

ЭКОЛОГИЯ МОРЯ

1871



ИНБЮМ

15
—
1983

ON MECHANISM OF COPPER EFFECT
OF THE BLACK SEA MOLLUSCS

Summary

Copper disturbs protein synthesis in the liver, which is manifested in disproteinemia due to decrease in albumins and an increase in globulins as well as due to a fall in the amount of total protein in hemolymph and water-soluble protein in the liver.

УДК 594.933(265.54.04)

Ю. Е. МОРДВИНОВ

О МАНЕВРЕННОСТИ В ВОДЕ
ЗОЛОТОВОЛОСОГО ПИНГВИНА
(EUDYPTES CHRYSOLOPHUS BRANDT)

Среди птиц, экологически связанных с водой, пингвины (отр. Sphenisciformes) являются наиболее приспособленной группой. Они могут изменять направление движения в воде, резко подниматься вверх и опускаться вертикально вниз, внезапно бросаться в стороны, мгновенно останавливаться, находиться в неподвижном состоянии на поверхности воды и в толще; способны при броске развивать значительную скорость — до 10 м/с [3, 16 и др.].

В настоящее время имеется сравнительно большое число работ, в которых авторы рассматривают механизм выполнения маневров различными водными животными — рыбами, ластоногими, китообразными — в связи с их внешним строением [1, 2, 4, 6, 10, 12, 15 и др.]. Особенно хорошо данный вопрос исследован на рыбах, однако подобных сведений по водным птицам очень мало. Механика поворота некоторых водоплавающих птиц при движении на поверхности воды и в ее толще отчасти освещена в работах [9, 11, 13, 14, 17 и др.]. Что же касается вопроса маневрирования в воде пингвина, то такие работы, насколько известно, в литературе отсутствуют.

Цель настоящей работы — изучить механизмы совершения маневров в вертикальной и горизонтальной плоскостях в толще воды золотоволосого пингвина, установить роль конечностей и корпуса птицы при маневрировании, а также количественно оценить динамическую устойчивость пингвина при поворотах.

Материал и методика. Материал собран автором во время экспедиции XI рейса научно-поискового судна «Скиф» (АзЧерНИРО) в район антарктических вод в 1976—1977 гг. Подопытные взрослые птицы не были травмированы и находились в хорошем состоянии. На борту судна был установлен гидролоток длиной 6,0 м и площадью поперечного сечения $0,6 \times 0,6$ м, в котором свободно плавали пингвины. Осуществлялись визуальные наблюдения за плаванием птиц на поверхности и в толще воды. Проводилась киносъемка различных моментов движения пингвинов на 35-миллиметровую киноплёнку кинокамерой КСР-1М со скоростью 30 кадров в секунду. Противоположная съемке стенка и дно гидролотка для увеличения контрастности равномерно окрашивались в светлый тон. На дне лотка и его стенке была нанесена масштабная сетка. При рассмотрении вопроса о маневрировании в толще воды золотоволосого пингвина представляет интерес цифровое выражение динамической устойчивости птицы, что дает возможность охарактеризовать развитие тех или иных приспособлений с количественной стороны. Для этого мы использовали методику [1, 2], применявшуюся при изучении маневренности рыб. Позже

эта методика была с успехом использована для изучения морфологических приспособлений, функционально связанных со стабилизацией и изменением направления движения головоногих моллюсков [5] и ластоногих [10].

Количественные показатели величины динамической устойчивости животных, в том числе и пингвина, могут основываться на учете величины площади продольной проекции тела и расстояния от центра этой проекции до центра тяжести. Площадь продольной проекции птицы, а следовательно, и ее центр изменяются в зависимости от изогнутости тела, степени расправленности и отведения конечностей. Кроме того, как указывает С. К. Красовский [8], регулируя степень наполнения тех или иных воздушных мешков, птицы могут изменять плотность своего тела и перемещать центр тяжести, что имеет существенное значение для изменения направления движения.

Поскольку отклонение продольной оси тела пингвина от направления движения происходит как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях, то мы получили показатели динамической устойчивости для обоих случаев.

