

УДК 507–151:597.553.2

**Расстояние между рыбами в стаях
и возможности оценки их биомассы**

А.А. Яржомбек

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва)
e-mail yarzhambek@yandex.ru

Сведения о структуре стай рыб позволяют оценивать биомассу скоплений на основании данных о размере стаи и о расстоянии между особями. Плотность стай выражается в виде расстояния между «центрами тяжести» рыб, выраженного в длинах тела. Это даёт возможность рассчитать долю объёма среды, занимаемую рыбой как отношение объёма особи (обычно приблизительно $0,01 L^3$) к объёму воды приходящемуся на особь $(RL)^3$, где R — расстояние между рыбами в длинах тела — то есть $0,01/R^3$. Данные о структуре стай получены при анализе фотографических материалов скоплений рыб: подводные съёмки из обитаемых подводных аппаратов, погружаемых фотокамер, фотосъёмок дайверов и фотосъёмки скоплений рыб в эпипелагиали и в литорали, получаемые сверху (с летательных аппаратов, привязных аэростатов, с борта судна, естественных возвышений и искусственных сооружений, приспособлений для подъёма фотокамеры типа штанги). Изучение вариантов плотности стай при различных ситуациях (стресс, фуражирование, миграция) получены в естественной среде и в экспериментальных ёмкостях. В статье анализируются фотоматериалы о стаях рыб, приводимые в литературных источниках и полученные автором. Расстояния между рыбами в спокойном состоянии в среднем составляет величину порядка 2,44 (2,14–2,59) длин тела, при котором заполнение объёма стаи составляет величину приблизительно 0,076%. Расчет показывает, что величина объёма рыб в стае может колебаться от 0,016% при расстоянии 4L до 8% при расстоянии 0,5 L. В стаях подверженных стрессу расстояние между рыбами уменьшается до 0,26–0,42 L. В стае фуражирующей путём фильтрации скумбрии расстояние между особями составляло $0,24 \pm 0,025 L$, в стаях лососей при нерестовом ходе и в преднерестовых скоплениях расстояния колебались от 0,1 до 2, в среднем 0,5L. При защитных маневрах мелких пелагических стайных рыб расстояние может уменьшаться до 0,05 L, то есть почти до непосредственного контакта.

Ключевые слова: стая, расстояние между рыбами.

Расстояние между рыбами в стаях рыб в пелагиали путём фотографирования и визуальных наблюдений из обитаемых подводных аппаратов некогда оценивалось Л.И. Серебровым [1976]. Он пришёл к выводу, что средняя дистанция в стаях самых разных стайных

пелагических рыб в среднем составляет 2,44 длины тела: хамса (*Engraulis encrasicolus* L., 1758) — 2,62; мойва (*Mallotus villosus* (Muller, 1776)) — 2,75; сайка (*Boreogadus saida* (Lepechin, 1774)) — 2,24; мелкая треска (*Gadus morhua* L., 1758) — 2,19; атлан-

тическая сельдь (*Clupea harengus* L., 1758) — 2,26; макрурус (*Macrourus* spp.) — 2,59; бекас (*Centriscoops* spp.) — 2,44. Из этого положения происходит практическое следствие. Если принять, что объём пространства, приходящийся на одну особь в стае, составляет куб расстояния между рыбами R^3 (в длинах тела) [Сумерин, Колодницкий, 1989], а объём тела у большинства промысловых рыб близок к $0,01L^3$ (сотой доле куба длины), то заполнение объёма стаи телами рыб может быть вычислено как $0,01R^3$. Заполнение колеблется от 0,00016 (0,016%) при расстоянии между рыбами (между «центрами тяжести») равном $4L$ до 0,08 (8%) при расстоянии $0,5L$. Среднему расстоянию между рыбами $2,44L$ в пелагиче-

ской стае соответствует в таком случае заполнение объёма на 0,076%. Однако это правило применимо не всегда. Обратный расчёт по данным А.Е. Толкунова [2009] показал, что заполнение объёма в стае шпрота (*Sprattus sprattus phalericus* (Risso, 1827)) составляет 11–16%. Из этого следует, что расстояние между особями шпрота в стаях — не более половины длины тела.

Изучение «стрессированных» стай в аквариумах и бассейнах [Карпенко и др., 1998] дало значительно меньшие величины, чем в естественных стаях — до 0,26–0,42 длины тела.

