

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ ИМ. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

ЭКОЛОГИЯ МОРЕЯ



39
—
1991

УДК 591.4:597.08

Ю. Г. АЛЕЕВ, Р. А. НЕСТЕРОВА

О РАЗВИТИИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ЖАБР У РЫБ

Для характеристики степени развития дыхательной поверхности жабр у рыб авторами предложен показатель приведенной удельной дыхательной поверхности $S_{0(m.p.)}$. С помощью этого показателя на примере 46 видов рыб установлена прямая зависимость между площадью приведенной удельной дыхательной поверхности жабр и объемом тела рыб. Показано, что значения $S_{0(m.p.)}$ связаны прямой зависимостью с собственной подвижностью (скоростью плавания) рыб и увеличиваются в ряду бентос—бентонектон—эунектон, достигая максимума у крупных эунектонных тунцов. Показан рост значений $S_{0(m.p.)}$ в онтогенезе, что отвечает увеличению размеров тела и скоростей плавания. Установлено, что развитие адсорбирующих (дыхательных) поверхностей у рыб подчиняется тем же закономерностям, что и развитие адсорбирующих поверхностей у адсотрофов (бактерий, растений и др.).

Адсорбирующая способность жабр прямо пропорциональна площади их поверхности, а увеличение этой поверхности обусловлено ростом общей интенсивности метаболизма, что, в свою очередь, экологически определяется увеличением подвижности рыб. Для оценки степени развития дыхательной поверхности у рыб нами предложен [2] показатель приведенной удельной дыхательной поверхности $S_{0(m.p.)}$, созданный на основе ранее предложенного общего показателя приведенной удельной поверхности S_0 [1]: $S_{0(m.p.)} = S_p^{0.5} \cdot W^{-0.3(3)}$, где S_p — суммарная площадь дыхательной поверхности организма (в данном случае — жабр), W — его объем.

Значения $S_{0(m.p.)}$ были найдены для 46 видов рыб, относящихся к бентосу (скорость передвижения 1–3 м/с), бентонектону (скорость передвижения 3–8 м/с) и эунектону (скорость передвижения 8–20 м/с). Расчет $S_{0(m.p.)}$ производили по площади поверхности жабр и массе тела рыб [3–6]. Полученные значения $S_{0(m.p.)}$ для 46 видов рыб представлены в таблице.

Связь между величинами $S_{0(m.p.)}$ и W оценивалась на основе стандартного нормированного отклонения, по Стьюденту. Во всех случаях эта связь достоверна и для каждой из рассмотренных экологических групп характеризуется как «сильная» (для бентосных рыб $r = 0,74 \pm 0,12$, $t_{\text{фак}} = 6,31$, $t_{\text{ст}} = 2,16$; для бентонектонных $r = 0,78 \pm 0,07$, $t_{\text{фак}} = 11,66$, $t_{\text{ст}} = 2,04$) или «очень сильная» (для эунектонных рыб $r = 0,90 \pm 0,03$, $t_{\text{фак}} = 32,05$, $t_{\text{ст}} = 2,02$); для всей совокупности исследованных рыб $r = 0,85 \pm 0,03$, $t_{\text{фак}} = 30,19$, $t_{\text{ст}} = 1,99$.

Для установления функциональной зависимости $S_{0(m.p.)}$ от W методом наименьших квадратов найдены коэффициенты линейной регрессии для различных экологических групп рыб и всех исследованных рыб в целом, а также построены линии регрессии в логарифмическом масштабе (рис. 1). Данные для разных экологических групп рыб описаны аллометрическими уравнениями: для бентосных рыб $S_{0(m.p.)} = 0,307 W^{0,128}$; для бентонектонных $S_{0(m.p.)} = 0,401 W^{0,119}$; для эунектонных $S_{0(m.p.)} = 0,466 W^{0,175}$. Наклон линий регрессии (рис. 1) свидетельствует о наличии во всех случаях четкой прямой зависимости между величинами $S_{0(m.p.)}$ и W ; при этом у бентонектонных видов значения $S_{0(m.p.)}$