Площади продольной вертикальной и горизонтальной проекций пингвина вычерчивались в масштабе на миллиметровой бумаге после измерений необходимых расстояний на теле при тех положениях, которые принимает птица при прямолинейном поступательном движении и в момент конечной фазы поворота в вертикальной и горизонтальной плоскостях. При нахождении показателей вертикальной динамической устойчивости вычерчивали горизонтальные продольные проекции, при нахождении горизонтальной динамической устойчивости — вертикальные. Затем полученные проекции вычерчивали на картоне и фигуры вырезали. У полученных фигур находили центр тяжести, который и является центром проекции. Истинный центр тяжести у пингвина определяли по методике, существующей для нахождения такового у рыб [7].

Результаты и их обсуждение. В отличие от птиц, которые при плавании в толще воды в качестве движителя используют ноги, пингвины, как и чистиковые, для создания локомоторной силы применяют крылья.

Изменение направления движения у пингвина обеспечивается с помощью хорошей изгибаемости шеи в дорзовентральном и латеральном направлениях, а также за счет работы крыльев, ног и хвоста. Корпус птицы сравнительно мало изгибается, поэтому доля его участия в маневрировании весьма незначительна. Тело золотоволосого пингвина, как и большинства ныряющих птиц, несколько уплощено в дорзовентральном направлении, а это предопределяет неравнозначную легкость поворота в вертикальной и горизонтальной плоскостях: маневр в вертикальной плоскости осуществляется более успешно, чем в горизонтальной. По нашим данным, отношение наибольшей ширины тела к его наибольшей высоте у подопытных птиц составило $1,0 : 0,85 - 1,0 : 0,90$.

Как показали визуальные наблюдения и анализ обработанной кинопленки, при прямолинейном поступательном движении пингвина в воде цикл работы крыльев как движителя состоит из следующих фаз: а) крылья отводятся вперед в горизонтальном положении или при некотором отрицательном угле атаки $5-10^\circ$ (угол атаки крыльев зависит от плавучести птицы, изменяющейся по сезонам, а также от заполненности легких и воздушных мешков воздухом); б) в крайнем переднем положении крылья ставятся под углом, близким к прямому, по отношению к продольной оси тела); в) крылья совершают гребок, двигаясь назад вдоль корпуса. Следует отметить, что в конечной фазе работы движителя крылья редко прижимаются к телу. Обычно они несколько отведены от тела и выполняют функцию стабилизаторов и рулей. Задние конечности при этом вытянуты вдоль продольной оси тела и участия в создании локомоторной силы не принимают. На киноснимке (рис. 1) показано последовательное положение крыльев при прямолинейном движении пингвина в толще воды. В фазе гребка кры-

