

Пров. 1980

АКАДЕМИЯ НАУК УССР
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ
им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

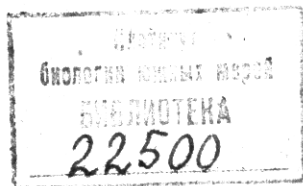
ПРОВ 98

ПРОВ 2010

БИОЛОГИЯ МОРЯ

вып. 16

ФУНКЦИОНАЛЬНО-
МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ НЕКТОННЫХ
ЖИВОТНЫХ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКОВА ДУМКА»

КИЕВ — 1969

ных поперечных сил. - В кн.: Исследования по бионике.

"Наукова думка", К., 1965б.

З у е в Г.В. Корпус Cephalopoda как несущая плоскость.
Биол.науки, I, 1965.

М а р т ы н о в А.К. Экспериментальная аэродинамика.
Оборонгиз, М., 1958.

Ч е п у р н о в А.В. Скорости движения китов и некоторые
особенности их внешнего строения. - В кн.: Исследования по
бионике. "Наукова думка", К., 1965.

Ч е п у р н о в А.В., О в ч а р о в О.П. Прибор для измерен
китов.- В кн.: Экология и морфология nektonных животных".
"Наукова думка", К., 1966.

H a r r i s J.E. The role of the fins in the equilibrium
of the swimming fish. I. Wind-tunnel test on a model of
Mustelus canis (Mitchill).- J. Exp. Biol., 13, 4.

H a r r i s J.E. The role of the fins in the equilibrium
of the swimming fish. II. The role of the pelvic fins.-
J. Exp. Biol., 15, 1, 1938.

S c h e f f e r V.B., S l i p p J.W. The whales and dol-
phins of Waschington state.- The Amer, Midl Natur., 39,2,
1948.

О ВОЗРАСТНЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ В СТРОЕНИИ
МИКРОРЕЛЬЕФА ЧЕШУЙНОГО ПОКРОВА БАРАБУЛИ /MULLUS
BARBATUS PONTICUS ESSIPOV/

В.Д.Бурдак

Институт биологии южных морей АН УССР

В связи с известным фактом прямой зависимости скорости
движения рыбы от ее длины /Шулейкин, 1953/ очень интересно
проследить возрастные изменения в строении микрорельефа че-
шуйного покрова рыб, как фактора, управляющего пограничным
слоем /Алеев, 1963/. В настоящей работе была сделана попытка
такого анализа на примере ктеноидной чешуи черноморской ба-
рабули /Mullus barbatus ponticus Essipov/.

Проведенное автором исследование чешуи барабули показало, что у этой рыбы в онтогенезе при изменении длины особей /до конца позвоночного столба/ от 6 до 16 см в строении поверхностных структур чешуйного покрова, имеющих прямое отношение к управлению течением в пограничном слое, происходят существенные изменения.

Функциональное значение ктеноидов на чешуе рыб до последнего времени оставалось практически не изученным. Предполагали /Алеев, 1968/, что ктеноиды представляют собой приспособления, управляющие пограничным слоем, турбулизируя его с целью недопущения ламинарного отрыва.

В настоящей работе изучена степень развития ктеноидов на различных участках тела рыбы, что дает возможность судить об их функциональном значении и механизме действия как структур, управляющих пограничным слоем. Для исследования были использованы экземпляры рыб, не подвергавшиеся никакой фиксации с хорошо сохранившимся, неповрежденным чешуйным покровом. У исследуемых рыб вся чешуя просматривалась под биноклем с целью определения наличия ктеноидов и степени их развития. С помощью окуляра-микрометра замерялась максимальная длина / k / ктеноидов на каждой чешуе /в мм/.

