

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ВОПРОСЫ ИХТИОЛОГИИ

Журнал основан в 1961 году

Выходит 6 раз в год

Том 16

Выпуск 6(101)

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

МОСКВА — 1976

Институт

биологической химии им. Чароя

БИБЛИОТЕКА

ким, так и с низким содержанием жира. Другое дело, что в обоих случаях эта зависимость выражается совершенно разными численными значениями.

Уравнение (2) практически совпадает с соответствующим осредненным уравнением, выведенным Г. П. Ионас (1974) для тканей рыб с высоким и средним содержанием жира. Уравнение же (1) резко от него отличается. Анализ данных рисунка и уравнения (1) показывает, что суммарное содержание жира и влаги в мышцах скорпены составляет 79—82,5%, т. е. такое же, как у «жирных» рыб. Однако соотношение сравниваемых компонентов у «тощих» рыб, представителем которых является морской ерш, совершенно иное. Последнее связано с иным функциональным значением жира в мышцах «тощих» рыб по сравнению с «жирными» рыбами. У первых они выполняют в основном структурную функцию и представлены фосфолипидами; у вторых основная масса жиров связана с запасанием резервной энергии и представляет собой триглицериды (Щепкин, 1972). Тем не менее зависимость между содержанием жира и воды в мышцах «тощих» рыб при тщательных анализах выявляется также достаточно четко. Она отражает, по-видимому, тот факт, что любые липиды независимо от своей структуры и метаболических свойств обладают достаточно выраженной гидрофобностью, влияющей на процентное содержание воды в тканях.

Поступила
8.I.1975 г.

ЛИТЕРАТУРА

- Ионас Г. П. 1974. Расчетный метод определения количества жира в рыбе. Рыбн. х-во, № 10.
- Лазаревский А. А. 1955. Техно-химический контроль в рыбообрабатывающей промышленности. М., Пищепромиздат.
- Макарова Н. П. 1968. О некоторых закономерностях в изменениях содержания жира у беломорской трески. В сб. «Закономерности динамики численности рыб Белого моря». М., Изд-во АН СССР.
- Шульман Г. Е. 1972. Физиолого-биохимические особенности годовых циклов рыб. М., «Пищевая промышленность».
- Щепкин В. Я. 1972. Сравнительная характеристика липидов печени и мышц ставриды и скорпены. Биол. науки, № 2.
- Яковлева К. К., Шульман Г. Е. 1974. Динамика содержания жира в печени и мышцах черноморской скорпены. В сб. «Биологическая продуктивность южных морей». Киев, «Наукова думка».
- Brandes C. H., Dietrich R. 1958. Betrachtungen über die Beziehungen zwischen dem Fett und Wassergehalt und die Fettverteilung bei Konsumfischen. Veröffentl. Inst. Meerresforsch. Bremerhaven, B. 5.

УДК 597:591.17

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОДИНАМИКИ СЕВРЮГИ *ACIPENSER STELLATUS PALLAS*

Б. В. Курбатов, О. П. Овчаров

(Институт биологии южных морей АН УССР, Севастополь)

В зависимости от экологии рыбы по-разному приспособлены к условиям обитания в водной среде. Одни из них обладают прекрасными гидродинамическими характеристиками, позволяющими им плавать с большими скоростями (большинство пелагических видов), другие ведут относительно малоподвижный образ жизни, приобретая в процессе эволюции ряд приспособлений, не связанных с гидродинамикой, но обеспечивающих их нормальное развитие и сохранение вида. В плане выяснения филогенеза гидродинамических приспособлений водных животных значительный интерес представляет изучение особенностей внешней организации и гидродинамики рыб сем. *Acipenseridae*.

Осетровые обладают целым рядом внешнеморфологических особенностей, отличающих их от основной массы костистых рыб. У севрюги на теле имеется 5 рядов костяных щитков (жучек): спинной ряд с 11—14 жучками, два боковых с 30—36 жучками в ряду и два брюшных с 10—11 жучками в ряду. Между рядами жучек тело покрыто звездчатыми пластинками и мелкими гребенчатыми зернышками, придающими телу значительную шероховатость. Тело веретенообразное, удлиненное. Молодь севрюги имеет отрицательную плавучесть и ведет придонный образ жизни, питаясь малоподвижными бентосными организмами (Световидов, 1964), отыскивая их с помощью усиков, на которых локализованы наружные органы вкуса (Андрияшев, 1944). У взрослых особей плавучесть увеличивается, в отдельные периоды они

ведут пелагический образ жизни (Кротов, 1951), питаются в основном рыбой (Световидов, 1964). Голова севрюги покрыта костяными щитками, рыло лопатовидное, шероховатое. Грудные плавники расположены под небольшим положительным углом к направлению движения рыбы и имеют незначительную подвижность. Как известно (Алеев, 1963), при поступательном движении осетровых возникает сила, вращающая тело рыбы головой вниз. Для удержания тела в определенном положении рыбе необходимо создать силу, которая препятствовала бы опусканию передней части корпуса. Эта сила производится грудными плавниками, которые выполняют роль несущих плоскостей. Гетероперкля хвостового плавника осетровых обеспечивает балансировку и устойчивость этих рыб при движении (Алеев, 1963; Яковлев, 1968).

