

1467

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р

Н. И. ЧУГУНОВА

**РУКОВОДСТВО  
ПО ИЗУЧЕНИЮ ВОЗРАСТА  
И РОСТА РЫБ**

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

Москва 1959.

1467

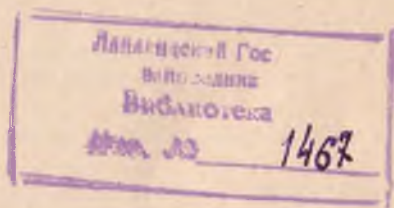
АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
ОТДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК  
ИХТИОЛОГИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ

ИНСТИТУТ МОРФОЛОГИИ ЖИВОТНЫХ ИМЕНИ А. Н. СЕВЕРЦОВА

Н. И. ЧУГУНОВА

# РУКОВОДСТВО ПО ИЗУЧЕНИЮ ВОЗРАСТА И РОСТА РЫБ

*(методическое пособие по ихтиологии)*



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

Москва 1959

ОТВЕТСТВЕННЫЕ РЕДАКТОРЫ:  
*академик Е. Н. ПАВЛОВСКИЙ,*  
доктор биологических наук проф. П. А. МОНСЕЕВ

---

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Развитие нашей рыбной промышленности, увеличение уловов, разработка прогрессивных методов ведения рыбного хозяйства неразрывно связаны с проведением широких научно-исследовательских работ в области ихтиологии, гидробиологии и других биологических дисциплин, призванных давать основу для построения рационального рыбного хозяйства. Естественно, что научное исследование может только тогда дать полноценные результаты, на основе которых можно успешно решать хозяйственные проблемы, когда оно ведется методически правильно, когда применяемые методики дают надежные результаты. Существенно необходимо также, чтобы применяемые разными учеными методики позволяли получать сравнимые данные, т. е. необходима известная стандартизация методик исследования, определенное единообразие в приемах исследования.

Само собою понятно, что это единообразие методов исследования не должно ни в коей мере связывать инициативу исследователя.

Учитывая все сказанное, Ихтиологическая комиссия Академии наук СССР совместно с научными учреждениями Академии наук СССР и отраслевыми институтами разрабатывает методические пособия и руководства по рыбохозяйственным биологическим исследованиям. Таким пособием и является книга старшего научного сотрудника лаборатории ихтиологии Института морфологии животных имени А. Н. Северцова Академии наук СССР Н. И. Чугуновой. Эта книга посвящена рассмотрению методик изучения возраста и роста рыб—важнейшего раздела рыбохозяйственных биологических исследований, разработка которого необходима в первую очередь для решения таких вопросов, как динамика стада рыб, таксация рыбохозяйственных угодий, разработка методов регулирования рыболовства и т. д.



В книге Н. И. Чугуновой содержится достаточно полный критический обзор применяемых у нас и за рубежом методик изучения возраста и роста рыб, даются указания о способах сбора и первичной обработки материалов. В книге приведен большой список как отечественной, так и иностранной литературы. Настоящий выпуск Методических пособий рассчитан на специалистов-биологов и студентов высших учебных заведений и техникумов. Эта книга может оказаться полезной и для практических работников в области сырьевой базы рыбной промышленности.

Председатель Ихтиологической комиссии АН СССР  
академик *Е. Н. Павловский*

---

---

## І. ВВЕДЕНИЕ

В основу предлагаемого руководства положена книга «Методика изучения возраста и роста рыб», опубликованная автором в 1952 г. (изд. «Советская наука»), но план этой книги изменен. Полевые исследования и лабораторная обработка материала выделены в отдельные главы. Добавлены данные новейших исследований, в частности методика Ф. И. Вовка реконструкции роста рыб по чешуе [1955 (1956)]. Кроме того, включены способы изучения роста, которые употребляются иностранными учеными, в частности применение кривых соотношения длины рыбы и радиуса чешуи и подбор для них математических формул, а также изготовление пластических копий чешуи. Во всех разделах значительно увеличено количество примеров на конкретных рыбах.

Руководство предназначено для научных работников, наблюдателей и студентов. В него включены описания новейших способов и наиболее распространенных, вошедших в практику приемов изучения возраста и роста рыб.

В список литературы внесены основные работы по методике определения возраста и роста рыб.

### а) Значение изучения возраста и роста рыб в ихтиологических работах

Чтобы исследовать жизнь рыбы, надо знать ее возраст и скорость роста. Возраст и рост характеризуют продолжительность жизни рыбы, условия ее существования, время наступления половой зрелости и первого нереста.

Исследование возраста и роста рыб необходимо: 1) при изучении динамики численности рыбы; 2) при составлении прогнозов ее будущих уловов; 3) при промысловой разведке рыбы; 4) при выращивании рыб в естественных водоемах и водохра-

нилицах; 5) при акклиматизации; 6) при изучении рас и 7) при оценке рыбохозяйственных угодий. Во всех этих случаях необходимо знать, хорошо или плохо рыбы растут.

Остановимся на значении определения возраста и роста рыб для изучения динамики их численности, составления прогнозов и промысловой разведки. Изучение динамики численности рыб и ее закономерностей невозможно без знания возраста и роста рыб, а также возрастного состава их стад в различные годы жизни и в различные исторические периоды времени. Действительно, колебание количества рыбы в водоеме зависит в основном от того, сколько молоди появлялось в предыдущие годы, сколько ее выживало до половой зрелости и входило в состав промыслового стада.

От скорости роста неполовозрелых рыб зависит скорость их созревания и появления на местах нереста.

С изучением динамики численности рыб тесно связано составление промысловых прогнозов, имеющее большое практическое значение при планировании рыбопромысловыми организациями уловов рыбы. Долгосрочные прогнозы намечают величину улова, возможного через несколько месяцев или через год. Для этого необходимо знать возрастную состав стада интересующей нас рыбы за ряд лет и на этом основании определить малочисленные и многочисленные поколения. Знание возрастного состава позволяет подсчитать, много ли половозрелой рыбы включится в промысловое стадо. В тех случаях, если промысел ловит вместе с половозрелыми и неполовозрелых рыб, по возрастному составу можно определить также их количество в будущем улове.

Величина уловов зависит не только от количества орудий лова и умения найти рыбу, но еще в большей степени от количества рыбы в водоеме. В тех случаях, если лов рыбы ведется в районах, где рыба собирается в большие стаи, направляясь к местам икрометания, важно знать, в каком возрасте она созревает и первый раз идет нереститься. Это относится, например, к вобле и волжской сельди Каспийского моря. Возраст, в котором рыбы достигают половой зрелости, может колебаться в пределах нескольких лет. Эти колебания возраста у одних видов больше, у других меньше. Например, вобля обычно нерестится первый раз в возрасте трех лет. Однако некоторое количество воблы мечет икру уже в возрасте двух лет, а часть — в возрасте четырех и даже пяти лет. Азовский лещ созревает в возрасте 3—6 лет; севрюга, нерестящаяся в Волге, — в 9—12 лет, а нерестящаяся в Куре — в 10—14 лет; белуга — в возрасте 14—18 лет и т. п.

Возраст созревания у одного и того же вида зависит от скорости роста рыб. Если рыба до первого икрометания росла хо-



рошо, то она становится половозрелой раньше той, которая росла плохо. Если, например, вобла на втором году жизни росла хорошо и к осени достигла длины 15—16 см, то она весной будет нереститься. Если же она выросла только до 12 см, то, вероятно, она останется неполовозрелой еще один год.

От того, в каком возрасте рыба пойдет первый раз на нерест и много ли будет рыб этого молодого поколения, в значительной степени зависит и величина ожидаемого улова. Если молодых рыб будет много, то количественно улов увеличится, но будет состоять главным образом из мелких рыб. Если рыбы, впервые идущие на нерест, будут постарше, то общее количество их в улове может быть меньшим, но рыбы будут крупнее.

Для установления, какое количество рыб нерестилось или идет на нерест первый раз и сколько их идет повторно, пользуются определением нерестовых отметок на чешуе рыб, что тесно связано и с определением возраста.

Эти немногие примеры показывают, какое значение имеет знание возраста и роста рыб для составления прогнозов уловов.

Промысловой разведке, кроме всего прочего, необходимо знать распределение рыбы различных возрастов в зависимости от ее откормленности и созревания. Известно, например, распределение воблы Северного Каспия разного возраста по глубинам моря.

В этом случае определение возраста необходимо как при составлении схем миграций, так и при использовании этих схем для промысловой разведки.

История изучения возраста и роста рыб насчитывает всего 60—65 лет. В 1895 г. вышла работа Петерсена (Petersen), в которой он предложил метод определения возраста рыб по кривым распределения длины, а в 1898 г. опубликована статья Гоффбауера (Hoffbauer) об определении возраста карпа по чешуе. Русские ихтиологи очень скоро познакомились с вопросами определения возраста рыб. Уже в 1909 г. русский ихтиолог Е. К. Суворов сделал первое сообщение в Обществе рыболовства и рыбоводства о методах определения возраста рыб вообще и о возрастном составе камбалы Балтийского моря. В 1911 г. русский специалист по рыбоводству И. Н. Арнольд опубликовал на эту же тему обзорную статью со многими рисунками и примерами.

В следующие годы ихтиологи нашей страны вложили много сил в изучение проблемы возраста и роста рыб. Особенного развития и больших успехов эти исследования достигли после Великой Октябрьской революции. Уже в 20-х годах текущего столетия советские ихтиологи в вопросах изучения возраста и роста обогнали зарубежных ученых как по широте, так и по глубине исследований.



Начиная с 30-х годов, когда перед советскими ихтиологами во всю ширь встала задача оказания научной помощи промышленному рыболовству, потребовалось массовое определение возраста и углубленное изучение роста промысловых рыб. Тогда были изобретены приборы для ускорения этой работы, изучен возраст и рост большинства промысловых рыб, обитающих в морях и других водоемах Советского Союза, и установлены связи роста с остальными сторонами жизненного цикла рыб.

Возраст рыб определяют по ее чешуе, костям или отолитам (слуховым камешкам). Возможность определения возраста по перечисленным объектам основана на неравномерности роста рыбы в течение года, на его сезонности. Обычно рыбы быстро растут летом, к осени их рост замедляется, а зимою прекращается. Весною рост возобновляется, но те рыбы, которые нерестятся весною, начинают быстро расти только после икротетания.

Одновременно с ростом всей рыбы в длину растут также каждая ее чешуйка, каждая кость и отолит. Неравномерность роста рыбы, его периодичность сказывается и на росте всех этих твердых частей ее тела. В результате неравномерного роста на них образуются так называемые годовые (или годичные) кольца, по количеству которых определяют возраст рыбы. В иностранной литературе годовые кольца очень часто называются аннули (annuli). Измеряя расстояние между годовыми кольцами, судят о скорости роста рыбы и вычисляют ее длину (а иногда и вес) в предыдущие годы жизни.

Основными объектами, по которым определяют возраст, это чешуя, отолиты (слуховые камешки) и следующие кости: 1) крышечная кость—оперкулум (operculum); 2) большая покровная кость плечевого пояса—клеитрум (cleithrum); 3) верхнечелюстная кость и другие кости плоские или с плоскими выростами; 4) лопатки; 5) уростиль—хрящевое или костное образование, образующее загнутый вверх конец хорды некоторых рыб; 6) гипургиали (hypuralia)—плоские косточки, которые служат для прикрепления хвостового плавника; 7) жучки—костяные пластинки в коже осетровых; 8) лучи плавников.

Кости и отолиты рыб служат материалом для определения возраста в трех случаях:

1) при определении возраста рыбы, у которой отсутствует чешуя (осетровые) или чешуя непригодна для определения (песчанки); в таких случаях кости и отолиты являются основным материалом;

2) при применении методика определения возраста данной рыбы по чешуе не разработана и необходимо иметь материал (для проверки и уточнения определения возраста) по разным объектам; тогда кости и отолиты служат контрольным материалом;

3) для определения возраста по срезам лучей плавников рыб, имеющих пригодную для определения возраста, но не очень ясную чешую. По этим срезам определение возраста вести хорошо, часто лучше, чем по чешуе, но не разработан еще метод расчисления роста и не найдено нерестовых отметок (см. ниже).

Помимо возраста и роста, по тем же объектам, но главным образом по чешуе, можно распознавать и некоторые другие моменты жизни рыбы. Так, на чешуе ряда рыб (лосось, каспийские сельди, вобла, лещ и др.) образуются нерестовые отметки, по которым можно судить о том, в каком возрасте у рыбы был нерест, сколько раз в жизни она нерестилась и т. п. В результате задержки роста иногда появляются добавочные (или дополнительные) кольца. К ним относятся также мальковые и покатные, появляющиеся до образования первого годового кольца. По этим непериодическим образованиям, хорошо отражающим изменения в условиях существования, можно судить об особенностях жизни данной рыбы или целой группы рыб.

Определив возраст рыб из улова, мы имеем возможность вычислить возрастной состав, который принято выражать в процентах. Возрастной состав—это основной элемент в изучении динамики численности рыб. На основании изучения возрастного состава уловов за ряд лет получают представление о величине различных поколений рыб, а в итоге—о численности рыб и ее динамике.

При изучении закономерностей динамики численности рыб весьма важно знать также темп созревания как отдельных рыб, так и целых поколений. Темпом созревания называют скорость наступления первого нереста. Иными словами, учитывая темп созревания—значит определять, наступил ли первый нерест в раннем или позднем возрасте. Обычно темп созревания тесно связан со скоростью роста: при быстром росте рыба этого вида созревает раньше. Для решения этих весьма важных для познания динамики численности вопросов необходимо изучение возраста и роста рыб и их нерестовых отметок.

Возраст рыб у нас в Советском Союзе обычно определяют по схеме, выработанной на Конференции советских научных работников по рыбному делу в 1932 г. Она несколько изменена автором на основании позднейших исследований.

## б) Названия возрастных групп

Икринка (оплодотворенная).

Предличинка, или свободный эмбрион—личинка с желточным мешком с момента выхода ее из икринки до исчезновения желточного мешка.



Личинка — стадия развития рыбы от момента исчезновения желточного мешка до приобретения общей формы, характерной для данного вида.

Малёк — стадия развития рыбы после личинки, с вполне сформировавшимися лучами в плавниках и более или менее выраженным чешуйным покровом.

Сеголеток — вполне сформировавшаяся рыбка, с полным чешуйным покровом (обычно со второй половины первого лета жизни и осенью).

Все эти стадии развития, кроме икринки, объединяются под общим наименованием *молодь* и обозначаются нулевой возрастной группой (0). На чешуе годового кольца не имеют.

Годовик — перезимовавший сеголеток с законченным первым периодом роста. Годовиками называют также весною рыб, вышедших из икры поздней осенью. Годовик может, следовательно, не насчитывать полного календарного года. Обычно на чешуе годовика имеется одно годовое кольцо или, ранней весной, кольца еще нет. Эта группа обозначается, как первая возрастная группа (I).

Двухлетка — рыба, прожившая два лета. Это название применяется к рыбе со второй половины второго лета жизни и осенью. На чешуе имеется одно годовое кольцо, а за ним больший или меньший прирост второго года жизни. Двухлетки относятся также к первой возрастной группе.

Двухгодовик — перезимовавшая двухлетка. На чешуе — два годовых кольца или одно кольцо и почти законченный прирост второго года, который еще не окаймлен вторым годовым кольцом. Иногда (в начале лета) за вторым годовым кольцом имеется небольшой прирост следующего года, состоящий из нескольких широких склеритов. Этот новый прирост хорошо отличается от полного прироста предыдущего года по большой ширине и раздвинутости склеритов, а также по малой ширине всей зоны последнего прироста. Эти рыбы, имеющие на чешуе два кольца и малый прирост третьего года весной или в первой половине третьего лета, также называются *двухгодовиками*. Двухгодовики относятся ко второй возрастной группе (II) и т. д.

Таким образом, получается схема, представленная в табл. 1.

В цифровом обозначении возраста цифра показывает число прожитых рыбой полных лет по числу годовых колец, а знак плюс — прирост нового года по краю чешуи.

При исследовании чешуи рыб, пойманных весной или в начале лета, бывают случаи, когда нужно отметить тех из них, у которых годовое кольцо идет по самому краю чешуи. Это обозначают цифрой с точкой; например, 4. значит, что рыба имеет четыре кольца, из которых последнее идет у самого края чешуи.



Схема обозначения возраста у рыб

Возрастная группа	0	I	II	III	IV	
Число годовых колец на чешуе	Нет	1	2	3	4	
Название возрастных групп	весна	Годовик	Двухгодовик	Трехгодовик	Четырехгодовик	
Обозначения возраста						—
Название возрастных групп	осень	Двухлетка	Трехлетка	Четырехлетка	Пятилетка	
Обозначения возраста						Сеголеток

Все возрастные группы до первого нереста называются неполовозрелыми и возрастными группами рыбы. У одних видов рыб таких групп мало (одна-две), у других—много (например у белуги—до четырнадцати-восемнадцати). Начиная с первого нереста, всех рыб называют половозрелыми или просто зрелыми.

В схеме на табл. 1 указано обозначение возрастных групп (0, I, II, III и т. д.), в которых объединены рыбы с одинаковым числом годовых колец на чешуе, независимо от сезона, когда эти рыбы были пойманы, т. е. годовики с двухлетками, двухгодовики с трехлетками и т. д. Термин возрастная группа в таком понимании в советской ихтиологической литературе почти не встречается.

При вычислении возрастного состава (см. ниже) обычно объединяют в одну группу двухлеток с двухгодовиками следующей весны (1+ и 2), трехлеток с трехгодовиками следующей весны (2+ и 3) и т. д.; при таком способе в одну группу попадают рыбы одного и того же года рождения и одинаковой длины, так как за зиму они почти или совсем не вырастают.

Для лососей применяют более сложные названия возраста по сравнению с другими рыбами. Чешуя лосося по типу склеритов близка к чешуе карповых. Расположение на ней годовых колец очень хорошо отражает особенности биологии этой рыбы. Лосось первые годы жизни (от 1 до 4, реже до 6 лет) проводит в реке. Потом он выходит в море, где откармливается 2—3 года. Затем возвращается в реку для икрометания и снова уходит в море (на срок от нескольких месяцев до 3 лет). В реке моло-

дой лосось растет очень медленно, а в море быстро. Поэтому первые годовые зоны<sup>1</sup> («пресноводные») на чешуе лосося очень узки, а дальнейшие («морские») зоны широкие.

В советской ихтиологической литературе наиболее часто обозначают возраст лососевых словами: «два года жизни в реке», «два года жизни в море» и т. п. (Алеев, 1928). При цифровом обозначении возраста лосося первая цифра показывает число лет «речной» жизни, а вторая—число лет «морской» жизни; например 3+1+ означает, что лосось прожил в реке 3 года, а в море 1 год и пойман на втором году (Световидова, 1935).

Иногда эту формулу усложняют введением символа для нерестовых колец; например 3+1+SM+1+ означает, что лосось прожил в реке три года, потом в море один год, затем нерестился в реке (SM) и снова один год провел в море.

Кроме того, применяют обозначения  $4_2$ ,  $5_3$ ,  $7_4$  и т. д. Основная цифра (написанная в строчку) показывает общее число лет лосося, а цифра, написанная внизу,—число лет, прожитых в реке. Так, например,  $5_3$  означает, что лосось прожил всего 5 лет, из них 3 года находился в реке (Крогиус, 1958; Бирман, 1958; Пискунов, 1955, и др.).

Нередко (особенно в заграничной литературе) употребляют более сложные схемы с буквенными символами. Подобную схему предложил советский ученый Г. П. Барач (1946), усовершенствовав схему Руля (Roule, 1920). Она состоит из следующих обозначений:

$p$ —период речной жизни от вылупления до ската в море;

$T$ —весенне-летний период усиленного роста в море;

$t$ —осенне-зимний период замедленного роста в море;

$P$ —период нерестовой миграции, отмеченный на чешуе нерестовой маркой.

Эти обозначения сопровождаются цифровыми индексами, которые указывают число колец, или лет; например  $p_1+p_2+T_1+t_1+T_2+t_2$ , или сокращенно  $2p+2Tt$ .

Укажем еще довольно распространенную схему Мастермена, по которой годы пребывания в реке обозначаются цифрами 0, I, II группы, а годы пребывания в море—заглавными латинскими буквами:

$A$ —лососи, прожившие менее одного года в море;

$B$ —лососи, прожившие одно лето и одну зиму в море;

$C$ —лососи, прожившие две зимы в море;

$D$ —лососи, прожившие три зимы в море, и т. д.

Если, помимо возраста рыбы, надо указать и год выхода ее из икры, тогда отмечают, что рыба относится к поколению,

<sup>1</sup> «Годовые зоны»—см. ниже, стр. 28—29.

или к годовому классу (к категории <sup>1</sup>) такого-то года, например 1938 г.

В иностранной литературе возраст рыб чаще всего обозначают термином «возрастная группа», обозначая возраст римскими цифрами, как это указано в нашей схеме. Иногда возраст обозначают символом *Ag*, например *Ag I*, *Ag II* и т. д. (Теш—Tesch, 1955). Для обозначения понятия «поколение» за границей употребляется, как правило, название «годовой класс». В тех случаях, если необходимо оттенить, сколько летних сезонов прожили рыбы, в иностранной литературе, как и у нас, говорят «двухлетки», «трехлетки» и т. д. (*zweisömmerige*, *dreisömmerige*, в противоположность двухгодовикам и трехгодовикам—*zweijährige*, *dreijährige*).

---

---

<sup>1</sup> Термин «категория» в настоящее время не принят, но раньше он употреблялся, поэтому о нем приходится упомянуть.



---

## II. СБОР МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВОЗРАСТА И РОСТА РЫБ

*(полевые исследования)*

### а) Величина проб

Приступая к сбору материалов для изучения возраста и роста рыб и вычисления возрастного состава (см. ниже), прежде всего необходимо решить вопрос о величине проб и способе, каким они должны быть собраны. Длина и вес рыб в каждом возрасте колеблются по своей величине, как и все другие биологические и морфологические признаки, и располагаются в вариационный ряд (Правдин, 1933, 1939). Следовательно, при обработке числового материала приходится пользоваться вариационной статистикой. Исходя из методики вариационной статистики, определяют величину проб. Пробы могут быть средние и выборочные, в зависимости от того, какая задача ставится исследователем. Рассмотрим несколько примеров в этом отношении.

**Средние пробы.** Чтобы определить возрастной состав улова рыбы каким-либо определенным орудием лова, прежде всего следует взять среднюю пробу, которая покажет возрастной состав всего улова. Для получения средней пробы рыбу из улова берут без выбора, подряд, и отсчитывают нужное количество экземпляров. При взятии средних проб надо особенно тщательно не допускать отбора, хотя бы неумышленного, иначе возрастной состав будет искажен: такая проба уже не будет «средней», а следовательно, не отразит действительного состава улова.

Для определения возрастного состава большинства наших рыб берут среднюю пробу в 100 экземпляров. Из улова мелких (маловозрастных) рыб, например хамсы, достаточно взять 50 экземпляров, а крупных (многовозрастных) рыб, таких, как

треска, надо брать 100—200—300 штук. Улов, состоящий менее чем из 100 рыб, берут целиком.

Если в одном и том же улове оказывается несколько видов рыб, причем все они должны быть исследованы, а помощников в распоряжении наблюдателя нет и времени мало (особенно часто это бывает на морских судах, в частности при траловых уловах), то при взятии проб рекомендуется руководствоваться одним из двух следующих приемов.

1. Если лов рыбы ведется в одном и том же месте (на одной тоне) или же в небольшом районе моря (или озера, реки) и если есть уверенность, что уловы той или иной рыбы будут повторяться несколько дней подряд, то пробы всех рыб в один и тот же день не берут. В этом случае составляют план сбора проб разных рыб на пятидневку, беря в одни дни пробы одних видов рыб (одного или двух), в другие—других, сохраняя намеченный размер пробы (50—100—200 экз.). В большинстве случаев для изучения динамики возрастного состава или роста рыб бывает достаточно на каждом наблюдательном пункте брать по одной пробе данного вида рыб в каждую пятидневку рыболовного сезона. Но иногда приходится собирать полные пробы (т. е. по 50—100 шт. и более) изучаемого вида ежедневно и даже по нескольку раз в день. Такие частые сборы оказываются, например, необходимыми при резкой смене косяков (или группировок) во время миграций. В таких случаях обычно занимаются только одним видом рыб или прибегают к помощи вспомогательного персонала.

2. Если место лова рыбы все время меняется, как, например, при исследовательских траловых ловах, то, при необходимости одновременно исследовать несколько видов за короткое время (2—3 часа и меньше), величину пробы уменьшают до 30 шт. вместо 50—100 шт. и до 50 шт. вместо 200—300. При этом результаты, конечно, будут менее точными, т. е. приближенными.

Выбор одного из этих приемов определяется задачей исследования и требуемой точностью данных. Так, например, для вычисления возрастного состава уловов воблы весной в дельте Волги или каспийского пузанка у западного побережья Среднего Каспия также весной достаточно, как показывает многолетний опыт, брать по одной пробе в 100 шт. в пятидневку. Для вычисления возрастного состава траловых уловов трески в Баренцевом море из каждого улова можно брать 50—100 шт., а при изучении зимою каспийских сельдей из дрифтерных уловов, когда в улове бывает по нескольку видов сельдей, анализируют по 30 шт. каждого вида. В противоположность этому, при изучении распределения группировок воблы в Северном Каспии брали пробы по 100 шт. из каждого тралового улова (Лебедев, 1946).



**Выборочные пробы.** При взятии выборочной пробы для изучения возраста и роста из всего улова отбирают только некоторых рыб. Чаще всего стараются на каждый класс вариационной кривой длины рыбы (в 1 см, 0,5 см или в 5 см и т. д.) отобрать по равному количеству рыб, иногда учитывая отдельно самок и самцов. При этом материал по рыбам средних размеров удается собрать очень быстро, а мелких и крупных рыб приходится довольно долго выбирать из уловов.

Таким способом собирают, например, материал для составления кривых соотношения длины тела рыбы и радиуса чешуи по Ф. И. Вовку [1955 (1956)], Сегерстроолю (Segerstrale, 1933), по способу Э. Леа и Р. Ли, а также американских исследователей (см. ниже). Так, например, для составления кривой Ф. И. Вовка для сазана мы собирали для каждого класса вариационного ряда длины в 1 см по 10 экз. длиной от 2 до 60 см, причем рыб средних размеров—по 10 самок и 10 самцов.

В некоторых случаях применяют выборочный способ сбора проб на возраст и для вычисления возрастного состава, когда для исследования используют большое количество средних проб длины рыб (см. ниже метод Морозова—Майоровой).

Очень важно определить, в каких частях водоема, в какие сезоны и какими орудиями лова следует брать возрастные пробы, чтобы получить наиболее правильное представление не только о возрастном составе рыбы в уловах, но и о возрастном составе стада и его изменениях в течение года и даже в разные исторические периоды (например до гидростроительства на Волге и после постройки больших плотин и создания водохранилищ), а также об изменениях роста рыб. В этом отношении нельзя дать конкретных указаний, пригодных для каждого случая, а план сбора проб приходится определять в начале исследования, исходя из представлений о биологии рыбы и намеченных задач работы. Для изучения динамики численности рыбы следует не только внимательно анализировать промысловые уловы, но и брать пробы из исследовательских уловов в местах рассеянного обитания рыбы в соответствующий сезон и на местах обитания неполовозрелых возрастных групп. Так, например, возрастной состав уловов азовской хамсы приходится изучать не только в нерестовый период в Азовском море, но и во время миграций через Керченский пролив (весной и осенью) и в Черном море—во время зимовки.

#### **б) Техника сбора чешуи**

Чешую следует собирать почти у всех видов рыб с середины чешуи, под передней частью спинного плавника. Если же спинных плавников несколько, то чешую берут под первым, расположен-



ным ближе к голове. Чешую надо брать выше боковой линии, но недалеко от нее. Если у рыбы нет боковой линии (сельдь), то чешую берут с середины бока, также под спинным плавником. В этом месте чаще всего чешуя крупная, с отчетливой скульптурой верхнего слоя и правильной формы, что особенно важно при обратном расчислении роста рыбы (см. ниже).

Лишь у некоторых рыб, например у судака, надо брать среднюю (по размерам) чешую, которая расположена несколько выше боковой линии. У кефали чаще берут чешую ниже середины бока или же со спины. У снетка, чешуя которого мелка и легко опадает с тела рыбы, рекомендуется брать чешую с одного и того же участка тела под боковой линией, над брюшными плавниками (Лапин, 1956). Берут чешую и с других мест. Иностранные исследователи довольно часто используют чешую из первого ряда под боковой линией [Сегерстрооль (1933) у леща и окуня; Теш (Tesch, 1955) у окуня]. Подобные исключения обычно оговариваются исследователями.

Пользоваться чешуей, взятой не на середине тела, рискованно, так как на ней не всегда можно различить все нужные кольца. На чешуе у головы или у хвоста, особенно если чешуя неправильной формы, добавочные кольца почти неотличимы от годовых и часто отсутствуют нерестовые отметки (каспийские сельди). Когда рыба в улове оказывается почти без чешуи (каспийская сельдь), тогда чешую собирают там, где она сохранилась, даже деформированную чешую из-под грудного плавника. Конечно, определение возраста по такой чешуе сомнительно, а нерестовых отметок—невозможно. Все определения в этом случае приблизительны.

Если неизвестно, с какой части тела собрана чешуя, надо выбирать для исследования чешуйки наиболее правильной формы.

К сбору чешуи приступают после того, как рыба взвешена и измерена ее длина. Чтобы удалить с поверхности тела слизь и прилипшие чешуйки других рыб, предварительно проводят тупой стороной скальпеля по боку рыбы от головы к хвостовому плавнику. Затем тем же скальпелем соскабливают (или сдирают) чешую, проводя им в направлении от хвостового плавника к голове там, где намечено взять чешую. С каждой рыбы берут 10—20 чешуек, чтобы потом отобрать 5—8 лучших чешуек для исследования. Если исследуют рыбу с легко опадающей чешуей (каспийские сельди), такую рыбу предварительно не берут за хвостовой плавник и окунуть в ведро с водой, чтобы смыть «чужую» чешую, прилипшую к поверхности рыбы.

Чешую кладут между листами «чешуйной книжки», к корым чешуйки хорошо приклеиваются собственной слизью рыбы. Листы «чешуйной книжки» загибать не надо, так как это затрудняет сбор, а после затрудняет обработку материала.

Собрав чешую, рыбу вскрывают и определяют пол и зрелость половых продуктов (икры и молок).

Чешуйная книжка, размерами обычно 6×11 см, делается из непроклеенной бумаги. Размер книжки зависит от величины чешуи. В книжке должно быть 50 или 100 листков, чтобы в нее в большинстве случаев входила вся проба из улова. Проба чаще всего состоит из 50 шт. (тех рыб, которые в улове представлены только одним-двумя возрастными) или из 100 шт. (крупных, разновозрастных рыб). Книжки в 50 листков удобнее, поэтому пробу чешуи от 100 рыб лучше брать в две книжки.

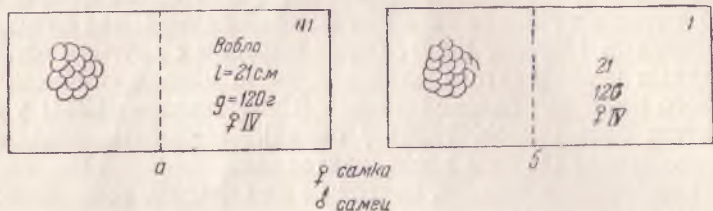


Рис. 1. Схема чешуйной книжки.

Слева—чешуя, справа—этикетка;

*a*—полная запись, *б*—условная, сокращенная

Чешую надо класть ближе к корешку чешуйной книжки, а на правой части листка (на который положена чешуя) записывать простым (не чернильным) карандашом сведения о рыбе, с которой взята чешуя: номер рыбы, длину, вес, пол и зрелость; рекомендуется также отмечать в баллах количество жира на внутренностях и наполнение кишечника (0—нет, I—мало, II—среднее количество, III—много, IV—очень много). На рисунке 1, *a* изображена подробная запись, а на рис. 1, *б*—сокращенная, условная, которую применяют при больших сборах возрастных материалов. Латинской буквой *l* принято обозначать длину рыбы до конца чешуйного покрова, а буквой *g* или *p*—вес рыбы. Самку обозначают значком ♀, а самца — ♂. Название рыбы, дату и место сбора, номер станции, орудие лова записывают на заглавном листе чешуйной книжки (или на первом листке) перед началом сбора чешуи у рыб из определенного улова.

В одну чешуйную книжку надо собирать чешую рыб только одного вида; это удобнее при обработке материала.

После того как собрана вся проба, чешуйную книжку туго перевязывают в месте между чешуей и записью данных о рыбе (этикеткой). На рис. 1 это место показано пунктиром. Затем чешуйную книжку подвешивают для просушки обычно на открытом воздухе. При сборе чешуи у рыб в лабораторных условиях чешуйную книжку можно просушивать, не перевязывая, оставив



ее открытой на столе. Укладывать книжку с чешуей можно только после основательной просушки, иначе слизь загнивает и неприятно пахнет, а чешуя мутнеет и может сгнить.

Чешую для определения возраста рекомендуется брать со свежей рыбы, но можно использовать также мороженую, соленую и даже формалиновую, хотя в последнем случае чешую трудно промывать перед работой.

В Советском Союзе при биологических работах до последнего времени длину тела ( $l$ ) рыб измеряли в большинстве случаев следующим образом: у карповых и окуневых — от конца (от вершины) рыла при закрытом рте до конца чешуйного покрова или до основания средних лучей хвостового плавника; у сельдей, лососей, сигов и других лососевидных, у скумбрийных — до выемки хвостового плавника или, иными словами, до конца средних лучей хвостового плавника (по Смитту), причем у сегов передняя точка измерения — передний наружный край верхнечелюстной кости; у бычков и камбал — до конца позвоночника, т. е. до вертикальной бороздки у корня хвостового плавника, которая образуется, если слегка отвести хвост рыбы в сторону. У осетровых измеряют две длины — до выемки хвостового плавника и до вертикали конца верхней лопасти хвостового плавника (общая длина,  $L$ ); у тресковых — до конца крайних лучей хвостового плавника (общая длина,  $L$ ).

