

резко понизится численность живых организмов в двух бухтах - Апполоновой и Севастопольской.

Просим городскую санэпидстанцию обратить внимание на санитарное состояние этих бухт. Далее, сопоставляя наблюдения разных лет, заключаем, что уровень антропогенного воздействия всё время возрастает. Поэтому наш прогноз на будущее - неутешительный: количество живых организмов в наших бухтах будет сокращаться.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ДЛИНЫ И ШИРИНА ОТОЛИТОВ СЕВЕРОМОРСКОГО ШПРОТА

Беркович Элина

Станция юных натуралистов, школа № 40 г. Таллинн.

Введение .

Шпроты относятся к роду *Sprattus*, представленному морскими рыбами, один вид обитает в субтропических умеренных частях Атлантического океана и 5 видов - южном полушарии. Североморский шпрот *Sprattus sprattus* (L.), разделяется на три слабо различающихся подвида: *Sprattus sprattus* (L.), населяющий Атлантический океан у берегов Европы и Северное море; балтийский шпрот - *Sprattus sprattus balticus* (Schn.), населяющий Балтийское море, и *Sprattus sprattus phalericus* (Risso), встречающийся в Средиземном и Чёрном морях.

До сих пор наиболее полно изучен балтийский шпрот. Гораздо меньше сведений мы находим в литературе о черноморском или североморском шпроте и почти совсем отсутствуют работы, посвященные сравнению отдельных подвигов этой рыбы. Поэтому представляет научный интерес описать изменчивость длины и ширины отолитов североморского шпрота и сравнить, например, отношение длины к ширине отолита у шпрота из Северного, Чёрного и Балтийского морей. Сказанное является целью данной работы. Автор надеется, что полученные результаты помогут расширить наши представления о внутривидовой изменчивости шпрота в европейских морях.

Отолиты шпрота и работа с ними.

Европейский шпрот (килька) – *Sprattus sprattus*, относящийся к сельдевым – небольшая рыбка, встречающаяся в морях Европы в виде трёх подвидов, слабо отличающихся друг от друга по своим признакам. В Северном и Балтийском морях она является ценной промысловой рыбой.

Максимальная длина шпрота в Северном море 17,0-17,5 см, в Северо-восточной Балтике – 16 см, в Ботническом заливе – 17 см и в Финском заливе – 15,5 см. Зарегистрирована рекордная масса в 41,7 г (L = 18,1 см) в Северном море ((Fladen ground) и в 28,2 г (L = 16,5 см) в Северо-восточной Балтике, а также рекордная длина в 20,3 см в Каттегате.

Самый интенсивный рост кильки происходит осенью, в мягкие зимы рост продолжается до февраля – марта. Основную пищу составляют организмы подходящих размеров, имеющиеся в тех водных слоях, где обитает шпрот [7].

Основными регистрирующими структурами, применяемыми в настоящее время для определения возраста рыб, является чешуя и отолиты – слуховые камешки. По определению М. В. Мины и Г. А. Клевезаль [4], регистрирующие структуры живых организмов "...отличаются тем, что части структуры, возникающие в разное время, имеют разные морфологические характеристики, и однажды возникшие особенности строения новообразующихся частей сохраняются затем в течение длительного времени".

С точки зрения определения возраста, наиболее полно изучена чешуя рыб [2]. Кроме визуального метода определения возраста рыб по чешуе, в настоящее время используются два близких метода регистрации неоднородности строения чешуи: запись оптической плотности чешуи на регистрирующем микрофотометре и снятие характеристик верхнего слоя чешуи с помощью сканирующего микрофотометра отражённого света.

К отрицательным свойствам чешуи как регистрирующей структуры относится:

во-первых, установленное для многих видов прекращение её роста при достижении рыбой определённого возраста;

во-вторых, возможность резорбции краёв чешуйной пластинки под воздействием голодания, наступления половой зрелости и

сильного изнурения во время нерестовых миграций, а также неполноценной диеты;

в-третьих, в онтогенезе чешуя появляется гораздо позже отолитов, поэтому она непригодна для изучения возраста и изучения роста рыб моложе одного года.

