

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

ПРОБЛЕМЫ МОРСКОЙ БИОЛОГИИ

К СТОЛЕТИЮ ИНСТИТУТА
БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ

ИЗДАТЕЛЬСТВО
«НАУКОВА ДУМКА»

КИЕВ — 1971

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОРФОЛОГИИ НЕКТОННЫХ ЖИВОТНЫХ

Ю. Г. Алеев и Ю. Е. Мордвинов

Со времени выделения Геккелем [1] нектона в особую группу животных последний не привлекал внимания исследователей. Изучение нектона как особого эколого-морфологического типа животных водной среды было начато по существу только в последнее время [2]. Хозяйственно важные аспекты изучения нектона — биогиродинамика, системы, связанные с приемом и передачей информации, навигацией и ориентацией, и др. — связаны в первую очередь с исследованиями функциональной морфологии нектонных животных. Изучение функциональной морфологии животных вообще и в частности представителей нектона имеет большое значение для правильного решения вопросов их онтогенетического и филогенетического развития, систематики, а также представляет интерес для разработки общих проблем адаптации и эволюции животных. Важное значение эта область знаний имеет и для бионики [3]. В наибольшей степени морфология нектонных животных определяется развитием приспособлений, связанных с движением, в меньшей — маскировкой и захватом пищи, а также обеспечением функций рецепторов органов чувств. В Институте биологии южных морей АН УССР, а ранее на Севастопольской биологической станции АН СССР исследования функциональной морфологии нектонных животных, а именно рыб, были начаты впервые А. П. Андрияшевым [4—6]. В дальнейшем, начиная с 1952 г., исследования функциональной морфологии различных групп нектонных животных — рыб, китообразных, ластоногих, морских рептилий, птиц и др. — были развернуты Ю. Г. Алеевым [2, 3, 7—20 и др.]. Ряд работ по функциональной морфологии челюстного аппарата рыб был выполнен В. Д. Бурдак [21—25]. В 1963 г. в связи с преобразованием Севастопольской биологической станции АН СССР в Институт биологии южных морей АН УССР был создан отдел нектона (возглавляемый Ю. Г. Алеевым). Основным содержанием работы отдела стали исследования функциональной морфологии нектонных животных. В связи с решением специальных

комиссий АН УССР специализировать отдел на исследованиях функциональной морфологии, начиная с 1966 г. силы отдела были полностью сконцентрированы на этой тематике. К настоящему времени изучением охвачены почти все основные систематические группы нектона. Развитие этих исследований потребовало весьма разнообразных организационных форм и привело к необходимости разработки многочисленных оригинальных методик. Неотъемлемыми элементами этих исследований являются, в частности, морфологические исследования, наблюдения за живыми нектерами в аквариумах и полевых условиях, разнообразные эксперименты, в том числе связанные с математическим и физическим моделированием. Эти исследования потребовали больших экспедиционных работ на Черном, Азовском, Каспийском, Белом, Баренцовом, Средиземном, Красном морях, Атлантическом и Тихом океанах, а также на ряде внутренних водоемов СССР. Для осуществления рассматриваемых исследований оказалось необходимым создание глубоко специализированной экспериментальной базы; был, в частности, спроектирован и построен уникальный биогидродинамический канал — полностью автоматизированный экспериментальный стенд многоцелевого назначения с весьма непредельной конструкцией, предусматривающей возможность широкой модернизации. В ходе выполняемых отделом разнообразных научно-исследовательских работ сформировались следующие основные направления исследований.

1. В 1944 г. А. П. Андрияшевым была разработана методика определения удельного веса рыб, основанная на водном взвешивании. Исследования показали, что у прибрежных видов величина удельного веса прямо пропорциональна степени придонности рыбы. Позднее была разработана методика определения удельного веса и плавучести нектеров [2]. Эта методика использовалась при исследовании рыб, китообразных, ластоногих, головоногих моллюсков, морских рептилий. Определение удельного веса и плавучести нектеров показало, что у большинства видов последняя приближается к нейтральному уровню. Специально рассматривался вопрос гидростатической функции жировых депо у нектеров. Выявлена гидростатическая функция печени у ряда рыб [2] и возрастная, а также сезонная динамика подкожного жира накопления у настоящих тюленей [28]. Сформулировано общее представление о статодинамических типах нектонных животных, отражающих основные этапы эволюции этой группы приспособлений [19]. Установлено наличие у нектеров — рыб, китообразных, ластоногих, морских рептилий и головоногих моллюсков — приспособлений, направленных на создание поперечных — поддерживающих или заглубляющих — гидродинамических сил, корректирующих плавучесть, когда ее значения заметно отличаются от нейтрального уровня [2, 3, 19, 31—34].