Иностранцами исследователями применяются иные измерения длины многих рыб, чем это принято в нашей стране. Так, например, окуневых иногда измеряют до конца средних лучей хвостового плавника. Особенно часто за границей оперируют общей (иначе говоря, абсолютной) длиной всех рыб, которая как в Западной Европе, так и в Америке является промысловой длиной. В США при изучении биологии рыб обычно пользуются «стандартной» длиной, т. е. длиной рыбы без хвостового плавника (Ройдж—Royce, 1942).

С 1956 г. советский промысел (государственные стандарты на рыбные товары) и научные исследования начали переходить на единый способ измерения длины всех видов рыб (длина тела) — от вершины рыла при закрытом рте до основания средних лучей хвостового плавника (Чугунова, 1955). Этим измерением следует пользоваться и при исследовании возраста и роста рыб. Однако для сравнения с прежними материалами в ближайшие несколько лет, по крайней мере до 1960—1965 гг., необходимо одновременно делать и второе измерение — по прежнему способу, который применялся для данного вида рыб. Таким образом, например, у карповых остается одно измерение (так как прежнее совпадает с «единым»), а у сельдевых следует брать два измерения.



Длине рыб иногда придают следующие буквенные обозначения: *AB* или *L*—общая, или вся длина рыбы (абсолютная длина); *AC* или *L<sub>1</sub>*—длина тела до конца средних лучей хвостового плавника; *AD* или *l*—длина тела без хвостового плавника («единая» длина).

Длину тела (*l*) в прежних ихтиологических работах часто называли «зоологической длиной». Другие (Правдин, 1933, 1939) считали зоологической длиной общую длину (*L*). В настоящее время термин «зоологическая длина» в ихтиологических работах не употребляется.

### в) Техника сбора и первичной обработки костей

Для сбора костей головы и плечевого пояса у некрупных рыб (лещ, судак, мелкие осетровые) отрезают голову вместе с грудными плавниками, кладут этикетку в рот рыбы и, положив несколько голов в одну посуду, обваривают их кипятком. Чтобы не перепутать кости, полезно каждую голову перед обвариванием завернуть в марлю.

У крупных рыб (белуга) для получения нужных костей не отрезают всю голову, а делают глубокие вырезы в соответствующих местах тела и вынимают только нужные кости с прилегающими к ним костями и мышцами.

Головы мелких рыб достаточно бывает один или два раза обварить кипятком или же поварить, не доводя воду до кипения. Кости крупных рыб иногда приходится немного покипятить. Кости лучше недоварить, чем переварить. Переваренные кости мутнеют и могут отпасть и перепутаться, если головы не завернуты в марлю.

Вываренные кости выбирают, отчищают жесткой щеточкой и тряпочкой в теплой воде от остатков тканей, просушивают, каждую кость пронумеровывают тушью и раскладывают по коробочкам или конвертам с этикетками. Высушенные кости очень хрупки и требуют тщательной укладки. Мелкие кости после выварки годны для определения возраста, а крупные иногда требуют дальнейшей обработки. Их обезжиривают эфиром, бензином или лучше всего смесью  $\frac{1}{3}$  эфира с  $\frac{2}{3}$  бензина. Этот процесс иногда длится неделями, с периодической сменой обезжиривающей смеси. Очень крупные кости (белуги, осетров) приходится иногда обрабатывать дополнительно путем соскабливания или стесывания напильником непрозрачных частей кости.

У мелких рыб крышечные кости (оперкулум) иногда вынимают пинцетом, складывают в чешуйные книжки, а затем в лаборатории очищают от тканей.

Позвонки чаще всего берут близ головы, наиболее крупные. Для получения нужно бывает вырезать большой кусок тела

рыбы, иногда вместе с головой; иногда позвонки удается вынуть, не отрезая голову. Поэтому позвонками пользуются для определения возраста редко, хотя годовые слои хорошо видны на них у многих рыб. Позвонки очищают от остатков тканей и (у крупных рыб) обезжиривают так же, как кости головы и плечевого пояса.

У ристиль и тигуралиа отрезают вместе с хвостовым плавником, очищают и высушивают.

Возможность изучения возраста осетровых по срезам (или спилам) костного луча грудного плавника (*marginalia*) была указана русским исследователем В. О. Клером (1916). Методика была разработана Н. Л. Чугуновым (1925, 1926) и применена им на многочисленном материале по осетровым Азовского моря. Использование костного луча осетровых послужило толчком к изучению возраста этих рыб, потому что сбор лучей прост и не портит товарного вида рыбы.

Позднее эту методику стали применять, кроме осетровых, также для изучения возраста сома (Пробатов, 1929; Фортунатова, 1932, 1936; Шофман—Schoffman, 1954) и более мелких рыб, например жереха (Пробатов, 1927). У сома также берут костный луч грудного плавника, у других рыб сначала использовали наиболее крупные лучи плавников (жерех, сазан и др.).

Чтобы вырезать луч, надо сделать надрез лопасти плавника вдоль костного луча до его сочленовной головки. Затем полукруговым движением ножа перерезают соединительнотканые связки, отгибают отделенный от плавниковой лопасти луч и ножом вылушивают его головку из сочленовной ямки. Таким приемом легко вырезать луч даже у крупных рыб. Нельзя луч обламывать или отрезать от сочленовной головки, так как для определения возраста нужна та часть, которая прилегает к головке непосредственно. Этикетку для луча готовят в виде длинной полоски бумаги, на одном конце которой записывают все необходимые данные, а другой конец накручивают на луч так, чтобы место с записью оказалось на самом вершине и не смачивалось клеем со свежего луча. Каждый луч поверх этикетки перевязывают, а несколько лучей связывают вместе и развешивают для просушки. Лучи не надо вываривать или иным путем освобождать от мягких тканей. Они в необработанном виде поступают на распилку в лабораторию.

Кроме лучей плавников, костей головы и плечевого пояса, для определения возраста осетровых иногда употребляют жучки—костные пластинки, расположенные рядами вдоль тела осетровых, и фўлькры—костные пластинки в верхней части хвостового плавника. Эти кожные кости снимают с тела рыбы скальпелем и высушивают.

Определение возраста по срезам лучей широко практикуется Доно-Кубанской научной рыбохозяйственной станцией, сотрудники которой перешли на этот способ вместо определения по чешуе (Бойко и Дойников, 1941; Бойко, 1951).

Плавники берут от свежих рыб, вырезая скальпелем или ножницами весь плавник целиком вместе с сочленовной частью. Если плавник очень длинный, то используют только несколько (5—10) первых лучей. При сборе парных плавников берут всегда правый, так как его удобнее распиливать. Плавники кладут в чешуйную книжку, как чешую, но книжки делают не более чем из 25—30 листов, для облегчения просушки. Плавники

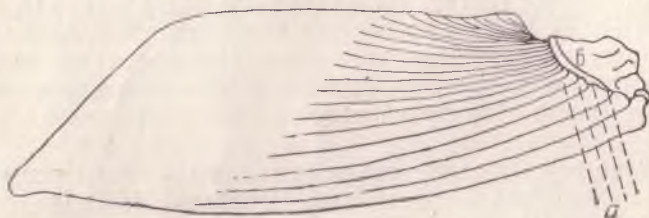


Рис. 2. Правильное направление (аб) распилки плавника

крупных рыб (лещ, судак) следует помещать в книжку суставной частью плавника наружу (это полезно для просушки). Плавники надо класть так, чтобы все лучи были как можно ближе друг к другу; не следует расправлять плавник «веером». Кроме того, несколько первых лучей плавника должны лежать в книжке под прямым углом ко всей его сочленовной части (рис. 2). Все это важно в дальнейшем для правильного распила плавника.

Книжки с плавниками надо просушивать на ветру. Близко к горячей печке держать их нельзя, так как пересохшие лучи становятся хрупкими. При длительном хранении эти книжки надо беречь от жуков-кожеедов, которые грызут рыбы кости и вяленую рыбу.

#### г) Техника сбора отолитов

Отолиты («слуховые камешки»—известковые тельца) находятся в слуховой капсуле рыбы. Они так же, как чешуя и кости, отражают рост рыбы. По отолитам определяют возраст камбаловых, тресковых, судака, хамсы, наваги, скумбрии, ставриды, шпрота, корюшки, мойвы, песчанки, иногда сельди.

Величина отолитов у разных видов рыб сильно колеблется. При одной и той же длине рыб, у одних видов они бывают отно-



сительно крупные, у других—мелкие. Например у трески они достигают 20—25 мм длины, а у шпрота—лишь 2 мм. У ставриды (длиной 10—12 см) отолиты имеют в длину около 5 мм и довольно толсты, а отолиты скумбрии (длиной в 25 см)—не более 3 мм и очень тонки.

Для извлечения отолитов, головы мелких рыб (хамса, шпрот) разрезают вдоль по средней линии, а у рыб покрупнее (камбала, сельди)—поперек в затылочной части и пинцетом вынимают отолиты. Другой способ, пригодный в случае мелких рыб, состоит в следующем: отрывают жабры от межжаберного промежутка и обнажают нижнюю сторону черепа, причем обнаруживаются обе слуховые капсулы с отолитами. Надрезав над ними тонкие кости, отолиты вынимают пинцетом или скальпелем.

У крупных рыб, имеющих большие отолиты (треска, судак), отолиты вынимают из-под жаберной крышки. С этой целью отгибают жаберную крышку и сдвигают скальпелем мышцы со слуховой капсулы. Через тонкую стенку капсулы у судака просвечивает отолит. Острым скальпелем срезают наружную стенку слуховой капсулы и осторожно извлекают отолит, стараясь не втолкнуть его внутрь черепа (тогда найти отолит будет очень трудно). Внешний вид рыбы при этом способе получения отолитов не портится, и она не теряет товарной ценности. Иногда и у мелких рыб отолит удобно доставать из-под жаберной крышки, например у ставриды. Оtolиты собирают в чешуйную книжку, загибая половину листка пакетиком.

У камбал с их асимметричным черепом отолиты обеих сторон отличаются друг от друга: ядро отолита с глазной стороны камбалы находится почти в центре, а второго—несколько в стороне от центра, ближе к задней части.

Оtolиты, как правило, надо брать у свежей рыбы. Особенно следует помнить, что у рыб, сохранявшихся в формалине, отолиты становятся очень хрупкими и теряют прозрачность, т. е. в большинстве случаев непригодны для определения возраста. У мелких рыб (хамса, шпрот) после 2—3-месячного сохранения в формалине отолит полностью растворяется. Однако консервирующие жидкости не всегда действуют губительно на отолиты. Например, у невской корюшки, фиксированной формалином (или спиртом), отолиты сохраняются хорошо, причем просвечиваемость годовых колец не ухудшается (Шуколюков, 1931).

Если у только что пойманных мелких рыб отолиты вынуть нельзя (например из ночного улова), можно положить взятую пробу рыб в слабый (2—3%) раствор формалина на один-два дня. Но при первой же возможности ее необходимо обработать и вынуть отолиты. Через неделю отолиты в формалине становятся хрупкими и непригодными для определения возраста.

---

### III. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПО ЧЕШУЕ ВОЗРАСТА РЫБ, А ТАКЖЕ НЕРЕСТОВЫХ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОТМЕТОК

#### а) Краткие сведения о морфологии и росте чешуи

Чешуя у костистых рыб состоит из прозрачной основной пластинки и минерализованного верхнего слоя. В состав основной пластинки входят волокнистые пластинки, подстилающие одна другую. Число их увеличивается по мере роста чешуи. На верхнем слое чешуи имеются склериты — валики (или гребни). Они расположены кругами (часто незамкнутыми), меньшие из которых окружены большими, или же имеют несколько иной рисунок (см. сельди).

Чешуя растет следующим образом: под маленькой (первой) основной пластинкой чешуи подслаивается вторая пластинка, более широкая. На ее краях, которые выходят из-под верхней основной пластинки, возникают гиалодентиновые образования — склериты. Под второй пластинкой образуется таким же образом третья и все следующие. Чешую можно представить в виде очень низкого усеченного конуса, состоящего из постепенно увеличивающихся сверху вниз пластинок. Верхняя из этих пластинок — самая маленькая, но самая старая. Нижняя пластинка самая молодая, но больше остальных. Поэтому чешуя в середине толще, чем по краям.

Для определения возраста рыбы исследуют верхний слой чешуи со склеритами. Часть чешуи (рис. 3), обращенная к голове рыбы, лежит внутри кожного кармашка и называется передней. Другая часть чешуи, обращенная к хвостовому плавнику рыбы и выдвигающаяся наружу из кармашка, называется задней. Те части чешуи, которые расположены между ее передней и задней частями, называются боками чешуи.

У некоторых рыб (вобла) бока чешуи хорошо отграничены от переднего и заднего сегментов чешуи, у других (сельди) ясных границ нет. Точка посередине чешуи, вокруг которой кон-

центрическими кругами (полными или неполными) лежат склериты, называется центром чешуи. Линии, идущие от центра к краям чешуи, называются радиальными бороздками, радиальными каналами или радиальными. Большинство радиальных бороздок доходит до края чешуи. На чешуе трески радиальные бороздки образуют промежутками между склеритами (рис. 4). Радиальные бороздки придают чешуе гибкость, что особенно важно для толстых чешуй, которые без этого приспособления сгибались бы плохо.

Размер («длину») чешуи измеряют у одних рыб по среднему радиусу от центра до края задней части чешуи, у других—до края передней части чешуи.

Если край чешуи волнистый, с округлыми зубчиками, то для получения длины измеряют расстояние от центра до вершины среднего зубчика.

У амурского толстолобика определяют возраст и измеряют длину чешуи по пограничной линии между задней частью чешуи и ее боком, где годовые кольца видны отчетливее, чем в других местах (Сысоева, 1958).

У сельдей (рис. 3,Б), помимо описанного, различают вершину, плечо чешуи и основную (базальную) линию. Центр чешуи у сельдей находится на середине (перегибе) основной линии. Радиальные бороздки идут не от центра к краям, а от среднего радиуса, сходясь на нем с двух сторон «елочкой».

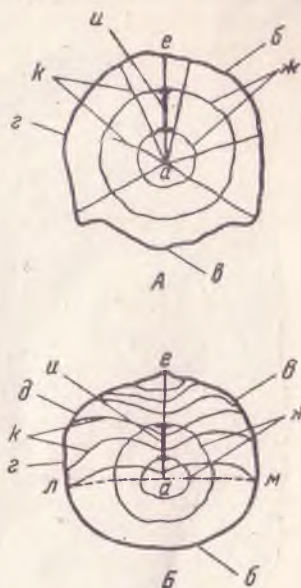


Рис. 3. Схема чешуи воibly (А) и сельди (Б)

а—центр; б—задняя часть чешуи; в—передняя часть чешуи; г—бок; д—плечо чешуи; е—вершина; ж—годовые кольца; и—годовая зона; к—радиальные бороздки; ае—направление измерения чешуи; ам—основная линия

### б) Скульптура верхнего слоя чешуи и характерные признаки годовых, нерестовых и дополнительных колец (отметок)

Характер скульптуры верхнего слоя чешуи отражает различные моменты жизни рыбы и условия ее существования за прошедшие годы. Это проявляется в виде всевозможных образований на чешуе: колец, или отметок, разной степени четкости



колец, ширины или чередования склеритов, ширины годовых зон и т. п. Распознавание всех этих образований можно обозначить термином «методика чтения чешуи». В самом деле, ведь мы по

чешуе не только определяем возраст, но, используя другие знаки, восстанавливаем прошедшую жизнь рыбы.

По типу чешуи (в целях определения возраста) всех рыб можно разделить на две группы. К первой относится большинство карповых рыб, а также лососевые, судак и некоторые другие рыбы; ко второй—сельдевые.

Надо подчеркнуть, что определение возраста рыб по чешуе или костям основано на неравномерности роста



А



Б

Рис. 4. Чешуя трески в возрасте 2+

А—видны склериты и годовые кольца (по Агапову); Б—растущий край чешуи трески; а—сформировавшиеся склериты, широкие и узкие, составляющие вместе годовую зону; б—широкие склериты нового года; в—край основной пластинки (по Бинне)

рыбы в течение года. Обычно рыбы летом растут быстро; к осени их рост замедляется, а зимою прекращается. Весною рост снова возобновляется. Однако те рыбы, которые нерестятся весною, начинают расти быстро только после икрометания.

От описанной схемы роста рыбы и чешуи наблюдаются отклонения, зависящие от сезонных особенностей окружающих условий, в частности температуры и питания. Так, например, лещ Аральского моря растет особенно быстро не летом, а весною и осенью, когда температура воды и обилие корма благоприятны для его откорма; летом же, сначала во время нереста, а затем в период интенсивного жира накопления, рост в длину затормаживается (Константинова, 1955).

В районах с тропическим климатом, где нет холодных зимних месяцев, годовые кольца образуются в результате прекращения роста рыбы в периоды сезонного ухудшения кормовых условий (в связи с различными причинами, например снижением уровня воды в засушливые месяцы) и в связи с созреванием гонад [Менон (Menon), 1953]. Некоторые авторы даже называют годовые кольца муссонными в тех случаях, когда они образуются в муссонный период [Сешаппа и Бхимагар (Seshappa a. Bhimachar), 1954].

Одновременно с ростом всей рыбы в длину растет и каждая ее чешуйка. Неравномерность роста рыбы, его периодичность отражается и на росте чешуи.

Во время роста чешуи на ее верхнем слое откладываются склериты. На их расположении отражается периодичность роста рыбы. Форма склеритов и их расположение на чешуе не у всех рыб одинаковы.

Чтобы увидеть склериты, чешую рассматривают под лупой, биноклем или микроскопом, при увеличении в 8—25 раз и более, в зависимости от размеров чешуи.

Самый распространенный тип расположения склеритов наблюдается у карповых (вобла, лещ), окуневых, лососевых, тресковых и многих других рыб. Однако между тресковыми и карповыми имеется и коренное различие в форме склеритов. Склерит является образованием одной клетки (склеробласта). На чешуе трески из таких отдельных образований—склеритов—составлены идущие по кругу концентрические валики (см. рис. 4). На чешуе других рыб (карповых) наблюдаются не отдельные склериты, а сплошные концентрические валики, которые также принято называть склеритами. За границей их часто называют иначе (например циркули, гребни и т. д.), но в Советском Союзе эти названия не укоренились.

Летом при быстром росте чешуи откладываются более широкие склериты, и расстояние между ними больше, чем при медленном росте чешуи (в конце лета или осенью).

У карповых склериты расположены вокруг центра кругами. В течение года весной и летом образуются широкие (и раздвинутые) склериты, осенью—узкие (и сближенные), а зимою они не образуются совсем. Склериты, возникающие во время быстрого роста, занимают широкую зону (широкую круговую полосу вокруг центра), а склериты, появляющиеся в период медленного роста рыбы,—узкую зону. Широкие и раздвинутые склериты сменяются узкими и сближенными обычно постепенно, без резких переходов.

Такова схема строения чешуи. В действительности строение чешуи несколько отличается от описанной схемы. Чаще всего каждый склерит не составляет полного круга, а прерывается,



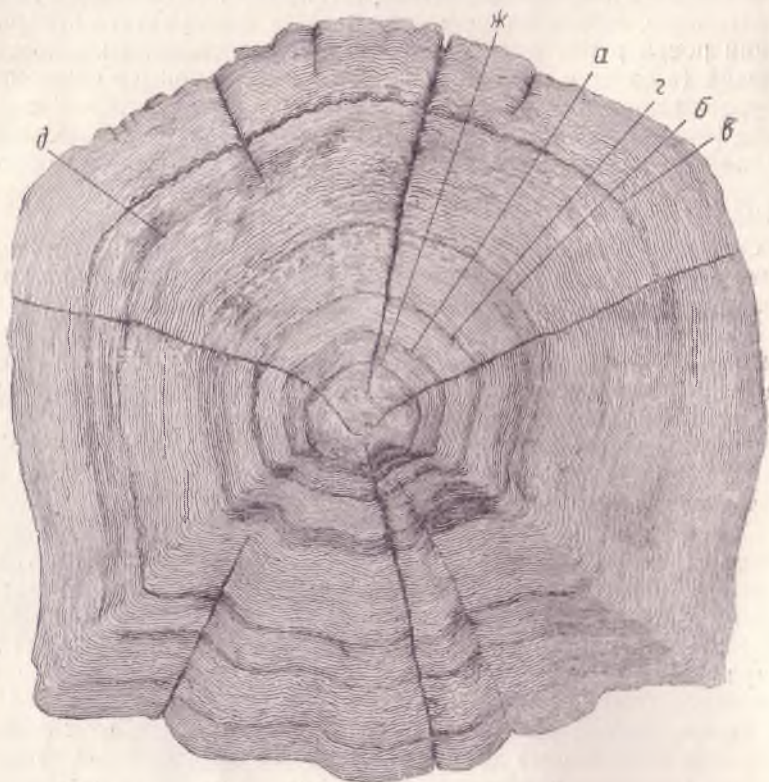


Рис. 5. Чешуя воблы, пойманной в мае (длина 19,0 см, возраст 4 года).

На чешуе видны: 1) три годовых кольца (а, б, в); 2) между первым и вторым годовыми кольцами—добавочное кольцо первого типа, образовавшееся в результате случайной задержки роста (г); 3) между вторым и третьим годовыми кольцами—слабое и незамкнутое добавочное кольцо (д); 4) третье годовое кольцо—нерестовое (в); 5) мальковое (покатное) кольцо (ж)

расщепляясь на несколько склеритов. Но может быть и обратное: несколько склеритов как бы срезаются и заменяются одним. Однако относительно «круговое» расположение склеритов сохраняется.

Чешуя у рыб бывает круглая или овальная, чаще всего угловатая. Склериты повторяют очертания краев чешуи, так как расположены более или менее параллельно ее краям.

Широкие (раздвинутые) и узкие (сближенные) склериты, образовавшиеся в течение одного года, составляют годовую зону роста чешуи (см. рис. 3). Годовые зоны следуют одна



за другой вокруг центра, и их число соответствует количеству лет, прожитых рыбой.

Граница между тесно расположенными склеритами осеннего роста и широко раздвинутыми склеритами весенне-летнего роста называется годовым кольцом (рис. 5 и 6); иногда его называют также *годичным*. Годовое кольцо является границей между годовой зоной предыдущего года и следующей годовой зоной.

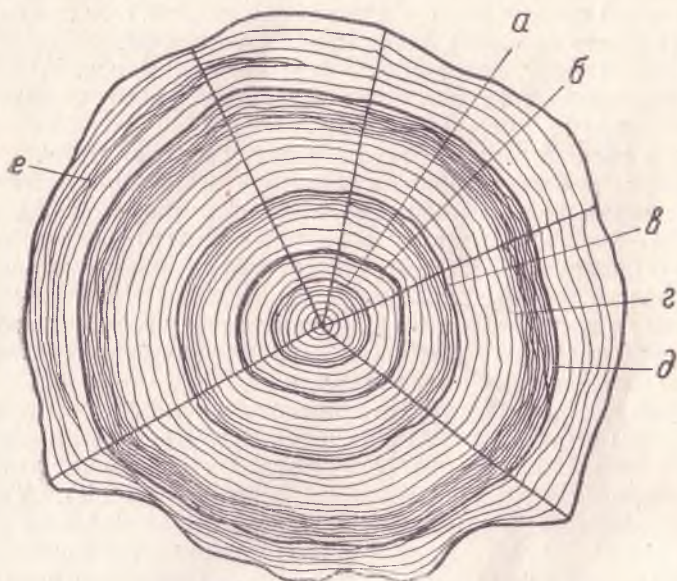


Рис. 6. Схема скульптуры верхнего слоя чешуи.

а—первое годовое кольцо; б—добавочное кольцо первого типа; в—второе годовое кольцо; г—добавочное кольцо второго типа; д—третье годовое кольцо; е—добавочное кольцо, незамкнутое

На циклоидной чешуе оно замкнутое. На ктеноидной чешуе (судак) годовое кольцо параллельно краю передней части чешуи и незамкнуто, потому что на задней части чешуи (покрытой зубчиками) кольца обычно не видны.

По бокам чешуи многие склериты (внешней, а иногда и внутренней годовой зоны) часто оказываются как бы срезанными годовым кольцом. В других местах чешуи склериты идут по окружности или выклиниваются (по одному или по два) без резкого изменения их вида. Такое выклинивание склеритов на годовом кольце особенно резко выражено на чешуе судака и леща.

Четкость годового кольца различна. Часто годовое кольцо выделяется резкой круговой линией, но бывает, что оно лишь намечено границей перехода от узких склеритов (предыдущего года) к широким склеритам (следующего года). Хорошо заметное годовое кольцо получается тогда, когда самые последние (два-три) осенние склериты тесно сближены и образуют темный контур годового кольца.

У одних видов рыб годовые кольца бывают лучше выражены на передней части чешуи, у других—на задней. Это приходится устанавливать на опыте, когда приступаешь к определению возраста новой рыбы, которой еще никто не занимался. У воблы и леща годовые кольца лучше видны на задней части чешуи, у судака и сельдей на передней, и т. д.

*По числу годовых колец определяется возраст рыбы.*

Раньше годовым кольцом называли всю годовую зону роста, а зимним кольцом—зону сближенных склеритов (Арнольд, 1911). Такие обозначения иногда применяются и в настоящее время (Правдин, 1933, 1939). Однако при конкретном определении возраста и ранее просчитывали обычно годовые кольца в нашем понимании, т. е. пограничные между годовыми зонами контурные кольца. Очень часто именно эти контурные кольца раньше называли зимними кольцами.

В иностранной литературе применяются те же термины—годовые зоны и годовые кольца, иногда годовые отметки (Jahresmarken; Теш, 1953), по которым определяется возраст рыб. Нередко годовые кольца называют аннули (annuli). Термин аннули, особенно распространенный в американской литературе [Хайл (Hile), 1941; Раунсфелл и Эверхарт (Rounsefell a. Everhart), 1953 и мн. др.], в Советском Союзе употребляется редко.

Годовое кольцо образуется в результате зимней приостановки роста рыбы, но оно хорошо заметно на чешуе лишь после начала быстрого весеннего роста; у многих рыб с весенним икрометанием—после нереста. Время образования годового кольца на чешуе разное. Оно меняется в разных возрастах даже у отдельных рыб одного вида и в одном и том же водоеме. Обычно годовое кольцо образуется в период с ранней весны и кончая первой половиной лета. Так, например, у воблы годовое кольцо у края чешуи отчетливо видно после нереста и ската в море, главным образом в мае, затем в июне, в единичных случаях в июле.

У судака Азовского моря годовое кольцо появляется у годовиков ранней весной, у двухгодовиков и трехгодовиков—в апреле-мае, у четырехгодовиков—в июне, июле и даже в августе.

У каспийских сельдей годовое кольцо образуется чаще всего в мае. Но у некоторых особей образование годового кольца за-



тягивается; например, у каспийского пузанка возникновение годового кольца иногда наблюдается все лето, до августа (Махмудбеков, 1939).

Когда было установлено время образования годовых колец, стало ясно, что обозначение их прежним термином «зимнее кольцо» не соответствует действительности, и он был отменен Второй конференцией советских научных работников по рыбному делу. (Из материалов конференции, 1932).

Добавочные (дополнительные) кольца образуются в результате непериодических, часто случайных изменений в росте рыбы в течение года. Резкое изменение условий существования, в частности питания, действуя на рост, оставляет след и на чешуе. Как правило, добавочные кольца менее отчетливы, чем годовые. Наиболее часто встречаются добавочные кольца, выраженные не по всей окружности чешуи, а только в части ее, например у воблы—обычно на передней части чешуи. Такие кольца легко отличить от годовых по их неполной замкнутости. Часто добавочные кольца бывают видны не на всех чешуях данной рыбы.

Но кроме таких легко распознаваемых, имеются еще добавочные кольца, очень похожие на годовые по своей резкой видимости на чешуе, полной замкнутости и постоянству на чешуях одной и той же рыбы. Для распознавания этих добавочных колец приходится руководствоваться другими признаками, принимая во внимание, что эти кольца образуются в результате непериодической задержки роста или резкой смены быстрого роста медленным. Все это отражается в виде добавочных колец на скульптуре верхнего слоя чешуи.

Рассмотрим некоторые типы добавочных колец у воблы.

Добавочное кольцо I типа (рис. 5), появляющееся в результате случайной задержки роста, тянется по всей окружности чешуи и образуется двумя-тремя сближенными склеритами, напоминая годовое кольцо. Это добавочное кольцо резко выделяется тем, что ширина зон по ту и другую стороны добавочного кольца не соответствует степени раздвинутости склеритов; в нормальных годовых зонах ширина зоны соответствует частоте склеритов: если рыба в данном году росла хорошо, то образуется годовая зона, значительную часть которой занимают широко раздвинутые склериты; в этом случае склериты лишь ближе к периферии чешуи сближены между собою; если же рыба росла плохо, то годовая зона значительно меньше и вся состоит из сближенных склеритов, сильно сжатых около внешнего годового кольца.

При образовании добавочного кольца I типа такого правильного соотношения между шириной и структурой зон различного роста не наблюдается. Сближенные склериты (очень часто два-



три как бы слепившиеся склерита) врываются в зону раздвинутых склеритов. Части зоны раздвинутых склеритов как до добавочного кольца I типа, так и после него, всегда более узки, чем годовые зоны той же чешуи с аналогично раздвинутыми склеритами.

Добавочное кольцо II типа (рис. 6) образуется при резкой смене быстрого роста рыбы медленным. В этих случаях после зоны раздвинутых склеритов сразу начинается зона частых склеритов. В этом месте перехода от редких склеритов к частым получается добавочное кольцо II типа (иногда очень резко выраженное). Чтобы не смешать его с годовым, надо внимательно присмотреться к структуре чешуи и помнить, что годовое кольцо образуется при смене частых внутренних склеритов редкими наружными (переход от зимы к лету, вследствие сезонности роста), а при добавочном кольце II типа, наоборот, от редких к частым.

Добавочное кольцо III типа наблюдается на механически поврежденных чешуях, когда на месте обрыва образуется поле с неправильно идущими склеритами, причем оно ограничивается резким кольцом от внутренней части чешуи. На других (нормальных) чешуях этой рыбы такого кольца нет. Это кольцо легко обнаруживается по неправильной форме. Добавочное кольцо III типа бывает на единичных чешуях данной рыбы.

Мальковое кольцо (рис. 5) относится также к числу добавочных колец. Оно расположено недалеко от центра, внутри зоны первого года. Это кольцо появляется у сеголетка, на первом году жизни рыбы. Иногда его называют *нулевым*. В тех случаях, когда оно образуется во время ската малька из реки в море (вобла), его называют *покатым*. Скат нередко совпадает с моментом смены питания рыбы, например при переходе от планктонного питания к донному (вобла, лещ). Но у некоторых рыб ската нет, а мальковое кольцо существует, отражая, по-видимому, какой-то аналогичный момент в жизни рыбы (например большеглазый пузанок часто имеет мальковое кольцо, хотя живет все время в Каспийском море).

Мальковое кольцо нередко смешивают с первым годовым, но при внимательном наблюдении эти кольца можно различить по тем же признакам, какие свойственны другим добавочным кольцам. Мальковые кольца бывают на чешуе не у всех рыб данного вида, и это не должно смущать исследователя при определении возраста рыбы. Например, у воблы мальковое кольцо наблюдается не на каждом экземпляре.

Когда впервые рассматривают чешую какого-нибудь вида рыбы, возраст и рост которой еще неизвестны, приходится сопо-

ставлять длину сеголетков, собранных в водоеме осенью, или годовиков, собранных ранней весной, с расчисленными по чешуе длинами рыбы в возрасте одного года. Таким путем удается установить разницу между первым годовым и мальковым кольцами. Этим способом Д. Ф. Замахаев (1949) установил величину первого годового кольца у азово-черноморских и у каспийских малотычиновых проходных сельдей. Мною этот способ применялся при определении возраста морского судака в Каспийском море и южно-каспийской воблы. Однако необходимо предостеречь от определения первого годового кольца только путем сопоставления длин, полученных обратным расчислением (см. ниже), со средними длинами годовиков, пойманных в водоеме, так как размеры рыб, задержавшихся в росте на первом году, могут не превышать средней величины покатных мальков. Так, годовики воблы весной обычно имеют в длину 6—8 см, но иногда попадают годовики в 3,0—3,5 см, хотя чаще этому последнему размеру соответствует длина, вычисленная по мальковому кольцу.

Основным показателем для выделения первого годового кольца должно быть его строение, а не соответственная расчисленная длина рыбы.

У лосося часто имеется особое добавочное кольцо. Оно появляется в результате перехода молодого лосося из реки в море (аналогично покатному кольцу, только не на зоне первого года). Для обозначения его пользуются английским термином «чек», что в переводе значит «препятствие», «задержка». Иногда его называют *ложной сезонной зоной* или *переходным кольцом*. Склериты на месте «чека» сближены в меньшей степени, чем перед годовым кольцом, и иногда прерывисты.

Нерестовые отметки, которые называются иногда также нерестовыми марками или нерестовыми знаками, образуются на чешуе многих рыб в нерестовый период, т. е. во время нереста или вскоре после нереста. Наиболее резко они выявлены у лосося (семги). В период не-



Рис. 7. Чешуя лосося после нереста. Видны два речных кольца и два морских кольца; из них второе кольцо (X) с резкой нерестовой отметкой (по Суворову, 1948).



реста края чешуи лосося сильно обламываются и стираются. Такое явление выражено у обоих полов, но особенно резко у самцов. У них от чешуи иногда остается только треугольник (рис. 7). После нереста (у лососевых, не погибающих после нереста) рыба начинает снова расти, края чешуи восстанавливаются, и чешуя опять приобретает округлую форму. На месте, где чешуя была повреждена во время нереста, остается след из оборванных, сдвинутых, перепутанных склеритов («эрозия»). Это и есть нерестовая отметка, выраженная с различной степенью отчетливости.

Такое повреждение краев чешуи одни ихтиологи объясняют механическим разрушением, а другие—рассасыванием чешуи во время нереста, что связано с созреванием гонад и голоданием рыбы. Это доказывается тем, что тонкая кожная пленка (эпидермис), покрывающая чешую, остается на ней целой даже тогда, когда бóльшая часть чешуи рассосалась [Кричтон (Crichton), 1935].

У кумжи нерестовые отметки менее отчетливы, чем у лосося (семги); еще слабее они выражены у форели. Но и внутри этих видов лососевых рыб четкость нерестовых отметок значительно варьирует (Замахаев, 1948).

Нерестовые отметки описаны также у некоторых карповых рыб (вобла, лещ). У этих рыб они выражены гораздо менее четко, чем у лосося, и ход их образования еще не изучен.