Для определения возраста и роста рыб также используются срезы лучей плавников, крышечная кость, позвонки, однако, их использование технически сложно и поэтому встречается реже.

Свойства отолитов рыб как регистрирующих структур: "слоистое" строение, морфологическая неоднородность частей, сформировавшихся в разное время, и приуроченность тех или иных элементов структуры к определенным событиям в жизни рыбы - издавна использовались в ихтиологических (экологических) исследованиях. Анализ строения отолитов - поистине уникальных образований - можно рассматривать как метод изучения экологии рыб [2]. Чаще всего отолиты используются для определения возраста, т. к. у многих рыб умеренных широт регулярно формируются годовые слои отолитов.

Отолиты берутся от свежей или зафиксированной в этаноле (спирте) рыбы. Отолиты, зафиксированные в формалине, непригодны для определения возраста.

Препарированные отолиты, по два от каждой рыбы, помещаются, как правило, в чешуйные книжки, в которых хранятся до определения возраста. Кроме чешуйных книжек, отолиты могут помещаться попарно рядами на предметном стекле (25-50 пар отолитов на одно стекло) и заливаться канадским бальзамом. Препараты при этом можно не покрывать покровными стеклами. С такими препаратами удобно обращаться: исключается потеря отолитов при определении возраста. Кроме предметных стёкол, для той же цели могут использоваться специальные прозрачные пластинки с нумерованными выемками, изготовленные обычно из органического стекла. В выемки попарно помещаются отолиты и заливаются канадским бальзамом либо каким-нибудь пластиком.

Для определения возраста отолиты, хранившиеся в чешуйных книжках, переносятся лезвием скальпеля на предметное стекло и просветляются 2-5 каплями 80-90% этанола. Не рекомендуется использовать для этой цели ксилол, толуол и другие подобные органические жидкости из-за их ядовитости. Материал, помещённый в бальзам или пластик, просматривается без какой-либо



Рис. 1. Отолит балтийского шпрота (в сканирующем электронном микроскопе). 1.- рострум, 2.- построструм, 3.- антерострум, 4.- парарострум.

