

ПРОБ. 1310

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

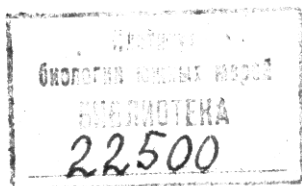
ПРОВ 98

ПРОВ 2010

БИОЛОГИЯ МОРЯ

вып. 16

ФУНКЦИОНАЛЬНО-
МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ НЕКТОННЫХ
ЖИВОТНЫХ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКОВА ДУМКА»

КИЕВ — 1969

О ХАРАКТЕРЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ПОПЕРЕЧНЫХ СИЛ,
СОЗДАВАЕМЫХ КОРПУСОМ КИТООБРАЗНЫХ

А.В. Чепурнов

Институт биологии южных морей АН УССР

Теоретически и экспериментально доказано / Harris, 1936, 1938; Алеев, 1963, 1965а, 1965б; Зуев, 1965/, что корпус различных нектонных животных приспособлен создавать вертикальные поперечные силы при поступательном движении. Характер таких сил различен /заглубляющий и выталкивающий/ и зависит от значений удельного веса тела животного.

Энергетические затраты на движение минимальны при нейтральной плавучести. У животных, которые имеют положительную или отрицательную плавучесть, снижение затрат мышечной энергии происходит за счет изменения конфигурации тела. Тело нектонных животных, имеющих отрицательную плавучесть, в большинстве случаев более выпукло сверху, чем снизу, а при положительной плавучести оно приобретает контур с выпуклостью вентральной части тела /Алеев, 1965б/.

Группа китообразных включает как представителей, имеющих тело выпуклое с дорсальной и вентральной стороны, а также виды, тело у которых близко к симметричному. В связи с этим представляет определенный интерес рассмотрение формы тела у разных представителей китообразных в связи с возможностью создания вертикальных поперечных сил телом этих животных. Учитывая сложность определения по общепринятой методике удельного веса /плавучести/ различных видов китообразных, попытаемся косвенным путем на основании изучения функциональных особенностей формы тела подойти к сравнительной оценке удельного веса различных групп китообразных.

Для исследования были использованы следующие виды китообразных:

<i>Eubalaena glacialis</i> (Bonnaterre)	- гладкий кит,
<i>Balaenoptera physalus</i> - финвал,	<i>Balaenoptera musculus</i> L. -
синий кит,	<i>Balaenoptera borealis</i> Lesson - сейвал,
<i>Balaenoptera acutorostrata</i> Lace - малый полосатик,	<i>Megaptera nodosa</i> (Bonnaterre) -
горбач,	<i>Eschrichtius gibbosus</i> Erxleben - серый кит,
<i>Physeter catodon</i> L. - кашалот,	<i>Delphinus delphis</i> L. - дельфин-белобочка,
<i>Lissodelphis borealis</i> (Peale) - китовидный дельфин,	<i>Orcinus orca</i> (L.) - косатка.

Необходимые параметры тела финвала, сейвала, кашалота и дельфина-белобочки были получены автором на китокомбинате "Скалистый" /Курильские острова/ и на Новороссийском рыбзаводе. Промеры гладкого и серого китов были любезно предоставлены нам Н.Н. Кондаковым. О форме тела косатки и китовидного дельфина мы судили по контурам тела, приведенным в статье В.Шеффера и Дж.Слиппа /Scheffer, Slipp, 1948/. Кривизна корпуса синего кита, малого полосатика и горбатого кита была рассчитана по продольным вертикальным профилям их тела, заимствованных из литературных источников.

Характер и величина вертикальной силы, как это известно из аэродинамики, зависит от кривизны профиля движущегося тела. Для создания подъемной силы необходимо, чтобы дорсальный контур продольной вертикальной проекции тела был более выпуклый, чем вентральный. Заглубляющая вертикальная сила создается при уплощенном дорсальном и выпуклом вентральном контурах.

Степень кривизны профиля может быть выражена отношением

$$\bar{f} = \frac{f}{L} \cdot 100,$$

где $\bar{f}$ - расстояние от средней линии профиля до продольной оси тела, L - длина тела /до выемки в хвостовой лопасти/.