Автором измерены расстояния между рыбами в литорали и эпипелагиали на фотогра-



Рис. 1. Способы фотосъёмки рыб через поверхность воды: а — гелиевый шар с кассетой для фотоаппарата; б — наклонный шест над «тропой» анадромной горбуши; в — фотоаппарат на конце удильца; з — фотосъёмка с буксируемого парашюта

фиях, снятых в основном сверху — с пирсов, мостов, скал, наклонных шестов, с вертолёта, а также под водой (рис. 1). Эти материалы

опубликованы в ряде публикаций [Яржомбек, 2009; Яржомбек, 2010; Яржомбек, Самарский, 2003; Яржомбек, Нестеров, 2007;

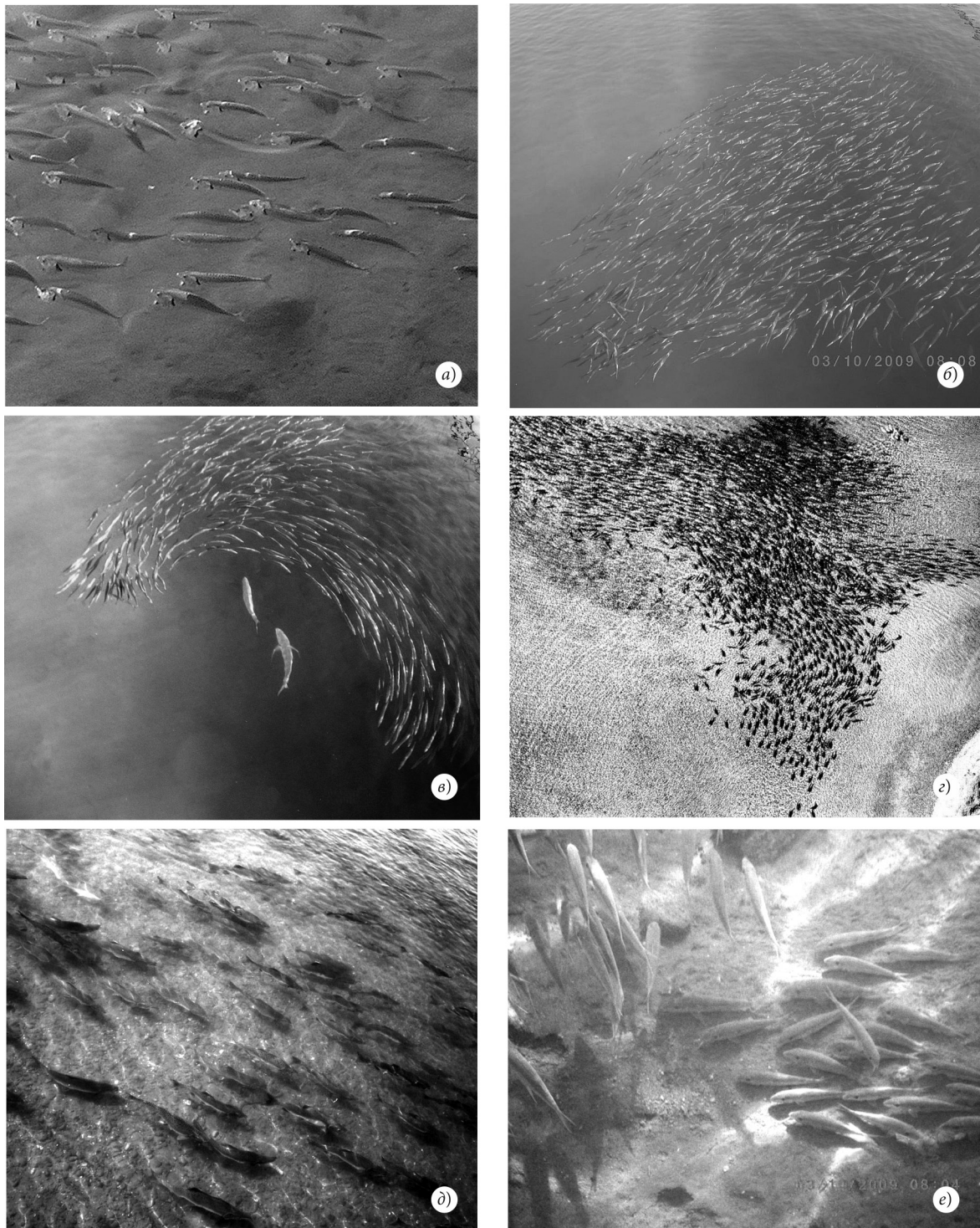


Рис. 2. Примеры фотосъёмок стай рыб: а — стая питающейся скумбрии; б — стая полурылов; в — реакция стаи на приближение крупных рыб; г — скопление нерки перед нерестом; д — «рой» горбуши перед анадромным ходом; е — питающаяся стая султанки

Яржомбек, Бадулин, 2008]. Несколько фотографий приводятся в этой статье (рис. 2). Результаты измерений приведены в табл. 1.

