

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ЛЕН. 1130

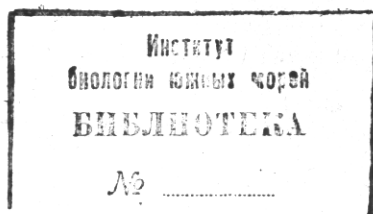
ВОПРОСЫ ИХТИОЛОГИИ

Журнал основан в 1961 году

Выходит 6 раз в год

Том 13

Выпуск 6 (83)



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

МОСКВА • 1973

ТРЕХМЕРНАЯ КАРТИНА ОБТЕКАНИЯ ДВИЖУЩЕЙСЯ РЫБЫ

Ю. Г. Алеев, О. П. Овчаров

(Институт биологии южных морей АН УССР, Севастополь)

Выяснение истинной картины обтекания тела рыбы имеет весьма важное значение для разработки ряда проблем функциональной морфологии нектонных животных и бионики. На основании многочисленных, ранее проведенных экспериментов (Алеев, Овчаров, 1969, 1971; Овчаров, 1969, 1971) была описана безартефактная визуализированная картина обтекания рыб при движении на основе плановой киносъемки. В последнее время благодаря применению синхронной киносъемки возможно получить двухплановую, т. е. не плоскую, а трехмерную картину обтекания рыб. Применение одновременно плановой и боковой киносъемки визуализированной картины обтекания плывущей рыбы позволило получить более полную картину обтекания и выявить ряд особенностей, которые при одной только плановой киносъемке наблюдать не удавалось.

Эксперименты проводились в специальном гидроканале, имеющем длину 4,0 м, ширину 0,4 м и высоту 0,4 м при глубине рабочего слоя воды 0,3 м. Одна из боковых стенок гидроканала имела окно из органического стекла длиной 1,5 м на всю высоту канала. Вода в канале во время экспериментов была неподвижной. Визуализация обтекающего потока обеспечивалась с помощью специального красящего состава, приготовленного на базе гистологического красителя Азур-2 по ранее описанной методике (Алеев, Овчаров, 1969). Регистрация процессов обтекания проводилась двумя кинокамерами «Конвас-автомат» на 35-миллиметровую киноплёнку. Одна из камер была установлена на расстоянии 1,5 м над каналом, другая — на 1,5 м сбоку от канала. Оптические оси объективов аппаратов находились в одной плоскости. Скорость съемки обеих камер была тщательно отрегулирована и составляла 26 кадров в секунду. Одновременное включение камер обеспечивалось общим пускателем.

Объектами исследований были три вида рыб: кефаль *Mugil saliens* Risso, смариды *Spicara smaris* (L.) и ставрида *Trachurus mediterraneus ponticus* Aleev. Длина исследованных рыб колебалась от 13,6 до 18,9 см. Скорость движения рыб рассчитывалась по кадрам киносъемки и в разных случаях колебалась от 40 до 60 см/сек, что соответствовало числам Рейнольдса (Re) до $1,1 \cdot 10^5$.

Синхронная двухплановая киносъемка ясно показывает, что почти все тело плывущей рыбы (кроме головы и узкой полоски спины до максимального сечения тела) омывается водой, выходящей из жаберных щелей (рис. 1–4) и пограничный слой, следовательно, формируется за счет этой воды.

Материалы синхронной киносъемки подтверждают то, что все туловище рыбы и весь хвостовой плавник обтекаются без отрыва пограничного слоя; какие-либо вихри отрыва у туловища и у хвостового плавника полностью отсутствуют (Алеев, Овчаров, 1969, 1971) (рис. 1–4).

Проведенные эксперименты подтверждают ранее выявленную закономерность в распределении ламинарного и турбулентного участков обтекающего потока по телу рыбы. При указанных значениях Re граница ламинарного и турбулентного участков обтекающего потока примерно соответствует границе между конфузорным и диффузорным участками тела рыбы (рис. 1 и 2). При $Re > 10^5$ пограничный слой в некоторых случаях может оставаться ламинарным и в верхней части диффузорного участка (рис. 3, а–в).

При активном дыхании в момент очередного выдоха происходит турбулизация обтекающего потока практически сразу же за жаберными крышками (рис. 4, б). Затем верхняя граница турбулентного участка обтекающего потока постепенно сдвигается вниз по потоку (рис. 4, в–е), и перед следующим активным выдохом длина ламинарного участка достигает максимума (рис. 4, е). При пассивном дыхании, когда вода самотеком проходит через ротовую и жаберную полости, турбулирующее влияние жаберного аппарата отсутствует (рис. 1–3).

Материалы профильной (горизонтальной) киносъемки показывают, что зона турбулентности, образующаяся сзади рыбы, охватывает в основном середину хвостового плавника, тогда как концы его лопастей находятся в менее возмущенном потоке (рис. 1–4).