Исследование чешуи показало, что передняя часть тела барабули - примерно до вертикали конца жаберной крышки - покрыта циклоидной чешуей, кзади ктеноидная чешуя и длина ктеноидов увеличиваются вдоль продольной оси тела, в направлении спереди назад. Из сопоставления длины / k / ктеноидов с высотой / $k_{\text{доп}}$ /, допускаемой шероховатости для барабули, которая была определена нами по имеющимся в литературе /Шлихтинг, 1956/ графикам, видно, что длина ктеноидов увеличивается параллельно увеличению допускаемой шероховатости, т.е. в направлении от переднего конца тела к заднему. Это указывает на то, что степень развития ктеноидов связана с высотой допускаемой шероховатости.

Длина ктеноидов примерно в 10 раз превосходит высоту допускаемой шероховатости. Однако у барабули ктеноиды расположены не перпендикулярно к поверхности тела рыбы, а наклонно, под очень небольшим углом к поверхности тела, составляющим примерно $5-8^{\circ}$. Поэтому высота образуемого ктеноидами рельефа примерно в 8-12 раз меньше длины ктеноидов. Исходя из этого, можно думать, что ктеноиды на чешуе барабули вряд ли могут турбу-

лизировать пограничный слой. Такое предположение подтверждается также тем, что у живой рыбы ктеноиды в значительной мере закрыты слизью и выступают из нее лишь в виде низких продольных гребней, расположенных по краю чешуи. Рельеф, образуемый ктеноидами вместе со слизью, выглядит как сплошной ряд продольно ориентированных килей (рис. I). Это приводит к мысли, что ктеноиды выполняют скорее функцию спрямляющей решетки, упорядочивающей поток при обтекании края чешуи, предотвращая возникновение в этом месте, т.е. в пограничном слое, микротурбулентности и таким образом способствуют ламинаризации пограничного слоя. Этим и обеспечивается некоторое снижение сопротивления трения, которое на таких хорошо обтекаемых телах, как рыбы, составляет большую часть суммарного сопротивления.

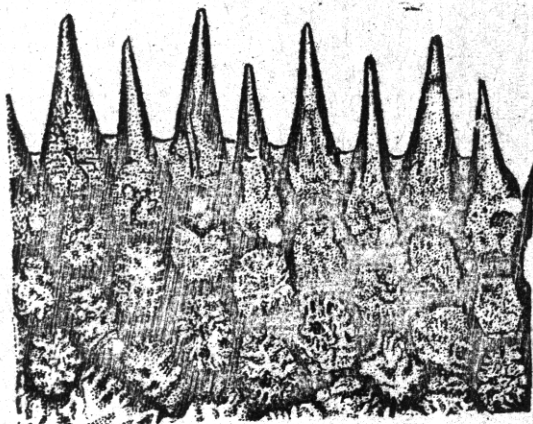


Рис. I. Одновершинные ктеноиды на чешуе барабули длиной 17,6 см/х 32/.

В этой связи появление ктеноидов на некотором удалении от переднего конца тела вполне понятно. На некотором расстоянии от передней точки тела пограничный слой остается ламинарным и без особого управления им со стороны обтекаемого тела. На определенном расстоянии от переднего конца тела, когда создается реальная угроза его турбулизации, появляется специальный механизм, управляющий течением в пограничном слое, т.е. спрямляющая решетка из ктеноидов на краях чешуй. Эта решетка как бы расчесывает

пограничный слой при его перетекании с поля одной чешуи на поле другой чешуи. Этим достигается разрушение возникающих вихревых токов, или, иначе говоря, ламинаризация пограничного слоя.

Изложенное хорошо согласуется с общими положениями гидродинамики. Известно /Прандтль, 1951/, что сохранить ламинарным поток, в котором скорость увеличивается, легче, чем в котором скорость уменьшается. Естественно поэтому, что на тех участках тела, где скорость обтекающего потока нарастает, специальный морфологический механизм, ламинаризирующий пограничный слой, менее необходим, чем на тех участках, где скорость потока остается постоянной или уменьшается. В соответствии с этим те участки поверхности тела рыбы, возле которых обтекающий поток резко ускоряется, а именно - в передней части тела, где толщина обтекаемого тела в направлении спереди назад увеличивается, покрыты циклоидной чешуей. На тех же участках, возле которых обтекающий поток не увеличивает своей скорости или это увеличение ниже определенного предела, чешуя уже ктеноидная.