2. Изучение локомоции нектонных животных было начато А. П. Андрияшевым [6], который исследовал локомоторную функцию грудных плавников рыб. С 1955 г. изучением движителей и способов движения рыб, китообразных, морских рептилий и других нектеров начал заниматься Ю. Г. Алеев [2, 8—10, 13, 14, 16, 18, 20 и др.]. Гидрореактивный движитель головоногих моллюсков исследовал Г. В. Зуев [26, 35, 36 и др.]. Способы движения и локомоторный орган ластоногих изучался Е. В. Алексеевым [37] и Ю. Е. Мордвиновым [27, 30, 39]. Движитель китообразных изучался А. В. Чепурновым [31, 38]. Движитель некоторых быстрых рыб из группы Xiphioidae рассмотрен В. В. Овчинниковым [40, 41]. На основе разработанной новой методики с применением оригинальной аппаратуры исследовались мгновенные скорости и неравномерность движения рыб. В ходе исследований сложился общий подход к изучению нектонных движителей. Была раскрыта кинематика движения представителей всех групп нектонных животных. Показано [2, 3, 16] адаптивное значение заднего расположения локомоторного плавника у рыб и китообразных. Адаптивное значение поперечно-удлиненной формы этого плавника заключается в выносе его за пределы потенциальной зоны вихреобразования и использования энергии слоя трения. Изучено [20] распределение локомоторной функции по продольной оси тела нектеров и отмечена функциональная сторона этого аспекта в связи с приспособлением их к различным типам поступательного движения.

3. Изучение приспособлений, связанных со снижением гидродинамического сопротивления у нектеров, было начато Ю. Г. Алеевым [8, 11, 15, 18]; показано важное значение для снижения гидродинамического сопротивления местоположения на продольной оси тела его наибольшего поперечного диаметра; выявлена роль ламинаризированной формы тела, обтекателей и аэродинамической гладкости поверхности тела, килей и рефлекторных устройств; отмечена гидродинамическая функция чешуйного покрова рыб и рассмотрены некоторые их приспособления, связанные с управлением пограничного слоя. Раскрыты приспособления к снижению сопротивления посредством отсоса пограничного слоя, что имеет место у головоногих моллюсков, а также явление нестационарности обтекания у этих животных, связанное с дыхательно-локомоторным ритмом [26, 35]. В последнее время детально изучена гидродинамическая функция чешуйного покрова рыб, особенно применительно к циклоидной и ктеноидной чешуе; показана его роль как механизма, управляющего течением в пограничном слое, в частности ламинаризированная функция ктеноидного аппарата [43—45 и др.]. Установлено [42], что в диапазоне чисел Рейнольдса $Re \leq 5 \cdot 10^5$ ламинарность пограничного слоя имеет место на конфузорном участке и турбулентность — на диффузорном; показано отсутствие у тела движущихся рыб ка-

ких-либо вихрей, связанных с отрывом пограничного слоя, то есть безотрывное обтекание на всем протяжении тела. Рассмотрен особый случай обтекания рыб группы Xiphioidea и изучена гидродинамическая функция характерного для них мечевидного роострума [2, 3, 40, 41].

4. Исследования маневренности нектонных животных начаты Ю. Г. Алеевым, которым была изучена общая топография функций плавников у нектонов, а также предложена методика количественного выражения степени развития морфологических особенностей, обеспечивающих определенную величину динамической устойчивости [2, 10, 13—16, 18, 20]. Исследования маневренности некоторых рыб проводились также В. В. Овчинниковым [41].

5. Изучен ряд приспособлений, связанных с маскировкой нектонов — рыб [2 и др.], головоногих моллюсков [26], ластоногих [30] и др.

6. Приспособления нектонов, связанные с приемом и передачей информации, изучались А. П. Андрияшевым [4, 5], Ю. Г. Алеевым [2], В. В. Овчинниковым [41], Г. В. Зуевым [26], Е. В. Алексеевым [37], Ю. Е. Мордвиновым [30] и другими авторами.

* * *

Перспективы исследований в области функциональной морфологии нектонных животных в теоретическом плане определяются общебиологическим значением и проблематикой этих исследований (общие проблемы онто- и филогенеза, систематики и эволюции животных, палеоэкологии и т. д.). С практической стороны развитие этих исследований необходимо в свете задач, стоящих перед бионикой, техникой и технологией.