Величина вертикальной силы, создаваемой корпусом животного, зависит также от его относительного удлинения, выражаемого /по аналогии с крылом самолета/ формулой

$$\lambda = \frac{l^2}{S},$$

где l -наибольшая ширина тела животного, S - площадь продольной горизонтальной проекции животного.

О функционировании тела животного как несущей плоскости может свидетельствовать соотношение максимальной высоты тела

H и максимальной ширины тела l . Если тело животного функционирует как несущая плоскость, то это обстоятельство должно привести к увеличению его горизонтальной проекции. В результате этого наибольшая ширина тела должна превосходить наибольшую высоту и соответственно $\frac{H}{l}$ должно быть меньше единицы или, в крайнем случае, равно единице.

С помощью этих показателей, как это показано Ю.Г.Алеевым /1968/, можно судить с какой-то степенью точности о величине вертикальной силы, создаваемой телом нектонных животных.

Цифровые значения приведенных показателей отражены в таблице.

Показатели вертикальных поперечных сил, создаваемых корпусом китообразных

<i>Вид</i>	$\bar{f}$	λ	H	I	$\frac{H}{I}$
<i>Eubalaena glacialis</i>	+0,8	0,32	29,0	22,0	1,32
<i>Balaenoptera physalus</i>	-2,1	-	14,8	10,8	1,32
<i>Balaenoptera musculus</i>	-2,9	-	-	-	-
<i>Balaenoptera borealis</i>	-2,5	0,19	17,5	13,7	1,27
<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	-2,2	-	-	-	-
<i>Megaptera nodosa</i>	-3,7	-	-	-	-
<i>Eschrichtius gibbosus</i>	+0,5	0,25	18,5	15,0	1,23
<i>Physeter catodon</i>	-1,0	0,29	20,8	16,8	1,24
<i>Delphinus delphis</i>	+4,5	0,33	21,0	20,0	1,10
<i>Lissodelphis borealis</i>	+2,0	0,27	13,5	14,0	0,96
<i>Orcinus orca</i>	+5,0	0,35	20,0	21,0	0,95

Примечание: Знак $+/$ означает дорсальную выпуклость тела, знак $-/-$ - вентральную выпуклость тела.

Анализ цифровых данных таблицы показал, что корпус разных видов китообразных в различной степени способен создавать при поступательном движении вертикальные поперечные силы. Ряд видов китообразных /косатка, китовидный дельфин, дельфин-белобочка, сейвал и др./ подобно рыбам обнаруживают большое сходство с профилями серии В ЦАГИ, на что указывал ранее Ю.Г.Алеев /1965б/ также для дельфина-белобочки и финвала. Однако в отличие от дельфинов у китов сходство продольной вертикальной проекции с профилем крыла проявляется в повернутом на 180° виде. /см. рисунок/. Ряд видов китов /кашалот, серый кит, гладкий кит/ такой аналогии практически не имеют, но при этом они характеризуются определенной величиной кривизны корпуса.