На чешуе воблы нерестовую отметку<sup>1</sup> (рис. 8) обычно называют нерестовым кольцом, так как она имеет правильную форму, параллельную окружности чешуи, и совпадает с годовым кольцом соответствующего года, т. е. нерестовое кольцо является одновременно и годовым. Признаки нерестового кольца следующие:

1) по бокам чешуи нерестовое кольцо заметно в ряде случаев по разрыву склеритов, их расхождению (между склеритами образуется иногда белая полоска), неправильному их расположению (когда обрывки склеритов идут в разных направлениях, как бы перепутаны);

2) на задней части чешуи нередко образуется более или менее резко утолщенный темный склерит, который обычно разбит на маленькие дугообразные участки. К этому склериту нередко примыкает еще бесструктурная блестящая полоска. Такие резкие нерестовые кольца определяются легко. Особенно отчетливы они у самцов. Но все эти признаки выражаются на чешуях с разной степенью четкости;

3) нерестовые кольца имеют вид узкой полоски. Полоска расположена на задней части чешуи на месте годового кольца

<sup>1</sup> Впервые обнаружена и изучена В. Г. Иванчиновым, описана Н. И. Чугуновой (1940).



и ограничена тонким двойным контуром из склеритов. Одна контурная линия идет по внешней стороне полоски, обращенной к краю чешуи, другая—по внутренней стороне полоски, обращенной к центру чешуи. Склериты на этой полоске разрушены

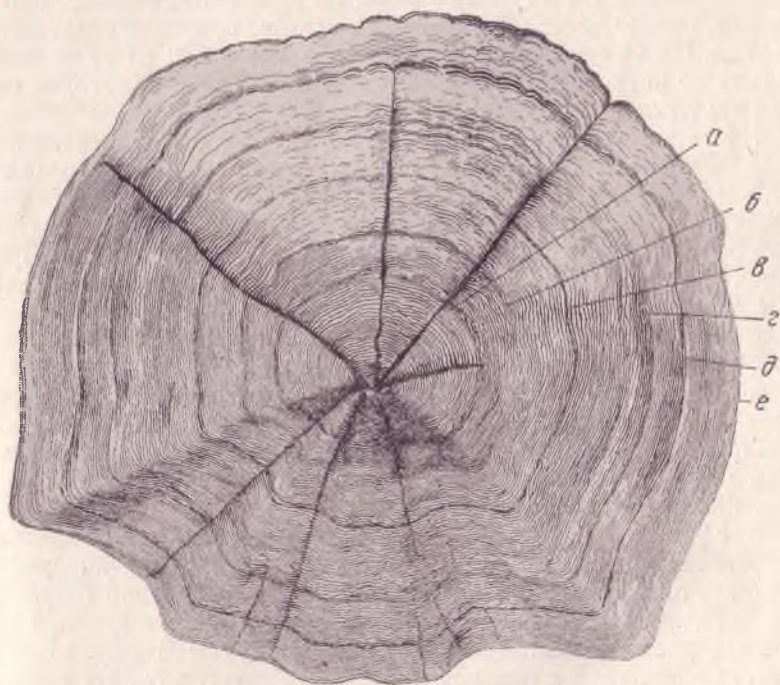


Рис. 8. Чешуя воблы, пойманной 2 мая (длина 17,0 см, возраст 5 лет):  
*а*—первое годовое кольцо; *б*—добавочное кольцо, неполное; *в*—второе годовое кольцо; *г*—третье годовое кольцо нерестовое; *д*—четвертое годовое кольцо нерестовое; *е*—пятое годовое кольцо нерестовое (у края).

полностью или отчасти (как бы размыты). Иногда полоска бывает блестящей. Такое нерестовое кольцо хорошо определяется только в тех случаях, если оно четкое, но в случаях плохой выраженности его распознавать труднее, чем нерестовое кольцо с темным склеритом.

Нерестовые кольца на чешуе воблы в разные годы (у основной массы рыб) имеют неодинаковый вид. В 1945 г. наблюдались нерестовые кольца с темным склеритом, а в 1947 и особенно в 1948 г.—почти исключительно со сдвоенным контуром.

Разная форма нерестовых колец зависит, вероятно, от особенностей условий нерестового периода. Эти связи еще не уста-

новлены, но можно предполагать, что в будущем тип нерестового кольца на чешуе позволит узнавать условия нереста так же, как мы сейчас при помощи обратных расчислений по чешуе судим о росте рыбы в прошлом (см. ниже).

Образование нерестовых колец у воблы связано с нерестовым периодом. Но их можно видеть и различать, как и годовые кольца, только после образования на чешуе прироста следующего года. На чешуе леща нерестовые кольца иные; их различают только по расхождению склеритов на боках чешуи, которое выражено лучше, чем у воблы, и более постоянно.

Регенерированная чешуя. Вследствие механических повреждений отдельные чешуи у рыб часто выпадают. На их месте вырастает новая чешуя. Середина ее уже не имеет правильной склеритной скульптуры и вся состоит из тяжелой основной пластинки, идущих в разных направлениях. Правильная склеритная скульптура верхнего слоя чешуи начинается с того года, когда чешуя вновь образовалась. Такая чешуя непригодна для исследования возраста и роста. У некоторых рыб, например у каспийских сельдей, чешуя закреплена в коже непрочно, легко выпадает. Поэтому у них на середине тела много восстановленных (регенерированных) чешуй.

При отборе чешуй для исследования надо внимательно следить за тем, чтобы не брать чешуи восстановленные, т. е. с разрушенной центральной частью.

У судака чешуя ктеноидная (с зубчиками, покрывающими всю заднюю часть), но порядок образования на ней годовых и добавочных колец сходен с воблой. Для определения возраста (по передней части чешуи) наиболее удобны чешуи средней величины, расположенные на середине тела в самой широкой его части, но не рядом с боковой линией, где лежат крупные чешуи, на которых образуется много добавочных колец, мешающих определению возраста рыбы.

Годовое кольцо у судака распознается по следующим признакам:

1) два или три склерита могут быть тесно сближенными, образуя одно темное кольцо вокруг всей передней части чешуи или в некоторых частях ее;

2) между склеритами образуется прорыв (чаще в отдельных местах) на боках чешуи; некоторые склериты в этих случаях оказываются частично разрушенными;

3) склериты, идущие от передней части чешуи, на боках чешуи на годовом кольце выклиниваются, как бы срезаются; такое выклинивание часто бывает и в других местах чешуи, но на годовом кольце оно выражено наиболее резко;

4) годовое кольцо отмечается светлыми расширениями на радиальных бороздках чешуи.



Иногда годовое кольцо судака бывает выражено неясно. Тогда его приходится отмечать в наиболее густой части темной зоны узких и сближенных склеритов; склериты на темной зоне постепенно и без резких переходов расширяются по направлению к центру и кнаружи.

Чтобы узнать возраст судака, такое определение годового кольца достаточно. Но при изучении роста рыбы (см. ниже) целесообразно измерять длину чешуи до такого неясного кольца, потому что место его расположения берется приближенно.

На чешуях судака иногда бывает заметно покатное кольцо, но нерестовых отметок пока еще не обнаружено.

У судаков в возрасте старше 7—8 лет годовые кольца у края чешуи сильно сближены, так что возможны неточности в определении возраста (см. раздел об отолитах и лучах плавников).

У судака очень часто встречаются чешуи с разрушенными склеритами в центральной части. Чешуя у судака очень плотно сидящая, поэтому едва ли такие чешуи являются регенерированными на том месте, где чешуя была потеряна. Вероятно, у судака наружные старые части чешуи при трении отщепляются. Чешую судака очень легко расщепить искусственно на отдельные пластинки; для этого достаточно потереть ее между пальцами, и тогда в некоторых местах (особенно часто на годовых кольцах), обычно на крайних ребрах, где средний сектор переходит в боковое поле, верхние пластинки чешуи слегка отделяются от нижних. Всунув в этом месте тонкую иглу, легко расщепить чешую на отдельные пластинки. Это является прообразом того, что может произойти в природе.

Чешуя сельдевых отличается от всех описанных выше расположением склеритов, способом образования и видом колец (годовых и добавочных).

Особенность расположения склеритов (их часто называют «стрии») на чешуе сельдевых состоит в том, что они идут под углом к краям чешуи (на передней ее части), а не параллельно им, как у большинства других рыб.

Склериты у сельдей имеются только на передней части чешуи. Здесь их пересекают концентрические прозрачные годовые кольца (рис. 9), параллельные окружности чешуи. Чешуя сельдей тонкая, нежная, легко опадающая. Кольца лучше всего видны на передней части чешуи.

У всех рыб годовые и нерестовые кольца и вообще вся скульптура верхнего слоя чешуи выражены наиболее четко на чешуях, расположенных на середине тела, откуда и надо брать чешую.

Это особенно хорошо изучено у сельдей, у которых на чешуях близ головы или хвоста не видно нерестовых отметок и нередко нельзя отличить годовых колец от добавочных (Зама-



хаев, 1940; Чугунова, 1940 б). Поэтому описание колец дается по чешуе со среднего участка тела, под спинным плавником.

Годовые кольца у сельдей так же, как и у других рыб, образуются в результате периодической (зимней) задержки роста рыбы и ее чешуи, после чего наступает быстрый весенний рост. При переходе от задержки роста к быстрому росту по

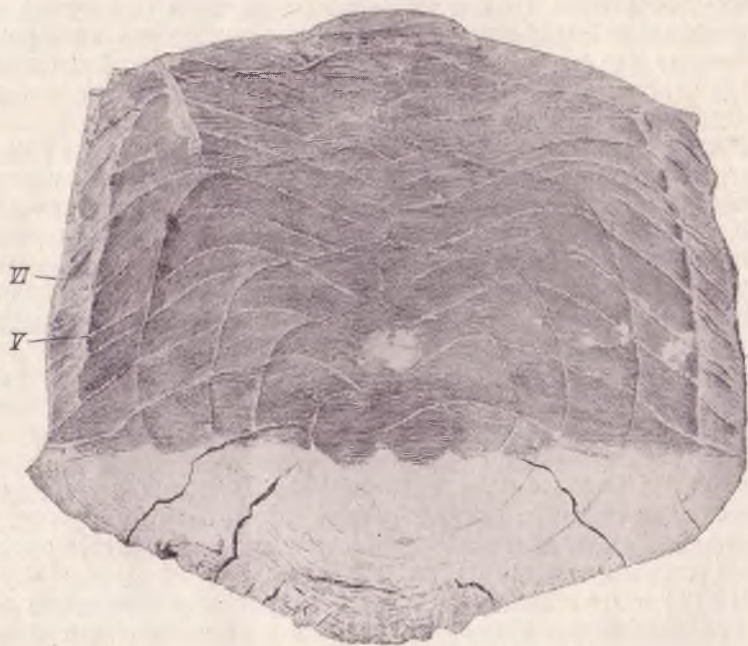


Рис. 9. Чешуя сельди-черноспинки после нереста в возрасте 6 лет (по Замахаяеву).

Видны четыре годовых кольца; пятое и шестое (по краю)—с нерестовой отметкой.

краям чешуи, на ее передней части, образуется как бы «ступенька», по-видимому, вследствие того, что рост чешуи в толщину продолжается в то время (зимой), когда поверхность ее пластинки не увеличивается.

Склериты со старых частей чешуи распространяются на краевые участки новой основной пластинки, которая подстилает чешую. При переходе через «ступеньку» склериты несколько утоньшаются, изгибаются, то сближаются, то расходятся, в результате чего получается кольцо. Если изгибы склеритов резкие и между ними образуются овальные промежутки, то цепочка этих промежутков составляет годовое кольцо (рис. 9).

На задней части чешуи, лишенной склеритов, первые 2—3 годовых кольца обычно различимы в виде слабых зубчатых гребней, но следующие годовые кольца не всегда заметны. Определить возраст у сельдей по задней части чешуи в большинстве случаев нельзя; эту часть чешуи можно использовать только для контроля при сопоставлении с передней частью чешуи.

Часто склериты утолщаются перед изгибанием их на годовом кольце. Это дает (оптически) рисунок темной черточки перед прозрачным годовым кольцом. Часть склеритов на годовом кольце может прерываться. Однако после разрыва склериты идут дальше в том же количестве и направлении, как и до годового кольца.

У каспийских сельдей такой вид имеют первые 2—3 годовых кольца. В следующие годы годовые кольца иные, потому что они совпадают (в большинстве случаев) с нерестовыми кольцами.

Нельзя смешивать годовые кольца на чешуе сельдей (идущие параллельно краям чешуи), более или менее округлые, с радиальными бороздками, расположенными «елочкой» (см. рис. 3).

Новый прирост чешуи каспийского и большеглазого пузанков, а также волжских проходных сельдей после годового кольца появляется сначала на боках чешуи, а затем охватывает и ее вершину. Здесь прирост более узок, чем по бокам (Замахаев, 1940, 1949; Чугунова, 1940).

У мурманской сельди рост чешуи начинается с ее вершины и распространяется затем на бока (Соловьева, 1938).

Добавочные кольца у сельдей по строению сходны с годовыми, но выражены гораздо менее четко. В области добавочного кольца склериты подобно тому, как на годовых кольцах, изгибаются и несколько расходятся. Однако склериты почти не изменяются в толщине, промежутки между ними в области кольца мало расширены, несколько вытянуты и не образуют овала. Поэтому добавочное кольцо обычно шире, чем годовое, но блеклое и менее четкое.

Изменяя освещение чешуи при рассматривании ее под лупой или биноклем, удается найти положение, при котором добавочные кольца почти исчезают, а годовые, напротив, резко обрисовываются. Добавочные кольца часто бывают выражены не на всех чешуях данной сельди или же не по всей полуокружности передней части чешуи, а только с одного бока. На задней части чешуи сельди добавочные кольца в большинстве случаев неразличимы.

Мальковые и покатные кольца, находящиеся на зоне первого года жизни, встречаются у каспийских сельдей довольно часто. У морских каспийских сельдей, например у большеглазого пузанка, иногда бывает не одно, а несколько маль-



ковых колец. Они ничем не отличаются от обычных добавочных колец.

Регенерированные чешуи встречаются у сельдей очень часто. Как и у других рыб, на вновь восстановленных чешуях склериты и годовые кольца образуются только на частях чешуи, близких к ее краю, т. е. выросших уже после регенерации. Середина такой чешуи лишена склеритов или, как говорят, *резорбирована*. По этим чешуям возраст рыбы не определяют. Иногда резорбированная центральная часть чешуи окружена хорошо заметным «колечком». Это колечко нельзя смешивать с годовым или мальковым кольцами. Строение колечка не имеет с последними ничего общего; оно не представлено скульптурой склеритов, а просто окружает резорбированную часть чешуи точно валиком, отделяя ее от остальной части чешуи со склеритами.

Кольца смещения образуются в тех случаях, когда чешуя не выпала из кармашка, а только несколько сместилась в нем. Эти кольца по виду похожи на годовые, но склериты на них нередко разрываются и меняют в отдельных участках свое направление. При этом получается картина, напоминающая нерестовую отметку (см. ниже). Отличительным признаком колец смещения является поворот всей зоны чешуи в пределах кольца по отношению к основной линии чешуи; позднейшие же части чешуи расположены правильно.

Кольцо смещения может совпадать с годовым. Это обнаруживается при сравнении с соседними «нормальными» чешуями. Иногда кольцо смещения не совпадает с годовым, являясь на данной чешуе лишним, добавочным кольцом (Замахаяев, 1940).

Особенно внимательно надо рассматривать первое годовое кольцо, если оно напоминает нерестовое, чтобы установить, действительно оно нерестовое или это кольцо смещения. У ряда рыб, в частности у каспийских сельдей, годовые кольца на чешуе самцов отличать от дополнительных труднее, чем у самок.

Нерестовые отметки у различных сельдей неодинаковы. У северных сельдей, по мнению некоторых авторов, во время нереста на чешуе может образоваться отчетливое кольцо, и поэтому у сельдей, нерестующих осенью, формируется по два кольца в год. Другие авторы считают, что нерестовое кольцо совпадает с годовым, но по внешнему виду оно отличается от прочих годовых колец. Особенности этих нерестовых колец по сравнению с годовыми не описаны.

Нерестовые отметки у каспийских и азово-черноморских сельдей напоминают нерестовые отметки лососевых. Это и понятно, так как лососей и каспийских сельдей сближает та осо-



бенность их биологии, что они совершают далекие миграции с переходом из моря в пресные воды и обратно.

Нерестовые отметки на чешуе каспийских и азово-черноморских сельдей (род *Caspialosa*) впервые были обнаружены и описаны Д. Ф. Замахаевым (1940). Они отличаются следующими признаками (рис. 9).

1. На кольце, которое образуется в нерестовый период, склериты по бокам чешуи как бы срезаны или обломаны. Линия нерестового кольца, или «кольца слома» (по Замахаеву), резкая и имеет главным образом по бокам более или менее хорошо выраженные неровности, извилины, иногда щербинь такого вида, будто край чешуи в нерестовый период обламывался. Эти повреждения края порою бывают настолько велики, что уничтожают значительную часть предыдущей годовой зоны, расположенную по бокам чешуи.

У некоторых сельдей второе нерестовое кольцо уничтожает почти всю предыдущую годовую зону и местами сливается с первым нерестовым кольцом. В этих случаях надо очень внимательно рассматривать чешую, чтобы при определении возраста не пропустить годовой период.

2. Старые склериты, как бы срезанные нерестовым кольцом, на новом приросте чешуи после нерестового кольца идут под небольшим углом к прежнему направлению. Количество их иногда вначале уменьшается. Однако немного отступя от нерестового кольца склериты расщепляются, и количество их снова увеличивается.

3. Направление части склеритов нередко очень резко изменяется. Эти склериты, образуя небольшие, но отчетливо выделяющиеся участки, идут почти перпендикулярно к остальным. Такие участки обычно находятся на плечах чешуи (рис. 3) и только изредка расположены ближе к вершине. На чешуях с несколькими нерестовыми отметками эти участки перпендикулярно идущих склеритов иногда расположены друг за другом в одном направлении, начиная от ранних нерестовых колец и до края чешуи.

4. Новый прирост после нерестового кольца бывает очень тонким и прозрачным, резко отличаясь по виду от остальных частей чешуи.

5. У проходных каспийских сельдей имеется еще один признак нерестовых отметок: это—небольшие участки в некоторых местах верхнего слоя чешуи, на которых склериты совершенно разрушены (Замахаев, 1948, 1951). Их называют «плешинками». Такие «плешинки» установлены, кроме проходных каспийских сельдей, также у азовского рыбца и шемаи. Можно полагать, что этот признак будет обнаружен и у других рыб.

Таким образом, понятие «нерестовая отметка» на чешуе каспийских и азово-черноморских сельдей не совпадает с «нерестовым кольцом», которое является только основным признаком нерестовой отметки. Нерестовые отметки особенно резко выражены у тех каспийских сельдей, которые совершают наиболее далекий путь к местам нереста. Поэтому на первом месте по резкости нерестовых отметок стоит черноспинка, поднимающаяся в Волгу выше других сельдей. Второе и третье места по длине миграционного пути и в зависимости от этого по четкости нерестовых отметок занимают волжская сельдь и каспийский пузанок. У большеглазого пузанка нерестовые отметки выражены хуже. Его путь к нерестилищам самый короткий, причем большеглазый пузанок не входит в реку и продолжает питаться в течение почти всего нерестового периода. Эти обстоятельства, вероятно, оказывают влияние на степень разрушения чешуи. У бражниковских сельдей нерестовые отметки хорошо отличимы, но выражены менее резко, чем у проходных сельдей.

Нерестовые отметки не у всех каспийских сельдей образуются одинаково. У одних (черноспинка, волжская сельдь) происходит резкое повреждение краев чешуи по бокам, захватывающее чешую по всей ее толщине. Затем начинается рост нижней основной пластинки, и форма чешуи восстанавливается. У других каспийских сельдей (большеглазый пузанок) разрушению в большинстве случаев подвергается не весь край чешуи, а только верхний слой (со склеритами). Основная пластинка остается незатронутой и видна по краям чешуи даже в первой стадии образования нерестовой отметки.

Нерестовые отметки у самцов выражены резче, чем у самок.

Описанные несколько типов могут служить образцом чешуи большинства рыб, у которых она не имеет существенных скульптурных особенностей. Чешуя густеры, сопы и красноперки похожа на чешую воблы.

У густеры чередование зон склеритов, сближенных и разреженных, а также переход их от одной к другой выражены очень хорошо. Растет густера медленнее воблы, а нерестовые отметки у нее такие же, как у воблы.

У сопы чешуя тонкая, мутноватая, годовые кольца довольно блеклые, но видны в большинстве случаев хорошо. Растет почти так же, как вобла.

Красноперка имеет крупную чешую с четкими годовыми кольцами, но растет медленно.

Чешуя каспийского морского судака похожа на чешую обыкновенного (речного) судака.

Чешуя шема и похожа на чешую воблы, но имеет нерестовые кольца, которые напоминают соответствующие кольца лосося или каспийских сельдей.



Чешуя каспийской кильки имеет сходство с чешуей сельдей.

Чешуя корюшки и снетка довольно существенно отличается от чешуи описанных видов рыб [Лалин, 1955 (1956)]. На чешуе корюшки и снетка встречаются обычно концентрические и билатеральные (подковообразные) склериты

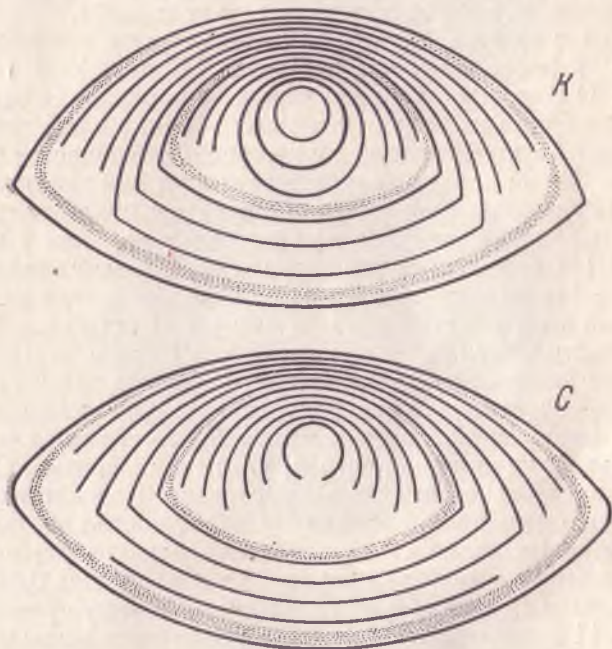


Рис. 10. Схема расположения склеритов на чешуе корюшки (К) и снетка (С).

Точечной штриховкой обозначены годовые отметки, или кольца [по Лалину, (1956)].

(у корюшки иногда еще спиральные). Кроме склеритов, на чешуе более или менее крупных экземпляров имеются валики, идущие под острым углом к склеритам. По числу этих валиков определяют возраст рыбы.

У корюшки (Мастермен—Masterman, 1913) в начале закладки чешуи склериты имеют вид концентрических замкнутых колец. К концу вегетационного периода, когда рост замедляется, закладываются билатеральные склериты, которые становятся все короче, пока рост не прекращается. В следующий вегетационный период (второе лето) снова образуются концентрические склериты. Между зонами роста первого и второго лета об-



разуется узкая кольцевая полоска без склеритов или валик. По числу валиков определяют возраст. Чешуя, взятая с молодой корюшки, имеет овальную форму с большой осью, соответствующей продольной оси тела рыбы. По мере роста чешуя становится шире, так что ее поперечная ось значительно превосходит продольную. Чешуя изменяется в зависимости не только от возраста корюшки, но и от положения на теле рыбы.

Чешуя снетка несколько отличается от чешуи корюшки формой и расположением склеритов [Лапин, 1955 (1956)], а именно: 1) в начале закладки чешуи ее продольная ось в большинстве случаев не больше поперечной оси, а чаще поперечная ось бывает больше, тогда как у корюшки наблюдается обратная картина; 2) на первом году жизни снетка при закладке чешуи на ней образуются, как правило, склериты билатерального типа, а не концентрического или спирального, как у корюшки (рис. 10); 3) склериты на чешуе снетка более неправильной формы, чаще бывают разорваны на отдельные отрезки.

Форма чешуи снетка приближается к эллиптической. На передней части чешуи склериты сближены, причем внутренние охватывают центральную часть чешуи расходящимися дугами. На задней части чешуи склериты значительно удалены друг от друга и часто не замкнуты. Отчетливо заметны валики (годовые кольца), идущие под острым углом к склеритам. Склериты бывают расчленены на отдельные отрезки. На центральной части чешуи, смещенной к переднему краю, иногда видны тонкие, слабовыпуклые валики, не являющиеся годовыми кольцами. Диаметр чешуи у молоди длиной 29 мм равен 0,4—0,5 мм, а у трехлетки (2+) длиной 105 мм диаметр чешуи равен 1,8 мм. На рис. 11 показана чешуя снетка различного возраста. Годовая отметка (кольцо) закладывается у снетка в сентябре-октябре, что увязывается с прекращением, начиная с сентября, его питания, а вместе с тем и роста.

Изучение характера скульптуры верхнего слоя чешуи в сопоставлении с биологией рыбы бывает необходимо при выделении стад или биологических рас, а также более мелких биологических групп рыб. Изучение по чешуе, путем обратных расчетов (см. ниже), скорости роста судака, пойманного в устьях Дона и Кубани, показало, что в бассейне Азовского моря живут два стада этой рыбы: кубанское—с очень быстрым ростом, и донское—с более медленным ростом (Чугунова, 1931).

При изучении чешуи северокаспийской воблы было обнаружено, что у рыб, взятых из различных биологических группировок воблы, чешуя имела заметные различия. У всех рыб одной группировки (или у большинства из них) на чешуе было добавочное кольцо одного и того же типа, образовавшееся в один и тот же календарный год роста. У рыб из другой группировки,

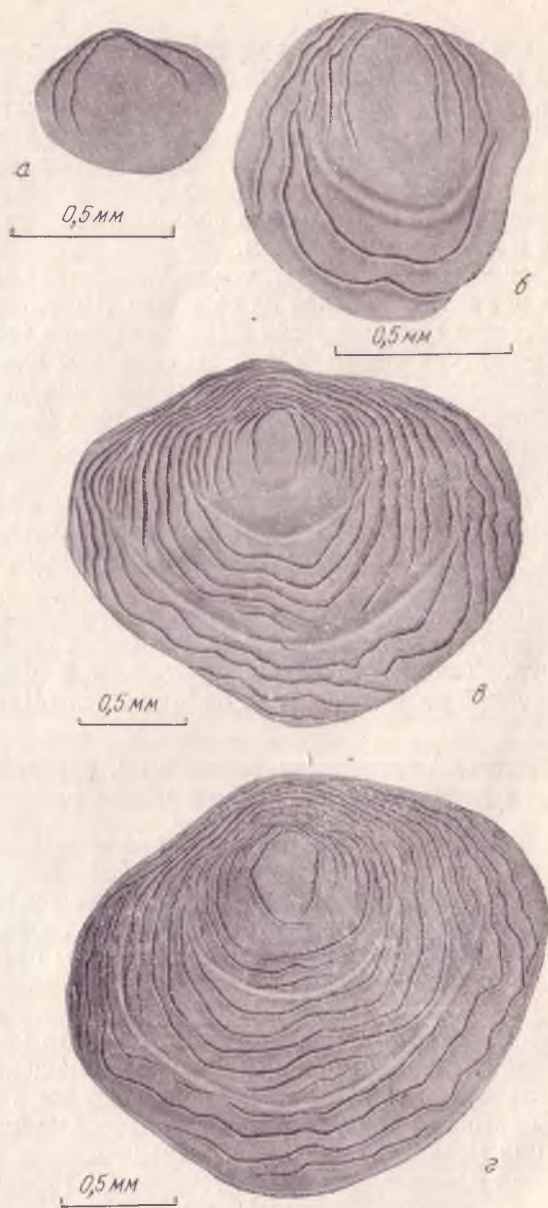


Рис. 11. Чешуя снетка разного возраста.

а—сеголеток длиной 29,8 мм; б—двухлетка (1+) длиной 65,5 мм; в—трехлетка (2+) длиной 99,5 мм; г—трехгодовик (3) длиной 98,5 мм. Третье кольцо идет по краю.

которые имели ту же длину и возраст, что и в предыдущей, такого кольца не было или оно было очень неясным.

У рыб из одних группировок чешуя бывает с четкими годовыми кольцами, у других кольца неясные, и чешуя мутноватая.

У рыб из одних группировок зона первого года на чешуе маленькая, с частыми склеритами и поэтому темная. У рыб из других группировок зона первого года большая, светлая, с резкими склеритами и мальковым кольцом.

Эти особенности показывают, что вобла обитает в различных условиях, и это оставляет след на ее чешуе (Чугунова, 1951).

Биологические группы трески Баренцева моря также различаются по структуре чешуи. У них неодинаковы ширина одних и тех же годовых зон роста и число составляющих их склеритов, а также величина самих склеритов. Кроме того, разные группы трески отличаются толщиной чешуи и выпуклостью склеритов (Камерницкая, 1939).

Биологические группы мурманской сельди имеют различные годовые кольца. У одних групп годовые кольца четкие, хорошо очерченные, у других слабые, у третьих—еле различимые (Мурашкинцева, 1938).

Характерной особенностью строения чешуи летне-нерестующей исландской сельди являются разреженные склериты близ центра чешуи. Такой структуры центральной части чешуи у сельди весенней расы никогда не наблюдается (Лямин, 1956).

### **в) Техника определения возрастных, нерестовых и добавочных отметок на чешуе рыб**

Прежде чем приступить к изучению различных отметок, чешую из сбора (от данного экземпляра рыбы) просматривают при небольшом увеличении и отбирают 5—8 чешуек правильной формы и с неразрушенными центрами. Из них снова выбирают 3—4 штуки с наиболее четкими кольцами, чтобы путем сравнения их друг с другом уверенно определить возраст и другие признаки.

Если просматривать единичные чешуйки, то можно легко впасть в ошибку, приняв, например, кольцо смещения или добавочное кольцо, возникшее на данной чешуйке в результате случайного обрыва ее края, за годовое кольцо. Обычно чешуйки в большей или меньшей степени загрязнены слизью и покрыты тонкой кожной пленкой, которую в течение 1—10 минут размачивают в слабом растворе нашатырного спирта, а иногда просто в воде. Полезно иметь 5—10 маленьких бюксов или каких-нибудь других чашечек, прикрытых крышками или стеклом. Перед началом определения возраста в них раскладывают чешую от первых 5—10 рыб (под чашечку обязательно кладут номер ры-



бы), а затем приступают к изготовлению препаратов и определению возраста, начиная с первой чешуйки. Вынимая чешую из чашечки, закладывают туда чешую от следующей рыбы (одинадцатой и т. д.). Таким образом, чешуйки постепенно размачиваются и оказываются готовыми к тому моменту, когда подходит очередь их обработки.

Размоченную чешую протирают между пальцами и мягкой тряпочкой (без ворсинок), а иногда (чешую сазана) чистят коротко остриженной жесткой кисточкой (для клея) или зубной щеткой. Затем зажимают между двумя предметными стеклами, дают просохнуть и рассматривают.

Если надо сохранить препарат, то на концы предметного стекла надевают круглые резинки или перевязывают нитками, или обклеивают бумажками, либо диапозитивной или изоляционной лентой. Препарат снабжают этикеткой (пишут специальными чернилами по стеклу или наклеивают бумажку с надписью или только номером), переписывая сведения о рыбе из чешуйной книжки. Если препарат хранить не надо, то чешую после просмотра сыпают в чешуйную книжку у ее корешка.

Полезно чешую, собираемую со свежей рыбы, еще влажную, немедленно протирать дочиста и сразу делать препараты, не пользуясь чешуйной книжкой. В большинстве случаев ввиду необходимости быстро закончить сбор чешуи с большой пробы рыб этот способ не применяется.

При большом навыке в определении возраста и не очень грязной чешуе обходятся без ее промывания и без изготовления постоянных препаратов.

Рассматриванию чешуи часто помогает подкрашивание ее ализарином или просто чернилами. Для изучения характера скульптуры чешуи надо подобрать к каждому виду рыб более удобное увеличение оптического прибора (препаровальная настольная лупа, бинокляр, микроскоп). Необходимо хорошо видеть величину и расположение склеритов, а для этого чешуя должна целиком уместиться в поле зрения.

Чешую воблы (и близких к ней рыб), а также сельдей удобно рассматривать под бинокляром при увеличении в 20—25 раз. Чешую семги (лосося) хорошо исследовать под микроскопом с окуляром 2 и объективом 3. Очень четкую чешую беломорской сельди можно рассматривать под лупой (препаровальной) с увеличением в 8—10 раз. При таком же увеличении у мелких каспийских сельдей не видно нерестовых отметок, но у волжской и крупных черноспинок они хорошо различимы. У воблы при малом увеличении добавочные кольца очень легко принять за годовые и пропустить нерестовые кольца и т. д.

При рассматривании чешуи прежде всего просчитывают годовые кольца и записывают их количество в специальном

журнале или на карточке (если предполагается делать обратные расчисления роста, то употребление карточки обязательно; образец карточки см. ниже, на стр. 93). Знаком + (плюс) обозначают прирост чешуи у ее края, после последнего годового кольца (или отметки). Знаком . (точка) указывают, что годовое кольцо идет по краю чешуи. Счет колец начинают от центральной части чешуи, так что кольца младших возрастов (I, II, III и т. д.) находятся на центральной части чешуи, а кольца старших возрастов—ближе к краям чешуи.

Записывают, на каких возрастах имеются нерестовые отметки и указывают их общее количество («нерестовые отметки на 4-м и 5-м годовых кольцах, всего 2»). Отмечают наличие малькового (покатного) кольца.

Добавочные кольца в большинстве случаев не учитывают, но их обязательно нужно отмечать в тех случаях, когда на чешуе у многих экземпляров на приросте в течение одного и того же календарного года повторяется одинаковое добавочное кольцо того или иного типа. Это позволяет в дальнейшем путем сопоставления с климатическими или пищевыми условиями выявить причину особенностей роста рыбы в течение года, к которому относится образование дополнительного кольца у ряда рыб из изучаемой пробы.

Годовые и прочие отметки следует рассматривать, как правило, на сухой чешуе, изменяя ее освещение (поворачивая зеркалаще оптического прибора). В немногих случаях кольца видны лучше на влажной чешуе (ставрида).