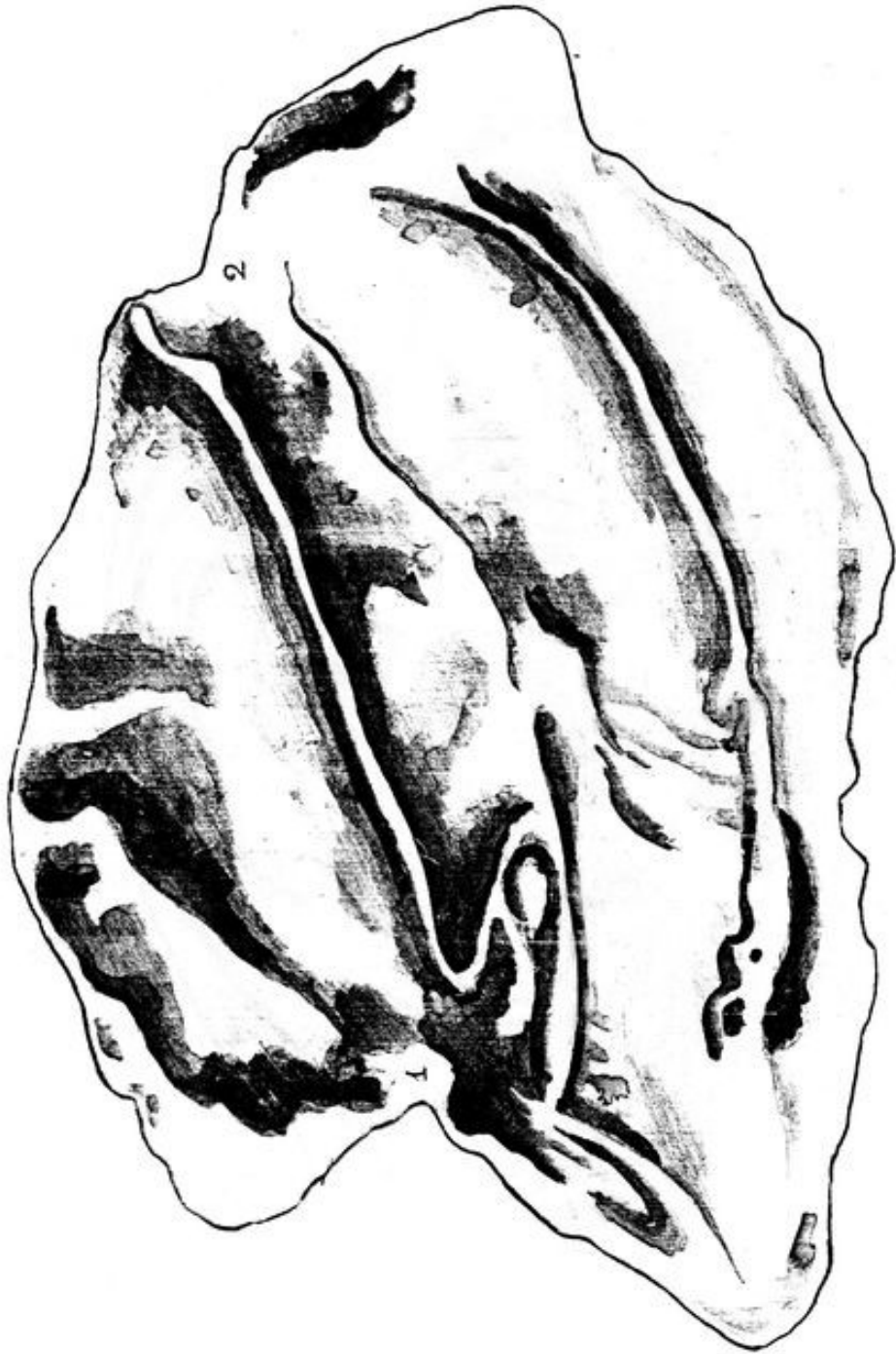


Рис. 2. Внутренняя сторона отолита Балтийского шпрота (в сканирующем микроскопе). 1.- Большая вырезка, 2.-1.- Слуховая борозда.

дополнительной подготовки. Просветлённые отолиты рассматриваются под микроскопом в проходящем свете. Для определения возраста в большинстве случаев достаточно 80-100 кратного увеличения, лишь для определения возраста отдельных старшевозрастных рыб необходимо увеличение в 250 раз. Хорошие результаты даёт применение проходящего поляризованного света: зональность на отолитах видна более чётко, а тёмный фон меньше утомляет глаза [2].

Определение возраста балтийского шпрота заключается в распознавании и подсчёте годовых приростов на отолитах - структур, формирующихся в течении одного полного года. Годовые приросты состоят из смежных более широкой (шаликовой) и более узкой зимней (опаковой) зон [2].

Существуют две основные причины, по которым использование отолитов для определения возраста может вызывать трудности: первая - полное или частичное кристаллическое перерождение одного или обоих отолитов, вторая - асимметричность отолитов одной пары, которые могут различаться как по своим размерам, так и по числу зон роста. Необходимо подчеркнуть, что случаи кристаллического перерождения и асимметричности всё же очень редки, и поэтому, с практической точки зрения, сам метод определения возраста рыб по отолитам не ставится под сомнение.

На отолитах балтийского шпрота выделяются выступы: рострум, антерострум, построструм и парарострум. Находящийся между антерострумом и парарострумом дорсальный край отолита обычно ровный, реже - с отдельными неглубокими вырезками. Вентральный край находится между рострумом и построструмом и обычно имеет зубчатый вид. Между рострумом и антерострумом расположена большая вырезка, между построструмом и парарострумом - малая вырезка (рис.1). Внешняя, обращённая в сторону от мозга рыбы, сторона отолита имеет относительно гладкую поверхность с выделяющимися центральным полем и бороздами по периферии. Внутренняя, обращённая к мозгу рыбы, сторона характеризуется сильно выраженным рельефом. Слуховая борозда делит внутреннюю сторону отолита на дорсальную и вентральную части (рис. 2 [1]).