К настоящему времени известны немногочисленные работы, в которых приводятся данные, касающиеся частных вопросов гидродинамики осетровых рыб (Алеев,

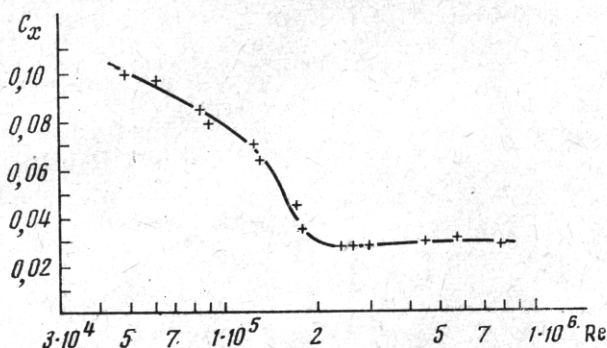


Рис. 1. Зависимость $C_x = f(Re)$ для севрюги

1963, 1972; Яковлев, 1968; Алеев, Курбатов, 1974). Нами проведено комплексное инструментальное исследование гидродинамического сопротивления и обтекания тела представителя осетровых — севрюги *Acipenser stellatus* Pallas с целью выяснения характерных особенностей ее гидродинамики.

Работы проводились в 1974 г. на приемном пункте рыболовецкого колхоза «Ударники моря» на косе Обиточной в Азовском море. Объектами исследований были 6 особей абсолютной длиной 32,4–102,0 см, что соответствует возрасту от 1 до 6 лет. Живую рыбу в брезентовой ванне доставляли из ставных неводов на берег и пересаживали в канал. После опытов рыбу отпускали в море. Работы выполнялись на базе экспедиционного биогиродинамического канала сечением 0,6×0,5 м и длиной 6,0 м, предназначенного для исследований гидродинамических характеристик и особенностей локомоции гидробионтов (Курбатов, 1975). Канал оснащен комплексом измерительной аппаратуры и специализированной автоматической системой «Скопа» (Алиев, Курбатов, 1972, 1974). Методика замера гидродинамического сопротивления основана на точном инструментальном измерении скорости и ускорения рыбы в момент ее движения по инерции. В этом случае, согласно второму закону Ньютона, на рыбу действует результирующая сила сопротивления движению, численно равная произведению ускорения на сумму масс рыбы и присоединенной массы воды:

$$F = (m + \lambda) \frac{dv}{dt}, \quad (1)$$

где F — сила общего гидродинамического сопротивления (кг), m — масса рыбы (кг), λ — присоединенная масса воды (кг), dv/dt — ускорение (м/сек²).

По известному весу животного рассчитывали его массу, а присоединенную массу воды (λ) находили из соотношения

$$\lambda = \mu_x \rho V, \quad (2)$$

где V — объем животного (м³), ρ — плотность воды кгсек²/м⁴, μ_x — коэффициент присоединенной массы, найденный по имеющимся в литературе номограммам (Кочин и др., 1963).

Измерение скорости движения и ускорения рыб осуществлялось при помощи датчиков системы «Скопа». Подвижная платформа системы при работе постоянно находилась над объектом слежения, перемещаясь одновременно с ним с соответствующими скоростями, величины которых измерялись тахогенератором и записывались на осциллограмму. Синхронно с осциллографированием скоростей движущейся рыбы производилась плановая киносъемка на негативную 35-мм киноплёнку типа А-2 камерой «Конас», установленной на платформе следящей системы. Регистрируя участки инерционного движения по материалам киносъемки и учитывая положение объекта в кадре, а также анализируя синхронные осциллограммы скорости движения объекта, в каждом из случаев определялась величина ускорения движения. По

формуле (1) для каждого участка инерционного движения вычислялась сила лобового сопротивления F , которая использовалась для нахождения безразмерного коэффициента общего гидродинамического сопротивления C_x :

$$C_x = \frac{2F}{V^2 \rho S}, \quad (3)$$

где V — скорость движения рыбы (м/сек), S — площадь смоченной поверхности тела (м²).