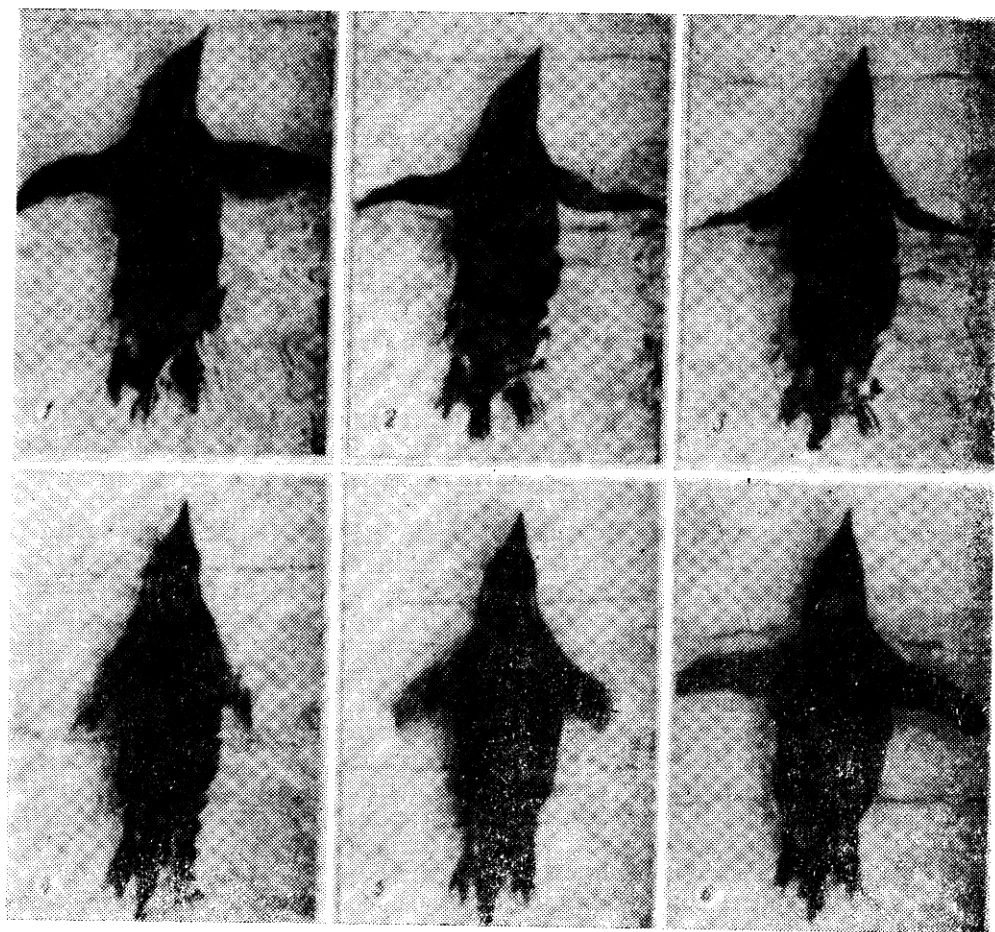


Рис. 1. Последовательные положения (1—6) крыльев золотоволосого пингвина при прямолинейном плавании в толще воды. Киносъемка автора.

лями может создаваться настолько большая движущая сила, что пингвин способен высоко выпрыгивать из воды. Это нам приходилось часто отмечать во время наблюдений за пингвинами в гидрлотке. Частота работы крыльев при скоростях плавания 6 м/с и более достигает 4—5 взмахов в секунду.

Эксперименты показали, что маневр в вертикальном и горизонтальном направлениях происходит благодаря изменению режима работы крыльев, изгиба шеи и корпуса, а также работой ног. Поворот в горизонтальной плоскости у пингвина выполняется с помощью изгибания шеи и тела в латеральном направлении в сторону, куда производится маневр. В это время задние конечности в максимально расправленном в стопе положении вместе с хвостом перемещаются в сторону поворота, создавая тем самым тормозящую силу и выполняя функцию стабилизаторов. В последующий момент задние конечности резко гребут в сторону и назад, способствуя скорому завершению разворота и созданию некоторой движущей силы. Крыло стороны маневра пингвин отводит от тела под углом, близким к прямому, и создает тем самым тормозящий момент, далее это крыло совершает взмах под корпус почти перпендикулярно его продольной оси, что ускоряет разворот птицы. Крыло, противоположное стороне маневра, максимально отводится от тела в горизонтальном положении и совершает резкий гребок назад, причем частота и амплитуда его несколько выше, чем у крыла стороны маневрирования. На рис. 2 приведены последовательные кинокадры поворота