Установлено, что периодам наиболее быстрого роста балтийского шпрота в летне-осенний период соответствует наиболее быстрый рост его отолитов. Весной, когда вода ещё холодна, и в период подготовки шпрота к нересту, на отолитах формируется относительно узкая зона зимней задержки роста. В начале лета с

возобновлением интенсивности питания рыбы на отолитах начинает формироваться зона летнего роста. Наиболее интенсивный рост отолитов наблюдается с июля по сентябрь включительно. В связи с нерестом, у рыб более старших возрастов время наиболее интенсивного соматического роста и роста отолитов может быть несколько сдвинуто в сторону осени. К началу нового похолодания водной толщи (первые месяцы следующего года) формирование летне-осенней зоны роста отолитов заканчивается. Очевидна прямая зависимость между ростом тела и ростом отолитов [3].

2. Материал и методика.

Использованный в работе материал - отолиты североморского шпрота (всего 453 экземпляра) собраны в 1971-1974 гг. старшим научным сотрудником Атлантического научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии В. И. Фельдманом. Отолиты балтийского шпрота (700 экземпляров) собрал ст. н. с. Таллиннского отдела БалтНИИРХ Р. А. Апс, а отолиты черноморского шпрота (150 экземпляров) собрал Р. А. Апс совместно с сотрудниками Севастопольского СКБ подводных исследований в 1974-1975 гг.

Отолиты помещались на вогнутое стекло, заливались 1-2 капли этанола и просматривались в световом микроскопе в проходящем свете. Длина и ширина измерялись при помощи окулярного микрометра. При этом цена одного деления окуляр-микрометра равнялась 0,0375 мм.

Полученные цифровые данные были обработаны при помощи программы "MICROSTAT" на персональной ЭВМ.

3. Общая возрастная изменчивость длины и ширины отолитов Североморского шпрота.

Обратим внимание прежде всего на средние значения длины и ширины отолитов североморского шпрота: 3,8 и 2,7 соответственно. Рассчитанные коэффициенты вариации (18,3% и 15,7%) указывают на умеренную степень изменчивости этих признаков. Для сравнения, например, можно указать, что в однородном биологическом материале коэффициенты вариации чаще всего бывают порядка 5-10% [5]. Отношение средней длины отолитов к их ширине, являющееся важной характеристикой подвидового уровня шпрота, равно 1,41. Рассчитанные нами отношения средней длины отолитов к их ширине равны: для черноморского шпрота 1,52 и для

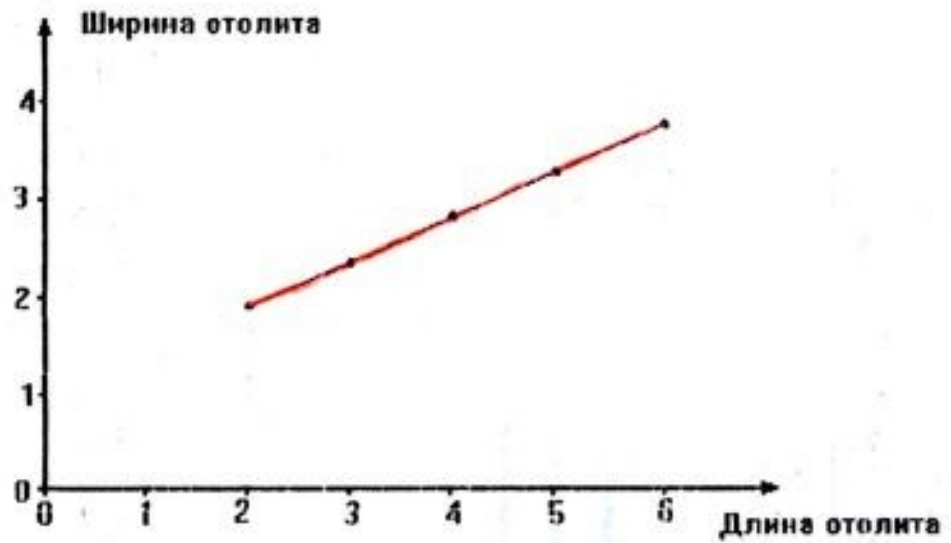


Рис. 3. Зависимость ширины отолита от длины отолита в (в делениях окуляр-микрометра) североморского шпрота.