ЛИТЕРАТУРА

1. Naeske E. Plankton-Studien, Jena, 1890.
2. Алеев Ю. Г. Функц. осн. внешн. строения рыбы. Изд-во АН СССР, М., 1963.
3. Алеев Ю. Г. — В кн.: Бионика. «Наука», М., 1965.
4. Андрияшев А. П. — ДАН СССР, 43, 2, 1944.
5. Андрияшев А. П. — Журн. общ. биол., 5, 2, 1944.
6. Андрияшев А. П. — Природа, 1, 1946.
7. Алеев Ю. Г. — ДАН СССР, 33, 5, 1952.
8. Алеев Ю. Г. — ДАН СССР, 100, 2, 1955.
9. Алеев Ю. Г. — ДАН СССР, 110, 4, 1956.
10. Алеев Ю. Г. — Вопр. икhtiол., 8, 1957.
11. Алеев Ю. Г. — Тр. Севастоп. биол. ст., 9, 1957.
12. Алеев Ю. Г. — Зоол. журн., 38, 3, 1958.
13. Алеев Ю. Г. — ДАН СССР, 120, 1, 1958.
14. Алеев Ю. Г. — ДАН СССР, 120, 3, 1958.
15. 16. Алеев Ю. Г. — Тр. Севастоп. биол. ст., 12, 1959, 1959а.
17. Алеев Ю. Г. — Тр. Севастоп. биол. ст., 13, 1960.
18. Алеев Ю. Г. — В кн.: Исслед. по бионике. К., 1965.
19. Алеев Ю. Г. — В кн.: Эколого-морфол. исслед. нектонных животных. К., 1966.

20. Алеев Ю. Г. — В кн.: Функцио-морфол. исслед. нектонных животных. К., 1969.
21. Бурдак В. Д. — Тр. Севастоп. биол. ст., 9, 1957.
22. Бурдак В. Д. — Тр. Севастоп. биол. ст., 12, 1959.
23. Бурдак В. Д. — Тр. Севастоп. биол. ст., 13, 1960.
24. Бурдак В. Д. — Тр. Севастоп. биол. ст., 15, 1963.
25. Бурдак В. Д. — В кн.: Эколого-морфол. исслед. нектонных животных. К., 1966.
26. Зуев Г. В. Функци. осн. внешн. строения головок молл. «Научная думка», К., 1966.
27. Мордвинов Ю. Е. — Зоол. журн., 42, 9, 1968.
28. Мордвинов Ю. Е. — Вестн. зоол., 2, К., 1969.
29. Мордвинов Ю. Е. Автореф. канд. дисс. Баку, 1969.
30. Чепурнов А. В. — В кн.: Исслед. по бионике. К., 1965.
31. Чепурнов А. В. — В кн.: Функцио-морфол. исслед. нектонных животных. К., 1969.
32. Зуев Г. В. — Тр. Севастоп. биол. ст., 16, 1963.
33. Зуев Г. В. — Биофизика, 10, 2, 1965.
34. Зуев Г. В. — Зоол. журн., 43, 9, 1964.
35. Зуев Г. В. — В кн.: Эколого-морфол. исслед. нектонных животных. К., 1966.
36. Алексеев Е. В. — В кн.: Эколого-морфол. исслед. нектонных животных. К., 1966.
37. Чепурнов А. В. — В кн.: Эколого-морфол. исслед. нектонных животных. К., 1966.
38. Мордвинов Ю. Е. — В кн.: Функцио-морфол. исслед. нектонных животных. К., 1969.
39. Овчинников В. В. — Биофизика, 11, 1, 1966.
40. Овчинников В. В. Автореф. канд. дисс. Севастополь, 1967.
41. Алеев Ю. Г., Овчаров О. П. — Зоол. журн., 42, 6, 1969.
42. Бурдак В. Д. — Зоол. журн., 48, 5, 1968.
43. Бурдак В. Д. — Зоол. журн., 48, 2, 1969.
44. Бурдак В. Д. — Зоол. журн., 48, 7, 1969.

INVESTIGATIONS IN FUNCTIONAL MORPHOLOGY OF NEKTONIC ANIMALS

Yu. G. ALEEV and Yu. E. MORDVINOV

Summary

Investigations in functional morphology of nektonic animals, namely fishes, at the Institute of Biology of Southern Seas (formerly the Sevastopol Biological Station, the U. S. S. R. Academy of Sciences) were initiated by A. P. Andriyashev. Later on, since 1952 Yu. G. Aleev have studied a variety of nektonic animals, such as fishes, whales, dolphins pinnipeds, sea reptiles, birds, etc. V. D. Burdak performed a number of investigations concerned the functional morphology of jaw organs in fishes. In course of studies on functional morphology the following principal lines of researches were developed.

1. In 1944 A. P. Andriyashev developed a technique for fish specific weight determination based on in-water weighing. The experiments showed that in coastal fishes the larger is the role played by the sea bottom in their life, the

greater is their specific weight. Some time later Yu. G. Aleev developed a technique for determination of specific weight and buoyancy of nektonic animals. This technique was useful in studies of fishes, whales, pinnipeds, cephalopods and sea reptiles. By measurements of specific weight and buoyancy of nektonic animals it is found that for most species the buoyancy value approximates the neutral level. A general concept of statodynamical types of nektonic organisms was worked out which reflect fundamental stages in the evolution of devices for sustaining a body in suspended state in water. Fishes, whales, pinnipeds, sea reptiles and cephalopods were found to possess devices serving to build up transverse upward and downward hydrodynamical forces to correct buoyancy in case it noticeably differs from the neutral value.

