. дыхание в мг O ₂ на 1 кг веса в 1 час	Кожн. дыхание на 1 см ² поверхности	Кожн. дыхание в % к общему
Карп	34,5 г, сеголеток	107,4	0,031	33,1	0,0097	30,8
Карась	395 г, годовик	55,7	0,037	12,1	0,0081	21
	1,0—1,5 г					
	3 мес.	488,7 (3)	—	137,32	—	28,1
Угорь	28,6 г	147	—	25,5	—	17
	115 г	44,51	0,019	14,7	0,0063	33
Стерлядь	579 г	14,02	0,0107	2,4	0,0018	17
	52 г	250,8	0,085	40,19	0,0137	16
	800 г	246,4	0,209	12,64	0,0407	5,1

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 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.

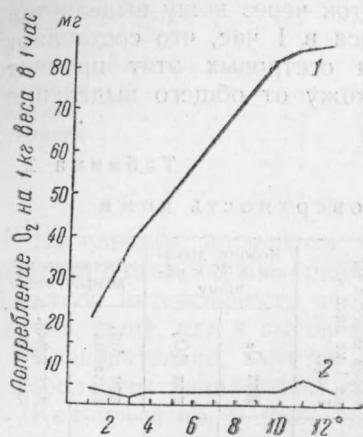


Рис. 2. Изменение общего (1) и кожного (2) дыхания у налима при снижении температуры

Так у севрюги кожное дыхание в 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

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