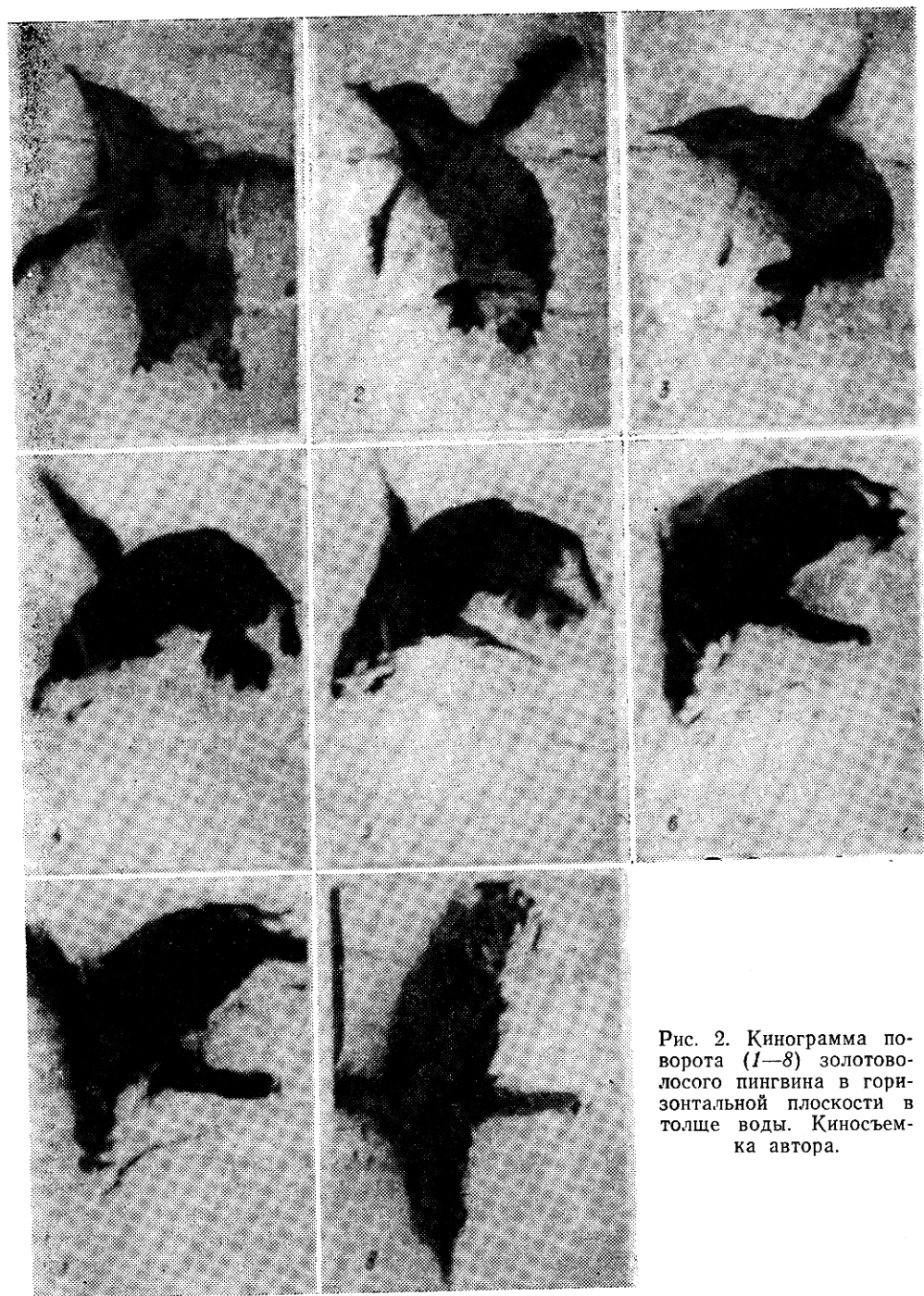


Рис. 2. Кинограмма поворота (1—8) золотоволосого пингвина в горизонтальной плоскости в толще воды. Киносъемка автора.

та пингвина на 180° в горизонтальной плоскости при плавании в толще воды, на которых хорошо видна работа крыльев и ног. Скорость плавания птицы в момент, непосредственно предшествовавший выполнению поворота, была около 150 см/с.

В вертикальной плоскости птица поворачивается при помощи изгибания шеи и тела в дорзовентральном направлении. При нырании или выныривании пингвин резко опускает голову вниз или поднимает ее вверх, после чего птица действием разворачивающего момента оказы-

вается расположенной под углом к прежнему направлению движения. Крылья после нескольких взмахов отставляются в стороны от тела и выполняют функцию активных рулей. Рулями глубины служат также и задние конечности, вытянутые вдоль продольной оси тела, поставленные горизонтально и несколько расправленные в стопе. В таком положении птица плавает по инерции. Инерционные участки могут быть довольно длительными — до 2—3 с и более.