Были попытки пользоваться для определения возраста измерениями склеритов (Винге—Winge, 1915). Их измеряли при помощи окулярмикрометра на чешуе трески и наносили на график ширину каждого последовательного склерита, начиная от центра к периферии. По полученной таким способом кривой определяли возраст рыбы; понижения кривой соответствовали зонам узких склеритов, т. е. числу прожитых зим, а повышения—зонам широких склеритов. Грехем (Graham, 1929) измерял склериты на изображении чешуи трески, полученном при помощи микропроектора Эдингера, отмечая их на бумаге черточками, расположенными одна за другой на одной прямой линии. Он получал таким способом простые чертежи и по числу групп узких склеритов на этих чертежах определял возраст. Способы Винге и Грехема очень кропотливы и не получили широкого распространения.

### г) Изготовление отпечатков чешуи

Кроме изготовления препаратов непосредственно из чешуи, иногда делают ее пластические копии, или отпечатки. Такие препараты (отпечатки) постоянны, не хрупки; легко пригото-

лять дубликаты для обмена с другими исследователями. При хранении они занимают меньше места, чем стеклянные препараты.

Этот способ широко практикуется как в Западной Европе, так и в Америке. В Советском Союзе им пока пользуются редко. Есть несколько способов изготовления пластических копий чешуи.

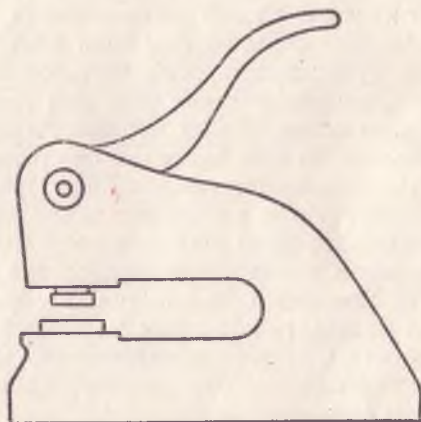


Рис. 12. Пресс для изготовления отпечатков чешуи (по Несбиту, 1934).

Э. Леа (Lea, 1918) описал метод получения коллоидальных отпечатков поверхности рыбьей чешуи. Коллоидальная пленка так нежна, что ее надо исследовать или фотографировать немедленно по изготовлении, вследствие чего теряется смысл изготовления отпечатков. Более практичный способ предложил Несбит (Nesbit, 1934). Он брал листы прозрачного целлулоида толщиной 0,6 см и разрезал на полоски 2,5 см×6,2 см. Для размягчения часть поверхности целлулоида слегка смачивали спиртом или подвергали воздействию паров ацетона от 2 до 4 минут. Для этого целлулоидную пластинку держали над отверстием склянки, содержащей немного ацетона. Площадь размягчения определяется размером отверстия склянки. Хорошо просушенную чешую помещали наружной поверхностью вниз на размягченную поверхность и вдавливали в нее при помощи специального пресса (рис. 12). Штампы пресса должны быть тщательно отполированы и строго параллельны. Верхний штамп должен иметь не более 1,3 см в диаметре, так как прибор приспособлен только для небольшого давления. Одновременно на нем можно отпечатать не более двух чешуй.



Если чешуя не очень грязна, то копии ее можно делать без предварительной промывки. После размачивания и промывки чешую для изготовления копий надо высушить. Сушить нужно достаточно медленно во избежание чрезмерного скручивания чешуи. Сушка необходима по следующим причинам: 1) от сухих чешуй получается гораздо более ясный отпечаток; 2) сухие чешуи не завязнут в целлулоиде или в верхнем штампе; 3) давление не искажает сухих чешуй; если чешуя мокрая, то при давлении размер ее краевых частей увеличивается, вследствие чего могут измениться пропорции годовых зон и по такому отпечатку чешуи нельзя будет делать обратных расчислений роста.

Тонкие чешуи, например таких рыб, как треска, пикша, лосось, дают хорошие отпечатки на неразмягченном целлулоиде. Если чешуя потолще, то при давлении без размягчения целлулоида результаты получаются ненадежные: при слишком большом давлении возможно искривление целлулоида или разрыв чешуи, а при недостаточном давлении получается неясный отпечаток. При сильном размягчении целлулоида пластинки с отпечатками чешуи коробятся при высушивании. Во избежание этого следует их помещать под пресс на длительное время. Неудобство при работе с сильно размягченным целлулоидом состоит в том, что чешуи часто оказываются вдавленными в препарат и их трудно снимать.

Целлулоид можно размягчать также нагреванием, но при этом труднее контролировать необходимую степень размягчения. Полученные отпечатки чешуи являются ее негативными копиями. Обычно это не имеет значения при дальнейшей работе. Однако, если нужны позитивные копии, то получают отпечаток чешуи на тяжелой свинцовой фольге, причем углубление от чешуи заполняют несколькими каплями вязкого раствора целлулоида в ацетоне. После высыхания позитивная копия готова. Позитивные копии чешуи менее удобны для хранения и исследования, чем негативные.

Отпечатки чешуи нередко удобнее для исследования, чем сами чешуи. Это особенно относится к старым чешуям, у которых центр часто затемнен малопрозрачными волокнистыми пластинками, лежащими ниже склеритного слоя.

*Э. Леа и Вент* (Lea and Went, 1936) предложили несколько более сложный способ изготовления пластических копий чешуи, чем Несбит, зато имеющий два очень важных преимущества: 1) копии получаются позитивные, а не негативные, как у Несбита, и 2) можно получить большое количество копий, сохранив оригинал. Это особенно важно при исследованиях океанических сельдей, когда по строению склеритного слоя чешуи определяют принадлежность пойманных сельдей к той или иной группе по их происхождению и географическому распространению.

Особенности строения склеритного слоя чешуи сельди очень часто трудно описать словами и даже показать на фотографиях. Авторы описываемого метода изготовления пластических копий рекомендуют составить коллекции таких копий чешуи из разных районов, чтобы эти коллекции служили исследователям из различных стран для определения сельдей, мигрирующих в места, удаленные от родных прибрежных районов.

Способ Леа и Вента основан на следующих простых положениях: целлулоид не прилипает ни к поверхности чешуи, ни к желатине; поэтому, если прижимать чешую к размягченной целлулоидной пластинке, то на последней получают негативные слепки. Затем в эти негативные «формы» наливают раствор желатины, который, застывая и высыхая, образует легко снимающуюся тонкую желатиновую пленку с отпечатавшимся на ней позитивным слепком.

Сначала изложим самый способ изготовления пластических копий (или слепков), а в конце приведем способы приготовления растворов, растворителей и обработки целлулоида.

**Сбор чешуи.** Чешуе не надо давать высыхать. Чистую чешую можно хранить короткое время в воде, в которую кладут кусочки камфоры. Во избежание загнивания воду часто меняют. Формалин и спирт добавлять в воду не следует.

Если чешую нужно хранить длительное время, то ее чистят, как будет указано ниже, а затем проводят через несколько растворов спирта, постепенно усиливая их крепость; доведя проводку до 95%-ного спирта, чешую сохраняют в этом растворе неограниченное время.

**Очистка чешуи.** В течение всего процесса чистки чешуя должна оставаться влажной. Следует следить, чтобы не повредить склеритный слой чешуи резким движением пинцета или другого инструмента. Для удаления пигментированной пленки с передней части чешуи трески рекомендуется слегка потереть чешую, положенную на кончик пальца, рубчатым концом пинцета.

Стеклоянные пластинки и покрытие их желатиной. Используют пластинки следующих размеров: 16×13, 10×7, 11×5,8 и 5×3,5 см. Пластинки изготовляют из гладкого стекла толщиной от 5 до 10 мм, в зависимости от величины пластинки.

На больших стеклянных пластинках помещается от 100 до 150 чешуй сельди или от 200 до 300 чешуй трески. Чешуи сельди располагают группами по 20 штук, а чешуи трески—по 50 штук. Между этими группами оставляют расстояния, достаточные, чтобы в дальнейшем желатиновые пластинки с копиями чешуи нарезать на куски, удобные для микроскопического исследования. Края стеклянных пластинок и те их плоскости, ко-



торые предназначены для покрытия желатиной, на расстоянии 1 см от краев делают шероховатыми, чем достигается лучшее прилипание желатины к стеклу. Затем пластинки протирают влажным порошком пемзы, моют раствором каустической соды, споласкивают дистиллированной водой, кладут на несколько часов в специальную смесь хромовой кислоты для очистки стекла, затем еще раз промывают дистиллированной водой. После этого стеклянные пластинки сушат в термостате или сушильном шкафу при температуре примерно 40—45°. Необходимо следить, чтобы на стекла не попадала пыль.

После сушки на подогретую стеклянную пластинку наливают теплый раствор желатины (рецепт его изготовления приведен ниже), после чего той же ложкой, которой наливают желатину, проводят по краям пластинки, чтобы они были полностью покрыты желатиной; этим обеспечивается ее плотное прилипание к стеклу.

**Наклеивание чешуи.** Влажную чешую берут пинцетом за кончик заднего края. Лишнюю воду с чешуи и пинцета следует удалить, но чешую нельзя подсушивать. Чешую с внутренней (гладкой на ощупь) стороны смачивают жидким раствором желатины и кладут поверхностью со склеритами (наружной поверхностью) кверху на стеклянную пластинку с желатиной, предварительно также смочив ее жидким желатиновым раствором. Накладывая чешую, надо следить, чтобы под нее не попали пузырьки воздуха и чтобы не надавить пинцетом на набухший слой желатины на стекле.

Чешуи размещают на пластинке так, чтобы по краям осталась свободной полоска не менее 2 см; затем дают пластинке с чешуями просохнуть, следя, чтобы на нее не садилась пыль.

Этим заканчивается подготовка циклоидной чешуи. Ктеноидная чешуя требует дальнейшей обработки, чтобы шипы на ее задней части не застревали в целлулоиде. Для этого колючую часть чешуи и небольшое пространство вокруг нее покрывают каплей жидкого раствора желатины и немедленно после этого добавляют немного подогретого крепкого желатинового раствора. Обе капли смешиваются, и смесь эта удерживается на поверхности, покрытой жидким раствором, если только крепкого раствора добавлено не слишком много.

**Приготовление целлулоидных негативных копий.** Основные операции следующие:

1) поверхность стеклянных пластинок с чешуей покрывают раствором касторового масла в ацетоне, чтобы чешуя не прилипла плотно к целлулоиду;

2) чтобы поверхность целлулоидной пластинки толщиной от 1,5 до 2 мм была влажной и пластичной, ее покрывают раство-



рителем (рецепт его изготовления приведен ниже); чем толще чешуя, тем сильнее надо размягчить целлулоидную пластинку;

3) при соединении стеклянной пластинки с целлулоидной надо избегать пузырьков воздуха; сложенные пластинки кладут под пресс, чтобы удалить лишнюю жидкость;

4) после высыхания целлулоидную пластинку с оттисками чешуи снимают, приклеивают раствором целлулоида к деревянной дощечке и обравнивают, срезая все выступающие углы;

5) на края целлулоидной пластинки с негативными оттисками чешуи приклеивают узкие целлулоидные полоски, превращая ее таким путем как бы в «мелкий противень».

Все эти операции можно выполнить одним из следующих двух способов, в зависимости от размера стеклянных пластинок.

Первый способ, применяемый в случае мелких пластинок, заключается в том, что берут целлулоидную пластинку несколько большего размера, чем стеклянная (с чешуей), и размягчают растворителем ее середину, где должны быть отпечатки чешуи. Растворитель наливают пипеткой. Когда середина пластинки размягчена, подливают большее количество растворителя и покрывают им поверхность, несколько превышающую поверхность стеклянной пластинки. После этого стеклянную пластинку чешуей книзу прикладывают одной из коротких сторон под острым углом к целлулоидной, причем растворитель стекает в угол, образуемый стеклянной и целлулоидной пластинками. Затем свободный конец стеклянной пластинки постепенно опускают до полного соприкосновения с целлулоидной, не допуская попадания между ними пузырьков воздуха. Успех этого процесса зависит от правильно взятого количества растворителя; при недостатке его в препарат попадает воздух, а при избытке жидкость пачкает нижнюю сторону пластинки.

Второй способ, более надежный, применяют в случае крупных пластинок. Целлулоидную пластинку несколько большего размера, чем стеклянная, превращают в мелкий противень, приклеив по краям полоски целлулоида шириной 8—10 мм. Для этого полоску прикладывают к пластинке в нужном месте и в образованный ими угол наливают пипеткой немного растворителя.

Когда растворитель испарится, полоски целлулоида окажутся плотно приклеенными. Для удобства дальнейшей работы полученный «мелкий противень» кладут на деревянную подставку высотой от 3 до 5 см и на его центральную часть, соответствующую части стекла, покрытой чешуей, наливают пипеткой немного растворителя. Примерно через 1 минуту, когда целлулоид достаточно размягчится, добавляют еще немного растворителя, чтобы покрыть все дно противня.

Стеклообразную пластинку, обращенную чешуей книзу, прикладывают одним краем к целлулоидной, как описано выше, и постепенно опускают, все время следя за соприкасающимися поверхностями. Если появляются пузырьки воздуха, то пластинку медленно приподнимают, пока пузырьки не лопнут, а затем снова опускают. Если жидкости слишком много, ее удаляют пипеткой. Затем сложенные пластинки покрывают сверху и снизу защитными прокладками (например промокающей бумагой) и кладут под копировальный пресс. Можно заготавливать по нескольку пластинок и класть их под пресс одновременно, одну над другой. Чем сильнее давление, тем оно должно быть менее длительно. Обычно требуется от 1½ до 2¼ часов для пластинок размером 11×9, если пресс не слишком туго завинчен. При применении гидравлического пресса на эту процедуру уходит всего 20 минут.

Дальнейшие процедуры идут одинаково как при первом, так и при втором способе.

Пластинки вынимают из-под пресса и, при втором способе, удаляют боковые целлулоидные полоски («стенки противня»), после чего приступают к снятию целлулоидной пластинки с негативными копиями. Прежде всего целлулоидную пластинку очень осторожно (чтобы не прорезать пластинку) отрезают по краям острым скальпелем от растворенного и отвердевшего в этих местах целлулоида. Затем отделяют от стекла целлулоидную пластинку, слегка сгибая ее края. Отделение пластинки заметно по входящему воздуху. Когда края отделены, то целлулоидную пластинку берут одной рукой так, чтобы ее средняя часть опиралась на четыре пальца, а большой палец придерживал стеклянную пластинку. Другой рукой медленно отделяют целлулоидную пластинку от стеклянной, регулируя это движение давлением четырех пальцев, которые держат целлулоидную пластинку. Когда доходят до части пластинки с чешуей, то движение сильно замедляют, чтобы не сорвать чешую с пластинки и не повредить ее. Все выступающие края целлулоидной пластинки обрезают, после чего ее приклеивают целлулоидом к деревянной дощечке толщиной 10 мм. Все это надо делать осторожно, чтобы не повредить еще очень нежный отпечаток.

К краям целлулоидной пластинки прикрепляют полоски целлулоида с резко скошенными краями («мелкий противень»). Скошенные края полосок обращены внутрь так, что острый угол примыкает к целлулоидной пластинке. Эти полоски регулируют количество желатинового раствора, употребляемого в следующей операции для получения позитивных отпечатков. Чтобы приклеить полоски, их прикладывают к пластинке в нужном положении и подливают под них небольшое количество растворителя. Когда они высохнут и приклеятся, по краям нали-



вают пипеткой еще немного растворителя, чтобы сгладить переход между полосками и пластинкой.

Получение позитивных копий чешуи. Теплый раствор желатины, к которому добавлено немного глицерина, фильтруют и помещают в термостат с температурой 40—45° (значительно выше температуры отвердевания раствора). Подогретой ложкой раствор наливают в целлулоидный «противень» с негативными отпечатками чешуи. Ложку нужно хранить в термостате вместе с раствором во избежание внезапного охлаждения желатины. Желатине дают затвердеть в «противне», держа его в строго горизонтальном положении, и просушивают ее протирают ваткой, смоченной формалином, и просушивают на воздухе. В случае надобности можно ускорять сушку какими-нибудь приспособлениями.

Вполне просохшую желатиновую пленку снимают, осторожно отделяя ее сначала по краям, а потом и от всего целлулоидного негатива, стараясь, по возможности, ее не сгибать.

Глицерин подбавляют к желатине для того, чтобы она после высыхания была менее хрупкой, а формалин, которым смачивают желатину, делает ее нерастворимой в воде.

С одного и того же негатива можно сделать любое количество желатиновых копий. Авторы метода указывают, что таких копий может быть от 12 до 100 с одной и той же чешуи.

Рецепты смесей и растворителей. Смесь для чистки стекол готовится следующим образом. В 90%-ную серную кислоту добавляют кислый хромовокислый калий ( $K_2Cr_2O_7$ ) до насыщения. Эту смесь фильтруют через стеклянную вату, после чего на каждые 100 см<sup>3</sup> раствора добавляют 5 см<sup>3</sup> концентрированной азотной кислоты.

Желатиновый раствор. На 880 см<sup>3</sup> воды добавляют 120 г желатины в порошке и 20 г глицерина и медленно подогревают смесь примерно до 50°, пока не получится однородный раствор, который фильтруют. Прозрачный раствор ставят в термостат с температурой 40—45°.

Жидкий раствор желатины для наклейки чешуи получают разведением описанной смеси теплой водой примерно в три раза.

Растворитель для целлулоида состоит из трех объемных частей ацетона (чистого, двойной дистилляции) и одной части амилацетата.

Раствор целлулоида получают растворением мелких стружек и обрезков целлулоида (получающихся в результате различных операций обработки) в описанном растворителе, пока не образуется сиропообразная жидкость.

Раствор касторового масла. Применяют 20—30%-ный раствор касторового масла в ацетоне.



Обработка целлулоида. Целлулоидную пластинку обрабатывают, подобно деревянной, деревообделочными инструментами. Чтобы отрезать кусок целлулоида, на поверхности делают надрез острым ножом и сильным ударом по листу отламывают надрезанный кусок. Если надрез длинный, то пользуются угольником, направляющим нож. Узкие полоски целлулоида после надреза отламывают от листа плоскогубцами. Края можно подравнять острым ножом или скальпелем.

Если надо обравнять края целлулоидного листа, то это можно сделать небольшим столярным рубанком. Таким же образом скашивают края целлулоидных полосок, прикрепляемых к целлулоидным пластинкам для изготовления «мелкого противня».

Таблица 2

Применимость метода Леа и Вента к изготовлению пластических копий чешуи различных видов рыб (по Леа и Венту — Lea and Went, 1936)

В и д ы р ы б		Результаты
<i>Clupea harengus</i>	— атлантическая сельдь	Удовлетворительные
<i>Clupea sprattus</i>	— балтийская килька; шпрот	•
<i>Salmo salar</i>	— лосось, семга	•
<i>Salmo eriox</i>	— форели (пресноводные и морские)	•
<i>Coregonus lavaretus</i>	— сиг	•
<i>Tinca tinca</i>	— линь	Трудно удаляется прилегающая ткань, в остальном удовлетворительно
<i>Abramis brama</i>	— лещ	Удовлетворительные
<i>Leuciscus sp.</i>	— елец	То же
<i>Anguilla vulgaris</i>	— угорь	•
<i>Esox lucius</i>	— щука	Копирование затруднено находящими одна на другую частями, образующими переднюю часть чешуи
<i>Gadus morrhua</i>	— треска	Удовлетворительные
<i>Gadus virens</i>	— сайда	•
<i>Gadus aeglefinus</i>	— пикша	•
<i>Gadus pollachius</i>	— поллак	•
<i>Gadus merlangus</i>	— мерланг	•
<i>Gadus minutus</i>		•
<i>Gadus Esmarkii</i>		•
<i>Merlucius merlucius</i>	— хек	•

Таблица 2 (окончание)

Вид рыб	Результаты
<i>Hippoglossus vulgaris</i> — палтус <i>Labrus bergylta</i>	Неопределенные Трудно удаляется прилегающая ткань, в остальном удовлетворительно
<i>Scomber scombrus</i> — скумбрия <i>Perca fluviatilis</i> — окунь	Удовлетворительные Удовлетворительные, если прикрыты шипы
<i>Lucioperca lucioperca</i> — судак <i>Sebastes marinus</i> — морской окунь	То же •
Пять видов аквариумных рыб	Удовлетворительные

Чтобы соединить куски целлулоида, их прикладывают друг к другу и наливают между соприкасающимися поверхностями немного растворителя. Целлулоид размягчается, и после испарения растворителя части оказываются спаянными одна с другой.

В табл. 2 приведены данные Леа и Вента, характеризующие возможность изготовления пластических копий чешуи различных рыб.

В последние годы в Америке и Западной Европе стали чаще всего применять для изготовления отпечатков чешуи вместо винтового или пневматического пресса вальцовый пресс (иначе, просто, «вальцы»), состоящий из двух параллельных стальных вальцов (валиков), которые укреплены на станине и вращаются простой ручкой (длина валиков около 20 см, диаметр 7—8 см). Верхний валик прижимается к нижнему винтом, причем давление регулируется эмпирически для чешуи каждого вида рыб. Берут пластинку из ацетата целлюлозы (рекомендуется длина пластинки 7,6 см, ширина 2,5 см, толщина 0,05—0,1 см), кладут на нее несколько чешуй и пропускают между валиками. На пластинке продавливаются отпечатки чешуи, а сама чешуя высыпается и выбрасывается.

В некоторых случаях пластинку перед изготовлением отпечатков чешуи размягчают на электрической плитке до 27—32°, в других случаях теплом не пользуются.

Смит (Smith, 1954) подробно описал метод изготовления пластических отпечатков чешуи рыб без подогревания пластинки из ацетата целлюлозы, т. е. при комнатной температуре. Применяется вальцовый пресс (рис. 13). Размер вальцов пресса (диаметр 7,6 см) подобран, исходя из того положения, что большее давление, а вместе с тем и сжатие полоски из ацетата целлюлозы получается между малыми вальцами; большое

пространство, которое подвергается давлению между большими вальцами (вследствие их меньшей цилиндрической кривизны), ослабляет давление, приложенное к каждому данному участку (значит, и там, где находится чешуя), и тем самым ослабляет сжатие полоски. При этом отпечаток чешуи получается более поверхностный, но воспроизводит все характерные особенности чешуи и поэтому наиболее удобен для работы.

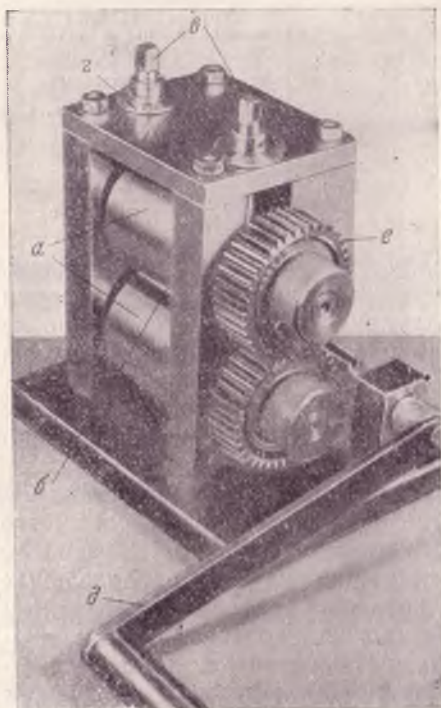


Рис. 13. Вальцовый пресс (по Смигу, 1954).

*а*—вальцы; *б*—щель между вальцами; *в*—винты для регулирования величины щели; *г*—дисковидная шкала винта; *д*—ручка; *е*—зубчатая передача.

Щель между вальцами устанавливается двумя специальными винтами, расположенными с каждой стороны верхней крышки металлической станины (над верхним валиком). Дисковидная шкала около винта градуирована с точностью до 0,02 мм. Вальцы приводятся в движение ручкой с зубчатой передачей, причем полоску из ацетата целлюлозы довольно легко провертывать через вальцы.

Пластинку из ацетата целлюлозы следует брать толщиной 0,5 мм. При этой толщине хорошо получаются отпечатки даже очень толстых чешуй. Пластинки толще 1 мм не годятся для отпечатков чешуи.

Величину щели между вальцами устанавливают в зависимости от толщины пластинки из ацетата целлюлозы, по следующей формуле:

$$P = (0,9156 T) - 0,00258,$$

где  $P$ —щель между вальцами;  $T$ —толщина пластинки из ацетата целлюлозы. Эта формула (величины приведены в дюймах) позволяет определить величину щели в момент, после



которого (т. е. при меньшей щели) происходит необратимое раздавливание ацетата целлюлозы (crushing point—точка «раздавливания»). Это происходит при сжатии пластинки более чем на 0,002 мм. Вследствие этого, когда на пластинку из ацетата целлюлозы положена чешуя (скульптурной поверхностью вниз, т. е. к пластинке) и пластинка проведена (провернута) через вальцы, чешуя отпечатается на пластинке. Особенно удачные отпечатки получаются, когда чешую кладут между двумя пластинками из ацетата целлюлозы: хорошо выходят даже наиболее глубокие части радиальных бороздок и наиболее мелкие скульптурные образования. Верхняя пластинка может употребляться многократно.

Для быстрого определения необходимой величины щели по приведенной выше формуле пользуются графиком. Для построения графика на оси ординат откладывают величину щели ( $P$ ) в дюймах (от 0,01 до 0,09, классовый промежуток 0,01 дюйма), а на оси абсцисс—толщину пластинки ( $T$ ) из ацетата целлюлозы (от 0,01 до 0,10 дюйма, классовый промежуток 0,01 дюйма). Вычислив по формуле величину  $T$  для каждого класса  $P$ , равного 0,01 дюйма, и нанеся точки на график, получаем прямую, показывающую соотношение  $P$  и  $T$ . Определить величину щели по такому графику очень просто.

Чешую для изготовления отпечатков следует брать сухую; отмывать ее не надо, но при взятии проб чешуи полезно считать с рыбы грязь.

Для нумерации и этикетирования полосок из ацетата целлюлозы употребляют быстро высыхающие и несмывающиеся чернила, которые изготовляют по следующему рецепту: 50 мл чернил для авторучки концентрируют выпариванием до объема 10 мл; затем к ним прибавляют 10 мл ацетона и 20 мл ледяной уксусной кислоты.

---

---

#### IV. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗРАСТА РЫБ ПО КОСТЯМ И ОТОЛИТАМ

##### а) Крышечная кость (*operculum*), клейтрум (*cleithrum*) и другие кости с плоскими частями

Крышечная кость и клейтрум ранее служили нередко основным материалом для определения возраста даже рыб с хорошей чешуей, например леща (Терещенко, 1917). Для определения же возраста осетровых это был единственный материал (Солдатов, 1915). После того как стали пользоваться срезами лучей плавников, прочие кости рыб в большинстве случаев служат контрольным материалом при разработке методики определения возраста у данного вида.

На костях чередуются широкие слои, образующиеся в период интенсивного роста (обычно в течение теплого времени года), и узкие слои как результат приостановки роста зимой.

При рассматривании в падающем свете (т. е. когда предмет освещен только сверху) широкие слои—матово-белые, а узкие (годовые)—темные. В проходящем свете (когда препарат освещен снизу) широкие слои—темные, а узкие—светлые, прозрачные.

Широкий и узкий слой составляют вместе *годовую зону*. Узкий слой является *годовым слоем*, по аналогии с годовым кольцом чешуи. Годовые слои называют также годовыми «кольцами», хотя на большинстве костей они не имеют формы кольца.

Добавочные слои похожи на годовые, но они слабы и расплывчаты, довольно хорошо отличаясь этим в большинстве случаев от годовых. Добавочные слои обычно выражены не по всему направлению годового слоя.

Нерестовые отметки на костях пока не обнаружены.

В зависимости от величины кости определение возраста ведется без увеличения (у крупных рыб) или с лупой (при увели-

чении в 6—10 раз). В зависимости от прозрачности костей, их рассматривают или в проходящем свете или в падающем—на темном фоне. Рассматривают кости и в крепком растворе спирта, а иногда одну сторону кости покрывают асфальтовым лаком, благодаря чему резкость годовых слоев усиливается.

Мелкие клейтрумы (по способу К. К. Терещенко, 1917) рассматривают под лупой при небольших увеличениях.

Годовые слои на костях образуются большей частью весной и летом, аналогично годовым кольцам на чешуе. Все обозначения возрастных групп, которые применяются при определении возраста по чешуе, употребляются и при работе с костями.

Крышечными костями (оперкулюм) пользуются для определения возраста мелких рыб. Для определения возраста осетровых эта кость обычно не употребляется, так как она требует предварительной сложной обработки. На ее внутренней стороне имеются валики и гребни, которые приходится срезать или подтачивать напильником.

У мелких рыб крышечные кости иногда настолько тонки и прозрачны, что для определения возраста их приходится подкрашивать раствором фиолетовых чернил (с последующим отмыванием), штемпельных чернил или пикрокармина.

Если крышечная кость исключительно тонка и прозрачна, она не может служить для определения возраста даже при подкрашивании, например крышечная кость (а также преоперкулюм—предкрышечная кость) большеглазого пузанка.

Для определения возраста и темпа роста окуня часто берут его крышечную кость.

А. Г. Смирнов (1929) пользовался крышечной костью аральской шемаи как контрольным материалом при определении возраста по чешуе. Кость, очищенную от мягких тканей и слизи, он выдерживал 10—15 минут в глицерине, затем нагревал ее до кипения глицерина. Кость становилась молочно-белой, и годовые слои резко выступали на ней.

Возраст бычков южных морей СССР определяют по последнему позвонку—уростилю—и подхвостовым косточкам—гипуралия (Б. С. Ильин), а также по отолитам.

У колючей акулы (*Squalus acanthias* L.) объектом для определения возраста служат колючие лучи плавников. На их эмалевой оболочке хорошо видны годовые слои. Лучше слои различимы на колючке второго спинного плавника (Кагановская, 1933).

Л. П. Астанин (1947) предложил размягчать свежие кости и зубы рыб кипячением в пресной воде в течение получаса. После кипячения кость легко режется бритвой или на микротоме. Срезы проваривают 5—10 минут в воде с небольшой примесью двууглекислой соды для удаления оставшихся мягких частей.



Потом кость помещают в абсолютный спирт, после чего в эфир, затем опять в абсолютный спирт и, наконец, опускают в 3%-ный раствор хлоралгидрата. Срезы покрывают покровным стеклом, которое обводят замазкой из воска и канифоли (в равных количествах). На таких препаратах годовые слои хорошо видны. Так изготовлялись, например, срезы челюстной кости налима, зубов щуки и др.

## **б) Позвонки**

Чтобы рассмотреть годовые слои на позвонках, поступают двумя способами:

1) рассматривают сочленовные ямки позвонка под лупой. Для этого позвонки кладут в ванночку с воском, устанавливая позвонок сочленовной ямкой кверху;

2) позвонок раскалывают в продольном направлении, со спинной части позвонка к его брюшной части (в дорзовентральном направлении). Половину позвонка укрепляют на воске так, чтобы исследуемая плоскость была обращена кверху и лежала плоско. Таким способом можно, например, рассматривать позвонки судака под лупой с увеличением в четыре раза (Фрейдфельд—Freidenfelt, 1922).

## **в) Костные лучи плавников крупных рыб**

Поперечные срезы костного луча делают лобзиком с двумя параллельно вставленными пилками, употребляемыми для металла. Пилки берут самые тонкие и между ними в зажимах лобзика вставляют металлическую пластинку. Во избежание выклинивания слоя первого года срез делают у самой головки луча, не далее 1 см от нее.

Готовый срез шлифуют на бархатном напильнике, после чего он готов для просмотра. Для удобства работы срез приклеивают на предметное стекло канадским бальзамом, следя за тем, чтобы бальзам не выступал по краям среза и не попадал на него сверху.

Перед просмотром срез смачивают каплей толуола или ксилола, что сразу резко просветляет препарат, облегчая просчет годовых слоев. Эти жидкости растворяют канадский бальзам, поэтому срез вначале может быть слегка подвижным, но по испарении жидкости он опять плотно приклеивается.

Для просветления препарата употребляют также трансформаторное или репейное масло, которые дают, может быть, несколько меньшую четкость, зато лишены раздражающего запаха, как ксилол и толуол.

Срезы можно держать в пакетиках с этикетками. Если срезы, смоченные перед самым просмотром, не просветляются сра-

зу, то их оставляют в просветляющей жидкости более длительное время. Удобно положить срезы от каждой рыбы в отдельный пакетик из пергамента (с этикеткой) и поместить все пакетики в банку с просветляющей жидкостью.

Для изготовления срезов костных лучей осетровых и других крупных рыб Н. Л. Чугунов (1926) сконструировал специальный прибор, ускоряющий эту операцию в 3—4 раза и очень простой в употреблении. Срезы, полученные при помощи этого прибора, в большинстве случаев не нуждаются в шлифовке.

Главную часть прибора Н. Л. Чугунова (рис. 14) составляют две дисковидные мелкозубчатые пилки из инструментальной (алмазной) стали, поставленные параллельно, на расстоянии 0,5 мм одна от другой. Вращением этих пилок и осуществляется срез луча. На одном валике с пилками находится шлифовальный круг (посередине валика). При помощи шарикоподшипников валик укреплен на тяжелой чугунной станине и приводится мотором во вращательное движение вместе с пилками и шлифовальным кругом. Мотор соединен с валиком ременной передачей, идущей через передаточный круг, расположенный справа на валике. Скорость вращения регулируется реостатом.

Прибор вместе с мотором и реостатом расположены на одной деревянной доске (рис. 14, сверху). Луч подается к пилкам специальным зажимом, установленным на столике прибора. По мере распила луч вместе с зажимом автоматически придвигается к пилкам особой пружиной. Прижимающее действие пружины регулируется при распиливании лучей разной толщины винтом.

Прибор можно приводить в движение и вручную, прикрепив для этого к передаточному кругу ручку. Во время работы прибора на электрическом токе пилки прикрывают небольшим защитным кожухом.

Луч осетровых устанавливают в зажиме, как видно на рис. 14, передней гранью к пилкам, острым концом влево и сочленовой головкой вправо. Готовый срез падает на доску прибора или остается между пилками, откуда его вынимают препаровальной иглой или специальным крючком. Недостаточно тонкие срезы обрабатывают дополнительно на шлифовальном круге.

На приборе Чугунова, помимо лучей осетровых, распиливают более или менее толстые лучи других рыб—сома, сазана (зубчатые лучи спинного и анального плавников), крупного судака.