Визуализация картины обтекания тела рыбы достигалась с помощью специального красителя синего цвета по ранее описанной методике (Алеев, Овчаров, 1969) с изменениями. Краска помещалась не только в ротовую полость рыбы, но и наносилась тонким слоем на поверхность тела. При движении рыбы краситель окрашивал обтекающий поток и позволял наблюдать картину обтекания всего тела севрюги.

В общей сложности было проведено 116 опытов.

Вычисленные величины C_x использованы для построения графической зависимости $C_x = f(Re)$ (рис. 1). C_x нами найдено для диапазона чисел Рейнольдса (Re) от $4,0 \cdot 10^4$ до $9,0 \cdot 10^5$. На графике точки, полученные для всех 6 экз. севрюги, имеют незначительный разброс и лежат практически на одной кривой $C_x = f(Re)$, что свидетельствует об идентичности значений силы гидродинамического сопротивления у рыб разного размера. На участке при $Re = 8,0 \cdot 10^4 - 2,0 \cdot 10^5$ наблюдается резкое уменьшение величины C_x с ростом Re . Видимо, это явление связано с ранней турбулизацией пограничного слоя за счет значительной общей шероховатости покровов и наличия жучек.

Как показали эксперименты по визуализации картины обтекания тела севрюги, ламинарным потоком обтекает только голова рыбы, а сразу же за жаберными щелями начинается турбулизация обтекающего потока (рис. 2, А), т. е. турбулизация начинается уже на конфузормом участке тела. Как известно (Фабрикант, 1964), при переходе ламинарного движения в пограничном слое в турбулентное неудобно обтекаемые тела становятся более удобообтекаемыми, т. е., иными словами, их сопротивление от давлений резко снижается. А тело севрюги в связи с наличием крупных образований, жучек, может рассматриваться как неудобообтекаемое.

В диапазоне $Re = 2,0 \cdot 10^5 - 1,0 \cdot 10^6$ (рис. 1) наблюдается некоторый рост C_x с переходом

на автомодельную область. Увеличение значений C_x можно объяснить возникновением на этих режимах сплошной турбулизации пограничного слоя и возникновением вихрей отрыва, что подтверждается наблюдением картины обтекания (рис. 2 В). При $Re = 2,0 \cdot 10^5$ значения C_x практически не изменяются и равны 0,03, что значительно выше, чем соответствующие величины коэффициентов гидродинамического сопротивления у таких скоростных рыб, как луфарь, ставрида, кефаль и др. (Алеев, Курбатов, 1972).

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о невысоких гидродинамических качествах севрюги. Преобладающее влияние на формирование обтекающего потока оказывают характерные внешние структурные образования тела севрюги. В частности, одной из основных причин турбулизации обтекающего потока и образования отрывных вихрей являются жучки. В молодом возрасте, когда севрюга ведет сравнительно малоподвижный образ жизни, острые жучки выполняют защитную функцию, которая в этот период для них более важна. С возрастом вершины жучек постепенно сглаживаются, а брюшные иногда исчезают. Это связано, видимо, с тем, что с увеличением размеров рыбы защитная функция жучек теряет свое значение.

Поступила
23.V.1975 г.

ЛИТЕРАТУРА

- Алеев Ю. Г. 1963. Функциональные основы внешнего строения рыбы. М., Изд-во АН СССР.— 1972. Гидродинамические качества формы тела нектеров. Зоол. ж., т. 51, вып. 7.
- Алеев Ю. Г., Курбатов Б. В. 1972. Биогидродинамический канал Института биологии южных морей. Гидробиол. ж., т. 8, № 1.— 1974. Гидродинамическое сопротивление живых рыб и некоторых других нектеров на участке инерционного движения. Вспр. ихтиологии, т. 14, вып. 1 (84).
- Алеев Ю. Г., Овчаров О. П. 1969. О развитии процессов вихреобразования и характере пограничного слоя при движении рыб. Зоол. ж., т. 48, вып. 6.
- Андрияшев А. П. 1944. О биологии питания некоторых хищных рыб Черного моря. Докл. АН СССР, т. 44, № 1.
- Кочин Н. Е., Кибель И. А., Розе Н. В. 1963. Теоретическая гидромеханика. М., Физматгиз.
- Крогов А. В. 1951. О миграциях севрюги в северо-западной части Черного моря. Природа, № 4.
- Курбатов Б. В. 1975. Экспедиционный биогидродинамический канал. Гидробиол. ж., т. 11, № 2.
- Световидов А. Н. 1964. Рыбы Черного моря. М.— Л., «Наука».
- Фабрикант Н. Я. 1964. Аэродинамика. М., «Наука».
- Яковлев В. Н. 1968. О функциональном значении гетероцеркии. В сб. «Очерки по филогении и систематике ископаемых рыб и бесчелюстных». М., «Наука».
-