2. The study of locomotion in nektonic animals was started by A. P. Andriyashov, who examined a locomotor function of pectoral fins in fishes. Since 1955 Yu. G. Aleev has been engaged in research of propellers and modes of locomotion in fishes, whales, dolphins, sea reptiles and other nektonic animals. G. V. Zuev has studied the hydro-jet propeller in cephalopods. E. V. Alexeev and Yu. E. Mordvinov were engaged in studies of a locomotor organ and modes of locomotion in pinnipeds. Propeller of whales was treated by A. V. Chepurnov. Locomotor organs of some fast-swimming fishes from the group Xiphioidae was studied by V. V. Ovchinnikov. Kinematics of motion of all nekton representatives was examined. Yu. G. Aleev showed the adaptational role of the posterior location of a locomotor fin in fishes, whales and dolphins. The role of its transversely elongated shape is that in this way it is taken out of the potential turbulent zone and that the boundary layer energy is so utilized.

3. The study of the devices responsible for hydrodynamical resistance reduction in nektonic animals revealed the importance of the maximal body diameter location on the longitudinal axis of the body; the role of laminar shape of the body and that of the aerodynamical smoothness of the body surface were elucidated as well as the functions of fairings, keels and deflectors. Devices were studied providing resistance reduction by sucking off of the boundary layer, **that occurs in cephalopods** as well as the effect of unsteadiness of flow near the body of the latter caused by locomotor-respiratory rhythm (G. V. Zuev). V. D. Burdak has examined the hydrodynamical function of scale in fishes; its role as a device controlling stream in the boundary layer was shown. Yu. G. Aleev and O. P. Ovcharov found out that the boundary layer in fishes is laminar in a confusore site and turbulent in diffusore one in the range of the Reynolds numbers $Re \leq 5 \cdot 10^5$. It was also proved that no eddies caused by breaking away of the boundary layer are formed near the body of a swimming fish. Shape of bypass flow in fishes from the group Xiphioidae and the hydrodynamical function of the xiphioid rostrum were considered.

4. Investigations in manoeuvrability of nektonic animals were started by Yu. G. Aleev, who studied the general topography of functions of fins and suggested a technique which makes it possible to quantitatively determine the level of development of morphological features providing a definite dynamical stability value.

5. Yu. G. Aleev, G. V. Zuev, Yu. E. Mordvinov and others have studied a number of masking devices of nektonic animals.

6. The devices responsible for information reception and transmission were studied by A. P. Andriyashev, Yu. G. Aleev, V. V. Ovchinnikov, G. V. Zuev, Yu. E. Mordvinov and others.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЗАЩИТЫ ОТ ОБРАСТАНИЯ

М. А. Долгопольская

Исследования, связанные с изучением морских обрастаний, на Севастопольской биологической станции впервые были начаты В. Н. Никитиным и М. А. Галаджиевым в предвоенные годы. Эти работы выполнялись по заказу специальных институтов и в основном заключались в лабораторном испытании токсичности различных ядов с целью определения возможности последующего использования их в составе противообрастаемых красок и в оценке эффективности размещенных в Севастопольской бухте опытных образцов, покрытых различными красками, рецептура которых разрабатывалась под руководством Е. С. Гуревича.

Результаты прерванных войной работ, к сожалению, не были опубликованы. Проведенные исследования способствовали созданию первых отечественных необрастаемых красок «НИВК», применявшихся в течение ряда лет для окраски судов.

В 1949 г. встал вопрос о возобновлении работ по проблеме обрастания. На СБС была организована «лаборатория биологии обрастаний», которую до 1953 г. возглавлял В. Л. Паули. Это была первая и единственная в Советском Союзе специализированная лаборатория, осуществлявшая стационарное, экспериментальное изучение обрастания [1, 2]. Нахождение ее непосредственно у моря определило направление и характер исследований как основного коллектива, так и тех работ, которые проводятся при участии посторонних лиц и организаций.

В отличие от решения других биологических проблем, в конечном итоге направленных на изыскание способов улучшения условий существования организмов, повышение их продуктивности, перед исследователями проблемы обрастания стоит задача найти средства и способы уничтожения или предотвращения поселения обрастателей. В результате наряду с общепринятым эколого-биологическим изучением организмов возникает необходимость изыскания средств воздействия на них либо непосредственно, либо через окружающую среду и последующего изучения вызываемых ими нарушений. Таким образом, исследования развивались в противоположных в своей основе, но взаимно связанных направлениях.

Изучались видовой состав и биология основных обрастателей, закономерности формирования и развития ценоза обрастания на всех фазах его становления, исходя из особенностей обрастаемой