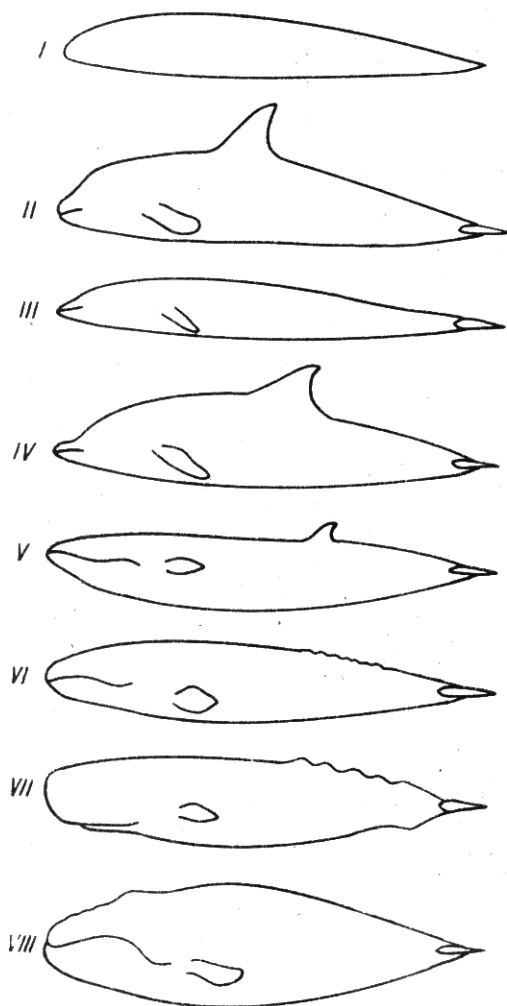


Рис.1. Вертикальные продольные проекции крыла самолета серии В-ПАГИ и различных представителей китообразных:
I - крыло самолета, II - косатка, III - китовидный дельфин, IV - дельфин-белобочка, V - сейвал, VI-серый кит, VII - кашалот, VIII- гладкий кит.

Среди китов шесть видов /синий кит, финвал, сейвал, малый полосатик, горбач и кашалот/ характеризуется вентродорсальной асимметрией/ $\bar{f}$ колеблется от $-1,0$ у кашалота до $-3,7$ у горбача/, когда брюшной контур имеет большую кривизну, чем дорсальный, в результате чего создается вертикальная сила, направленная вниз. Дельфины /дельфин-белобочка, китовидный дельфин и косатка/, наоборот, имеют дорсовентральную кривизну / $\bar{f}$ колеблется от $+2,0$ у китовидного дельфина до $+5,0$ у косатки/. Такая форма тела при горизонтальном движении дельфина создает некоторую подъемную силу, поддерживающую его в толще воды.

На возможность создания вертикальных поперечных сил корпусом некоторых китов и дельфинов может в определенной мере указывать величины его относительного удлинения, которые колеблются в пределах от $0,19$ до $0,35$, близких к значениям корпуса "тяжелых рыб" /Алеев, 1963/ и головоногих моллюсков /Зуев, 1965/ и значительно превышающие то минимальное значение /Мартынов, 1958/ относительного удлинения аэродинамического крыла / $\lambda = 1/30$ /, при котором уже возникает определенная вертикальная поперечная сила. Данный показатель отражает функцию несущих плоскостей лишь при наличии определенных значений показателя кривизны / $\bar{f}$ / тела.

Например, гладкий кит, у которого практически отсутствует кривизна тела, характеризуется наибольшим значением относительного удлинения тела / $\lambda = 0,32$ /. Также высоким значением относительного удлинения тела при почти симметричных контурах корпуса характеризуется серый кит / $\lambda = 0,25$ /. Увеличение у этих видов показателя относительного удлинения происходит не за счет уплощения тела, а в результате увеличения общего диаметра и вследствие этого площади горизонтальной проекции.

Таким образом, сравнивая контуры тела китов и дельфинов, а также величины его относительного удлинения, можно видеть, что все киты имеют тело либо с выпуклым брюшным краем, либо почти симметричное. Большинство дельфинов имеют тело с выпуклым дорсальным краем и одновременно характеризуются более высокими значениями относительного удлинения тела. Следовательно, тело китов приспособлено к созданию заглубляющих сил, а корпус дельфина способствует созданию подъемной силы. При определенной кривизне тела поперечные силы тем больше, чем больше значения его относительного удлинения.