Кормящаяся посредством фильтрации стая скумбрии была плоской, однослойной, привязанной к поверхности воды, где она собирала планктон. Стая султанки была однослойной, привязанной ко дну. Стая мелких рыб была практически однослойной, поскольку находилась на мели с глубиной не более 10 см. Однослойными же были стаи лососей, держащихся дна. Стаи полурылов (*Coelorhynchus* spp.) имели вертикальное развитие в 3–4 «эшелона», что учтено при расчётах.

Можно видеть, что на мели у дна, в литорали и вблизи от поверхности в эпипелагиали расстояние между рыбами в стаях значительно меньше, чем у пелагических, и близко к тем расстояниям, которые наблюдались у стрессированных стай. В публикуемых фотоматериалах также можно получить сведения о конструкции стай. С. Робертс и М. Хиршфилд [Roberts, Hirshfeld, 2004] приводят фото, сделанное на глубине около 100 м, где группа каменных окуней (*Anthias anthias* (L., 1758)) численностью более 100 представляет собой однослойную стаю у дна с расстояниями между особями от 0,2 до 1,5, в среднем менее 1 длины тела. Н.П. Пахоруков с соавторами [2014] приводит сведения о структуре стай, наблюдавшихся на глубинах до 700 м из ОПА «Север-2». Окунь (*Helicolenus*

touchezi (Sauvage, 1875)) длиной 15–30 см: стаи численностью 5–300 особей, расстояние между рыбами 0,7–1,5 м (2,3–10 длин тела). Серебрянка (*Argentina sialis* Gilbert, 1890) длиной 5–15 см: стайки по 3–6 особей, расстояние 0,8–2 длины тела. Ставрида (*Trachurus* spp.) длиной 16–18 см: расстояние между рыбами 1–2 длины тела, плотность до 70 особей в м³. Миктофиды (*Diaphus* spp.): малочисленные стайки (3–5 экземпляров) очень малой плотности. Желтопёрый тунец (*Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1778)) на глубине 155–165 м с длиной тела 80–150 см: стаи по 10–90 особей, расстояния между рыбами относительно короткие — 0,5–2,5 м.

Для плоских однослойных стай биомасса очевидно должна рассчитываться на единицу площади или на объём, где «толщина» стаи может мыслиться как высота тела рыбы. Если принять обычную высоту тела $0,2L$, то при расстоянии между «центрами тяжести» рыб, равном одной длине тела (L), объём рыб будет составлять приблизительно 0,05 объёма стаи. При уменьшении расстояния между рыбами доля рыб в объёме стаи будет увеличиваться в пределе до толщины тела, когда рыбы уплотнятся в объёме — «как сельди в бочке». Конкретно расчётный объём (биомасса) рыб в однослойной стае как функция расстояния между рыбами, в длинах тела: $3L$ — 1,67%; $2L$ — 1,25%; $1L$ — 5%; $0,5L$ — 20%; $0,1L$ — 50%.

Таблица 1. Расстояние между рыбами (с фотографий)

Рыбы	Ситуация	Длина тела, см	Промежуток, в длинах тела
Скумбрия	Фильтрация, питание	18	0,1–0,5 (0,24 ± 0,025)
Нерка	Ход на нерест	55	0,1–2 (средн. 0,5)
Нерка	Преднерестовое скопление	55	0,1–2
Горбуша	Ход на нерест	50	0,1–1 (средн. 0,5)
Горбуша	Предходовой рой	50	0,1–1 (средн. 0,5)
Голец-мальма	Убегающая стайка	19	1–3
Полурыл	Поляризованная стая (150–200 шт.)	14	В среднем 0,1
Полурыл	Защитный манёвр	14	В среднем 0,05
Барабуля	Питание	14	0,01–0,5 (0,025)
Мелочь (неизвестно)	Отмель, питание	7	0,1–1
Смешанная стая	Риф, питание	20–25	0,1–3
Рыбы-бабочки	Пары, риф	13–17	0,5–5

Полученные сведения и приведённые соображения могут представлять интерес при разработке методов расчёта биомассы рыб по данным о размере стай (косяков), полученных методами подводного фотографирования или с помощью УЗ-аппаратуры.