На срезе луча чередуются широкие, в проходящем свете—темные, в падающем—белые слои, соответствующие периодам

быстрого роста, с узкими, в проходящем свете светлыми, в падающем—темными слоями периодов задержки роста, которые являются годовыми слоями. По их числу просчитывается возраст.

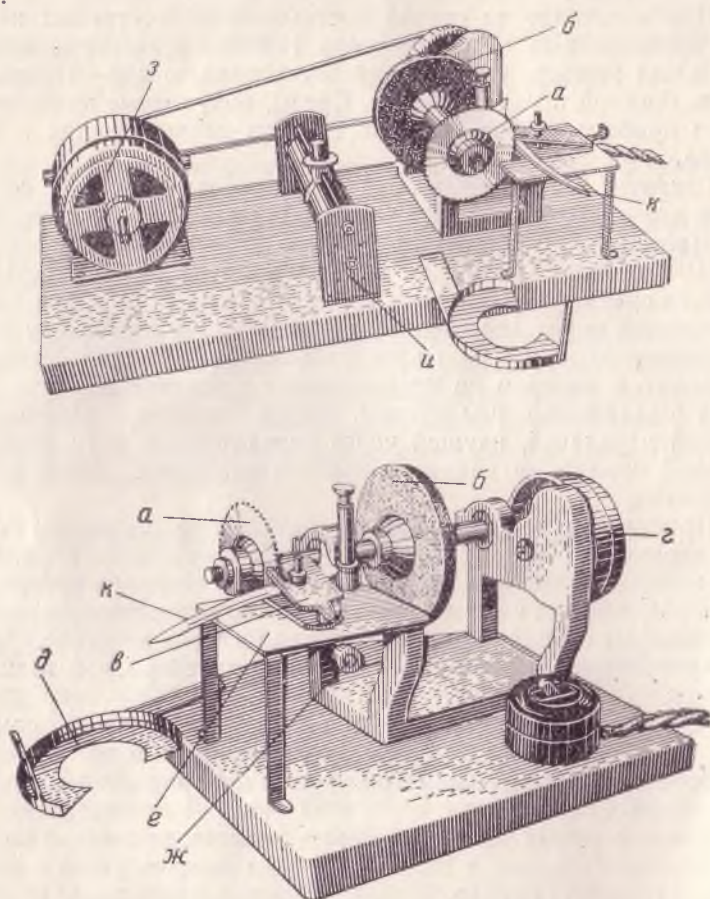


Рис. 14. Прибор для изготовления срезов лучей осетровых.  
Вверху—вид сбоку; внизу—вид спереди.

*а*—две дисковидные пилки; *б*—шлифовальный круг; *в*—зажим, привдвигающий луч к пилкам; *г*—передача от электромотора или для прикрепления ручки; *д*—защитный кожух (изображен открытым); *е*—столик, под которым находится пружина для зажима; *ж*—винт, которым регулируется пружина; *з*—мотор; *и*—реостат; *к*—луч.

Срезы осетровых рассматривают под лупой, бинокляром или микроскопом с увеличением в 25 раз.

Отчетливее всего годовые слои видны на срезах, изготовленных при установке пилки на расстоянии 0,5 мм. Срез получает-



ся толщиной около 0,3 мм, так как часть кости при распиле разрушается. Слишком тонкие или слишком толстые, непрозрачные срезы непригодны для определения возраста.

По сходному принципу Шоффман (1954) сконструировал прибор для распиливания колючего луча грудного плавника американского сома *Ictalurus lacustris punctatus*. В приборе Шоффмана, как и в приборе Чугунова, лезвие пилы имеет вид диска диаметром 2,2 см (0,875 дюйма) и толщиной 0,01 см (0,005 дюйма). Пилку вращает мотор. В отличие от прибора Чугунова, дисковидное лезвие пилы не двойное, а одинарное и очень тонкое. Шлифовать срезы не требуется.

Годовые слои у осетровых весьма удобно просчитывать на боковых лопастях среза (рис. 15). Для счета пользуются препаративной иглой, которой можно обвести вокруг всего годового слоя.

Очень хорошие результаты дает применение осветителя с конденсатором<sup>1</sup> или отечественного бинокля МБС-1, а также другой оптики со специальными осветителями. Даже непрозрачные срезы, на которых годовые слои не видны при обычном свете, могут служить для просчета при применении осветителя. Как правило, срезы рассматривают в проходящем свете, но в некоторых случаях и в падающем свете (на черном фоне). Это необходимо для определения добавочных слоев, которые в падающем свете бледнеют или совсем исчезают. Применение осветителя ускоряет работу в 2—3 раза.

На срезе луча различают центр, годовые слои, которые окружают центр замкнутыми, неправильной формы фигурами, более или менее параллельными краям среза, верхнюю часть среза и боковые лопасти (см. рис. 15).

В боковых лопастях очень часто встречаются добавочные центры, образованные добавочными лучами. Они бывают расположены с одной или двух сторон, на ранних возрастах или на поздних. Центр среза иногда имеет вид точки или кружочка.

Срезы лучей различных видов осетровых неодинаковы. Срез луча севрюги имеет округлые края; боковые лопасти вытянуты большей частью слабо. Добавочные центры встречаются очень часто. Добавочных слоев немного. Возраст севрюги определяется легко.

Срезы лучей осетра имеют в большинстве случаев угловатые очертания годовых слоев и края. Довольно часто разрушен годовая слой первого года. Добавочных слоев много. Часто годовые слои бывают сдвоенны с добавочными, что силь-

<sup>1</sup> Свет электрической лампочки, отраженный специальным экраном, окружающим ее с трех сторон, направляется на препарат снизу или сверху. Это дает очень сильное просвечивание в первом случае или освещение во втором.

но затрудняет определение возраста. Добавочные центры встречаются реже, чем у севрюги. Центр среза, как правило, обозначается небольшим кружочком.

Срезы лучей молодой белуги похожи на срезы лучей севрюги; годовые слои на них также довольно четки. Срезы лучей крупных белуг старого возраста менее четки, и по

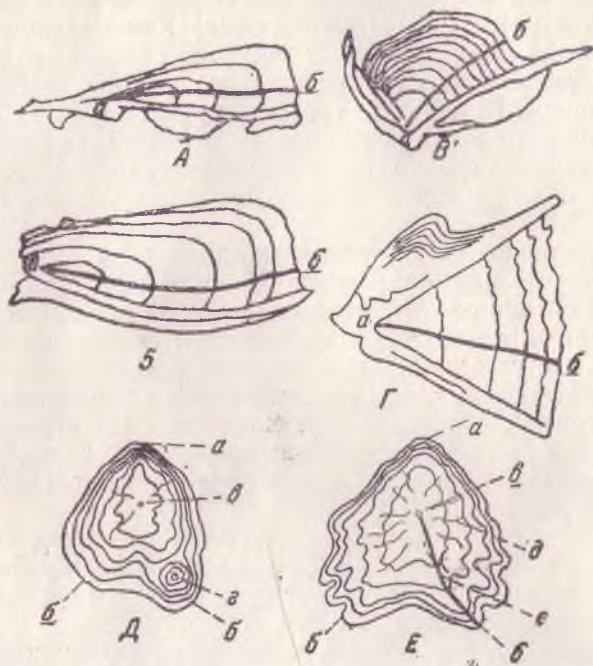


Рис. 15. Годовые слои на костях рыб.

*A*—клеитрум воблы; *B*—клеитрум леща; *В*—клеитрум осетровых; *Г*—крышечная кость окуня; *а**б*—линия измерений (по Н. Л. Чугуну, 1926); *Д*—срез луча севрюги; *Е*—срез луча осетра; *а*—верхняя часть; *б*—боковые лопасти; *в*—центр, *з*—добавочный центр; *д*—радиальная бороздка; *е*—линия измерений среза.

ним трудно определять возраст. Можно допустить ошибку, просчитывая узкие, часто расположенные годовые слои старших возрастов. На центральной части среза луча крупных белуг нельзя различать годовых колец, так как она бывает сильно разрушена. Это наблюдается также у крупных осетров и севрюг.

В таких случаях срез отбрасывают или возраст определяют приближенно. Делают расчет возраста того периода, который соответствует разрушенной части среза, по аналогии с другими неразрушенными срезами. Иногда хорошие результаты полу-

чаются при распиле мягких лучей плавников, на которых нет разрушенных центров.

Годовые кольца различимы на внутренней гладкой поверхности жучек, если их рассматривать на свет, но гораздо лучше они видны на их поперечных срезах, проходящих через самую высокую точку (Д' Анкона—D' Ансона, 1924).

### г) Лучи плавников мелких и средних рыб

Плавники мелких и средних рыб (Бойко и Дойников, 1941; Бойко, 1951) распиливают целиком, так как годовые слои видны на срезах не только твердых, но и мягких лучей. На лучах одних плавников годовые слои видны лучше, на других—хуже. Поэтому надо на опыте убедиться, с каким плавником лучше всего работать. У судака обычно берут брюшной плавник; у леща, рыбака, тарани, жереха, чехони и некоторых других карповых берут грудной и спинной плавники; у сельди, дальневосточной сардины, кеты, семги—грудной плавник; у сазана, карася и линя—первые (костные) лучи спинного и анального плавников; у сома—первый луч грудного плавника.

Маленькие плавники мелких рыб (длиною менее 15 см) перед распилом заливают в целлулоид. Хорошо высушенный плавник опускают на несколько секунд в растворитель целлулоида. Затем плавник переносят в густой раствор целлулоида, где держат его от нескольких секунд до 5—6 минут (в зависимости от величины плавника). После этого плавник кладут на бумагу и просушивают.

Целлулоид можно получать из фотографической пленки. В качестве растворителя надо пользоваться ацетоном, но можно употреблять и уксусный эфир, серный эфир, смесь (1 : 1) спирта и серного эфира. Раствор целлулоида по своей густоте должен походить на густой мед. Путем вторичного погружения плавника в целлулоид слой его можно довести до любой толщины, а расправляя плавник на бумаге—придать ему форму, удобную для распила. После заливки плавник сушат на воздухе часа 2—3. Не следует пользоваться сушильным шкафом, так как целлулоид в нем пузырится, а плавник крошится.

Плавники распиливают пилкой (по «металлу», лучше всего № 00). Работать двумя параллельно вставленными пилками нельзя, так как они крошат мелкие лучи. Пилку вставляют в лобзик зубцами вниз и туго затягивают. Плоскости зажимов лобзика, в которые вставлена пилка, должны быть строго параллельны, иначе пилка будет распиливать вкось. Чтобы пилка была гладкой, ее зачищают от заусенцев лезвием безопасной бритвы, проводя им несколько раз с обеих сторон пилки, вставленной в лобзик.



Перед распилом плавник кладут на дощечку, укрепленную у края стола («столлик для лобзика»), и плотно прижимают плавник к дощечке пальцами левой руки. Распиливать плавник начинают со стороны наиболее твердых и толстых лучей, для чего плавник кладут этими лучами по направлению к себе. При работе с парными плавниками надо брать правый плавник, так как он удобнее для распила. За край дощечки плавник выдвигают не более чем на 3—5 мм, иначе он дрожит и крошится. Под дощечкой кладут темную ткань (фартук), закрывая ею колени, чтобы на нее падали срезы лучей.

Лучи распиливают у сочленовной головки, ставя пилку строго поперек (под прямым углом) луча (рис. 2). При пилении сначала делают очень короткое движение пилкой сверху вниз. При этом пилка врежется в кость, и дальше распиливание идет без затруднений.

Лобзик надо держать у предплечья, чтобы пилка все время находилась в вертикальном положении прямо перед глазами. Пилить надо равномерно, не очень быстро, короткими движениями (пилить несколькими зубцами) вверх и вниз. Сначала отпиливают сочленовные головки, затем делают самый срез, стараясь, чтобы он был толщиной 0,4—0,5 мм. Плавник до конца не допиливают, чтобы не уронить и не потерять срез. Его отделяют от плавника пинцетом или пальцами.

Чтобы годовые кольца были видны, срез должен проходить перпендикулярно нескольким первым лучам плавника, срезы которых (в дальнейшем) будут использованы для определения возраста.

От одного плавника надо делать несколько последовательных срезов, чтобы при определении возраста выбрать лучшие. Срезы унаковывают в конвертики, на которых делают соответствующую надпись (этикетку).

Для распила лучей плавников мелких и средних рыб Е. Г. Бойко и Е. Г. Фесенко сконструировали специальный прибор (Бойко, 1951). Он смонтирован в металлическом корпусе—коробке, изготовленной для большей устойчивости из толстого 5-миллиметрового железа. Режущей частью прибора служит дисковый фрез (тонкая дисковидная пилка), укрепленный на валу электромотора с большим числом оборотов. Фрез и электромотор смонтированы в корпусе таким образом, что фрез вышашается над верхней плоскостью прибора не более чем на 2 см (около  $\frac{1}{3}$  его диаметра).

Для безопасности фрез закрыт сверху металлическим кожухом. Этот кожух прикреплен к площадке, служащей для удержания плавника при распиливании. При исходном положении указанной площадки, когда она отведена по направлению к работающему, кожух закрывает всю верхнюю часть фреза; при

смещении же площадки назад во время распиливания плавника кожух также отходит назад, открывая, таким образом, переднюю часть верхушки фреза для подводимого к нему плавника.

Электромотор вместе с насаженным на его вал фрезом установлен на подвижной площадке суппорта. неподвижная часть суппорта закреплена на днище коробки. Ходовой винт перемещает подвижную площадку суппорта, а также электромотор и закрепленный на нем фрез вдоль продольной оси прибора. Перемещение осуществляется вращением лимба, находящегося на правой внешней стороне прибора.

Распиливать плавник начинают с положения, когда фрез отведен до отказа влево. В дальнейшем при каждом новом распили плавника фрез подается все более и более вправо, в общей сложности не более чем на 10 мм. По окончании распиливания плавник возвращают в исходное положение, т. е. снова отводят до отказа влево. Таким образом, не вынимая плавника из держателя, но последовательно передвигая фрез, можно сделать от одного плавника до 4—5 спилов.

Фрез вращается по направлению к работающему. Утопленная внутрь коробки часть его также заключена в кожух, предназначенный для предохранения деталей прибора внутри корпуса от загрязнения костяными опилками. К этому внутреннему кожуху через отверстие в задней стенке коробки подведен шланг пылесоса. Пылесос, включаемый одновременно с мотором прибора, отсасывает опилки и пыль, образующиеся при распиливании плавника. Плавник перед распиливанием плотно укрепляют в держателе на верхней подвижной площадке прибора. Закрепляя плавник в зажиме, следует следить, чтобы плавниковые лучи были расположены, по возможности, перпендикулярно плоскости фреза. Верхняя подвижная площадка передвигается поперек прибора, параллельно плоскости вращающегося фреза. Это осуществляется при помощи другого суппорта, смонтированного на нижней внутренней стороне крышки прибора и приводимого в движение рукояткой, находящейся на передней стенке ящика.

Подавая площадку вместе с укрепленным на ней плавником на фрез, делают распил плавника на нужную глубину—обычно через 5—7 его первых лучей, после чего площадка немедленно возвращается в исходное положение, т. е. подтягивается к работающему. Перед вторым распилом фрез подается немного вправо, на расстояние, соответствующее требуемой толщине спила. Расстояние, на которое передвигается фрез, равно заданной толщине спила, сложной с толщиной фреза, и определяется или на глаз—по смещению плоскости фреза по отношению к месту первого распила, или же по специальной шкале, имеющейся на передвигающем фрез лимбе.



Рекомендуется пользоваться электромотором в 100 вт, дающим до 5 тысяч оборотов в минуту, и фрезом диаметром 60 мм и толщиной около 0,4—0,3 мм с высотой зубца 1 мм.

На приборе Бойко—Фесенко можно пилить плавники рыб любых размеров, даже молоди, причем плавники рыб менее 15 см следует предварительно заливать в целлулоид. За 8 часов на этом приборе можно изготовить в среднем около 600 срезов плавников, причем спилы получаются лучше, чем при распиливании лобзиком.

Прибор Бойко—Фесенко иногда крошит спилы или перегревает их. Если спилы не тоньше 0,5 мм, а фрез не перекошен и не очень толст, он не должен крошить лучи плавника. Если же это все-таки происходит, то значит плавник сильно пересушен или лучи его недостаточно плотно склеены друг с другом. В первом случае плавники следует увлажнить, завернув для этого всю чешуйную книжку с плавниками в мокрую ткань на время от нескольких часов до суток, в зависимости от размеров плавников. Во втором случае плавники заливают в целлулоид.

Перегревается спил только тогда, когда плавник распиливается слишком долго. Это может быть от низкого напряжения в сети, малой мощности мотора или оттого, что фрез сильно затупился. В этих случаях на один пропилен затрачивается 5—7 секунд и более вместо обычных 1—2 секунд, что и вызывает перегревание спила, в результате чего видимость годовых колец резко ухудшается. Годовые слои выглядят в этом случае как темные, почти черные, узкие штрихи, плохо заметные на коричнево-темном фоне «летних» приростов. Иногда перегрев удается устранить, беря для распила сыроватые или искусственно увлажненные плавники. Однако лучше всего устранить причину перегрева в приборе.

Для распила лучей плавников удобно применять электрический лобзик отечественного производства типа ЭЛ-1.

Годовые слои видны только на сухих срезах. Иногда срез полезно прогреть 5—10 минут в термостате или в сушильном шкафу при температуре 60—70° (пока поверхность среза немного пожелтеет). Срезы лучей рыбца, шемаи, кефалевых, трески, лососевых, сельдей, дальневосточной сардины, пелагиды прогревать необходимо. У судака, леща, чехони, сазана, тарани, сома и многих других рыб годовые кольца хорошо видны без прогревания.

Срезы просматривают в просветляющих жидкостях. Для этого можно употреблять толуол, ксилол, бензол, но при массовой работе лучше брать масла, не имеющие резкого запаха, — трансформаторное, репейное, кедровое, кедроль и некоторые другие. Можно просветлять спиртом, скипидаром, бензином, глицерином, но в этих жидкостях годовые кольца видны хуже.



При повторном просмотре срезов, после масла, иногда приходится их снова прогревать, чтобы годовые кольца опять стали хорошо видны.

Годовые слои на мелких лучах, как и у осетровых, в проходящем свете светлые, в падающем—темные. Первый годовой слой иногда отличается своей формой от других слоев, особенно если луч распилен не у самой головки; поэтому для определения первого года у новой рыбы надо иметь срезы лучей сеголетков и годовиков.

Возраст по срезам определяют под микроскопом или бинокуляром при увеличении от 10 до 60 раз, реже при большем. Удобнее всего работать с бинокуляром. При просмотре срезов пользуются препаровальными иглами, чтобы легко переворачивать и передвигать срезы, а также считать годовые слои. При налаженной технике работа со срезами идет очень быстро. На Доно-Кубанской научной рыбохозяйственной станции один человек за 8 часов работы делает 200—250 срезов плавников, или заливают 250—300 плавников в целлулоид, или определяет возраст 300—500 штук (Бойко, 1951).

Определение возраста по срезам лучей иногда дает лучший результат, чем по чешуе, например у крупного судака, леща, сазана, жереха (Пробатов, 1927), у многовозрастных сибирских сига. Годовые слои на срезах лучей видны яснее, чем годовые кольца на чешуе, и на них меньше добавочных колец. Кроме того, на срезах лучше, чем на чешуе, видны последние годовые кольца у старых рыб. Например, при определении возраста донского судака по чешуе не находили рыб старше 10 лет. При использовании же срезов определили возраст судаков до 18 лет.

Пока еще не разработана методика обратных расчислений по срезам лучей (кроме осетровых и сома: Пробатов, 1929). На срезах лучей не удастся обнаружить и нерестовые отметки. Этим возможности работы по лучам по сравнению с чешуей сильно ограничиваются. В то же время для рыб обычных в промысле размеров при внимательной работе с чешуей получаются вполне надежные результаты определения возраста. Так, например, А. Г. Кузьмин на каспийской вобле показал, что из 39 рыб в возрасте 2+ и 3+, у которых были просмотрены лучи и чешуя, расхождение получилось только в одном случае (по чешуе 3+, по лучам 2+). Но у пяти рыб он по лучам не мог определить возраст, вероятно из-за того, что срезы были неудачны. Лучи можно брать не только от свежей рыбы, но и от соленой, предварительно вымочив их перед обработкой. Формалиновый материал дает гораздо худшие результаты.

К определению возраста по срезам лучей плавников надо прибегать, если определение по чешуе не дает удовлетворитель-

ных результатов, а также в порядке контроля при изучении многовозрастных рыб. Чешуя все же дает большие возможности для изучения прошлой жизни рыб и точнее отражает в своей структуре биологию рыбы.

#### д) Отолиты

Перед просмотром мелкие отолиты удобно наклеивать на предметные стекла канадским или пихтовым бальзамом.

В падающем свете на отолите чередуются широкие белые и узкие темные зоны, в проходящем, наоборот, широкие зоны—темные, а узкие—светлые, прозрачные. Годовое кольцо соответствует границе между внутренней узкой и внешней широкой зонами. В середине отолита обыкновенно имеется центральное ядро (в падающем свете темное, в проходящем—светлое), окруженное колечком (но не всегда). Это колечко не следует смешивать с первым годовым кольцом.

В зависимости от величины отолита его изучают под лупой или биноклем, подбирая наиболее удобное увеличение. Мелкие прозрачные отолиты (хамсы, шпрота, ставриды, даже судака, у которого отолиты довольно крупны и прозрачны) рассматривают без всякой предварительной обработки, помещая их в просветляющие жидкости. Иногда отолит следует немного подшлифовать на мелкозернистом точильном камне. При шлифовке отолит надо придерживать мягкой пробочкой. Часто при шлифовке его держат прямо на пальце, но при длительной работе кожу на пальце легко повредить. Можно шлифовать отолит, поместив его на стекло в каплю расплавленной канифоли, после того как она застынет.

Крупные отолиты, например трески, обрабатывают следующим образом: отолит покрывают со всех сторон слоем асфальтового лака, затем его разламывают посередине на две части; поверхность слома подшлифовывают; обе половинки отолита помещают в ванночку с воском так, чтобы поверхность слома была обращена кверху, и рассматривают в падающем свете, пользуясь просветляющими жидкостями.

Если подержать отолит на раскаленной железной пластинке или в пламени спиртовки, то он желтеет, и годовые кольца выступают резче. Этот прием применяют при просмотре отолитов трески, а также корюшки. Иногда перед прокаливанием отолит помещают в мед.

Для просмотра разломанных пополам отолитов (не покрытых асфальтовым лаком) удобно пользоваться ванночками из темного пластилина. На одно предметное стекло можно укрепить 4—5 ванночек (кубики из пластилина со стороной около 1 см); на верхней поверхности палочкой продавливают овальное углубление—ванночку (глубиной до 5 мм), в дно которой вдавли-

ливают обе половинки отолита поверхностью слома кверху. Поверхность слома должна лежать на одном уровне с дном ванночки. В ванночку капают 1—2 капли трансформаторного масла.

В некоторых случаях применяют более сложные приемы обработки отолитов. Отолиты беломорской корюшки выдерживают сначала в нашатырном спирте (25% -ный аммиак) от 30 минут до 24 часов, но чаще всего 4—5 часов. После этого отолиты промывают в горячей воде и рассматривают под лупой в капле глицерина. Если кольца плохо видны, то отолиты помещают на 3—5 минут в кипящий раствор поваренной соли (на 100 см<sup>3</sup> воды—6 г соли) и снова промывают в горячей воде.

Отолиты, которые после такой обработки не отчетливы, дополнительно шлифуют. Для этого отолит распиливают лобзиком пополам (перпендикулярно к продольной оси) или стачивают напильником, а потом шлифуют на оселке. Затем отолит заливают в канифоль на предметном стекле так, чтобы отшлифованная плоскость была обращена к стеклу. Когда канифоль затвердеет, отолит стачивают напильником до тонкой пластинки; ее шлифуют на оселке до полной просвечиваемости, растворяют канифоль ксилолом, заливают канадским бальзамом и покрывают покровным стеклом (Федоров, 1931).

Тоонинг (Taning, 1938) предложил следующий способ изготовления поперечных шлифов отолитов, который он применил при изучении трески.

Отолиты помещают в гипс. Для этого употребляют форму, сделанную из доски, толщиной в 2—2,5 см с пятью просверленными в ней цилиндрическими отверстиями диаметром в 15—16 мм, обитыми металлом (рис. 16, а). Доска помещается на стекле, которое служит для удерживания в форме жидкого гипса. Отверстия пронумерованы. Перед наполнением отверстий гипсом каждое из них выстилается бумагой (рис. 16, б), которая облегчает удаление гипсового блока из формы при помощи деревянного колышка (рис. 16, в). Для окрашивания в черный цвет к жидкому гипсу прибавляют немного водного раствора окиси марганца («черного марганца») и всю массу тщательно размешивают. Отолиты погружают пинцетом в налитый в отверстия формы мягкий гипс так, чтобы они стояли вертикально, заостренным концом вниз (рис. 16, г). Рекомендуется иметь восемь форм, чтобы можно было одновременно заложить 40 отолитов.

Наполовину затвердевший блок выталкивают колышком в из деревянной формы и помещают в коробочку с этикеткой. Шлифовку можно начинать, когда гипс окончательно затвердеет. Для этого употребляется электрический точильный станок (рис. 17). На одном конце станка (рис. 17, справа) имеет-



ся стальной шлифовальный диск *a*, вращающийся в вертикальной плоскости. На диск наклеивается фотографическим клеем карборундовая бумага, вырезанная по форме диска *a*. Диск вращается со скоростью 1200—1800 оборотов в минуту около стального столика *b*, поддерживающего подвижную колодку *в*. Цилиндр из гипса с отолитом помещают на колодку *в* и прижимают к вращающемуся шлифовальному диску *a*. Оба конца блока стачивают так, чтобы были видны концы отолита

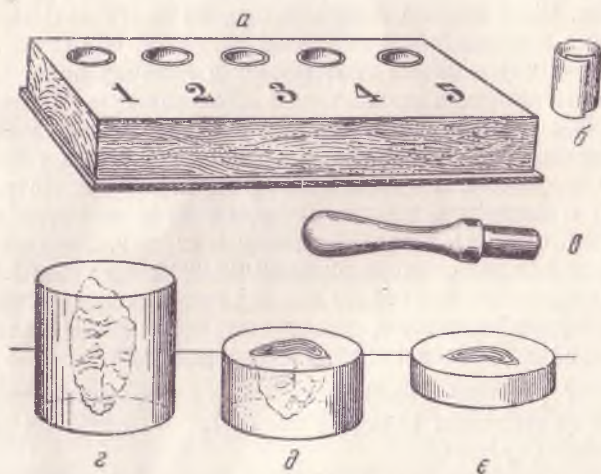


Рис. 16. Форма для заливки отолитов в гипс (по Тоонингу, 1938):

*a*—форма; *b*—бумага для обкладки отверстий формы; *в*—колышек; *г*—гипсовый блок с отолитом, сточенный до отолита; *д*—блок сточен до середины отолита; *е*—блок сточен с двух сторон.

(рис. 16, *г*). Затем на поверхности гипсового блока карандашом отмечают место, где должен быть центр отолита; центр отолита определяют при помощи маленькой миллиметровой линейки. Стачивание блока продолжают до отметки, обозначающей центр отолита (рис. 16, *д*) и таким путем получают гладкий срез через середину отолита. На гипсе отмечают эту поверхность для определения в дальнейшем возраста рыбы по отолиту. Если отшлифованная поверхность не годится для счета годовых колец, то блок поворачивают и стачивают другой конец отолита (рис. 16, *е*).

Удобно закрепить на внешней части диска *a* (рис. 17) грубую карборундовую бумагу, а на внутренней части—мелкозернистую. Внешние части гипсового блока с отолитом быстро стачивают на грубой бумаге, а внутренние части—на мелкозернистой.

На шлифование одного отолита требуется около минуты. Способом Тоонинга за день можно сделать 150 препаратов.

Для определения возраста гипсовый диск (или низкий цилиндр) помещают в чашку Петри с ксилолом, который быстро пропитывает гипс. Окись марганца при этом образует черный фон для отолита, на котором при хорошем освещении ясно выступают годовые кольца. По такому препарату легко определить возраст и измерить ширину годовых зон.

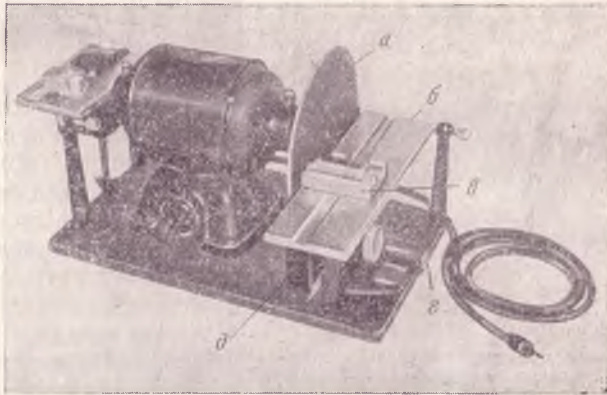


Рис. 17. Шлифовальный станок для отолитов (по Тоонингу, 1938).

а—шлифовальный диск; б—стол; в—подвижная колодка, на которую кладут блок с отолитом; г—трубка для пылесоса; д—камера шлифовального диска.

В тех случаях, когда материал особенно ценен и нежелательно стачивать половину отолита, его разрезают через центр маленькой дисковидной пилкой из твердой стали с зубцами в 0,2 мм, которую закрепляют на противоположном шлифовальному диску конце мотора (на рис. 17—с левой стороны, но дисковидной пилки на рисунке не видно). Специальный зажим подводит блок к пилке. Пилка быстро тупится; одним лезвием можно разрезать только 20—30 отолитов. Поверхности блока после распила слегка шлифуют. Этим способом получают из одного отолита два препарата (или четыре, если нужно).

На описанном станке можно изготовить шлифы толщиной 0,2—0,3 мм. Их прикрепляют к предметному стеклу и рассматривают при помощи микропроектора. Для фотографирования лучше делать тонкие шлифы на минералогическом шлифовальном приборе, так как при изготовлении на описанном специальном станке тонкие шлифы ломаются.

Рекомендуется присоединить к прибору пылесос при помощи трубки *г*, расположенной под столиком *б* и отходящей от камеры *д*, в которой вращается диск *а*.

Тоонинг полагает, что можно шлифовать отолиты всех рыб, у которых они не слишком малы.

Помимо годовых колец, на отолитах бывают видны и добавочные кольца. Они менее резки и большей частью не замкнуты.

У многих рыб определение возраста по отолитам очень удобно и дает хорошие, точные результаты.

Так, возраст судака А. Г. Кузьмин (1947) рекомендует определять по отолитам (рис. 18), а не по чешуе, как это делалось раньше.

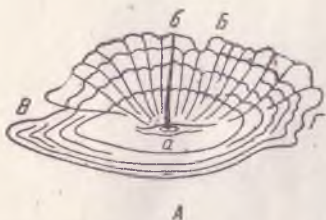


Рис. 18. Схема отолита судака (по Кузьмину, 1947).

А—нижний край; Б—верхний край; В—передний конец; Г—задний конец; а—центр, аб—направление измерения.

Возраст сельдей по отолитам определяют редко. Во-первых, их отолиты очень мелкие (обычно не более 5 мм) и их не так легко извлекать из рыбы, а во-вторых, годовые слои на них не всегда хорошо заметны. На внутренней части отолитов, образовавшейся в первые годы жизни сельди, хорошо видно чередование широких и узких зон, а в старших возрастах годовые слои имеют вид тонких черточек на общем светлом фоне (в проходящем свете). Оtolиты норвежских сельдей четки и удобны для определения возраста (Lissner, 1925), но у азово-черноморских сельдей (Замахаев, 1940), у большеглазого пузанка (Чугунова, 1949 б) и у каспийского пузанка (Недошивин и Тихий, 1913) годовые слои на отолитах расплывчаты, и отолиты не всегда годятся для работы.

По отолитам можно определять возраст исландских сельдей, причем по характеру центра отолита (прозрачный или мутный) решается вопрос о принадлежности данной особи к весенней или к летне-осенней расе (Эйнарсон—Einarsson, 1951).

Попытку установить на отолитах трески нерестовые отметки сделал Роллефсен (Rollefsen, 1934). Он наблюдал, что у зрелой трески наружные зоны несколько отличаются от внутренних: они мельче и их гиалиновая часть (т. е. прозрачная в падающем свете) часто более резко выражена и шире, чем непрозрачная. Обычно число этих зон сильно колеблется, но они никогда не чередуются с широкими зонами. Такие зоны не встречаются у молодой, незрелой трески. Роллефсен считает их нерестовыми зонами.



---

## V. ВЫЧИСЛЕНИЕ ВОЗРАСТНОГО СОСТАВА УЛОВОВ РЫБЫ И ТЕМПА СОЗРЕВАНИЯ

Возрастным составом уловов называется соотношение в улове возрастных групп рыб, которое принято выражать в процентах. Возрастной состав уловов—один из наиболее важных элементов при изучении динамики численности рыб и при составлении прогнозов уловов. Поэтому правильность вычисления возрастного состава уловов имеет особенно важное значение.

После взятия из улова рыбы средней пробы (см. главу II), каждый экземпляр из нее взвешивают, измеряют его длину, определяют пол, зрелость половых продуктов и берут от него чешую (или кости, или отолиты). Всю пробу взвешивают для установления среднего веса. Затем определяют возраст и подсчитывают число рыб каждого возраста. Если в пробе было 100 рыб, то сразу получается возрастной состав в процентах. Если же в пробе было иное число рыб, например 85 или 115, то результаты подсчета возрастного состава по количеству экземпляров переводят в проценты. Это удобно делать на логарифмической линейке. Обычно в этой же пробе подсчитывают возрастную состав в процентах отдельно у самцов и у самок.

Полученный «возрастной состав пробы» считают возрастным составом данного улова, полагая, что средняя проба для этого достаточно показательна (репрезентативна). При записи возрастного состава в процентах следует указывать число экземпляров в пробе, что характеризует степень репрезентативности пробы.

### а) Вычисление возрастного состава сложением средних проб

Если нужно определить средний возрастной состав из нескольких уловов какого-либо вида рыб, то пробы складывают, получают число экземпляров каждого возраста в сумме проб

и затем вычисляют средний возрастной состав в процентах (табл. 3).

Т а б л и ц а 3.