Экспериментально /по методике Алеева, 1955а / нами для кашалота, сейвала и косатки, а Ю.Г. Алеевым / 1965а, 1965б/ для дельфина-белобочки и финвала доказано, что в процессе поступательного движения тело китов создает вертикальную силу, направленную вниз, а тело дельфинов, - силу, направленную вверх. Указанная методика дает возможность судить о величине поперечной силы, создаваемой корпусом экспериментальной модели, по расстоянию, на котором происходит максимальное заглубление /в случае отрицательной кривизны тела/ или максимальное всплытие /в случае положительной кривизны тела/. Так, Ю.Г.Алеев (1965а) показал, что при буксировке модели дельфина-белобочки со скоростью 2 м/сек благодаря создаваемой одним телом подъемной силы модель смещалась в сторону спины и совершала поворот вокруг продольной оси системы на 90° на протяжении 11-12 м пути. Г.В.Зуевым /1965/ при буксировке модели *Symplectoteuthis oulaniensis* показано, что вследствие дорсовентральной кривизны корпуса модели возникает подъемная сила. При скорости буксировки 1,2-1,3 м/сек угол смещения в конце пути пробега, равного 14м, достигал $30-40^{\circ}$. Несомненно, что в данном случае удлинение пути пробега привело бы к еще большему увеличению угла смещения.

Буксировка модели кашалота, сейвала и косатки нами производилась соответственно со скоростями 1,7, 1/5 и 1/5 м/сек. При этом модель кашалота, заглубляясь, принимала горизонтальное положение на 21-м метре пути, сейвала - на 19-м метре, модель косатки совершала поворот вверх вокруг продольной оси на 90° на протяжении 12 м. При сравнении китов и дельфинов, имеющих кривизну тела, видно, что корпус китов в меньшей степени, чем корпус дельфинов и других животных, обладает свойством создания вертикальных сил, что согласуется с теоретическими данными. Таким образом, доказано, что киты и дельфины не только могут создавать поперечные силы, направленные в различных вертикальных направлениях, но и которые различно выражены у разных групп китообразных /китов и дельфинов/. Эта функция корпуса у китов выражена несколько слабее, чем у дельфинов. Об этом же говорит изменение показателя соотношения максимальной высоты и максимальной ширины тела животного.

На основании имеющихся литературных данных /Чепурнов, 1965/ и пользуясь цифровыми значениями измерений, используемых для промысловых целей, мы первоначально отмечали, что данное соотношение высоты и ширины тела у большинства китов /исключая кашалота и гладкого кита/ имеет значение меньше единицы. Однако данные,

полученные с помощью прибора, позволяющего замерять максимальные точки сечений, отстоящие на различном расстоянии от конца тела /Чепурнов, Овчаров, 1966/, показали, что у всех без исключения китов максимальная высота превосходит ширину тела. Наоборот, у исследуемых видов дельфинов соотношение $\frac{H}{T}$ меньше единицы /см. таблицу/. Таким образом, по сравнению с китами у дельфинов корпус приспособлен создавать большую по своей величине вертикальную силу. Учитывая противоположную направленность вертикаль-сил, создаваемых при движении корпусом этих различных групп китообразных и различные величины гидродинамических показателей, связанных с этой функцией, можно предположить, что это обусловлено различиями в их гидростатических приспособлениях. У дельфинов по сравнению с китами, очевидно, имеют место большие отклонения от нейтральной плавучести и поэтому они в большей степени нуждаются в дополнительных приспособлениях, направленных на удержание равновесия в толще воды. Создание корпусом китов заглубляющих поперечных сил, а корпусом дельфинов - подъемной силы позволяет предположить, что последние имеют в определенные периоды жизненного цикла отрицательный знак плавучести, а киты - положительный.

Эта же особенность в строении формы тела в какой-то мере накладывает свой отпечаток на различное поведение этих групп китообразных. Китам, очевидно, подобные гидродинамические особенности тела способствуют при положительной плавучести погружаться на значительные глубины. Характерно, что киты-обитатели прибрежных вод /серый кит/ или не совершающие резких и значительных вертикальных перемещений /гладкий кит/, имеют конфигурацию тела близкую к симметричной. Не исключено, что дорсальная кривизна корпуса дельфинов при отрицательной плавучести позволяет им не только подниматься к поверхности для заглатывания воздуха, но и при значительной подводной инерции выпрыгивать из воды над поверхностью моря /до 1 м и более/.

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.
А л е е в Ю.Г. Тело дельфина как несущая плоскость. - Зоол.
журн., 44, 4, 1965а.
А л е е в Ю.Г. О создании телом nektonных животных вертикаль-

них 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 нектонных 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 ESSIROV/

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 Essirov/.