© Ю. Г. Алеев, Р. А. Нестерова, 1991

Значения S_0 (мр) для рыб

Группа и вид рыб	Масса рыб, кг	S_0 (мр)	Группа и вид рыб	Масса рыб, кг	S_0 (мр)
Бентос			Archosargus probatocephalus	2,366	6,68
Trigla gurnardus	0,018	2,47	Roccus lineatus	3,059	6,69
Cottus bubalis	0,040	4,03	Эунектон		
	0,052	4,33	Clupea harengus	0,085	6,16
Callionymus lyra	0,024	2,24	Trichiurus lepturus	0,116	5,18
	0,046	2,72	Caranx crysos	0,129	7,11
	0,064	3,48	Trachurus trachurus	0,012	4,17
Pleuronectes platessa	0,086	4,47		0,040	5,39
Prionotus carolinus	0,213	4,70		0,125	7,40
Opsanus tau	0,233	3,56		0,135	7,62
Lophopsetta maculata	0,411	3,82	Scomber scombrus	0,182	8,18
Prionotus strigatus	0,460	6,19	Echeneis naucrates	0,393	6,42
Pseudopleuronectes americana	0,734	4,34	Scomberomorus maculatus	0,478	7,86
Paralichthys dentatus	0,766	4,81	Brevoortia tyrannus	0,613	12,40
Lophius piscatorius	1,550	4,15	Pomatomus saltatrix	1,035	8,20
	6,392	6,11	Sarda sarda	1,260	8,11
Бентонектон				1,450	8,31
Odontogadus merlangus	0,051	4,01		2,192	8,80
Crenilabrus melops	0,065	3,71	Coryphaena hyppurus	2,880	9,32
Peprilus alepidatus	0,071	4,62	Gymnosarda alleterata	4,015	10,70
Onos mustella	0,020	2,89	Katsuwonus pelamis	5,216	18,60
	0,080	3,32		0,957	13,30
Tinca tinca	0,140	4,46		1,667	15,00
Mugil cephalus	0,166	7,31	Thunnus albacares	2,757	15,30
Salmo trutta	0,175	4,40		6,315	16,00
Poronotus triacanthus	0,199	5,97		4,056	13,90
Palinurichthys perciformis	0,199	5,49	Thunnus thynnus	14,541	15,20
Centropristes striatus	0,244	5,40		4,313	12,70
Spaeroides maculatus	0,250	5,20		4,767	12,10
Zeus faber	0,300	3,48		5,221	13,40
Chilomycterus schoepfii	0,316	5,51		6,365	11,30
Stenotomus chrysops	0,395	6,15		7,945	15,20
Anguilla rostrata	0,428	4,82		9,534	15,30
Tautoga onitis	0,580	5,77		10,669	14,00
Cynoscion regalis	0,807	5,95		12,485	17,70
Micropterus dolomieu	0,003	3,32		13,395	14,00
	0,026	3,62		15,209	15,00
	0,041	3,80		16,344	12,90
	0,116	3,93		18,387	17,40
	0,189	3,96		19,976	16,00
	0,289	4,07		21,388	14,70
	0,452	4,18		22,700	15,70
	0,618	4,48		32,688	18,20
	0,838	4,66		33,143	17,30

выше, чем у бентосных, а у эунектонных — выше, чем у бентонектонных, что полностью соответствует возрастанию общей подвижности рыб в этом ряду. Темп увеличения S_0 (мр), происходящего с ростом W , не зависит от абсолютной величины W . С ростом объема тела, т. е. с увеличением линейных размеров, относительная площадь дыхательной поверхности жабр у эунектонных рыб увеличивается быстрее, чем у бентосных и бентонектонных, что объясняется более быстрым ростом средних скоростей плавания первых.

Как видно из рис. 1, для каждой из трех исследованных экологических групп рыб (бентосных, бентонектонных и эунектонных) и для всей совокупности из 46 видов исследованных рыб установлена тенденция к увеличению относительной адсорбирующей (в данном случае — дыхательной) поверхности S_0 (мр) с ростом объема W тела, т. е. с ростом линейных размеров организма. Как известно [2], именно такова закономерность развития общей поверхности тела у адсотро-

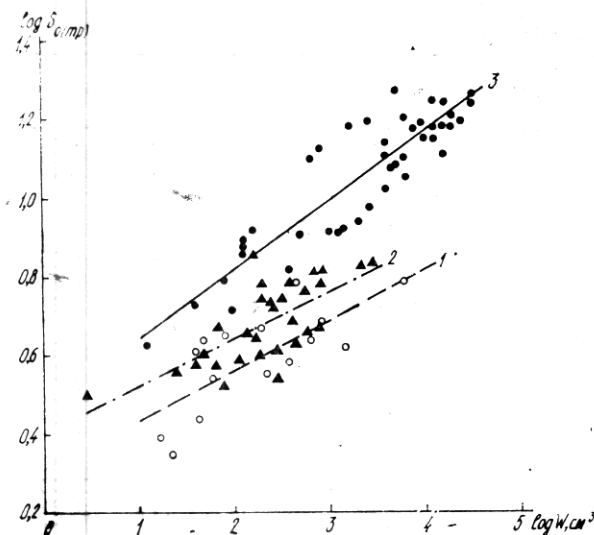


Рис. 1. Функция $S_0 (m.p.) = f(W)$ для рыб:
1 — бентос, 2 — бентонектон, 3 — эунектон