Возрастной состав уловов кубанского судака в весеннюю путину 1929 г.  
(по Майоровой, 1930)

Возраст	3	4	5	6	7	8-9	<i>n</i> *
		В числе экземпляров					
Самки . . . . .	356	1612	1829	916	84	17	4814
Самцы . . . . .	158	948	809	332	16	3	2266
Самки и самцы . . . . .	514	2560	2638	1248	100	20	7080
		В процентах					
Самки . . . . .	7,4	33,5	38,0	19,0	1,7	0,4	100
Самцы . . . . .	6,9	41,8	35,7	14,7	0,7	0,2	100
Самки и самцы . . . . .	7,3	36,2	37,3	17,5	1,4	0,3	100

\* Латинской буквой *n* принято обозначать число экземпляров рыб.

Так можно вычислить возрастной состав уловов за разные сроки (за путину, за месяц, за пятидневку, за день) на одной тоне, одном рыбозаводе, группе рыбозаводов, во всем промысловом районе. В море соответственно можно определить возрастной состав улова одного судна, всех уловов на данном участке моря или во всем промысловом районе.

Обычно возрастной состав указывают в процентах (три нижние строчки табл. 3), а показателями возрастного состава по числу экземпляров пользуются лишь для вычисления процентов.

Способ вычисления возрастного состава уловов путем сложения средних проб дает в большинстве случаев вполне надежные результаты. Он правильно отражает фактический возрастной состав и применяется, например, при составлении прогнозов уловов воблы и леща на Северном Каспии.

В некоторых случаях возрастной состав вычисляют более сложными способами, которые описаны ниже. Такие пересчеты применяются для определения возрастного состава сельдей из уловов Среднего Каспия, потому что колебание их ежедневных уловов во время путины весьма значительно. Обычно берут одинаковые средние пробы как из больших, так и из малых уловов.

При простом сложении средних проб придается равное значение возрастному составу рыб из малого улова

(500 рыб) и возрастному составу рыб из большого улова (50 000 рыб). Предположим, что в малом улове было много рыб старшего возраста (шестигодовиков 70%), а в большом их было мало (10%). В каждой пробе у нас было по 100 рыб. Если мы сложим эти пробы без учета уловов, то получится, что во всем улове (50 500 рыб) было  $(70+10) : 2 = 40\%$  шестигодовиков. Итак, в числе 50 000 рыб фактически имеется 10% шестигодовиков; если же к этому улову прибавить всего лишь 500 штук, то при вычислении способом сложения средних проб общее количество шестигодовиков окажется равным 40%, т. е. результат получается неудовлетворительный.

### **б) Вычисление «взвешенного» возрастного состава по способу Морозова—Майоровой**

Для уточнения возрастного состава за длительный период (например за путину) иногда применяют вычисление «взвешенного» возрастного состава по способу Морозова—Майоровой (Морозов, 1929, 1934; Майорова, 1930). Словом «взвешенный» выражают то, что возрастной состав получен не путем сложения проб, а вычислен в зависимости от величины уловов, из которых взяты отдельные пробы.

Если нужно вычислить возрастной состав уловов какой-либо рыбы за путину (продолжительность 2—3 месяца), то в каждую пятидневку берут по одной средней пробе, обычно в 500 рыб. Средние пробы мелких рыб, с небольшим размахом колебания длины, берут в 100—200 экземпляров. Иногда средние пробы берут не один раз в пятидневку, а каждый день или в другие, менее правильные промежутки времени. У всех рыб из каждой средней пробы измеряют длину и определяют пол. Всю пробу целиком взвешивают и определяют средний вес рыбы. Возрастной материал получают выборочным методом. Для этого собирают чешую (или другие объекты) у всех рыб из одной или двух проб, а в дальнейшем берут ее только у наибольших и наименьших (по длине) экземпляров. При этом стремятся подобрать на каждый сантиметр вариационного ряда длины данной рыбы по 10 (или более) экземпляров самцов и самок, у которых и определяют возраст.

На основании такого выборочного определения возраста составляют вспомогательную таблицу для последующих пересчетов возрастного состава [способ Морозова (1929, 1934) пересчетов на массовые измерения длины]. С этой целью устанавливают возрастной состав (в процентах) рыб, приходящихся на каждый сантиметр длины (табл. 4).

Разберем несколько примеров вычисления возрастного состава для каждого сантиметра длины при составлении табл. 4.



Таблица 4

Вспомогательная таблица для пересчетов возрастного  
состава  
туркменской воблы (по Морозову, 1929)

Длина в см	Возраст в %						Число экземпля- ров
	1	2	3	4	5	6	
12	100	—	—	—	—	—	1
13	100	—	—	—	—	—	1
14	67	33	—	—	—	—	6
15	29	71	—	—	—	—	21
16	17	58	25	—	—	—	12
17	8	84	8	—	—	—	13
18	3	69	28	—	—	—	32
19	—	40	40	16	4	—	25
20	—	28	48	22	2	—	50
21	—	4	42	48	6	—	48
22	—	—	47	45	6	2	47
23	—	—	18	53	26	3	72
24	—	—	15	52	28	5	39
25	—	—	13	47	20	20	40
26	—	—	—	24	56	20	25
27	—	—	—	19	31	50	16
28	—	—	—	—	45	55	9
29	—	—	—	—	20	80	5
30	—	—	—	—	—	100	6
31	—	—	—	—	—	100	1

Рыб длиной 12 и 13 см было по одному экземпляру; оба годовики. Записываем в таблицу в графу годовиков против строк «12 см» и «13 см» по 100%.

Рыб длиной 14 см было 6 шт., из них годовиков 4 шт. и двухгодовиков 2 шт., т. е. годовиков 67% и двухгодовиков 33%. Полученные проценты записываем в таблицу против строки «14 см».

Дальше, например, рыб длиной 16 см было 12 шт., из них годовиков 2 шт., двухгодовиков 7 шт. и трехгодовиков 3 шт. В процентах это составляет: годовиков—17%, двухгодовиков—58%, трехгодовиков—25%. Эти проценты записываем в таблицу против строки «16 см». Так составлена табл. 4.

Пользуясь этой таблицей, можно установить возрастной состав на основании массовых измерений длины. Суммарный ряд

всех измерений туркменской воблы в работе А. В. Морозова имеет следующий вид:

Длина в см . . .	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Количество . . .	1	9	28	87	306	416	501	515	536	614	855	822
Длина в см . . .	24	—	25	26	27	28	29	30	31	32	—	—
Количество . . .	353	—	214	137	62	48	21	18	3	1	<i>n</i>	5547

В этом суммарном ряду 12-сантиметровой воблы был 1 экземпляр. Вспомогательная таблица (табл. 4) говорит, что все 100% 12-сантиметровых вобл—годовики. Следовательно, наш экземпляр суммарного ряда также годовик.

Рассуждая так же, видим, что 9 штук 13-сантиметровой воблы—все годовики. Воблы длиной 14 см уже должны быть распределены между двумя возрастными группами, причем годовиков 67%, а двухгодовиков 33%. В нашем суммарном ряду 14-сантиметровых вобл 28 шт. От этого количества 67% составят 19 шт., а 33%—9 шт. Годовиков получается 19 шт., а двухгодовиков—9 шт.

Поступая таким же образом с 15-сантиметровыми воблами, мы 25 экз. (29% от 87 шт.) относим к годовикам, а 62 экз. (71% от 87 шт.)—к двухгодовикам и т. д.

В результате вычислений весь суммарный ряд воблы распределен на шесть возрастных групп, представленных вариационными рядами в табл. 5.

Подсчитав по табл. 5 численность вариационного ряда для каждого возраста, мы получаем возрастной состав в количестве экземпляров (предпоследняя строка табл. 5) и затем выражаем его в процентах (нижняя строка табл. 5).

В приведенном примере не была учтена возможная разница в росте и возрастном составе самцов и самок; все вычисления велись без учета пола воблы.

В табл. 6 приведена вспомогательная таблица возрастного состава кубанского судака (1930 г.), где учтен возрастной состав каждого пола; для вычислений взято по 10 экземпляров самцов и самок на каждый сантиметр.

Получив возрастной состав улова за каждый день, когда были взяты пробы, способом, указанным в табл. 5, переходят к вычислению «взвешенного» среднего возрастного состава за длительный период (за путину).

Этот способ описан А. А. Майоровой (1930) применительно к кубанскому судаку, а позднее, в более сложном виде, А. В. Морозовым (1934) применительно к вобле.

Вариационные ряды длины (см) туркменской воблы для каждого  
возраста и возрастной состав (по Морозову, 1929)

Длина в см	В о з р а с т						Итого
	1	2	3	4	5	6	
12	1	—	—	—	—	—	1
13	9	—	—	—	—	—	9
14	19	9	—	—	—	—	28
15	25	62	—	—	—	—	87
16	52	177	77	—	—	—	306
17	33	349	33	—	—	—	415
18	15	346	140	—	—	—	501
19	—	206	206	82	21	—	515
20	—	150	257	118	11	—	536
21	—	25	258	295	37	—	615
22	—	—	402	385	51	17	855
23	—	—	148	436	214	25	823
24	—	—	53	183	99	18	353
25	—	—	28	100	43	43	214
26	—	—	—	33	77	27	137
27	—	—	—	12	19	31	62
28	—	—	—	—	22	26	48
29	—	—	—	—	4	17	21
30	—	—	—	—	—	18	18
31	—	—	—	—	—	3	3
32	—	—	—	—	—	1	1
Колич. экз.,	154	1324	1602	1644	598	226	5548
%	2,8	23,8	28,8	29,7	10,8	4,1	100,0

Обычно применяется способ А. А. Майоровой, который заключается в следующем. Уловы рыбы за каждый день (в ве-  
совых величинах) выражают в количестве экземпляров, пользу-  
ясь «навеской» (весом 1000 рыб) для данного дня. В случае не-  
возможности получить «навеску», можно использовать вес  
средней пробы в 500 штук, удвоив его. Если улов рыбы был  
20 000 кг, а «навеска» равна 200 кг, то число экземпляров вы-  
числяется следующим образом:  $20\ 000 : 200 = 100$ ;  $1000 \text{ экз.} \times$   
 $\times 100 = 100\ 000$  экземпляров.



Таблица 6

Вспомогательная таблица для пересчетов возрастного состава  
кубанского судака (по Майоровой, 1930)

Длина в см	Возраст самок (в %)						n	Длина в см	Возраст самцов (в %)						n	
	3	4	5	6	7	8			3	4	5	6	7	8		
37	—	—	—	—	—	—	—	37	100	—	—	—	—	—	—	1
38	100	—	—	—	—	—	1	38	100	—	—	—	—	—	—	1
39	100	—	—	—	—	—	2	39	100	—	—	—	—	—	—	2
40	100	—	—	—	—	—	1	40	80	20	—	—	—	—	—	5
41	100	—	—	—	—	—	6	41	70	30	—	—	—	—	—	6
42	100	—	—	—	—	—	10	42	60	40	—	—	—	—	—	9
43	70	30	—	—	—	—	10	43	50	50	—	—	—	—	—	10
44	70	30	—	—	—	—	10	44	50	50	—	—	—	—	—	10
45	60	40	—	—	—	—	10	45	40	60	—	—	—	—	—	10
46	50	50	—	—	—	—	10	46	30	70	—	—	—	—	—	10
47	50	50	—	—	—	—	10	47	20	70	10	—	—	—	—	10
48	20	80	—	—	—	—	10	48	20	70	10	—	—	—	—	10
49	10	90	—	—	—	—	10	49	—	80	20	—	—	—	—	10
50	—	100	—	—	—	—	10	50	—	60	30	10	—	—	—	10
51	—	80	20	—	—	—	10	51	—	60	40	—	—	—	—	10
52	—	70	30	—	—	—	10	52	—	70	30	—	—	—	—	10
53	—	60	40	—	—	—	10	53	—	50	50	—	—	—	—	10
54	—	50	50	—	—	—	10	54	—	40	40	20	—	—	—	10
55	—	50	50	—	—	—	10	55	—	40	40	20	—	—	—	10
56	—	40	60	—	—	—	10	56	—	10	80	10	—	—	—	10
57	—	20	80	—	—	—	10	57	—	10	70	20	—	—	—	10
58	—	10	80	10	—	—	10	58	—	—	70	30	—	—	—	10
59	—	10	70	20	—	—	10	59	—	—	60	40	—	—	—	10
60	—	—	80	20	—	—	10	60	—	—	50	50	—	—	—	10
61	—	—	70	30	—	—	10	61	—	—	50	50	—	—	—	10
62	—	—	60	40	—	—	10	62	—	—	50	50	—	—	—	10
63	—	—	60	40	—	—	10	63	—	—	40	60	—	—	—	10
64	—	—	40	60	—	—	10	64	—	—	40	60	—	—	—	10
65	—	—	30	70	—	—	10	65	—	—	20	80	—	—	—	10
66	—	—	20	80	—	—	10	66	—	—	20	80	—	—	—	4
67	—	—	—	90	10	—	10	67	—	—	—	100	—	—	—	6
68	—	—	—	90	10	—	10	68	—	—	—	—	100	—	—	1
69	—	—	—	70	30	—	10	69	—	—	—	—	100	—	—	1
70	—	—	—	50	40	10	10	70	—	—	—	—	100	—	—	1
71	—	—	—	30	60	10	10	71	—	—	—	—	100	—	—	1
72	—	—	—	10	70	20	10	72	—	—	—	—	—	100	—	1
73	—	—	—	—	50	50	8	73	—	—	—	—	—	—	—	1
n	53	86	85	71	25	8	328	n	39	85	81	59	4	1	269	

После того как уловы пересчитаны с веса на число экземпляров, вычисляют возрастной состав улова за каждый день в числе экземпляров, пользуясь полученным ранее возрастным составом отдельных проб. Возрастной состав уловов за те дни, в которые пробы не собирались, определяют в процентах путем интерполяции, используя кривые возрастного состава (Майорова, 1930). Однако чаще период лова (путину) разбивают на пятидневки, затем берут суммарный улов за всю пятидневку и вычисляют возрастной состав (в числе экземпляров) по процентному возрастному составу относящейся к этой пятидневке возрастной пробы.

Таким способом уловы, выраженные в числе экземпляров за каждый день путины, распределяют по различным возрастам, затем складывают все эти ряды возрастного состава за путину и полученный суммарный ряд пересчитывают на проценты.

«Взвешенный» возрастной состав иногда довольно существенно отличается от полученного простым суммированием. Это показано в табл. 7.

Таблица 7

**Возрастной состав уловов судака (по Майоровой, 1930)**

Способ вычисления	Возрастные группы в %						Итого
	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX	
Среднее суммарное из анализов . . . . .	7,3	36,1	37,2	17,5	1,4	0,5	100,0
Взвешенный возрастной состав . . . . .	6,3	44,8	35,3	11,9	1,3	0,4	100,0

Способ вычисления «взвешенного» возрастного состава здесь изложен потому, что он применяется в некоторых ихтиологических работах. Однако он слишком трудоемок, а расхождения с величинами, полученными суммированием, чаще всего недостаточно существенны. Кроме того, в основе его лежат пересчетные таблицы (способ А. В. Морозова), которые основаны на предположении, что в течение длительного времени (например путины) в зону действия промысла подходят рыбы, обладающие одинаковой скоростью роста. В действительности это случается очень редко. Поэтому во всех тех случаях, когда можно правильно собрать чешую со всех рыб из средней пробы, лучше пользоваться способом вычисления возрастного состава путем сложения средних проб.

## в) Вычисление скорости (темпа) созревания

У рыб одного и того же вида, но разных поколений возраст созревания (первого нереста) довольно сильно изменяется в зависимости от скорости роста перед достижением половой зрелости. Рыба, которая в первые годы жизни, до наступления половой зрелости, растет хорошо, созревает раньше рыбы, растущей в первые годы жизни плохо.

По Г. Н. Монастырскому (1952), в каждой популяции относительное количество особей (выраженное в процентах), нерестящихся первый раз, прямо пропорционально приросту за период нагула рыбы перед достижением половой зрелости. Это правило оказывается действительным для большинства рыб, но не для всех и не во всех случаях. Иногда половая зрелость наступает, наоборот, при плохом росте очень рано, например у караса в бедных в кормном отношении водоемах, у мелкой формы северокаспийской воблы, у карликовых самцов лосося. Во всех таких случаях раннее наступление созревания при плохом росте является приспособительным ответом данной популяции на изменение окружающих условий. Ввиду того, что этот вопрос еще мало разработан, на методике его изучения мы не будем останавливаться, обратив все внимание на более часто встречающуюся закономерность в соотношении (прямая пропорциональность) между скоростью роста и созреванием рыбы. Приведем несколько примеров, показывающих изменение скорости созревания.

Г. Н. Монастырский (1952) указывает, что северокаспийская вобла может нереститься первый раз в возрасте от 2 до 5 полных лет; по Т. Ф. Дементьевой (1952) амплитуда возраста созревания северокаспийского леща составляет от 2 до 6 полных лет. А. А. Махмудбеков (1947) и А. А. Остроумов (1949) указывают возраст созревания каспийского пузанка от 2 до 5 лет. По Э. Леа (Lea, 1924), возраст созревания сельди Северного моря колеблется от 4 до 8 лет; по Раннстрему (Runnström, 1936), у норвежской сельди—от 3 до 8 лет, и т. д.

При изучении динамики численности рыб и составлении прогнозов их уловов важно определить величину «пополнения» и «остатка» нерестового стада рыб. «Пополнением» называются те рыбы, у которых половые продукты созревают первый раз, и рыбы нерестятся впервые. «Остаток» составляют все рыбы, которые нерестятся повторно. На эти две группы («остаток» и «пополнение») рыб распределяют на основании нерестовых отметок на чешуе: рыбы с нерестовыми отметками на чешуе составляют «остаток», а рыбы без таких отметок, но со зрелыми половыми продуктами—«пополнение». Количество тех и других выражают в процентах. Особенно важно иметь такие ма-



териалы за ряд лет. В табл. 8 приведен пример учета (и записи) пополнения и остатка промыслового стада леща (Дементьева, 1952).

Таблица 8

**«Пополнение» и «остаток» (в %) промыслового стада леща  
Северного Каспия  
(на основании учета нерестовых отметок на чешуе,  
по Дементьевой, 1952)**

Год улова	Пополнение	Остаток	Год улова	Пополнение	Остаток
1933	58,9	41,1	1937	52,5	47,5
1934	87,7	12,3	1938	57,3	42,7
1935	72,6	27,4	1939	82,9	17,1
1936	42,7	57,3			

На основании определения нерестовых отметок весь улов нерестового стада распределяют на две группы—«остаток» и «пополнение»—и вычисляют возрастной состав каждого из них (табл. 9). Табл. 9 показывает, что возрастной состав «остатка» и «пополнения» леща сильно различаются.

Таблица 9

**Сравнение возрастного состава «пополнения» и «остатка»  
воблы в 1936 г. в %  
(по Монастырскому, 1952)**

Часть нерестового стада	Возраст				
	2	3	4	5	6
Пополнение . . . . .	3,6	63,7	31,0	1,7	—
Остаток . . . . .	—	28,0	42,8	26,0	3,2

Скорость созревания сопоставляют не только с возрастом, но и с длиной рыбы. Вычисляют, сколько процентов зрелой рыбы встречается в каждом односантиметровом классе вариационного ряда длины рыбы, а затем вычерчивают кривую (рис. 19).

Нерестовые отметки хорошо выражены не у всех рыб. Методика определения нерестовых отметок у большинства рыб еще не разработана. Кроме того, нерестовые отметки образуются иногда не у всех особей данной популяции, что отметили Н. И. Чугунова (1940) в отношении большеглазого пузанка и А. А. Махмудбеков (1952)—в отношении каспийского пузанка.

Если нельзя определить возраст созревания рыбы по нерестовым отметкам, пользуются менее точным способом—массовыми определениями зрелости половых продуктов путем вскрытия рыб в периоды, когда гонады взрослых рыб находятся не ниже чем в III—IV стадии зрелости, т. е. в осенних, зимних и весенних уловах. В группу незрелых помещаем рыб в стадиях

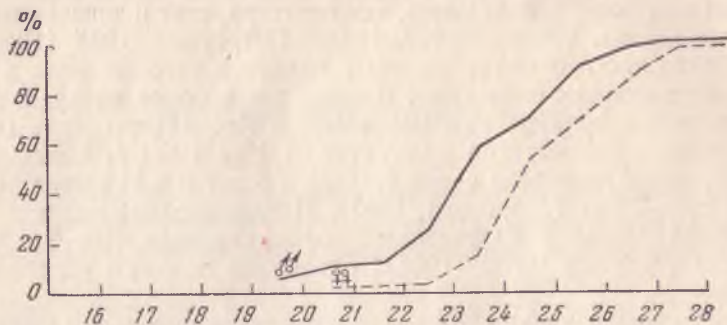


Рис. 19. Соотношение между длиной и количеством (в %) зрелого леща Северного Каспия (по Монастырскому, 1952).

I и II, а всех остальных—в группу зрелых. Получив ряды распределения зрелых и незрелых (отдельно самок и самцов) в процентах на каждый возрастной класс, определяем, в каком возрасте начинается созревание самцов или самок, в каких возрастах созревает основная масса рыб и до какого возраста отмечены половозрелые рыбы. Рассматривая, например, составленную этим способом табл. 10, мы видим, что самцы и самки леща из Рыбинского водохранилища созревают на 8-м году жизни; наибольшее количество зрелых рыб бывает на 11—12-м году жизни; лещи в возрасте 15—17 лет сохраняют еще воспроизводительную способность.

Таблица 10  
Соотношение зрелых и незрелых лещей каждого возраста в уловах Рыбинского водохранилища (в %) [по Остроумову, 1955 (1956)].

Пол и зрелость	В о з р а с т													Итого	n	
	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	13+	15+	17+			
Самцы:																
незрелые	1,5	7,4	1,5	5,9	39,7	17,6	8,8	8,8	8,8	—	—	—	—	100,0	68	
зрелые	—	—	—	—	1,3	5,1	3,8	14,1	48,7	16,7	6,4	2,6	1,3	100,0	78	
Самки:																
незрелые	—	5,1	1,0	5,1	27,6	18,3	11,3	9,2	18,3	4,1	—	—	—	100,0	98	
зрелые	—	—	—	—	2,6	2,6	—	15,4	48,6	17,9	7,7	2,6	2,6	100,0	39	

Рассортировать этим способом рыб (без определения нерестовых отметок) на «пополнение» и «остаток» нельзя, так как нет признака, по которому можно было бы разделить рыб на две группы—нерестовавших один раз или несколько раз.

Возраст созревания, другими словами—темп полового созревания, изменяется в зависимости от внешних условий, из которых наиболее важны пища, температура, свет и течение воды [Поликарпова, 1942; Мейен, 1944; Остроумов, 1955 (1956)]. Особенно часто отмечается, что у одного и того же вида в северных водоемах созревание происходит в более позднем возрасте, чем в южных. Так, например, в Каспийском море (юг) лещ впервые нерестится в возрасте от 2 до 6 лет (Дементьева, 1952), а в Псковском озере (север) с 5 лет и в Ильмене (север) с 6—7 лет (Морозова, 1952). Исключительно позднее созревание леща в Рыбинском водохранилище (8—9 лет) А. А. Остроумов [1955 (1956)] объясняет плохими условиями сткорма.

Методика изучения темпа созревания на основании определения нерестовых отметок требует дальнейшей разработки и распространения на большинство изучаемых рыб, если технически это окажется возможным.

---



## VI. ИЗУЧЕНИЕ РОСТА РЫБ

Под скоростью роста рыбы в течение жизни обыкновенно подразумевают увеличение ее длины (или веса) с каждым годом жизни. Скорость роста рыбы называют также темпом ее роста. Кроме этого, изучают рост рыбы в течение года, т. е. увеличение длины (или веса) рыбы с каждым месяцем, с каждым днем или за какой-нибудь другой условно взятый промежуток времени, иногда по сезонам.

Такое детальное изучение роста применяется, во-первых, к сеголеткам (во всех работах по выращиванию молоди; Ильин, Шеина и др., 1956), а во-вторых—к взрослым рыбам при установлении времени закладки годового кольца, образования нерестовых отметок или сезона наиболее интенсивного роста. Для этого пользуются многократными сборами рыб в течение года в одном и том же месте и изучают постепенное изменение их длины и веса, а также величины и строения последнего прироста на их чешуе, образующегося в текущем году [Махмудбеков, 1939; Чугунова, 1931, 1940 (1939)].

При изучении роста взрослых рыб главное внимание обращают на методику определения увеличения их длины (или веса) с каждым годом жизни, на чем мы подробно остановимся. Большое значение для изучения роста имеет мечение рыб, позволяющее экспериментально установить возраст и рост рыб в естественных водоемах (Винге, 1915; Теш, 1955; Чугунова, 1940 (1939); Константинов, 1956).

При мечении в естественных водоемах обычно удается исследовать одну и ту же рыбу и собрать ее чешую всего два раза (при мечении и при поимке), реже—три раза (третий раз при вторичной поимке), однако эти данные весьма ценны.

### а) Изучение роста рыб по наблюдаемым величинам

Чтобы судить о скорости роста рыбы, нужно иметь сведения о ее длине (или весе) в разных возрастах. Получить эти сведения можно по определениям возраста (по чешуе) в пробе из

данного улова, на основании чего вычисляют среднюю длину (или вес) данной рыбы в каждом возрасте. Найденные таким путем величины называют наблюдаемыми, или, иногда, «эмпирическими». Их основное достоинство—наибольшая близость к фактическим данным. Но этот способ вычислений имеет следующие недостатки, которые часто заставляют обращаться к другим, более сложным приемам:

1) в одной и той же пробе редко бывает много возрастов, чаще всего только два-три возраста; поэтому для того, чтобы получить средние длину и вес рыб остальных возрастов, приходится отыскивать их в других пробах, иногда из других мест; это может вызвать ошибку, так как скорость роста у одного и того же вида, но в разных местах обитания, т. е. при различных условиях жизни, даже в один и тот же год бывает не одинакова; кроме того, рыбы старших возрастов и годовики часто отсутствуют в пробах;

2) длины рыб, полученные на основании определений возраста по чешуе (или другим объектам), трудно сравнимы между собою; они включают какой-то неучтенный прирост текущего года; поэтому при сравнении приходится брать материал, относящийся к одному и тому же периоду времени (месяцу, декаде), особенно летом, когда рыба быстро растет; при этом мы пренебрегаем разницей в росте в разные месяцы, в зависимости от особенностей различных лет;

3) пользуясь только определениями возраста, мы сравниваем рост рыб разных поколений, например двухлеток рождения 1945 г., трехлеток 1944 г., четырехлеток 1943 г. и т. д., т. е. мы исходим из того положения, что рыбы разных поколений растут одинаково и в одном и том же возрасте имеют одинаковую длину. Однако рыбы могут расти и растут в разные годы с различной скоростью.

Зная среднюю длину (или вес) рыбы в каждом возрасте, мы путем последовательного вычитания узнаем приросты рыб за каждый год.

В табл. 11 приведен пример записи роста рыбы по наблюдаемым данным.

Т а б л и ц а 11

Рост донского судака (в см) из весенних уловов 1924 г.  
по наблюдаемым данным

П о л	В о з р а с т							n
	3	4	5	6	7	8		
Самки . . . . .	41,0	44,0	49,3	56,3	58,9	69,5	483	
Самцы . . . . .	38,8	42,2	48,1	53,0	—	—	408	
Самки и самцы . . . . .	39,1	43,1	48,8	55,6	59,4	69,5	891	

Осенью возраст большинства рыб, указанный в табл. 11, должен быть обозначен 3+, 4+, 5+ и т. д. Рост рыб из осенних уловов и из весенних следующего года можно рассматривать одновременно, так как в течение зимы большинство рыб почти или совсем не растет. В этом случае возраст записывают в соответствующих графах следующим образом: 2+ и 3, 3+ и 4, 4+ и 5 и т. д.

### б) Обратные расчисления роста рыб

Чтобы узнать рост данной рыбы в предыдущие годы жизни (до того, как она была поймана), применяют способ обратного расчисления роста по чешуе, который иногда называют еще реконструкцией роста.

Этот способ основан на том, что рост рыбы и рост чешуи (а также костей и отолитов) закономерно связаны между собою. Это вполне понятно, так как с увеличением длины рыбы увеличивается ее чешуйный покров и ее скелет. Еще в 1910 г. норвежский ученый Эйнар Леа (E. Lea, 1910), первым применивший обратные расчисления роста рыб, предложил считать, что длина рыбы и ее чешуи прямо пропорциональны. Впоследствии было установлено, что соотношение этих двух величин неодинаково у разных видов рыб, различно при измерении чешуи в разных направлениях от центра (передней и задней части чешуи) и изменяется в различном возрасте одной и той же рыбы. При использовании расчислений по тем или иным костям, срезам лучей плавников и по отолитам соотношение между измеряемым объектом и длиной рыбы также может отличаться от того, которое наблюдается у чешуи. В большинстве случаев это отношение характеризуется криволинейной зависимостью, которую устанавливают и используют для обратных расчислений различными способами. Наиболее употребительные способы описаны ниже.

#### *Обратные расчисления по формуле прямой пропорциональности*

Очень много исследований роста рыб с применением обратных расчислений сделано по формуле прямой пропорциональности (Э. Леа, 1910; Даль—Dahl, 1910). В ряде случаев это дает результаты, очень близкие к действительным (например у воблы при измерении задней части чешуи), в других—приблизительные. В разделе о криволинейной зависимости между ростом рыбы и чешуи будет описано, как установить способ, который следует употреблять для получения наиболее правильных результатов при изучении той или иной рыбы. В настоящем



разделе подробно описан только способ расчислений по формуле прямой пропорциональности (рис. 20).

Математически это соотношение выражается следующей формулой:

$$\frac{l_n}{l} = \frac{s_n}{s} \text{ и отсюда } l_n = \frac{s_n}{s} \cdot l,$$

где  $l_n$ —длина рыбы за какой-либо предыдущий год ее жизни;  $l$ —непосредственно измеренная длина тела рыбы;  $s_n$ —длина чешуи в возрасте рыбы, соответствующем  $l_n$ ;  $s$ —длина всей чешуи<sup>1</sup>.

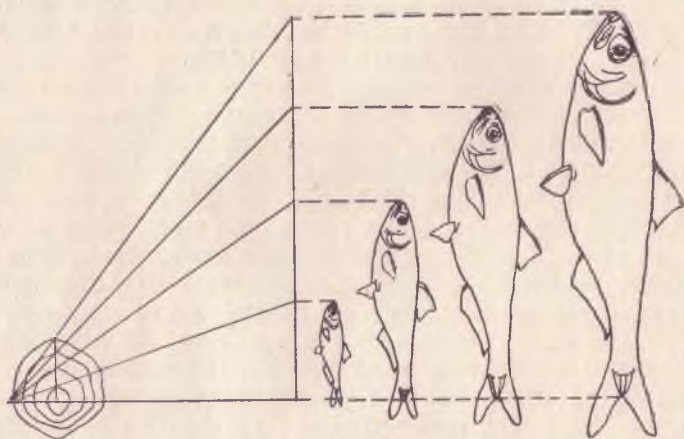


Рис. 20. Соотношение между скоростью роста рыбы и ее чешуи. (Принцип линейной зависимости, положенный в основу формулы прямой пропорциональности).

По этой формуле, зная длину всей чешуи, ее длину за данный год и всю длину рыбы, мы определяем длину рыбы за этот же год. Последовательно проведя такие вычисления, получаем длину рыбы в каждом ее предыдущем возрасте, соответствующую времени образования годового кольца. Ту же формулу можно применять и для других объектов (кости, отолиты), ставя их величину на место  $s$ .

Остановимся на технике обратных расчислений роста рыб по чешуе.

<sup>1</sup> Длина чешуи у разных авторов обозначается различными символами (буквами). В прежних работах (Леа, Ли, Сегерстроола, Монастырского, Чугуновой и др.) ее обозначали буквой  $u$ . В новейших иностранных работах чешую обозначают буквой  $s$  (Хайл, Роунсфелл и Эверхарт и др.). Вовк—буквами  $sq$ . Для унификации обозначений мы во всей работе обозначаем чешую символом  $s$  (от латинского слова *squama* — чешуя).

1. Если чешуя исследуется под биноклем или микроскопом, то ее длину (всю длину и до каждого из годовых колец) удобно измерять при помощи окуляр-микрометра (прозрачная шкала с мелкими делениями на круглом стекле, которое вставляется в окуляр бинокля или микроскопа). Длину чешуи в каждом возрасте рыбы выражают в делениях окуляр-микрометра. На миллиметры длину чешуи не перечисляют. Вычисление ведется по приведенной выше формуле прямой пропорциональности, причем особенно удобно пользоваться логарифмической линейкой. Пример записи вычисления показан в табл. 12.

Т а б л и ц а 12

Обратное расчисление роста рыбы по чешуе  
(по формуле прямой пропорциональности)

Длина чешуи в делениях окуляр-микрометра	Длина рыбы, вычисленная по чешуе в см	Приросты рыбы в см
$s_1$ 35	$l_1$ 6,4	$t_1$ 6,4
$s_2$ 57	$l_2$ 10,4	$t_2$ 4,0
$s_3$ 80	$l_3$ 14,6	$t_3$ 4,2
$s$ 104	$l$ 19,0	$t_4$ 4,4

Буквами  $l_1, l_2, l_3$  и т. д. обозначают длину рыбы в момент образования первого годового кольца (1 год), второго (2 года), третьего (3 года) и т. д.;  $l$ —измеренная длина рыбы;  $t_1, t_2, t_3$  и т. д.—приросты рыбы за первый год жизни ( $t_1=l_1$ ), за второй, третий и т. д.

Цифры, выделенные в табл. 12 курсивом,—это те величины, которые были известны перед вычислением. Длины рыбы  $l_1, l_2$  и  $l_3$  вычислены по формуле прямой пропорциональности, а приросты  $t_2, t_3$  и  $t_4$  получены путем вычитания длины предыдущего года из длины последующего; например,  $l_3-l_2=t_3$ , или, подставляя арифметические величины,  $14,6-10,4=4,2$ .

Обратные расчисления на логарифмической линейке ведутся следующим образом: визир устанавливают на делении верхней шкалы логарифмической линейки, соответствующем длине рыбы (в нашем примере 19,0). Затем движок передвигают так, чтобы деление на его верхней шкале, соответствующее длине чешуи (104), совпало с длиной рыбы (19,0) на верхней шкале линейки. После этого, не изменяя положения движка, визир передвигают так, чтобы его черта совпала на движке с длиной чешуи до первого годового кольца (35). Теперь на верхней шкале линейки над этим делением находят длину рыбы (6,4) в возрасте одного года. Затем визир передвигают до деления на движке, соответствующего длине чешуи до второго годового

го кольца, а на верхней шкале над этим делением читают длину рыбы (10,4) в возрасте двух лет и т. д.