Необходимо отметить, что у барабули число оснований ктеноидов на каждом участке края чешуи по мере ее роста практически не увеличивается. Об этом свидетельствует постоянство числа рядов оснований ктеноидов, сидевших на более ранних, верхних пластинках чешуи и отпавших при образовании новых ктеноидов, сидящих на более молодой, самой нижней пластинке чешуи. Эти ряды оснований старых отпавших ктеноидов образуют на открытой чешуи характерные продольные полосы /рис.1-3/.

Исследование ктеноидов на совершенно неповрежденной чешуе, снятой с живой рыбы, дало возможность вскрыть одну особенность в строении ктеноидов, насколько известно автору, не описанную ранее и имеющую прямое отношение к гидродинамической функции ктеноидов. Оказалось, что у барабули в онтогенезе происходит ветвление ктеноидов, в результате которого одновершинные ктеноиды /рис.1/ превращаются в двух, трех, четырех и даже пятивершинные /рис.2-3/.

Известно /Шулейкин, 1953/, что с увеличением размеров рыбы максимальные доступные для нее скорости движения увеличиваются,

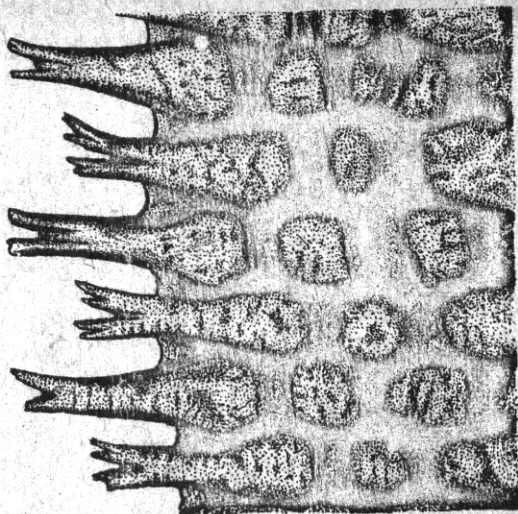


Рис. 2. Четырехвершинные ктеноиды на чешуе барабули длиной 14,0 см /х 32/.

В соответствии с этим в онтогенезе барабули и наблюдается увеличение частоты расположения шипов ктеноидов по краю чешуи, что достигается путем ветвления ктеноидов, за счет которого при прежнем числе оснований ктеноидов происходит увеличение количества их рабочих элементов — шипов в 2,4 или даже в 5 раз (рис. 3).

Наиболее обычный вид ветвления ктеноидов — дихотомический, ветвление на нечетное число вершин наблюдается реже. Определенной длине рыб в онтогенезе соответствует определенная степень разветвленности ктеноидов. При длине (до конца позвоночного столба) черноморской барабули 6–7 см ктеноиды, как правило, одновершинные, при длине рыбы 10–14 см они имеют уже до четырех вершин, при длине свыше 14 см они имеют до пяти вершин (рис. 3).

Сам процесс ветвления ктеноида начинается с некоторого при-тупления его вершины. Из острой конической она делается тупо-закругленной, иногда даже слегка булавовидной. Далее на закругленном конце ктеноида появляются два центра роста, где начинается постепенное приострение новых вершин. Затем эти вершины вытягиваются, давая начало новым развитым шипам.

Насколько удалось заметить автору, этот процесс ветвления ктеноидов происходит одинаково как при первоначальном дихотомическом ветвлении одновершинного ктеноида, так и при вторичном

делении каждого из шипов двувершинного ктеноида. Нечетное число вершин появляется чаще всего в результате дихотомического ветвления одного из шипов двувершинного ктеноида, в то время как второй шип остается неразветвленным, или же в результате дихотомического ветвления одного из шипов четырехвершинного ктеноида. Значительно реже нечетное число вершин является результатом одновершинного возникновения нечетного числа точек роста на концевом булавовидном вздутии ктеноида.