Известно, что поворотливость животного с увеличением динамической устойчивости уменьшается, иначе поворотливость и динамическая устойчивость тела находятся в обратной зависимости. Поворот животного не совершается мгновенно. Какой-то промежуток времени продольная ось тела животного не совпадает с направлением движения, т. е. в этот момент наблюдается поперечный снос тела. Вращающие моменты, возникающие при поперечном сносе тела, способны либо усиливать вращение (разворачивание), либо препятствовать ему (стабилизирующий момент). Для получения величин вращающих моментов, действующих на птицу при прямолинейном движении и в момент поворота, использовали формулы, предложенные в работе [2]: $Z_{\min} = \pm l_{\min} \sqrt{S_{\min} L_{cv}^{-2}}$, $Z_{\max} = \pm l_{\max} \sqrt{S_{\max} L_{cv}^{-2}}$, $z_{\min} = \pm h_{\min} \sqrt{s_{\min} L_{cv}^{-2}}$, $z_{\max} = \pm h_{\max} \sqrt{s_{\max} L_{cv}^{-2}}$, где $Z_{\min}$ — показатель динамической устойчивости для прямолинейного движения; $Z_{\max}$ — для резкого поворота в горизонтальной плоскости; $z_{\min}$ — показатель динамической устойчивости для прямолинейного движения; $z_{\max}$ — для поворота в вертикальной плоскости; $l_{\min}$ и $l_{\max}$ — расстояния между центрами тяжести и продольной вертикальной проекции птицы; $h_{\min}$ и $h_{\max}$ — расстояния между центрами тяжести и центром горизонтальной продольной проекции; $S_{\min}$ и $S_{\max}$ — площади вертикальной продольной проекции пингвина; $s_{\min}$ и $s_{\max}$ — площади горизонтальной продольной проекции; L_{cv} — длина птицы от конца клюва до конца хвоста по прямой.

Алгебраическое увеличение показателей $Z_{\min}$, $Z_{\max}$, $z_{\min}$ и $z_{\max}$ свидетельствует об уменьшении динамической устойчивости и увеличении поворотливости животного. Отрицательные значения этих показателей соответствуют стабилизирующему моменту, положительные — разворачивающему.

Для пингвина длиной тела $L_{cv} = 52,0$ см получены следующие значения: $Z_{\min} = -0,020$, $Z_{\max} = -0,018$, $z_{\min} = -0,019$, $z_{\max} = -0,014$.

Анализируя вышеприведенные данные, приходим к выводу, что показатели динамической устойчивости в момент прямолинейного поступательного движения пингвина в толще воды выше, чем при поворотах, об этом свидетельствуют большие значения $Z_{\max}$ и $z_{\max}$ по сравнению с $Z_{\min}$ и $z_{\min}$. Последнее понятно, так как при совершении маневров птицей в той или другой плоскости излишняя устойчивость затрудняла бы выполнение поворота. Это же характерно для большинства видов рыб [2] и ластоногих [10]. Полученные показатели динамической устойчивости имеют отрицательные значения. Это говорит о том, что как при прямолинейном поступательном движении в толще воды, так и при совершении маневров в той или другой плоскости тело пингвина в обтекающем потоке является динамически устойчивым, причем поворот в вертикальной плоскости осуществляется легче, чем в горизонтальной; об этом свидетельствуют несколько большие значения $z_{\max}$ по сравнению с $Z_{\max}$ и лучшая изгибаемость тела в дорзовентральном направлении. Следовательно, в целом вертикальная поворотливость в жизни пингвина имеет большее значение по сравнению с горизонтальной.

Интересно сравнить показатели динамической устойчивости пингвина с таковыми некоторых видов рыб и ластоногих. Ю. Г. Алеев [2] приводит показатели динамической устойчивости для 41 вида рыб из различных экологических групп. У таких типичных представителей пелагических рыб, к каким относятся пелагида и скумбрия,

эти показатели соответственно таковы: $Z_{\min} = -0,026$, $Z_{\max} = -0,023$, $z_{\min} = -0,007$, $z_{\max} = -0,003$ и $Z_{\min} = -0,023$, $Z_{\max} = -0,020$, $z_{\min} = -0,005$, $z_{\max} = -0,003$. Для северного морского котика $Z_{\min} = -0,018$, $Z_{\max} = -0,017$, $z_{\min} = -0,017$ и $z_{\max} = -0,017$, а для каспийского тюленя $Z_{\min} = -0,018$, $Z_{\max} = -0,016$, $z_{\min} = -0,020$ и $z_{\max} = -0,015$ [10]. Из приведенных данных видно, что золотоволосый пингвин по маневренным качествам может быть сравним с указанными видами ластоногих и несколько уступает пелагиде и скумбрии.