В гидродинамическом следе на режимах активного плавания наблюдаются хорошо выраженные вихри с вертикальными осями, образование которых связано с работой хвостового плавника рыбы и обусловлено перетеканием жидкости с одной стороны плавника на другую в момент изменения направления поперечного движения плавника (Овчаров, 1971).

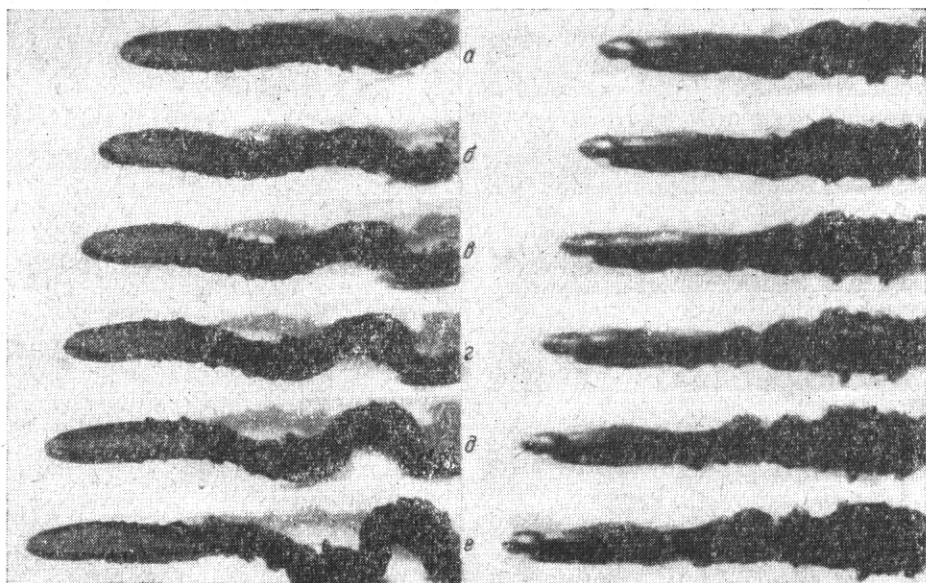


Рис. 1. Визуализированная картина обтекания *Mugil saliens* Risso при активном движении. Абсолютная длина рыбы $L = 18,9$ см; $V = 60$ см/сек; $Re = 1,1 \cdot 10^5$; а — е — кадры киносъемки через каждые $1/26$ сек.

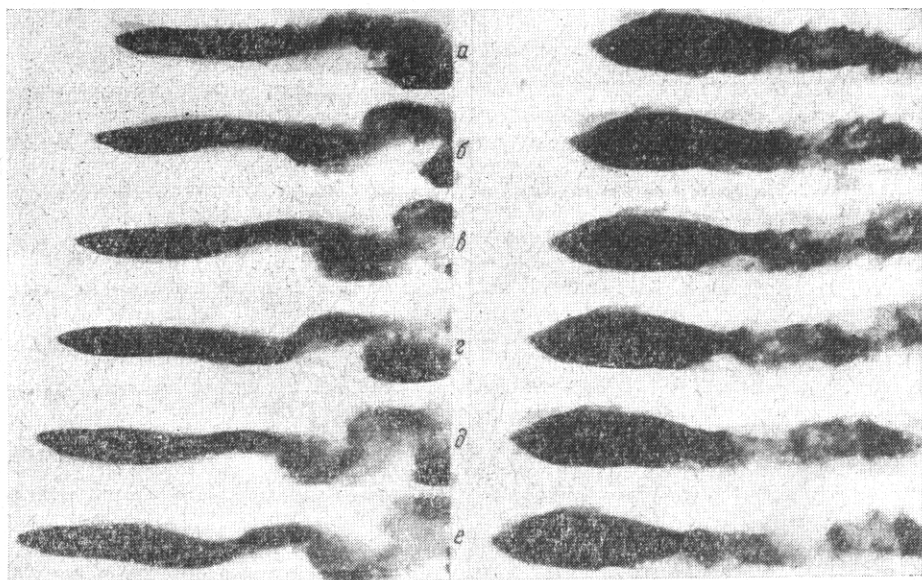


Рис. 2. Визуализированная картина обтекания *Spicara smaris* (L.) при активном движении. $L = 17,5$ см; $V = 49$ см/сек; $Re = 8,6 \cdot 10^4$; а — е — кадры киносъемки через каждые $1/13$ сек.

