

Прог. 1980

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

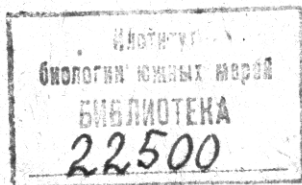
ПРОВ 98

ПРОВ 2010

# БИОЛОГИЯ МОРЯ

вып. 16

ФУНКЦИОНАЛЬНО-  
МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ  
ИССЛЕДОВАНИЯ НЕКТОННЫХ  
ЖИВОТНЫХ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКОВА ДУМКА»

КИЕВ — 1969

Ш л и х т и н г Г. Теория пограничного слоя. ИЛ., М., 1956  
/перев. с нем./.

Ш у л е й к и н 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 лапы 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 лапы тюленей. Так мы находим указания у Н.А.Смирнова / 1929/ о том, что задние лапы у представителей подсемейства Monachinae очень глубоко вырезаны, что является одним из систематических признаков данного подсемейства. Можно предположить, что тюленям, обладающим задними лапами 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,

являясь обитателями теплых и умеренных вод. В кормовом рационе у них преобладают такие хорошие плавцы, к каким относятся рыбы, головоногие моллюски. Литературных данных о скорости движения представителей данного подсемейства в воде, насколько известно автору, нет.

В то же время сильно выемчатый задний ласт тюленя не может обеспечить большого ускорения на сравнительно коротком расстоянии плавания; при совершении рывков резкое увеличение угла атаки ведет к потере скорости. Большинство представителей настоящих тюленей, обладающие такими невыемчатыми задними лапами, способны создавать значительные ускорения на коротком расстоянии. Кроме того, невыемчатые задние лапы способствуют осуществлению резких поворотов в ту или другую сторону в горизонтальной и вертикальной плоскостях по сравнению с выемчатыми. Невыемчатые задние лапы обладают большим коэффициентом полезного действия /к.п.д./ движителя по сравнению к выемчатым.

Уменьшение к.п.д. движителя у быстроплавающих рыб, таких как скумбрия, тунцы, парусник, объясняется не только тем, что их поступательному движению сопутствуют "паразитные силы", как это указывает В.В. Шулейкин /1934/, но также уменьшением относительной величины площади рабочей поверхности движителя /Алеев, 1963/. С увеличением площади поверхности движителя, т.е. при невыемчатости задних ластов, увеличивается локомоторная сила, которую они создают. Очевидно, такое строение задних ластов приобретает большое значение для настоящих тюленей, имеющих в течение почти круглого года положительную плавучесть и при этом способных к резкому занориванию на значительную глубину. Так Рей /Ray, 1963/, наблюдавший за плаванием старого тюленя *Halichoerus grypus* Fabr. /в Нью-Йоркском зоопарке, отмечает, что животное в момент броска способно развивать скорость до 18 миль в час.

Одним из моментов, характеризующих работу хвостового плавника, в равной степени как и задних ластов, является показатель величины подъемной силы, т.е. силы двигающей тело вперед. Величина движущей силы лапы находится в прямой зависимости от его относительного поперечного удлинения, которая в свою очередь может быть определена по аналогичной формуле для крыла самолета произвольной формы в плане и неоднократно использовалась ранее в исследованиях на водных животных: на рыбах-Нарселлом /Nursall, 1958/, В.В. Барсуковым /1959/, Ю.Г. Алеевым /1963/; на китообразных-А.В. Чепурновым /1966/;

$$\lambda_c = \frac{l_c^2}{S_c},$$

где  $\lambda_c$  - величина относительного поперечного удлинения заднего ласта,  $S_c$  - его площадь в квадратных сантиметрах в расправленном виде, определяемая путем подсчета очерченной на миллиметровой бумаге площади ласта,  $l_c$  - размах нормально расправленного заднего ласта в сантиметрах.

Нарселл /1958/, рассматривавший хвостовой плавник как несущую плоскость, пришел к заключению, что с увеличением относительного поперечного удлинения хвостового плавника эффективность создаваемой им подъемной силы увеличивается. У рыб, приспособленных к быстрому длительному передвижению, плавник приобретает поперечно-удлиненную форму и характеризуется высокими значениями  $\lambda_c$  /Алеев, 1963/.

Нами найдены значения  $\lambda_c$  для двух видов настоящих тюленей: каспийского тюленя /*Phoca caspica* Gmel. / и беломорского лиса /*Pagophoca groenlandica* Erxl. / /см. таблицу и рис.1/. Низкие значения  $\lambda_c = 2,1$ , характерные для этих двух видов тюленей, свидетельствуют о том, что задние лапы у них не приспособлены к созданию большой локомоторной силы, необходимой для развития больших скоростей на значительные расстояния.