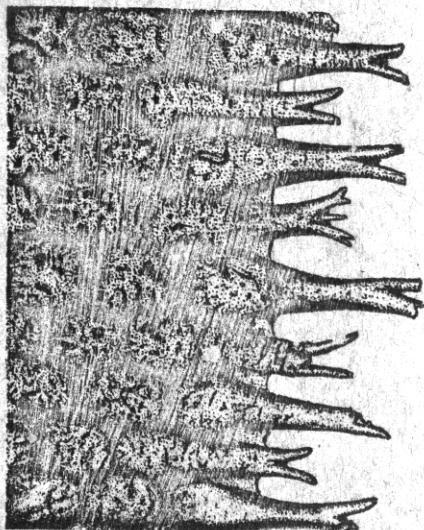


Рис. 3. Многовершинные ктеноиды на чешуе барабули длиной 17,6 см (х 82).

Таким образом, в ходе онтогенеза с увеличением размеров рыбы и ростом доступных для нее скоростей движения, что само по себе облегчает турбулизацию пограничного слоя, происходит прогрессивное развитие специальных приспособлений, с помощью которых осуществляется обратный процесс - ламинаризация пограничного слоя. Это выражается в увеличении частоты сидящих по краю чешуи шипов ктеноидов путем их ветвления, т.е. в увеличении частоты рабочих элементов решетки ламинаризатора.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- А л е е в Ю.Г. Функциональные основы внешнего строения рыбы.
Изд-во АН СССР, М., 1963.
П р а н д т л ь Л. Гидроаэромеханика, изд.2. М., М., 1951
(перев.с нем.).

Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. ИЛ., М., 1956
/перев. с нем./.

Шулейкин В.В. Физика моря. Изд-во АН СССР. М., 1958.

О ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ КАЧЕСТВАХ ЗАДНИХ
ЛАСТОВ НАСТОЯЩИХ ТЮЛЕНЕЙ сем. Phocidae /отр. Pinnipedia/

Ю.Е.Мордвинов

Институт биологии южных морей АН УССР

Обеспечение поступательного движения в воде у настоящих тюленей осуществляется в основном за счет работы задней пары ластов и /частично/ изгибов тела в латеральном направлении.

Строение задних ластов у отдельных представителей семейства во многом определяет характер и скорость движения тюленей в воде.

Способ плавания настоящих тюленей с помощью поочередной работы задними лапами напоминает работу хвостового плавника рыб, поскольку задние ласты можно сравнить с вертикально раздвоенным хвостовым плавником. Поэтому не случайно для суждения о гидродинамических качествах задних ластов настоящих тюленей мы обратимся к методике оценки таковой у рыб.

Как указывает Харрис /Harris, 1958/ форма плавника с отклоненным назад ведущим краем и выемчатым задним является типичной несущей плоскостью водной среды, выгодной не только для хвостового плавника — органа локомоции, но и для других плавников, причем выемчатый хвостовой плавник создает большую подъемную силу по сравнению с невыемчатым. Плавники такого рода свойственны быстрым и выносливым пловцам. Это положение распространяется на задние ласты тюленей. Так мы находим указания у Н.А.Смирнова /1929/ о том, что задние ласты у представителей подсемейства *Monachinae* очень глубоко вырезаны, что является одним из систематических признаков данного подсемейства. Можно предположить, что тюленям, обладающим задними ластами подобной формы, свойственна сравнительно высокая скорость плавания на довольно значительные расстояния по сравнению с подавляющим большинством настоящих тюленей, которые такой выемки на задних лапах не имеют. Большую часть времени тюлени этого подсемейства проводят в воде,