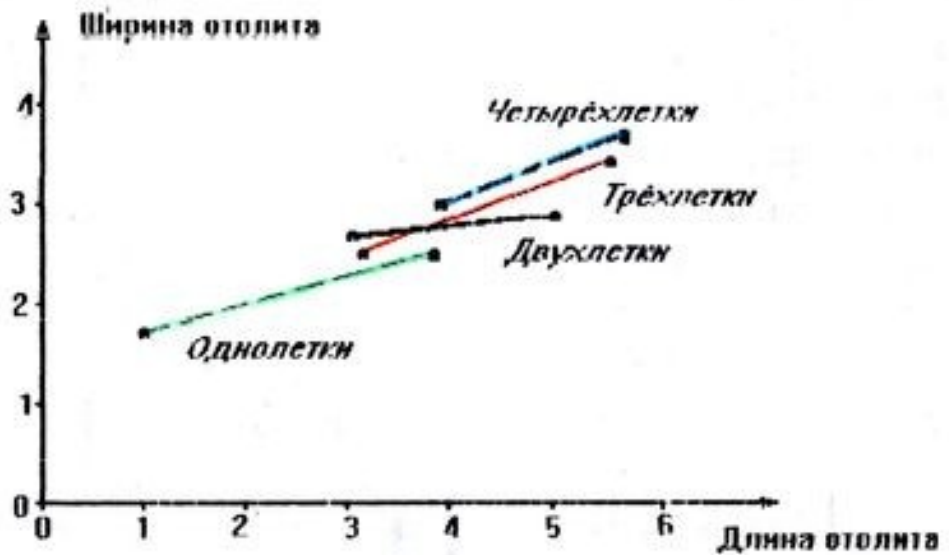


Рис. 4. Зависимость ширины отолита от длины отолита в (в делениях окуляр-микрометра) однолеток, двухлеток, трехлеток и четырехлеток североморского шпрота.



Рис. 6. Распределение (частота, %) ширины отолитов североморского шпрота (ширина отолита в делениях окуляр - микрометра).

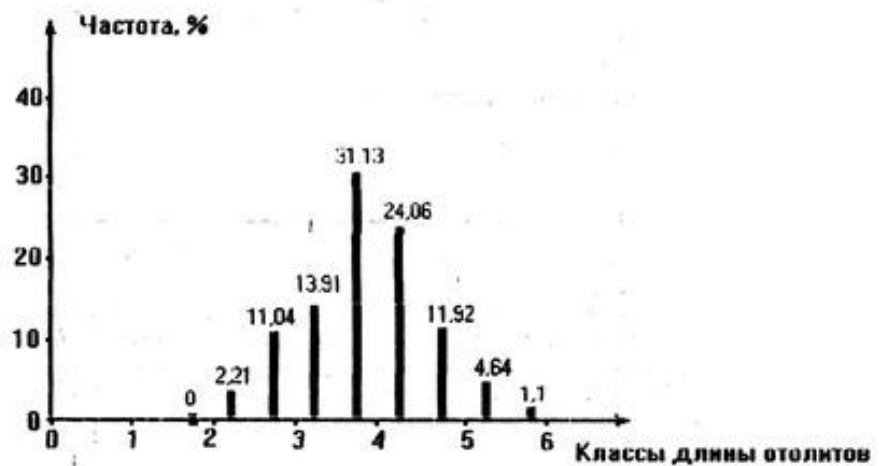


Рис. 5. Распределение (частота, %) длины отолитов североморского шпрота (длина отолита в делениях окуляр - микрометра).