Таким образом, результаты визуальных наблюдений, анализ полученных кинограмм, а также вычисленные показатели динамической устойчивости свидетельствуют о высоких маневренных качествах золотоволосого пингвина при плавании в толще воды.

1. Алеев Ю. Г. Поворотливость рыб. — Тр. Севастоп. биол. ст., 1959, 12, с. 259—270.
2. Алеев Ю. Г. Функциональные основы внешнего строения рыбы. — М.: Наука, 1963. — 248 с.
3. Бутурлин С. А., Дементьев Г. П. Полный определитель птиц СССР. — М.; Л.: Изд-во КОИЗ, 1941. — Т. 5. 367 с.
4. Васнецов В. В. Функция плавников костистых рыб. — Докл. АН СССР, 1941, 31, № 5, с. 503—506.
5. Зуев Г. В. Функциональные основы внешнего строения головоногих моллюсков. — Киев: Наук. думка, 1966. — 139 с.
6. Зуев Г. В., Кудряшов А. Ф. К маневренности водных животных. — Вопр. ихтиологии, 1968, 8, № 6, с. 1057—1062.
7. Козырев Г. С. Положение центра тяжести у рыб. — Учен. зап. / Харьк. ун-т, 1950, 33. Тр. НИИ биологии, № 14/15, с. 251—256.
8. Красовский С. К. Адаптивные особенности скелета плавающих птиц. — Изв. НИИ физкультуры им. Лесгафта, 1940, 23, с. 360—374.
9. Курочкин Е. Н. Локомоция и морфология тазовых конечностей плавающих и ныряющих птиц: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — М., 1968. — 17 с.
10. Мордвинов Ю. Е. Маневренность ластоногих. — Вестн. зоологии, 1972, № 1, с. 22—26.
11. Мордвинов Ю. Е. Гидродинамические особенности некоторых водных птиц. — Биология моря, Владивосток, 1977, № 5, с. 63—69.
12. Овчаров О. П. О маневренности рыб. — Вопр. ихтиологии, 1974, 14, № 4, с. 679—686.
13. Dablow A. Die Schwimmanpassung der Vögel, Ein Beitrag zur biologischen Anatomie der Fortbewegung. — Geg. Morphol. Jb., 1925, 54, N 2, p. 288—321.
14. Frank H. R., Neu W. Die Schwimmbewegungen der Tauchvögel (Podiceps). — Z. vergl. Physiol., 1929, 10, N 1, p. 410—418.
15. Gray J. Direction control of fish movement. — Proc. Ray. Soc., 1933, 113, N 781, p. 115—125.
16. Murphy R. C. The penguins of South Georgia. — Sci. Bull., 1915, 2, N 5, p. 103—133.
17. Stölpe M. Physiologische-Anatomische Untersuchungen Über die hintere Extremität der Vögel. — J. Ornithol., 1932, 80, N 2, p. 161—274.

Ин-т биологии южных морей

им. А. О. Ковалевского АН УССР, Севастополь

Получено

12.11.78

JU. E. MORDVINOV

ON MANOEUVRABILITY OF MACARONI PENGUIN (EUDYPTES CHRYSOLOPHUSBRANDT) IN WATER

Summary

Mechanisms of the macaroni penguin manoeuvring vertically and horizontally in the water mass are revealed. The role of the birds extremities, tail and torso is estimated. Quantitative indices of penguin dynamic stability in turns are obtained. These indices are higher at the moment of a linear penguin swimming than in turning. Both in linear movement and manoeuvring in one or another plane the penguin body is dynamically stable in a streamline flow, turning is rather better performed in the vertical plane than in the horizontal one.