ЛИТЕРАТУРА

- Карпенко Э.А., Лапшин О.М., Герасимов Ю.В. 1998. Исследования поведения рыб при взаимодействии с моделью трала // Вопросы теории и практики рыболовства. М.: Изд-во ВНИРО. С. 31–42.
- Пахорук Н.П., Парин Н.В., Цаин С.А., Данилюк О.Н. 2014. Результаты визуальных наблюдений из ПОА «Север-2» на хребте Вавилова (Атлантический океан) // Морской экологический журн. Т. 13. № 4. С. 15–31.
- Серебров Л.И. 1976. Зависимость плотности стай от размера рыб // Вопросы ихтиологии Т. 16. Вып. 1. С. 153–157.
- Сумерин В.А., Колодницкий Б.В. 1989. Методические особенности изучения зоопланктона из подводных обитаемых аппаратов // Подводные исследования в биологических и рыбохозяйственных целях. М.: Изд-во ВНИРО. С. 5–10.
- Толкунов А.Е. 2009. Параметры распределения стай черноморского шпрота // Рыбпром. № 4. С. 46–48.
- Яржомбек А.А. 2009. «Роение» лососей перед нерестовой миграцией // Вопросы рыболовства. Т. 10. № 1. С. 172–173.
- Яржомбек А.А. 2010. Опреснённые предустьевые пространства и лососёвое хозяйство Дальнего Востока // Вопросы промысловой ихтиологии. Вып. 7. № 1. С. 257–262.
- Яржомбек А.А., Самарский В.Г. 2003. Рыба с высоты птичьего полёта // Рыбное хозяйство. № 1. С. 73.
- Яржомбек А.А., Нестеров В.Д. 2007. Горбуша: вид сверху // Рыбное хозяйство. № 7. С. 61.
- Яржомбек А.А., Бадулин В.В. 2008. Мост как рыбоучётное сооружение // Рыбное хозяйство. № 6. С. 56.
- Roberts S., Hirshfeld M. 2004. Deep Sea Corals: Out of Sight? But No Longer Out of Mind // Front. Ecol. Environ. V. 2. № 3. P. 123–130.

Поступила в редакцию 06.03.15 г.
Принята после рецензии 13.03.15 г.

Distance between Fishes in the Shoals and the Possibility of Estimating Their Biomass

A.A. Yarzhombek

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI «VNIRO», Moscow)

Information about the structure fish schools allow to estimate biomass accumulation on the basis of the size of schools and the distance between the individuals. Information about the density of the flocks are expressed in terms of the distance between fish, from which the filling of valium and amount of fish biomass follows. This allows to calculate the proportion of the volume of the medium occupied by the fish as relation of one individual volume (usual $0,01L^3$) and the volume of water per one individual $(nL)^3$ where n is the distance between individuals, ie $0,01/n^3$. Data about structure of swarms obtained by photographing under water from manned vehicles, submersible cameras and photo of divers. The structure of schools in their natural environment in epipelagic and the littoral zones of water bodies is studied by the photo from above — aerial vehicles, tethered balloons, natural and artificial elevations and rods. The study of the density of the swarms on stress was held in artificial containers. The article analyses the photos provided in literature and own materials underwater and surface shots. Distance between the fish in quit flocks has an average value about 2,44 (2,14–2, 59) body length (L). From this follows that the volume of water per fish is $14,5 L^3$, and when the volume of fish is $0,01L^3$, filling of volume is about 0,076%. Calculation shows, that the volume of fish in school differs from 0,016% at distance $4L$ to 8% at distance $0,5 L$. Stress reduces the distance to 0,26–0,1 L . In some special cases (together foraging, spawning migration, pre-spawning aggregation) distance may be different — plankton filtering mackerel — 0,24 L , migrating salmon — 0,5 L , feeding mullet — 0,025 L , harengula in the shallows — 0,1–1 L , mixed flocks of coral fish — 1,5 L . At the surface and bottom feeding fish forms a single layer packs.

Key words: fish shoals, distance between fishes.