балтийского шпрота 1,50. Следовательно, подвиды шпрота, обитающие в Черном и Балтийском морях, по этому признаку близки и оба отличаются от североморского шпрота. Это может быть связано с относительно близким в упомянутых морях уровнем некоторых показателей среды обитания: с низкой, по сравнению с океанической, солёностью воды. Североморский шпрот, населяющий океанические воды, отличается от балтийского и черноморского шпрота по некоторым параметрам [7] и, видимо, в связи с этим, - и по пропорциям отолитов. Следовательно, по изучаемому признаку, подвид шпрота в Северном море может отличаться от балтийского и черноморского подвидов.

Далее необходимо отметить, что отношение длины отолитов к их ширине возрастает вместе с возрастанием средней длины отолитов (рис. 3). Это означает, что с возрастом отолиты североморского шпрота становятся всё более продолговатыми. Нами было рассчитано линейное уравнение, связывающее среднюю длину отолитов североморского шпрота с их средней шириной.

$$\text{Ср. ширина отол.} = 1,0375 + 0,4425 \times \text{ср. длина отол.}$$

Рассчитанный нами коэффициент корреляции, показывающий наличие статистической связи средних длины и ширины отолитов североморского шпрота для всей совокупности наблюдений, равен 0,72. Это указывает на довольно тесную статистическую связь между изменчивостью упомянутых признаков. Характер распределения длины и ширины отолитов, разбитых соответственно по классам в процентах от общего числа, даны на рис. 5, 6. Из них видно, что значение этих признаков довольно плотно группируются близко к среднему, однако, рассчитанные статистические характеристики указывают, что распределение не является равномерным.

На рисунке 4 представлена возрастная изменчивость отношения длины отолитов к ширине. В каждой возрастной группе отолиты, распределённые по их длине и ширине, составляют целое облако значений. В общем же, даже в пределах одной возрастной группы с возрастанием средней длины отолитов их средняя ширина так же возрастает. Соответствующие уравнения прямых имеют вид:

$$\text{Возраст 1: ср. шир. от.} = 1,098 + 0,360 \times \text{ср. длина отол.}$$

$$\text{-- " -- 2: ср. шир. от.} = 2,372 + 0,091 \times \text{ср. длина отол.}$$

$$\text{-- " -- 3: ср. шир. от.} = 1,238 + 0,404 \times \text{ср. длина отол.}$$

$$\text{-- " -- 4: ср. шир. от.} = 1,520 + 0,376 \times \text{ср. длина отол.}$$

Выводы

1. Североморский шпрот характеризуется относительно небольшой общей изменчивостью изученных признаков отолитов, коэффициент вариации средней длины отолитов - 18,3%, средней ширины отолитов - 15,7%.

2. По отношению средней длины отолитов к их средней ширине балтийский и североморский подвиды шпрота близки между собой и оба отличаются от североморского шпрота.

3. Получены уравнения прямых, связывающие среднюю длину отолитов с их шириной как в общем случае, так и по возрастным группам, - это позволяет рассчитать среднюю ширину отолитов при любой их длине.

Литература.

1. Апс Р. А., Паап Ю. А. "О морфологии отолитов балтийского шпрота по данным сканирующей электронной микроскопии" - В кн.: "Рыбхоз, исслед. в бассейне Балтийского моря", Вып. 14, Рига, Звайзгне, 1979, с. 133-139.
2. Апс Р. А. "Возраст и рост балтийского шпрота", Рига, Авотс, 1986, с. 56.
3. Апс Р. А. "Перспективы использования отолитов рыб в экологических исследованиях", Тез. докл. 4 Всесоюзной научно-техн. конф. "Вклад молодых учёных и специалистов в решение современных проблем океанологии и гидробиологии", часть 1, Севастополь, 1989, с. 10-11.
4. Мина М. В., Клевезаль Г. А. "Рост животных", М., Наука, 1976, с. 291.
5. Рокицкий П. Ф. "Биологическая статистика", Минск, Высшая школа, 1967, с. 328.
6. Тюрин Ю. Н. "Что такое математическая статистика", М., Знание, 1975, с. 61.
7. Steven E., Compana and John D. Helson, "Mikrostructura of Fish Otolithes", Volume 42, Number 5, 1985, p. 1014-1032.
8. J.Kilu, "Veldre", Tallinn, Valgus, 1986, 200 lk.