Длину чешуи можно брать и на верхней шкале линейки, а длину рыбы—на движке. Тогда длину чешуи (в предыдущие годы) откладывают также на верхней шкале линейки, а длину рыбы («ответ») читают на движке.

Результат в обоих случаях получается одинаковый. Если требуется вычисление с большей точностью, то пользуются (тем же способом) нижней шкалой логарифмической линейки.

2. Если чешуя меньше линейки окуляр-микрометра, им можно пользоваться и при работе с лупой, накладывая окуляр-микрометр непосредственно на чешую. Иногда таким способом измеряют расстояние между соседними годовыми кольцами, а затем складывают их для получения длины чешуи.

3. Если нет окуляр-микрометра или с ним неудобно работать, в частности при исследовании крупной чешуи под лупой, для обратных расчислений пользуются рисовальным аппаратом. Сначала на бумаге, которая лежит справа от лупы, под зеркалом рисовального аппарата, отмечают карандашом небольшой черточкой центр, все годовые кольца и край чешуи. Затем измеряют на бумаге (миллиметровой линейкой или циркулем-измерителем) расстояния от центра до колец и края чешуи (по прямой линии). После этого делают расчисления по вышеприведенной формуле.

4. При работе с рисовальным аппаратом полезно применять карточки. Удобны карточки из плотной бумаги, величиной 4×10 см. Карточку кладут на стол (под зеркало рисовального аппарата) так, чтобы ее левый нижний угол совпадал с центром чешуи, а левый край совпадал с тем направлением на чешуе, где надо сделать измерения. В лупу это положение карточки должно быть хорошо видно. Карандашом отмечают короткими черточками по левому краю карточки те места, где на чешуе видны годовые кольца и край («засечки колец»). Этот прием, как и предыдущий, часто условно называют «зарисовкой чешуи». Затем делают измерения миллиметровой линейкой и вычисления по формуле, занося все эти вычисления на ту же карточку. На ней же записывают название рыбы, номер по порядку, пол и зрелость, длину, вес. Сведения, общие для всей пробы, например, дату, место, орудие лова, записывают на верхнем заглавном листе всей пачки карточек, которые относятся к данной пробе.

5. Вместо карточки можно положить справа от лупы, под зеркалом рисовального аппарата, четкую миллиметровую линейку. Обычно пользуются той, которая имеется на ребре логарифмической линейки. Изображение чешуи совмещают со шкалой линейки и таким образом непосредственно под лупой из-



меряют чешую в относительных величинах, записывают их, а затем вычисляют длины рыбы по обычной формуле.

6. Очень удобно делать измерения чешуи, пользуясь проекционным аппаратом «Промар» (или «Винклер»), при помощи которого увеличенное изображение чешуи проецируется на белую бумагу, положенную на стол. На этом изображении и ведут все необходимые измерения для дальнейших вычислений.

С большим или меньшим успехом пользуются и другими микропроекторами, а также фотоувеличителями, приспособляя их для обратных расчислений.

*Приборы для механических расчислений роста рыб по формуле прямой пропорциональности*

7. Доска Эйнара Леа. Чтобы освободиться от громоздких вычислений, для обратных расчислений длины рыб был предложен простой прибор, известный под названием доски

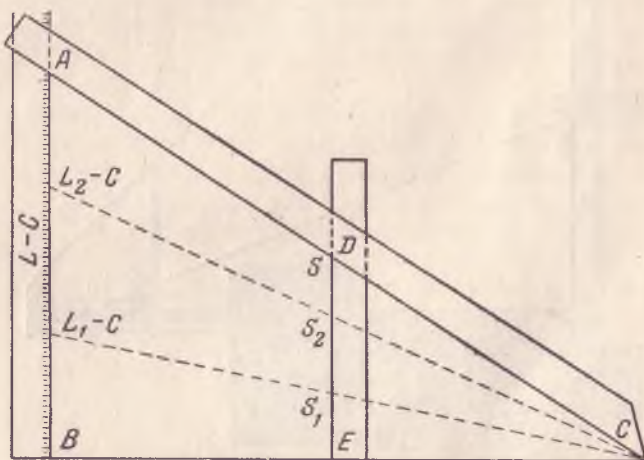


Рис. 21. Схема доски Эйнара Леа для обратных расчислений длины рыб в прошлые годы жизни.

Эйнара Леа (рис. 21). Он основан на теореме подобия прямоугольных треугольников (отыскание в подобном треугольнике катета по соответствующему известному катету другого треугольника).

Прибор представляет деревянную доску в форме прямоугольного треугольника, обращенного прямым углом влево. Размер доски может быть различным в зависимости от величин

ны рыб, на изучение которых она рассчитана, но чаще величина катетов бывает 50—70 см. На левой стороне доски помещают неподвижную металлическую линейку с делениями на сантиметры и миллиметры. У правого острого угла доски закреплена подвижная металлическая линейка, которая может перемещаться на доске так, что левым концом движется по шкале. Начиная работать, этот конец ставят на деление шкалы, соответствующее длине рыбы. Затем под линейку подводят

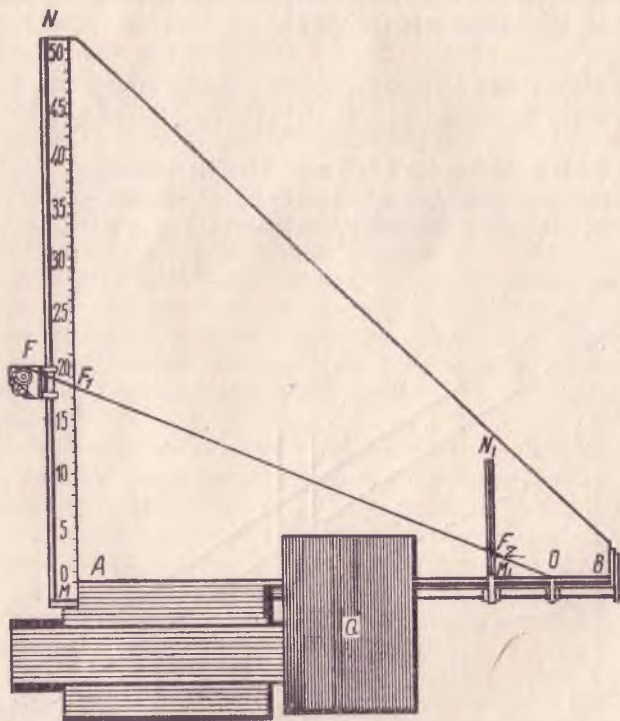


Рис. 22. Доска (с ниткой) Г. Н. Монастырского для расчисления темпа роста рыб.

карточку с отметкой годовых колец (способ ее изготовления указан выше) так, чтобы «центр» совпадал с нижней стороной доски, а «край чешуи»—с подвижной линейкой (ее нижним краем). Карточку оставляют неподвижной, а подвижную линейку перемещают на указанную на карточке отметку первого годового кольца. Конец подвижной линейки на шкале укажет длину рыбы в возрасте одного года в сантиметрах и миллиметрах. Ее записывают и передвигают линейку на отметку второ-

го кольца, третьего и т. д., записывая каждой раз показание шкалы (длину рыбы).

8. Доска (с ниткой) Г. Н. Монастырского для расчисления роста рыб. Основанный также на теореме подобия прямоугольных треугольников, этот прибор (Монастырский, 1926) совершеннее доски Э. Леа. Прибор (рис. 22) состоит из треугольной доски  $NMB$ , металлической измерительной шкалы  $NM$ , движка  $F$ , нити  $OF$ , линейки с линией  $N_1M_1$  и подвижного столика  $Q$ . На доску  $NMB$  проектируется через рисовальный аппарат наблюдаемая в микроскоп или лупу чешуя. Чтобы проектируемое изображение было максимально отчетливым, на доску  $NMB$  наклеивают белую плотную бумагу.

Слева к доске прикреплена металлическая шкала  $NM$ , разделенная на 500 мм. Перпендикулярно к этой шкале через ее нулевое деление проходит тонкая прямая линия  $AB$ , прочерченная на бумаге черной тушью. На отрезке  $AO$  лежат основания подобных прямоугольных треугольников  $OAF_1$  и  $OM_1F_2$ .

Гипотенузная черная тонкая нить  $OF$  соединяет движок  $F$  с муфтой  $O$ , скользящей по металлическому валику, параллельному  $AB$ . Место закрепления нити на муфте  $O$  располагается точно над линией  $AB$ .

Движок  $F$  состоит из: 1) подвижного хомутика, скользящего по продольному пазу измерительной шкалы и закрепляемого на нем (в том или ином положении) пластинчатой пружинной, и 2) вращающегося маленького барабанчика, приводимого в движение спиральной часовой пружиной; этот барабанчик служит для наматывания нити  $OF$ . Все части движка, соединенные между собой, прикрыты сверху металлическим футляром.

Нить  $OF$  наматывается под действием часовой пружины, которая все время держит нить в натянутом состоянии. При перемещении движка вверх вдоль линейки  $NM$  нить сматывается с барабанчика и таким путем удлиняется. При перемещении движка вниз нить наматывается на барабанчик и при этом механически вбирается внутрь движка. Ее отрезок  $OF$ , находящийся снаружи, над доской  $NMB$ , укорачивается, оставаясь в натянутом состоянии.

Ко второй муфте (такой же, как муфта  $O$ ) прикреплена белая узкая металлическая линейка длиной 10 см. На этой линейке прочерчена черной тушью тонкая линия  $N_1M_1$ , строго перпендикулярная линии  $AB$ . К нижней стороне доски, выше натянутой нити, прикреплен столик  $Q$  ( $12 \times 17$  см), который может передвигаться вдоль нижнего края доски вправо и влево. На нем устанавливают лупу или микроскоп.

Рост рыбы определяют следующим порядком. На столик ставят лупу или микроскоп, в зависимости от размеров чешуи, с рисовальным аппаратом, зеркало которого устанавливают,



как при рисовании, под углом  $45^\circ$ . Препарат с чешуей кладут на предметный столик и (смотря в лупу или микроскоп) освещают чешую зеркальцем так, чтобы были отчетливо видны основная линия  $AB$  и проекция чешуи. Затем движок  $F$  и нить устанавливают на делении шкалы  $NM$ , соответствующем длине исследуемой рыбы ( $l$ ), а муфту  $O$  передвигают так, чтобы нить  $OF$  образовала наименьший угол с прямой  $AB$ . После этого (двигая столик  $Q$ , рассматриваемый препарат и линейку с линией  $N_1M_1$ ) устанавливают проекцию чешуи так, чтобы ее радиус, по которому измеряется длина, совпал с прямой  $N_1M_1$ ; центр чешуи оказался бы на пересечении линии  $N_2M_1$  с основанием  $AB$  в точке  $M_1$ , а край чешуи совпал с нитью там, где она пересекает линию  $N_1M_1$ .

Нельзя перемещать винт лупы после того, как препарат установлен: это вызовет смещение проекции чешуи.

Далее, глядя в лупу (или микроскоп), левой рукой передвигают движок по шкале  $NM$  книзу до пересечения нити  $OF$  с первым годовым кольцом на чешуе. В этот момент нить на шкале  $NM$  покажет длину рыбы в возрасте одного года ( $l_1$ ), которую записывают на карточке. Затем движок передвигают вверх до пересечения нити со вторым годовым кольцом на чешуе и записывают соответствующее показание шкалы, т. е. длину рыбы в двухгодовалом возрасте ( $l_2$ ). Продолжая действовать таким же образом, находят  $l_3$ ,  $l_4$  и т. д. При обратных расчислениях по одной и той же чешуйке надо следить, чтобы центр чешуи не смещался с точки пересечения линий  $N_1M_1$  с  $AB$ .

Основную установку препарата, столика и лупы осуществляют лишь для исследования первой чешуи в пробе рыб. Дальнейшие вычисления ведутся быстрее, потому что передвигать препарат чешуи, движок  $F$  и муфту  $O$  надо немного. Положение столика  $Q$  при рассматривании чешуи рыб одного и того же вида не меняется.

Если приходится расчислять скорость роста рыб размерами более 50 см (предельная длина шкалы  $NM$ ), то на шкале  $NM$  откладывают половинную длину рыбы ( $l : 2$ ), а полученные по шкале расчисленные длины умножают на 2.

Вычисления на доске Монастырского получаются точнее и быстрее, чем на доске Э. Леа.

В. Р. Алеев и В. Л. Брюзгин предложили простые и портативные приборы, основанные также на прямой пропорциональности роста рыбы и чешуи.

9. Угловой, или переменный масштаб В. Р. Алеева (1937) представляет собою прозрачную (стеклянную, целлулоидную или плексигласовую) пластинку, на которой нанесены деления в виде лучей (радиусов), расходящихся из одной точки под углами в 30 или 15 минут. Деления наносят де-

лительной машиной или фотографическим путем на пленку. Перпендикулярно к среднему радиусу наносятся параллельные линии. Каждая из этих параллельных вертикальных линий оказывается разделенной радиусами, расходящимися из одной точки, на равные отрезки. Эти вертикальные линии, разделенные на равные отрезки, и служат для обратных расчислений, причем каждый отрезок принимают за 1 см, если рыба измеряется в сантиметрах.

Угловым масштабом пользуются двумя способами: 1) вставляя угловой масштаб в окуляр микроскопа и 2) непосредственно накладывая его на чешую под лупой или микроскопом. В первом случае угловой масштаб делают на пластинке длиной 5—6 см и шириной 8—10 мм (рис. 23). На нее наносят 50—60 радиусов. Этого количества достаточно для исследования рыб,

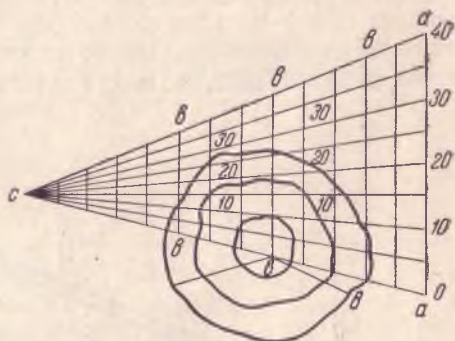


Рис. 23. Схема углового масштаба

В. Р. Алеева:

с—центр; са—радиусы; вв—вертикальные линии, по которым ведется отсчеты.

размеры которых не превышают 50—70 см. Перпендикулярные линии расположены параллельно одна другой на расстоянии 0,5 мм. Каждый пятый радиус выделяют более толстой линией для удобства отсчета. На угловом масштабе наносят 5—6 вертикальных рядов цифр. Можно обойтись и без цифр, ведя отсчеты на глаз.

Угловой масштаб вставляют в специальный прорез в окуляре микроскопа. Для этого в окуляре пропиливают с двух сторон по щелевидному отверстию так, чтобы через них вставить пластинку углового масштаба и поместить ее на диафрагме окуляра. Пластинка с угловым масштабом должна свободно перемещаться вправо и влево в прорезах окуляра. Окуляры применяются наиболее слабые (№ 1 или 2).

Для обратных расчислений чешую помещают под микроскоп, затем передвигают чешую и пластинку с угловым масштабом так, чтобы центр чешуи совпал с первым радиусом, а край чешуи оказался на той же вертикальной линии, что и центр, и вместе с тем на радиусе, соответствующем длине рыбы в сантиметрах. После этого отсчет ведут по той вертикальной линии, на которой установлены центр и край чешуи. В точках пересечения этой вертикальной линии с каждым из годовых колец



чешуи отсчитывают длины рыбы в предыдущие годы жизни, т. е.  $l_1, l_2, l_3$  и т. д. Так, на рис. 23  $l_1=10, l_2=18, l_3=27$ .

Если чешуя крупная и не помещается в поле зрения микроскопа, угловой масштаб накладывают прямо на чешую, лежащую на предметном стекле под микроскопом или лупой. В этом случае угловой масштаб делают на пластинке  $77 \times 26,5$  мм, т. е. равной по величине предметному стеклу.

10. Окуляр-масштаб В. Л. Брюзгина (1941) представляет собой металлическую рамку *a* (рис. 24), длина которой может варьировать; наиболее удобна длина 12 см. Ширина рамки равна 17 мм, что определяется диаметром окуляра.

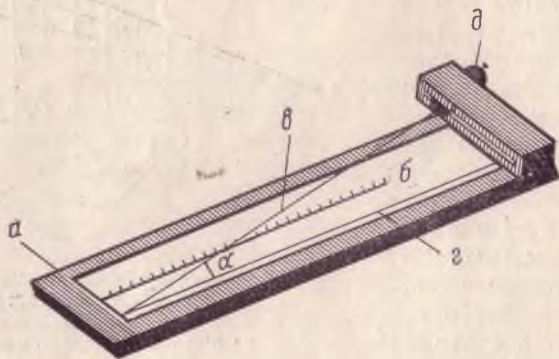


Рис. 24. Окуляр-масштаб В. Л. Брюзгина:

*a*—металлическая рамка; *b*—прозрачная пластинка с делениями; *v*—нить; *z*—линия на краю пластинки с делениями; *d*—ползунок;  $\alpha$ —угол между нитью *v* и линией *z*.

В рамку вставлена прозрачная пластинка *b* со шкалой, имеющей 500 делений. Сверху прозрачной пластинки проходит тонкая нить *v*—волос или шелковая нить. Один конец этой нити прикреплен неподвижно у левого конца линии *z*, проходящей по краю пластинки на уровне начала шкалы, а другой конец прикреплен к ползунку *d*, при помощи которого, изменяя положение нити, можно менять величину угла  $\alpha$  между нитью *v* и линией *z*.

Окуляр-масштаб вставляют, подобно угловому масштабу Алеева, в прорезы в стенках окуляра микроскопа на уровне его диафрагмы. Поперек диафрагмы натягивают тонкую нить *e* так, чтобы при вставленном в окуляр масштабе она была перпендикулярна к линии *z* масштаба. Нить *e* (рис. 25) служит указкой для отсчета по шкале при обратных расчислениях. При работе пользуются объективом I.



Чешую помещают на столик микроскопа, а окуляр-масштаб, передвигая вправо и влево, приводят в такое положение, чтобы указка *e* пересекла шкалу на делении, которое помечено цифрой, соответствующей длине рыбы. Передвигая препарат на предметном столике микроскопа, чешую располагают так, чтобы ее центр совпал с точкой пересечения указки *e* с линией *z*, проходящей параллельно шкале по краю прозрачной пластинки прибора (рис. 25). Затем при помощи ползунка нить перемещают до совпадения с точкой пересечения края чешуи и указки и ползунком закрепляют неподвижно. После этого пластинку масштаба начинают передвигать вправо до тех пор, пока нить *v* не совпадет с краем первого годового кольца в точке пересечения его с указкой *e*. Номер деления на шкале, с которым совпадет указка, обозначает длину рыбы в возрасте одного года ( $l_1$ ). Затем масштаб передвигают немного влево до совпадения нити *v* со вторым годовым кольцом; в этот момент номер деления на шкале покажет длину рыбы в возрасте двух лет ( $l_2$ ). Таким же порядком находят  $l_3$ ,  $l_4$  и т. д.

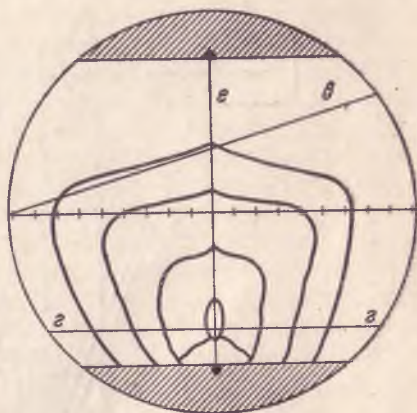


Рис. 25. Вид чешуи и окуляр-масштаба Брюзгина в поле зрения микроскопа.

Исходное положение при расчислении:

← указка; *v* — нить; *z* — линия на краю пластинки.

Окуляр-масштаб Брюзгина неприменим для работы с крупной чешуей (карпа, леща), которая не помещается в поле зрения микроскопа.

11. Вычислительный столик В. Л. Брюзгина (1955, 1957), в отличие от окуляр-масштаба того же автора, не ограничен в применении диаметром объектива микроскопа и пригоден для обратных расчислений по чешуе различного размера, а также по костям и отолитам, т. е. является более совершенным прибором.

Вычислительный столик (рис. 26) укрепляют на предметном столике микроскопа так, чтобы отверстие рамки препаратопроводителя *v* (размер  $1,7 \times 4,5$  см) расположилось над отверстием предметного столика, головка винта *a* — справа, а шкала *к* — слева. На диафрагму окуляра микроскопа приклеивают маленький штифт-указку так, чтобы он выступал на 0,5—1,0 мм в по-

ле зрения. Окуляр вставляют в микроскоп так, чтобы штифт-указка («окулярная указка») находился в поле зрения справа.

Препаратоводитель *в* состоит из прямоугольной металлической рамки и винта *а*, при помощи которого (завинчивая или вывинчивая его) передвигают рамку. Рамка вставлена между двумя параллельными рельсами *л*, поставленными параллельно продольной оси винта *а*. Слева на рамке укреплен палец *жс*

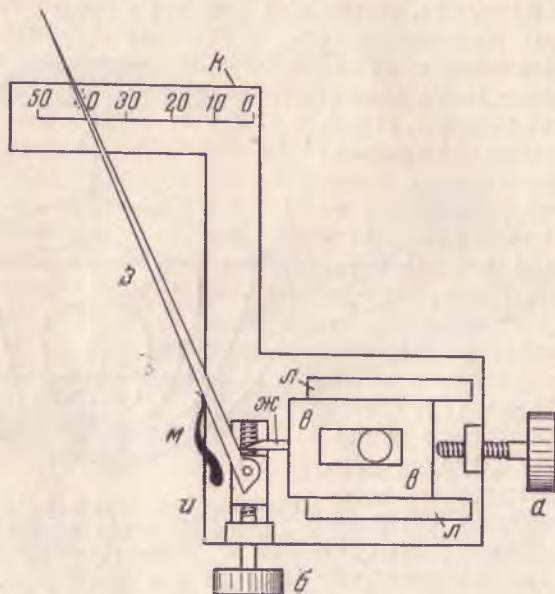


Рис. 26. Вычислительный столик В. Л. Брюзгина:  
*а*—винт препаратоводителя; *б*—винт стрелки-указки;  
*в*—препаратоводитель; *жс*—палец для передачи движения  
рамки на стрелку-указку; *з*—стрелка-указка; *и*—металлическое  
основание прибора; *к*—шкала; *л*—рельсы пре-  
паратоводителя; *м*—пружина стрелки-указки.

для передачи движения рамки на рычаг *з*—стрелку-указку прибора. Стрелка-указка *з* перемещается вверх и вниз винтом *б*.

Для приведения стрелки-указки *з* в исходное—нулевое положение служит пружина *м*.

Шкала *к* разделена на 500 одинаковых делений (равномерная шкала) и помещена параллельно продольной оси рамки препаратоводителя. Весь прибор смонтирован на плоском металлическом основании *и*.

Начиная обратные расчисления, стрелку-указку *з* ставят на нулевое деление шкалы *к*. Затем препарат с чешуей устанавливают на препаратоводителе *в* так, чтобы центр чешуи

(кости или отолита) совпадал с вершиной окулярной указки, а радиус чешуи, по которому предполагается вести обратные расчисления, шел поперек препаратоводителя слева направо. После этого, глядя в микроскоп, начинают поворачивать винт *a* до тех пор, пока передний край чешуи не совпадет с вершиной указки. Затем, поворачивая винт *б*, устанавливают стрелку-указку *з* так, чтобы кончик ее показывал на шкале *к* деление, числовое значение которого соответствует длине рыбы, от которой взята чешуя. Стрелку *з* устанавливают при помощи винта *б*, поворачивая его направо или налево, пока стрелка *з* не установится на необходимом делении. Глядя в микроскоп, начинают вращать винт *a* в направлении, обратном тому, по какому его вращали при установке препарата. Когда до конца указки дойдет годовое кольцо, на шкале *к* читают (и записывают) результат вычисления—длину рыбы в возрасте, соответствующем данному годовому кольцу. Поворачивая винт *a* дальше, определяют таким же способом длины рыбы в каждом возрасте. Обратные расчисления удобнее начинать с первого годового кольца, но можно и с последнего, как описано.

В случае криволинейной зависимости (см. следующий раздел) между длиной рыбы и радиусом чешуи (размером кости или отолита) шкалу на вычислительном столике Брюзгина заменяют эмпирической шкалой, которую составляют для данного вида рыбы каждого района, после чего вычисления ведут так же, как и в случае прямой пропорциональности длины рыбы и чешуи. Эмпирическую шкалу строят графически на миллиметровой бумаге следующим образом.

На абсциссе (горизонтальной линии) откладывают в равномерном масштабе длину тела рыб, от мелких до наиболее крупных, а на оси ординат (вертикальной линии)—размер чешуи. Получив на графике точки корреляции между длиной тела и размером соответствующей чешуи, около этих точек проводят (пользуясь лекалом) кривую линию, изображающую зависимость рассматриваемых нами величин. На этой кривой находят точки, соответствующие длинам рыбы в круглых числах (например, 7, 8, 9, 10, 11...25, 26 см и т. д.). От этих точек опускают перпендикуляры на ось ординат (где указаны размеры чешуи) и делают на ней отметки. Получается эмпирическая шкала длины (неравномерная), которую укрепляют на шкале *к* прибора Брюзгина. Таким же способом строят эмпирическую шкалу и для обратного расчисления веса рыбы, откладывая на абсциссе вместо длины рыбы ее вес.

Вычислительный столик Брюзгина—прибор новый. Сравнительные результаты обратных расчислений, сделанных на этом приборе, с эмпирическими величинами автором еще не опубликованы. Судя по описанию прибора, он может оказать-



ся очень полезным и заменить другие способы. Важно, чтобы он был тщательно изготовлен из подходящих материалов и части его были хорошо пригнаны одна к другой (не расшатывались в работе).

*Обратные расчисления в случаях криволинейной зависимости между длиной тела рыбы и длиной ее чешуи (костей или отолитов)*

После первых работ по изучению роста рыб путем обратных расчислений возникли сомнения в правильности полученных результатов. Роза Ли (R. Lee, 1912) обнаружила на сельдях, а затем и на других рыбах явление кажущегося изменения скорости роста, заключающееся в том, что при обратных расчислениях (по формуле прямой пропорциональности), выполненных по чешуе рыб разного возраста, расчисленные длины рыб младших возрастов получаются неодинаковыми: они тем больше, чем моложе рыба, по чешуе которой сделано расчисление, и тем меньше, чем старше рыба, по чешуе которой сделано обратное расчисление (пример см. в табл. 13).

Таблица 13

**Рост пикши по обратным расчислениям по формуле прямой пропорциональности (по Р. Ли, 1912)**

Возрастная группа	Число рыб	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$l_5$	$l_6$	$l_7$
II	247	18,3	29,4	—	—	—	—	—
III	87	17,6	30,4	40,4	—	—	—	—
IV	33	16,6	26,7	35,8	44,3	—	—	—
V	13	15,1	22,9	30,7	38,1	46,1	—	—
VI	2	15,0	21,2	27,3	32,0	36,6	41,2	—
VII	2	15,9	21,9	30,5	38,6	45,0	51,6	58,0
Среднее . . . . .	384	17,9	29,1	38,0	42,0	44,2	46,4	58,0

Таблица 14

**Рост каспийского пузанка (в см) по данным обратных расчислений по формуле прямой пропорциональности (по Киселевичу, 1923)**

Возрастная группа	Средняя длина (L)	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$l_5$
III	21,7	12,3	19,1	—	—	—
IV	23,5	11,1	18,0	21,7	—	—
V	25,2	10,5	17,1	21,4	24,0	—
VI	26,3	8,5	14,0	19,1	23,0	25,1

Это явление, которое оказалось очень широко распространенным, принято называть феноменом Розы Ли.

К. А. Киселевич (1923), изучая возраст каспийских сельдей, подметил, что при обратных расчислениях по чешуе молодых и старых рыб кривые роста оказываются неодинаковыми (табл. 14 и рис. 27).

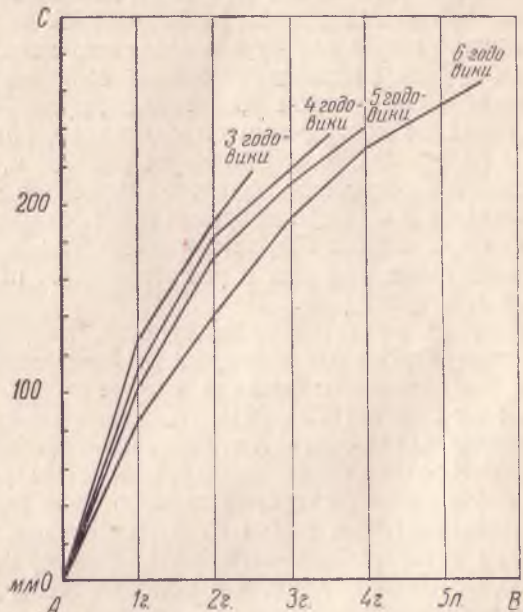


Рис. 27. Веерообразное расхождение кривых роста каспийского пузанка (по Киселевичу, 1923).

Длина годовиков каспийского пузанка, вычисленная по чешуе трехгодовиков, оказывается равной 12,3 см, а вычисленная по чешуе шестигодовиков—8,5 см. Длина двухгодовиков при тех же расчетах колеблется от 19,1 до 14,0 см и т. д.

На рис. 27 изображены кривые роста пузанка, построенные следующим образом. На оси абсцисс (АВ) отложен возраст, а на оси ординат (АС)—длины пузанка (в мм) в момент отложения первого, второго и дальнейших годовых колец, вычисленные последовательно по чешуе трехгодовиков, четырехгодовиков и т. д. Получаются довольно правильные кривые, очень близкие к параболе. При этом обнаруживается постоянная закономерность; кривые роста более младших возрастных групп идут круче, чем старших. К. А. Киселевич объясняет такое «веерообразное» расхождение кривых роста разницей в росте рыбы на первом году жизни, которая происходит

от двух причин: 1) от различия условий жизни молоди в разных местах ее обитания и 2) от растянутости нереста, вследствие чего некоторые особи, выключившиеся из икры раньше других, имеют более длительное время для откорма и роста на первом году. Это же сказывается и на дальнейшем росте рыб. Рыбы, хорошо выросшие в течение первого года, опережают в росте других и в дальнейшем. Наоборот, рыбы, отставшие в росте на первом году жизни, плохо растут и в следующие годы.

Пузанок (и другие каспийские сельди) созревает в различном возрасте (одни особи в 3 года, другие—в 4 года и т. д.), но всегда по достижении определенных размеров. Те рыбы, которые растут быстрее, созревают раньше и, наоборот, растущие медленнее созревают позднее. Созревшие рыбы идут на нерест, попадают в область действия промысла, и с них берут чешую для определения возраста и роста. Поэтому и получается указанная выше разница в расчисленных показателях роста молодых и старых рыб.

На закономерное различие кривых роста, полученных вычислением по чешуе молодых и старых рыб различных видов, помимо К. А. Киселевича, обращали внимание многие исследователи, начиная еще с 1912—1913 гг., давая этому явлению разные объяснения. Одни считали это явление ошибкой метода, обусловленной несоответствием между скоростью роста тела и роста чешуи или даже сжатием чешуи по мере роста (Роза Ли, ее «феномен»). Другие, как и К. А. Киселевич, полагали, что оно вызвано естественным отбором по размерам, а именно: особи, которые медленно росли в молодые годы, дольше не созревали и не вступали в промысловое стадо. Быстро растущие рыбы созревали скорее, раньше вступали в нерестовые стаи и попадали в уловы. Поэтому при обратном расчислении по их чешуе размеры рыб в первые годы жизни получаются больше.

У судака указанное явление носит обратный характер по сравнению с большинством рыб: вместо обычного снижения размеров, вычисленных по чешуе рыб старших возрастов, по сравнению с вычисленными по чешуе рыб младших возрастов, эти размеры увеличиваются.

Многочисленные исследования как советских, так и иностранных ученых в последние десятилетия показали, что в природе наблюдаются случаи «отбора», дающие «феномен» Розы Ли, но в большинстве случаев этот феномен объясняется неправильностью способа, применяемого для обратных расчислений. Сопоставление длины рыбы и длины соответствующей ей чешуи показало, что их соотношение у большинства рыб выражается не прямой, а кривой линией, поэтому вычисление по формуле прямой пропорциональности очень часто дает неточные результаты.



Предложено немало способов для уточнения обратных расчислений роста рыб. Наиболее известные и употребительные, а также новейшие способы приведены ниже.

12. Способ Розы Ли. Роза Ли (1920) пришла к заключению, что «длины рыбы и чешуи не пропорциональны. Пропорциональны друг другу только приросты длины рыбы и длины чешуи за один и тот же период времени». Это происходит потому, что чешуя закладывается не с самого начала жизни рыбы. Роза Ли предложила применять для обратных расчислений уравнение прямой регрессии (пользуясь теорией корреляции):

$$L = as + c,$$

где  $L$ —длина рыбы;  $s$ —длина соответствующей ей чешуи;  $c$ —свободный член, который она считает длиной рыбы до закладки чешуи.

Свободный член она определяет по графику. Так, например, в отношении сельдей она приводит следующие величины (табл. 15).

Таблица 15

Соотношение между длиной мелкой сельди и длиной чешуи  
(по Р. Ли, 1920)

Длина рыбы в см . . . . .	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5	13,5	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5	19,5	20,5
Средняя длина чешуи в мм . . . . .	1,32	1,55	1,61	1,72	1,91	2,6	2,25	2,39	2,65	2,83	3,30	3,31	3,07

На основании этих величин построен график (рис. 28). Для получения этого графика между осями координат поставлены точки, соответствующие сопряженным величинам, приведенным в табл. 15. Около них проведена прямая линия так, чтобы она была как можно ближе ко всем этим точкам. Прямая продолжена до пересечения с осью  $X$ , на которой она отсекает отрезок, равный 3 см. Этот отрезок Р. Ли считает той длиной, при которой закладывается чешуя.