Форма заднего ласта в онтогенезе у каспийского тюленя и беломорского лиса существенно изменяется. У новорожденных тюленей длина верхнего края ласта по сравнению с взрослыми формами незначительно отличается от длины нижнего края. Четко заметна асимметрия, нижний край его значительно длиннее верхнего /см. таблицу и рис.2/. Нижний край лопасти менее гибкий, его основу составляют три толстые фаланговые кости, верхний край более эластичный за счет того, что пятый палец ласта состоит из четырех более тонких костей.

Шульце / Schulze, 1894/ было обращено внимание на то, что при боковых движениях хвостового плавника рыбы вследствие гибкости плавниковых лучей дистальные части их всегда отстают от проксимальных. По этой причине каждая лопасть хвостового плавника при боковых движениях создает некоторую вертикальную силу: нижняя лопасть - силу, направленную вверх, верхняя - силу, направленную вниз.

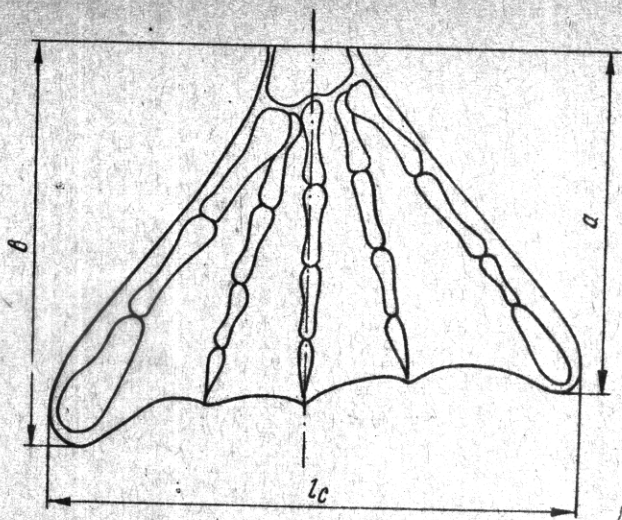


Рис.1. Схема измерений заднего лапа каспийского тюленя и беломорского лысуна /в см/:

$l_c$  -размах нормально расправленного заднего лапа;

$a$  - длина верхней лопасти лапа;

$b$  - длина нижней лопасти лапа.

Аналогичные явления мы наблюдаем и у настоящих тюленей. Наблюдая за нормально плавающим /дорсальной стороной вверх/ тюленем, нетрудно заметить, что нижняя лопасть заднего лапа в момент приведения его к телу, т.е. при работе его стопы, несколько опережает верхнюю лопасть, в результате чего лапа располагается под некоторым углом к медиальной плоскости тела и тем самым создается поперечная вертикальная сила, направленная в сторону брюха. Эта сила призвана нейтрализовать вертикальный вращающий момент, вызванный асимметрией корпуса тюленя. / так как дорсальная сторона тела более выпуклая, чем вентральная, то при поступательном движении создается сила, стремящая повернуть тело зверя головой вниз/, тем самым способствуя сохранению прямолинейного поступательного движения животного в воде.

Относительная поперечная удлиненность /  $\lambda_c$  / заднего лапа и длина верхней /  $\alpha$  / и нижней /  $\theta$  / лопастей его в процентном отношении к длине /  $L$  / тела у каспийского тюленя и беломорского лисуна /в см./

| Длина тюленя до конца позвоночного столба, $L$ | $\lambda_c$ | $\alpha, \% L$ | $\theta, \% L$ |
|------------------------------------------------|-------------|----------------|----------------|
|------------------------------------------------|-------------|----------------|----------------|

Каспийский тюлень

|       |     |      |      |
|-------|-----|------|------|
| 71,5  | 2,0 | 15,0 | 16,5 |
| 89,0  | 2,1 | 15,3 | 16,8 |
| 100,0 | 2,1 | 15,4 | 16,8 |
| 115,0 | 2,2 | 14,9 | 16,7 |
| 135,0 | 2,2 | 14,7 | 16,5 |

Беломорский лисун

|       |     |      |      |
|-------|-----|------|------|
| 78,5  | 2,0 | 16,0 | 17,6 |
| 87,0  | 2,0 | 16,1 | 17,7 |
| 106,5 | 2,0 | 16,2 | 17,6 |
| 118,0 | 2,2 | 15,0 | 17,4 |
| 162,0 | 2,1 | 14,9 | 17,4 |
| 177,0 | 2,2 | 14,7 | 17,4 |



Рис.2. Изменение формы заднего лапа в онтогенезе у каспийского тюленя:

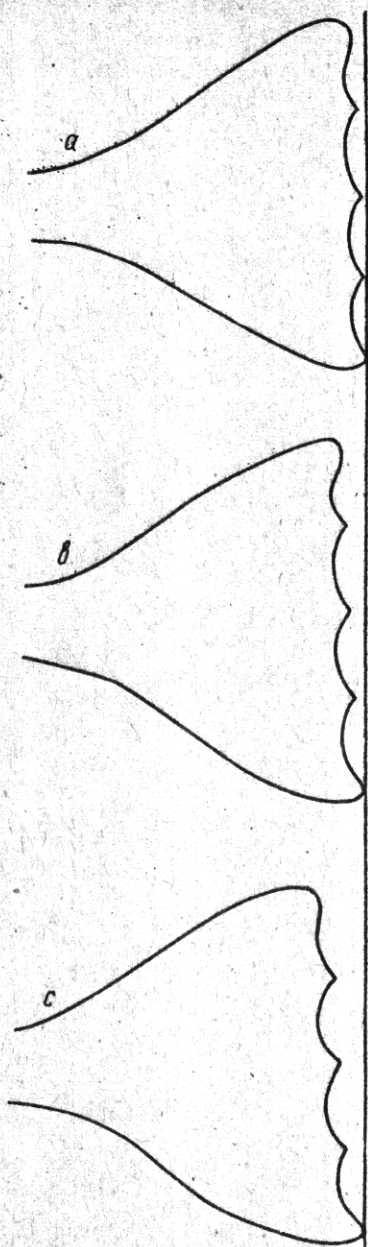
$$a-L=71,5;$$

$$b-L=100,0;$$

$$c-L=135,0;$$

$L$  - длина тюленя до конца позвоночного столба, см.

Рей / Ray, 1963/ указывает на то, что настоящие тюлени предпочитают плавать на поверхности воды на спине. В этом случае вращательный момент, образованный дорсовентральной асимметрией тела, будет приподнимать передний конец тела, выталкивая его на поверхность воды; соответственно при движении приподнимается и задний конец тела за счет силы, которая возникает в результате отставания дорсального края лопасти лапа по сравнению с вентральным. Поэтому тюлень может сохранять при движении горизонтальность продольной оси тела. Помимо этого, как пишет С.И.Огнев /1935/, в онтогенезе носовая область головы у тюленей удлиняется и приподнимается дорсально, ноздри же остаются несколько вентральнее. Такое перемещение ноздрей и позволяет тюленю плавать на поверхности воды



на спине, чуть выставив кончик морды из воды, и дышать.

При повороте в ту или другую сторону в горизонтальной плоскости, занырявании или выныривании в момент торможения животное использует хорошую изгибаемость тела в дорсовентральном и латеральном направлениях, а также использует для этой цели пары передних ластов.

В заключение необходимо отметить, что, анализируя гидродинамические качества задних ластов настоящих тюленей, мы сталкиваемся с влиянием на особенности их строения других частей тела, в том числе и самого корпуса животного, в первую очередь благодаря их гидродинамическим качествам, исследование которых является задачей будущего.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

А л е е в Ю.Г. Функциональные основы внешнего строения рыб. Изд-во АН СССР. М., 1963.

Б а р с у к о в В.В. О гидродинамических качествах хвостового плавника атлантических зубаток /Anarchididae/. - ДАН СССР, 129, 3, 695, 1959.

О г н е в С.И. Звери СССР и прилежащих стран, 3. Биомедгиз, М.-Л., 1935.

С м и р н о в Н.А. Определитель ластоногих /Pinnipedia / Европы и северной Азии - Изв.отд.прикл.ихтиол.и научно-промысл.исслед. Гос.ин-та опытной агрономии, 9,1,1929.

Ч е п у р н о в А.В. Строение и гидродинамические качества хвостового плавника некоторых китообразных.-В кн.: Экол.-морфол.исслед.нектонных животных. Изд-во АН УССР, К., 1966.

Ш у л е й к и н В.В. Внешняя и внутренняя динамика рыбы. Изд-во АН СССР, сер. VII, отд.матем. и естеств.наук,8,1934.

H a r r i s J.E. Fin Patterns and Mode of Life in Fishes. Essays in Marine Biology Being the Elmhirst Memorial Lectures. Edinburg-London, 1953.

N u r s a l l J.R. The Caudal Fin as a Hydrofoil. Evolution, 12, 1, 116, 1958.

R a y C. Locomotion in Pinnipeds.-Natural History, 72, 3, 1963.

S c h u l z e F.E. Über die Abwärtsbiegung des Schwanztriangles der wirbelsäule bei Ichtyosauren- Sitzungsher- Akad. Wiss. Berlin, 43, 44, 1894 .