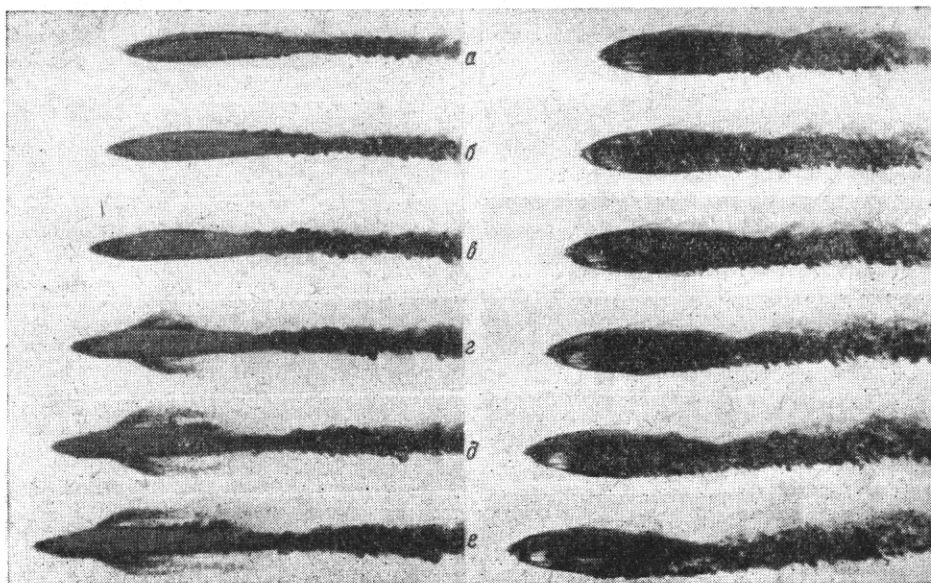


Рис. 3. Визуализированная картина обтекания *Trachurus mediterraneus ponticus* Aleev при инерционном движении. $L = 13,6$ см; $V = 52$ см/сек; $Re = 7,0 \cdot 10^4$; а — е — кадры киносъемки через каждые $1/13$ сек.

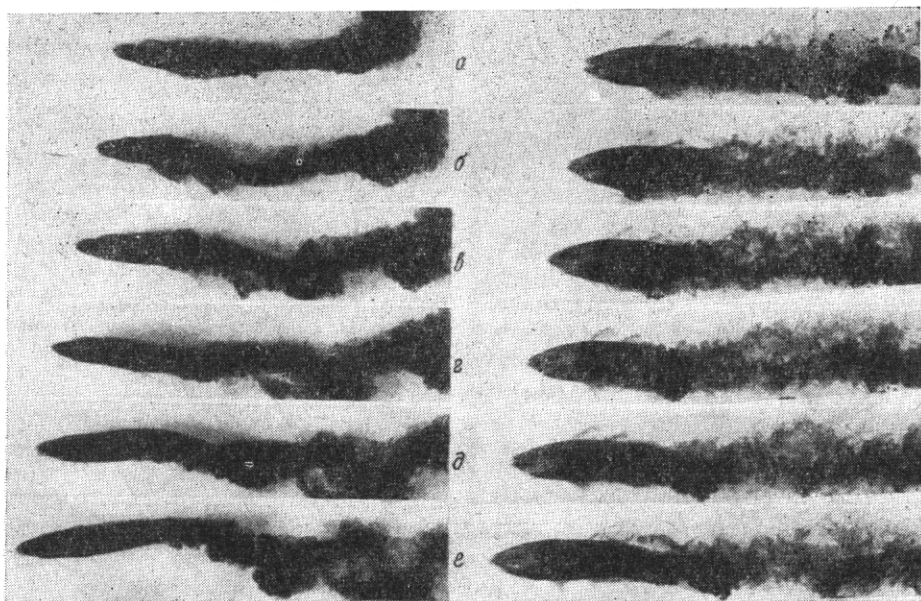


Рис. 4. Визуализированная картина обтекания *Trachurus mediterraneus ponticus* Aleev при активном движении и активном дыхании. $L = 13,6$ см; $V = 40$ см/сек; $Re = 5,4 \cdot 10^4$; а — е — кадры киносъемки через каждые $1/13$ сек.

При торможении хорошо прослеживается работа парных плавников рыбы. Рис. 3 показывает, что грудные плавники в момент торможения располагаются поперек встречного потока, происходит интенсивная турбулизация потока и его отрыв в зоне за грудными плавниками, в результате чего движение рыбы замедляется.

Таким образом, с помощью применения синхронной двухплановой киносъемки оказалось возможным всесторонне расшифровать картину обтекания рыбы в ее трехмерном виде, что позволило глубже понять взаимодействие тела плывущей рыбы с обтекающим потоком.

Поступила
18.IX.1972 г.

ЛИТЕРАТУРА

- Алеев Ю. Г., Овчаров О. П. 1969. О развитии процессов вихреобразования и характере пограничного слоя при движении рыб. Зоол. ж., т. 48, вып. 6.—1971. О роли вихреобразования в локомоции рыб и влиянии границы двух сред на картину обтекания. Там же, т. 50, вып. 2.
- Овчаров О. П. 1969. Характер обтекания морского карася. Вопросы морской биологии. Тез. II Всес. симпозиума молодых ученых. Киев, «Наукова думка».—1971. Вихреобразование в гидродинамическом следе рыбы при движении. Зоол. ж., т. 50, вып. 11.
-