нейными размерами тела такой же зависимостью, как и суммарная поверхность тела адсорбтивных организмов (бактерий, грибов, большинства растений) с их линейными размерами.

Таким образом, выполнение достаточной адсорбционной функции как у адсорбтивов, так и у фаготрофов структурно обеспечивается на основе прямой зависимости относительной площади адсорбирующей поверхности от линейных размеров тела (см. рис. 1, 2).

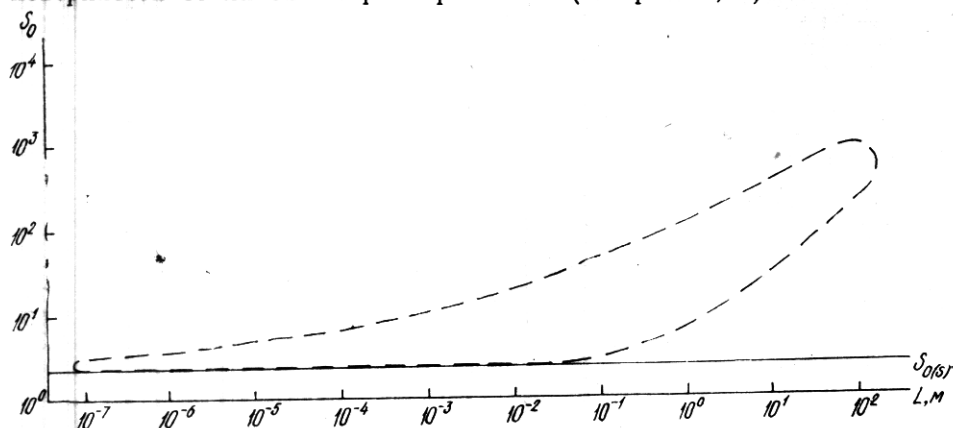


Рис. 2. Функция $S_0 = f(L)$ для адсорбентов (область, ооконтуренная пунктиром), для сравнения показана функция $S_0(s) = f(L)$ для шара (по Ю. Г. Алееву (1986) с изменениями)

1. Алеев Ю. Г. О биогидродинамических различиях планктона и нектона // Зоол. журн. — 1972. — 51, вып. 1. — С. 5—12.
2. Алеев Ю. Г. Экоморфология. — Киев: Наук. думка, 1986. — 424 с.
3. Алеев Ю. Г., Нестерова Р. А. Зависимость степени развития дыхательной поверхности жабр от объема тела рыб // III Всесоюз. конф. по мор. биологии. — Киев: Наук. думка, 1988. — С. 16—17.
4. Gray J. E. Comparative study of the gill area of marine fishes // Biol. Bull. — 1954. — 107. — P. 219—225.
5. Hughes G. M. The dimensions of fish gills in relation to their function // J. Exp. Biol. — 1966. — 45, N 1. — P. 177—195.
6. Muir B. C., Hughes G. M. Gill dimensions for three species of tunny // Ibid. — 1969. — 51, N 2. — P. 271—285.

ON DEVELOPMENT OF THE RESPIRATIVE SURFACE IN FISH GILLS

Summary

An index of reduced specific respiratory surface $S_{0(m p)}$ is suggested to characterize a degree of development of the respiratory surface of fish gills. Using this index for 46 fish species taken as an example a direct dependence between the area of the reduced specific respiratory surface of gills and body volume of fish has been established. It is shown that the $S_{0(m p)}$ values directly depend on the proper mobility (swimming rate) of fish and increase in the series of benthos-benthonecton-eunecton gaining the maximum in large-size eunectonic tunnies. The $S_{0(m p)}$ values grow in ontogeny, which corresponds to an increase of body sizes and swimming rates. It is established that the development of adsorbing (resperative) surfaces in fish follows the same regularities as the development of adsorbing surfaces in adsotrophs (bacteria, plants, etc.) does.