Исходя из формулы прямой регрессии, Р. Ли показывает, как должна быть видоизменена формула для обратного расчисления длин, чтобы учесть влияние роста рыбы до появления чешуи. Определив по графику (рис. 28) длину сельди до появления чешуи, равную 3 см, Р. Ли составляет два уравнения регрессии, вводя в них эту длину (3 см) в качестве свободного члена. Уравнение прямой регрессии:

$$y = a + bx$$

или, подставляя обозначения Р. Ли,

$$L = as + c,$$

где  $L$ —длина рыбы;  $s$ —радиус чешуи,  $a$ —постоянная величина,  $c$ —свободный член.

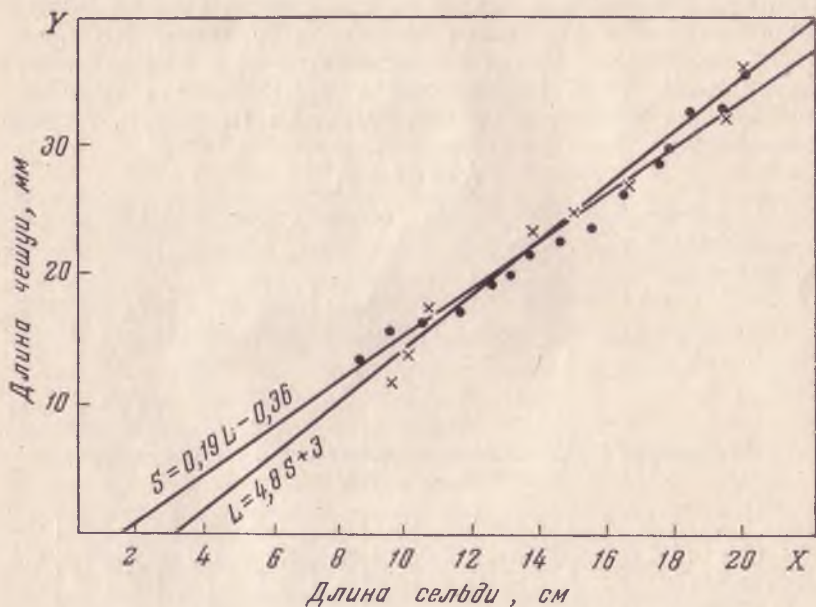


Рис. 28. Соотношение между длиной сельди Северного моря и радиусом ее чешуи (по Р. Ли, 1920).

Подставляя вместо  $c$  найденную по графику величину свободного члена  $c=3$  см, получаем уравнение

$$L = as + 3 \quad (I)$$

То же уравнение для радиуса чешуи (например длина до конца первого зимнего кольца  $s_1$ ) будет иметь вид:

$$L_1 = as_1 + 3 \quad (II)$$

Зная длину  $L$  и длины чешуи  $s$  и  $s_1$ , вычисленную длину рыбы в конце первой зимы ( $L_1$ ), можно определить решением двух выше приведенных уравнений (I и II), а именно:

$$L_1 = 3 + \frac{s_1}{s} \cdot (L - 3)$$

или в общей форме:

$$L_n = \frac{s_n}{s} \cdot (L - a) + a.$$

Решение уравнений I и II:

$$\begin{array}{ll}
 1) L = as + 3; & 8) s_1(L - 3) = s(L_1 - 3); \\
 2) L_1 = as_1 + 3; & 9) s_1L - 3s_1 = sL_1 - 3s; \\
 3) as = L - 3; & 10) sL_1 = s_1L - 3s_1 + 3s; \\
 4) as_1 = L_1 - 3; & 11) L_1s = s_1(L - 3) + 3s; \\
 5) a = \frac{L - 3}{s}; & 12) L_1 = \frac{s_1(L - 3)}{s} + 3; \\
 6) a = \frac{L_1 - 3}{s_1}; & 13) L_1 = 3 + \frac{s_1}{s}(L - 3). \\
 7) \frac{L - 3}{s} = \frac{L_1 - 3}{s_1}.
 \end{array}$$

Расчисления по этой формуле можно вести на доске Э. Леа. При этом линейку  $AC$  устанавливают на линейке  $AB$  (см. рис. 21) на величину, равную  $L - c$ , т. е. длине рыбы, из которой вычитается свободный член, равный, по мнению Р. Ли, величине рыбы до образования чешуи (у сельдей Северного моря  $L - 3$ ). Соответственно этому к каждой из полученных обратным расчислением длин надо прибавить величину свободного члена (для сельдей Северного моря—3 см).

В табл. 16 приведено сравнение обратных расчислений, сделанных по формуле Э. Леа и Р. Ли. Оно показывает, что при пользовании формулой, предложенной Р. Ли, величина первого года, вычисленная по чешуе рыб разных размеров, почти не изменяется. Те же длины первого года, но вычисленные по Э. Леа, значительно уменьшаются (с 9,4 см до 8,7 см).

Таблица 16

Сравнение обратных расчислений, сделанных по формуле Э. Леа и Р. Ли (по Р. Ли, 1920)

Длина чешуи в мм	Длина рыбы в см	$L_1 = \frac{s_1}{s} \cdot L$	$L_1 = 3 + \frac{s_1}{s}(L - 3)$
3,0	16,75	9,4	10,8
3,8	20,50	9,2	10,8
4,8	25,50	9,0	10,9
5,7	29,50	8,7	10,9

По способу Р. Ли работали многие иностранные исследователи, его нередко применяют и до сих пор (Tesch, 1955).

13. Способ Екатерины Шерифф. Стремясь к еще большей точности обратных расчислений, Екатерина Шерифф (Sherriff, 1922), проведя математический анализ материалов



Розы Ли, пришла к заключению о криволинейной зависимости величин (длина тела—длина чешуи) и предложила вести обратные расчисления по уравнению параболы:

$$L = as^2 + bs + c.$$

Ввиду сложности вычислений этот метод в практику не вошел (см. стр. 138).

14. Логарифмический счетный прибор системы Г. Н. Монастырского. Г. Н. Монастырский установил, что приращения логарифмов длины рыбы пропорциональны приращениям логарифмов длины чешуи. Исходя из этого положения и идя по пути замены сложных математических расчетов механическим вычислением, Г. Н. Монастырский (1934) построил прибор, при помощи которого легко вести обратные расчисления методом логарифмических шкал. Прибор этот обычно называют *счетным прибором Г. Н. Монастырского*, или, чаще, *логарифмической доской Г. Н. Монастырского*.

Счетный прибор Г. Н. Монастырского (рис. 29) имеет форму доски со сторонами 29×27,5 см. С правой и левой сторон прибора наклепаны зажимаемые клеммами металлические пластинки, при помощи которых можно закрепить неподвижно на доске лист бумаги. На нижней стороне доски параллельно ее обрезу закреплена логарифмическая линейка *A*. Вместо обыкновенного движка линейки вставлен специальный движок *B* с приспособлением для перпендикулярной линейки *B*,двигающейся направо, налево, вверх и вниз. К линейке *B* прикреплена логарифмическая шкала.

Материал для расчислений готовится следующим образом.

а) В подлежащей исследованию пробе измеряют и записывают (на карточки) длину рыб и длину чешуи, как полную, так и до каждого годового кольца ( $L, s, s_1, s_2, s_3, \dots, s_n$ ). Чешую измеряют с соблюдением одинакового масштаба, т. е. при одинаковом увеличении лупы (бинокля или микроскопа) и одинаковым измерительным прибором: окуляр-микроскопом, линейкой и т. п.

б) Данные о длине чешуи группируют по классам длины рыбы (на каждый сантиметр, или на каждый миллиметр, или на каждые 5 см, в зависимости от размеров рыбы) и вычисляют средние арифметические длины чешуи на каждый класс длины. Если материал большой, то эту работу надо проводить на 50—100 экземплярах, отобрав по 10 рыб на каждый класс длины.

в) Затем строят «логарифмическую номограмму», пользуясь прибором Монастырского. Для этого при помощи пластинок и клемм на доске закрепляют лист белой бумаги. Вертикальную линейку *B* ставят таким образом, чтобы на ней уме-

стились значения наибольшей и наименьшей длины рыб в исследуемой пробе. Это достигается перемещением вертикальной линейки вверх и вниз по отношению к линейке А. Затем вертикальную линейку В, точнее ее левый обрез, подводят к отметкам неподвижной шкалы, отвечающим значениям средней

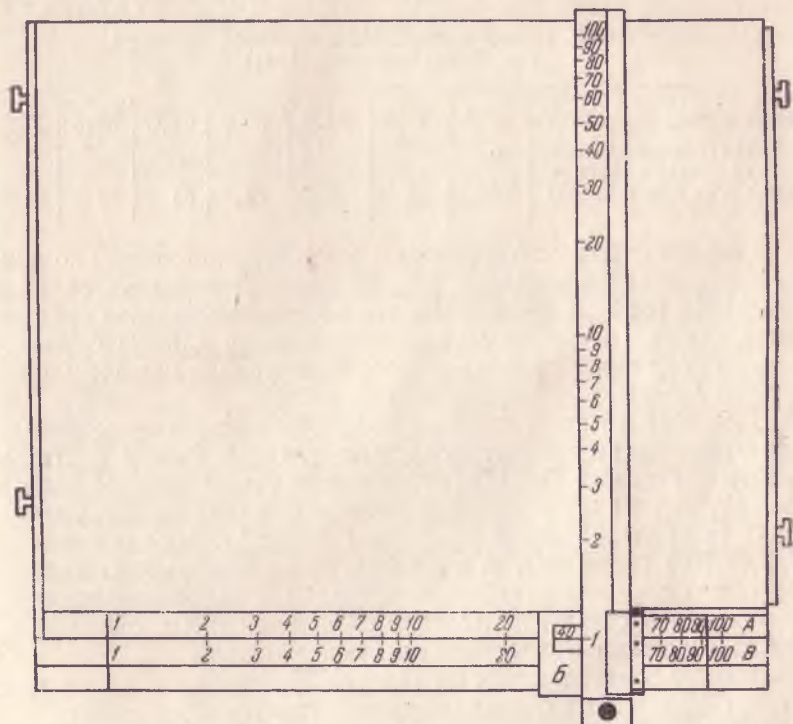


Рис. 29. Логарифмический счетный прибор системы Г. Н. Монастырского (по Монастырскому, 1934).

длины чешуи, соответствующей наибольшей длине рыбы. На вертикальной линейке находят деление, соответствующее длине чешуи, и около этой отметки вертикальной шкалы ставят на бумаге точку. Подобным же образом получают на бумаге, закрепленной на приборе, все точки, отвечающие соотношениям длины рыбы и длины чешуи, от наименьшей длины до наибольшей.

Возле полученных точек проводят прямую, которую «на глаз» располагают так, чтобы она была как можно ближе ко всем точкам. Эта прямая на закрепленном на приборе листе бумаги, расположенная под определенным углом наклона к

обеим логарифмическим шкалам (вертикальной и горизонтальной), и является логарифмической номограммой.

Покажем теперь на примере, как вести вычисление на приборе Монастырского, пользуясь материалом по орфе (золотой язь), приведенным в табл. 17.

Т а б л и ц а 17

Зависимость между длиной орфы и длиной ее чешуи  
(по Монастырскому, 1934)

Длина рыбы, в мм . .	37,5	45,0	54,0	60,5	62,0	67,5	76,5
Средняя длина задней части чешуи (относительные величины)	31	38	45	49	54	57	64,5

В первой строчке этой таблицы рыбы сгруппированы по длине, выраженной в миллиметрах, начиная от меньших величин к большему (от 37,5 до 76,5). Во второй строчке указана средняя длина чешуи (в относительных величинах, в данном случае в делениях окуляр-микрометра), соответствующая каждому классу длины рыбы.

Построим по этим данным логарифмическую номограмму. Для этого, закрепив лист бумаги на приборе, шкалу *B* ставим на делении шкалы *A*=64,5 (длина чешуи самой длинной рыбы). Линейку *B* устанавливаем при этом так, чтобы на ней уместились (в пределах доски прибора и листа бумаги) отметки от 37,5 до 76,5 (наименьшая и наибольшая длина рыбы). Установив таким образом линейку, приступаем к нанесению точек:

линейку *B* ставим на делении 64,5 линейки *A* и около деления 76,5 линейки *B* отмечаем на бумаге точку;

линейку *B* передвигаем на деление 57 линейки *A* и около деления 67,5 линейки *B* ставим вторую точку;

линейку *B* передвигаем на деление 54 линейки *A* и против деления 62,0 линейки *B* ставим третью точку. Так продолжаем до тех пор, пока не получим всю серию точек. Затем по этим точкам проводим наклонную прямую, получая таким путем логарифмическую номограмму.

Теперь можно вести обратные расчисления.

Положим, нам даны  $l=67,5$ ;  $s=57$ ;  $s_1=31$  и  $s_2=49$ , а требуется найти  $l_2$  и  $l_1$ .

Для этого шкалу *B* ставим на деление 57 шкалы *A* и передвигаем ее вверх (или вниз) с таким расчетом, чтобы наклонная линия (логарифмической номограммы) пересекла вертикальную шкалу *B* в точке против деления 67,5. Затем шкалу *B* ставим последовательно против делений 49 и 31 неподвижной шкалы *A*, а на пересечении наклонной линии с вертикальной шкалой *B* мы прочитаем соответствующие расчисленные дли-



ны рыбы—58,5 и 37,0. По этому способу ведется обратное расчисление роста каждого экземпляра рыбы.

В данном примере наблюдается пропорциональная зависимость между длиной рыбы и длиной чешуи, поэтому расчисления можно было бы делать по формуле прямой пропорциональности. Эти вычисления можно с успехом делать (как показано на разобранном примере) также и на счетном приборе Монастырского.

В табл. 18 приведен пример обратных расчислений роста трески. В этом случае ясно видно, что длины, полученные логарифмическим способом (третья строчка), гораздо ближе к фактическим измерениям (вторая строчка), чем вычисленные по формуле прямой пропорциональности (четвертая строчка).

Таблица 18

Обратное расчисление роста трески на счетном приборе  
Г. Н. Монастырского (по Монастырскому, 1934)

Длина задней части чешуи . . . . .	41,8	44,5	48,9	52,9	56,6	57,9	61,9	64,9	68,2	71,9	73,4
Длина рыбы, непосредственно измеренная . . . . .	37,5	42,5	47,5	52,5	57,5	62,5	67,5	72,5	77,5	82,5	87,5
Длина рыбы, вычисленная логарифмическим способом	39,0	42,5	48,5	54,0	59,5	61,5	68,0	72,5	78,0	84,5	87,5
Длина рыбы, вычисленная по формуле прямой пропорциональности . . . . .	49,9	53,0	58,2	63,0	67,5	69,0	73,5	77,3	81,5	85,5	87,5

Примечание. Длина рыбы показана в см; длина чешуи— в делениях окуляр-микрометра.

Каждый раз, приступая к обратным расчислениям роста новой рыбы, в отношении которой неизвестно, применим ли к ней метод прямой пропорциональности, необходимо сделать проверку, сопоставив величины, вычисленные тем и другим способом, и сравнив их с фактическими, как это, например, сделано в табл. 18. Такую проверку можно сделать и до обратных расчислений. Для этого нужно найти отношения длины рыбы к длине чешуи (разделить длину рыбы на длину чешуи) для каждого класса длины. Если это отношение у данной рыбы является постоянным и колебания его незначительны, то для обратных расчислений можно пользоваться формулой прямой пропорциональности. При непостоянстве этого отношения пользуются методом логарифмических шкал.

На счетном приборе системы Монастырского можно также проводить обратное расчисление веса по длине рыбы. Впервые этот прием показал П. В. Тюрин (1927). Весь процесс работы такой же, как и при вычислении длины по чешуе. Только на вертикальной шкале *Б* надо откладывать длину, а на неподвижной горизонтальной шкале *А* откладывать вес. При обратном расположении данных получается очень большой угол наклона прямой, что неудобно для дальнейшего вычисления роста.

15. Прибор для обратных расчислений Г. П. Померанцева. Если прибора Монастырского нет, его можно заменить прибором, предложенным Г. П. Померанцевым (1949). Берут гладкую доску  $50 \times 60$  см с прямоугольным левым краем, затем рейшину длиной 50 см и угольник с длиной большого катета в 30—35 см. На линейку рейшины и на большой катет угольника наклеивают полоски бумаги с нанесенными на них логарифмическими шкалами.

Для приготовления шкалы полоску плотной гладкой бумаги прикладывают к логарифмической линейке, деления с линейки переносят (острым карандашом) на бумагу, затем обводят деления тушью и подписывают цифры. Переносят деления не все: до 25—через 0,5, далее через единицу, а конец шкалы—через 5,0, т. е. 85, 90, 95, 100. Для приготовления шкалы используют нижнюю шкалу логарифмической линейки длиной 25 см. Так как иногда, в зависимости от цифр, нужна более мелкая шкала, то ее и наносят на обратной стороне рейшины и угольника, используя верхнюю малую шкалу логарифмической линейки длиной 12,5 см.

Такая шкала необходима для расчисления веса, так как при пользовании шкалой большого масштаба наклонная прямая логарифмической номограммы пойдет под большим углом, что поведет к ошибкам при расчислении. Для таких расчислений наиболее выгоден угол наклонной, близкий к  $45^\circ$ . Это получается тогда, когда разность между максимальным и минимальным значениями длины чешуи занимает на горизонтальной шкале рейшины такую же длину, какую на шкале угольника занимает разность между значениями максимальной и минимальной длины рыбы или ее веса.

Расчисление ведут следующим образом (рис. 30). Лист бумаги прикрепляют к доске, накладывают на него рейшину и отмечают ее исходное положение, проводя по ней в нижней части листа горизонтальную черту. Угольник прикладывают к рейшине и, двигая вдоль нее, наносят точки на листе бумаги так, как делается при пользовании прибором Монастырского, причем рейшина является шкалой длины чешуи, а угольник—шкалой длины рыбы. Рейшина в это время должна лежать

неподвижно, что контролируется проведенной на листе горизонтальной чертой.

Получив наклонную прямую для длины чешуи и рыбы (логарифмическую номограмму), делают обратные расчисления. Для этого угольник прикладывают к шкале рейсшины в точке,

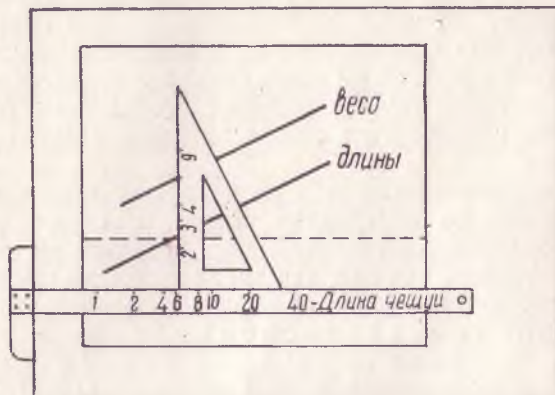


Рис. 30. Схема Г. П. Померанцева расчисления темпа роста рыб по логарифмическим шкалам.

соответствующей общей длине чешуи. Затем, не отнимая угольника от рейсшины, последнюю двигают вместе с ним так, чтобы значение шкалы угольника совпало с проведенной на листе наклонной прямой. В этом положении рейсшину задерживают неподвижно, а угольник двигают вдоль шкалы рейсшины по точкам  $s_1, s_2, s_3, \dots, s_n$ , а по шкале угольника при пересечении с наклонной читают соответствующие значения расчисленной длины рыбы  $l_1, l_2, l_3$  и т. д.

Г. П. Померанцев предложил делать и обратное расчисление веса, пользуясь измерениями длины чешуи  $s_1, s_2, \dots, s_n$ . При получении логарифмической номограммы для расчисления веса используют ту же бумагу, на которой уже нанесена наклонная для расчисления длины.

Точки веса рыбы, соответствующего той или иной длине чешуи, надо наносить цветным карандашом, чтобы не смешивать их с точками, обозначающими длину (они могут совпадать). Вместо этого можно несколько сместить наклонную веса вверх, для чего передвинуть рейсшину на 2—3 см вверх и там отметить ее исходное положение соответствующей чертой (на рис. 30 изображена пунктиром). При расчислении веса пользуются логарифмическими шкалами малого масштаба, для чего линейку и угольник переворачивают.



Г. П. Померанцев ведет все расчисления не по отдельным особям, как это делают Г. Н. Монастырский и другие исследователи, а по средним величинам. Поэтому перед расчислением он предварительно вычисляет среднюю длину всех рыб (соответственно и вес) каждого возраста и средние длины их чешуи, как общие, так и до каждого годового кольца. Затем по этим средним делают обратные расчисления, получая сразу средние длины по возрастам, вычисленные по каждой возрастной группе исследуемой рыбы. Этим очень сильно ускоряется работа, но нельзя исследовать индивидуальные особенности роста рыб. Возможность пользоваться таким приемом зависит от цели исследования.

Обратное расчисление веса не по расчисленным длинам, а непосредственно по измерениям чешуи является развитием методики обратных расчислений, хотя практически не дает никаких преимуществ, так как, как правило, всегда прежде обратного расчисления веса делается обратное расчисление длины.

16. Обратные расчисления длины рыб по способу поправочных коэффициентов. Впервые этим методом пользовался К. К. Терещенко (1913). Он эмпирически установил, что соотношение между длиной тела и величиной клейтрума у воibly изменяется с возрастом. Деля длину рыбы на длину клейтрума у разных возрастных групп, он вычислил показатели отношений и ввел в формулу прямой пропорциональности переменные коэффициенты.

Формула для обратных расчислений приобрела следующий вид:

$$L_x = \frac{l}{l'} \cdot L_x k,$$

где  $L_x$  — искомая длина рыбы;

$L$  — наблюдаемая длина рыбы;

$l$  — длина клейтрума;

$l_x$  — длина клейтрума до годового кольца  $x$ ;

$k$  — переменный коэффициент.

Если взять принятые ныне обозначения, эта формула имеет вид:

$$l_n = \frac{l}{c} \cdot c_n \cdot k.$$

Введение переменного коэффициента уточнило результаты вычислений.

Несовершенство этого метода в том, что коэффициент связан с возрастом рыбы, а не с длиной. При изменении скорости роста, следовательно, изменяется и переменный коэффициент.

17. Обратные расчисления длины рыб по Ф. И. Вовку. Ф. И. Вовк [1955 (1956)] доказывает, что за-

висимость между длиной тела рыбы и длиной (радиусом) ее чешуи криволинейна, причем тип криволинейной корреляции специфичен для каждого вида и зависит от структуры и характера роста чешуи и экстерьера рыбы, главным образом от высоты ее тела. Вследствие того, что в течение жизни рыбы относительная высота ее тела изменяется (обычно увеличиваясь с возрастом), изменяется и соотношение в росте различных секторов чешуи: ускоряется рост боковых и замедляется рост переднего сектора. Отношение с длиной тела наиболее плавно меняется в заднем секторе задней части чешуи.

Вопрос о видовой специфичности эмпирических кривых, показывающих отношение между радиусом чешуи  $s$  и длиной рыбы  $l$  (эмпирические кривые  $l-s$ , «тело—чешуя»), по нашему мнению, еще нельзя считать решенным. Ф. И. Вовк показывает практически однородность таких кривых пока для немногих видов (леща, язя). Вероятно, его соображения подтвердятся для большинства рыб. Однако, например, у таких рыб, как карась, который имеет высокотелье и низкотелье формы, отношение  $l-s$  в пределах одного вида будет изменяться. Поэтому, рекомендуя пользоваться методом Ф. И. Вовка, мы считаем, что в ближайшие годы, до накопления большого эмпирического материала о ряде рыб, следует для каждого водоема по каждому виду рыб вычислить соответствующую кривую  $l-s$ .

После этих замечаний перейдем к описанию методики вычисления эмпирических кривых  $l-s$  по Ф. И. Вовку.

Ф. И. Вовк вычерчивает на миллиметровой бумаге оси координат. На оси ординат (вертикальной шкале) он наносит длину рыбы в миллиметрах, а на оси абсцисс (горизонтальной шкале)—измерения радиуса чешуи в делениях окуляр-микрометра (на миллиметры переводить не надо). Горизонтальную шкалу (чешуи) следует брать длиной примерно на  $\frac{1}{3}$  меньше вертикальной. Тогда точки расположатся по диагонали под углом  $50-60^\circ$  к основанию графика, что удобно при дальнейшей работе. Между осями координат располагают точки, показывающие отношение  $l-s$  для каждого измеренного экземпляра рыбы (рис. 31).

Чтобы построить такую диаграмму, необходимо иметь точки для всех возрастов, начиная с годовиков, причем количество их должно быть довольно большим. Так, на диаграмме, составленной Ф. И. Вовком, нанесено 699 точек  $l-s$  леща. Точки образуют корреляционное поле. Чешую следует брать со строго определенного участка тела (обыкновенно с середины тела над боковой линией), измерять все чешуи также в одном направлении, выбранном для данной рыбы.

У леща, язя и некоторых других карповых рыб, исследованных Ф. И. Вовком, корреляционное поле у самок и самцов оди-

наковое, поэтому для обратных расчислений можно пользоваться кривыми, полученными по самцам и самкам, взятым вместе. Это, по-видимому, будет относиться ко всем рыбам, не имеющим ясно выраженного полового диморфизма в форме тела, т. е. к тем, у которых форма тела самцов и самок одинакова или почти одинакова.

Корреляционное поле отражает закономерную криволинейную зависимость между радиусом чешуи и длиной тела. Если вследствие ошибок, допущенных в измерениях длины рыбы или чешуи, некоторые точки отходят далеко в сторону от корреляционного поля, то они отбраковываются.

При составлении графика в материале могут оказаться экземпляры рыб, у которых чешуя была взята не с того места на теле, как у большинства других рыб. Точки, полученные для таких рыб, будут отклоняться от общей площади корреляционного поля, и их следует так же, как и при явных ошибках, выбросить. Так, на графике Ф. И. Вовка (для леща) сомнительна группа точек рыб длиной 50—60 мм. Она получена от чешуи, взятых не над боковой линией, а с брюшной части тела мальков. Ф. И. Вовк считает, что эту группу точек следует игнорировать.

Чтобы уловить общее направление корреляционного поля, слегка проводят карандашом обводы поля, а затем при помощи лекала добиваются плавности линий. Оба обвода должны быть однотипны. Тожественность их проверяют следующим образом. Берут один из обводов, который лучше огибает поле [на рис. 31—верхний (левый) обвод] и «накладывают» его на нижний. Для этого записывают (табл. 19) ряд длин рыб через 40—50 мм и соответствующие им размеры чешуи, используя точки, которые находили на линии верхнего обвода. Затем находят на нижнем обводе для одной из длин рыб соответствующий ей размер чешуи и записывают его в нижний ряд таблицы. Например, на рис. 31 для длины леща 360 мм чешуя верхнего обвода равна 111 делениям, нижнего—156,4 деления шкалы. Затем находят коэффициент пропорциональности из отношения  $\frac{156,4}{111}=1,41$ .

На него умножают все остальные величины чешуи верхнего ряда и записывают их в нижний ряд табл. 19 (например,  $3,5 \cdot 1,41=4,9$ ;  $9,9 \cdot 1,41=14,0$ ;  $27,8 \cdot 1,41=39,2$  и т. д.). Нанеся точками полученные данные на нижний обвод, проверяют правильность обоих обводов.

Описанный способ сравнения кривых можно назвать изображением кривой в масштабе другой кривой, или приведением кривой к другому масштабу. Этим приемом мы будем пользоваться постоянно при работе по способу Ф. И. Вовка.

Для проверки правильности полученных на рис. 31 обводов



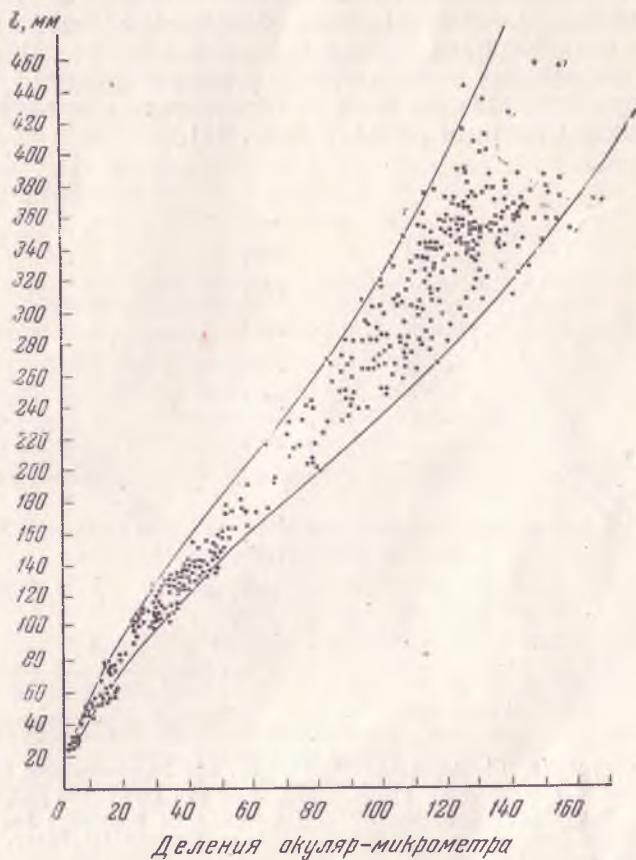


Рис. 31. Диаграмма распределения эмпирических точек  $l-s$  (по переднему радиусу чешуи) у самцов леща (по Вовку, 1956)

Таблица 19

Проверка обводов корреляционного поля леща [по Вовку, 1955 (1956)]

Длина тела в мм . . . . .	30	60	120	160	200	240	300	360	400
Чешуя верхне- го обвода . . . .	3,5	9,9	27,8	41,8	57,3	73,2	93,5	111,0	121,3
Чешуя в мас- штабе нижнего обвода . . . . .	4,9	14,0	39,2	59,0	80,8	103,1	132,0	156,4	171,2

поступаем следующим образом. На участках корреляционного поля, где обводы не совпадают, вносим исправления кривых таким образом, чтобы они лучше прилегали к корреляционному полю в целом. Добившись полного совпадения обводов и их наилучшего плавного прилегания к полю точек, переносим оба обвода на чистый лист миллиметровой бумаги и находим среднюю корреляционную кривую, деля по горизонтали корреляционное поле между обводами пополам (рис. 32).

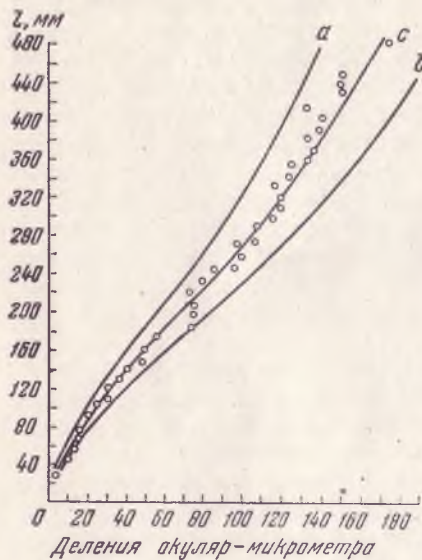


Рис. 32. Обводы (а, б), эмпирическая кривая (с) и средние арифметические точки  $l-s$  (передний радиус) леща (самки и самцы вместе) (по Вовку, 1956).

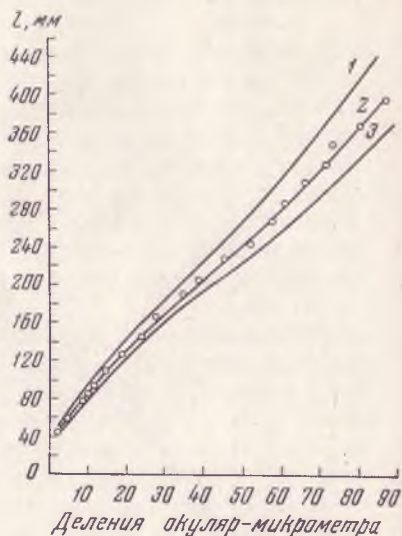


Рис. 33: Эмпирические кривые  $l-s$  язя (передний радиус):  
1—р. Обь; 2—финские водоемы;  
3—оз. Сартлан (по Вовку, 1956)

На рис. 32, кроме обводов и эмпирической кривой, нанесены средние арифметические точки. Они найдены путем следующей группировки. Зесь материал был распределен на классы длины с промежутками в 1 см и для каждого класса подсчитан средний размер чешуи, соответствующий рыбам с этой длиной. Ясно видно, что эти средние арифметические точки довольно сильно разбросаны и могут вызвать большую ошибку, чем эмпирическая кривая, полученная по способу обводов, предложенному Ф. И. Вовком.

На диаграмме (рис. 32) можно было бы получить бесконечное число однотипных кривых, проводя их через любую наблюдаемую точку и пользуясь описанным выше методом приведе-

ния одной кривой к масштабу другой кривой, как это показано в табл. 19. Таким способом можно получить «веер» однотипных кривых, которые носят название «семейства кривых». Для построения номограммы расчисления роста пригодна любая из этих кривых, но рациональнее пользоваться только одной—средней, которую условимся называть эмпирической кривой  $l-s$  Вовка.

Обратные расчисления длины рыб по эмпирической кривой ведут так, как показано ниже, на примере расчисления язя (табл. 20 и 21, рис. 33).

Т а б л и ц а 20

**Пример обратного расчисления язя из р. Оби по эмпирической кривой  $l-s$  [по Вовку, 1955 (1956)]**

а) Измерение переднего радиуса чешуи в делениях окуляр-микрометра  
(наблюденная длина 78,7)

Возраст . . . . .	1	2	3	4	5	6
Радиус чешуи . . . . .	5,3	20,0	32,7	42,2	56,4	70,7

б) Длина язя в мм, расчисленная по трем кривым (рис. 33)  
(наблюденная длина 350 мм)

Кривая № 1 . . . . .	58	129	178	210	258	316
„ № 2 . . . . .	58	128	178	210	258	316
„ № 3 . . . . .	58	128	178	209	257	316

Т а б л и ц а 21

**Порядок записи обратных расчислений длины язя из р. Оби по эмпирическим кривым Ф. И. Вовка**

Фактические измерения чешуи	Чешуя в масштабе графика $s$	Расчисленная длина, мм	
$s_1$	5,3	4,6	$l_1$
$s_2$	20,0	17,7	$l_2$
$s_3$	32,7	28,7	$l_3$
$s_4$	42,2	37,0	$l_4$
$s_5$	56,4	49,5	$l_5$
$s_6$	70,7	62,0	$l_6$
$s$	78,7	69,0	$l$

На рис. 33 приведены три кривые  $l-s$  язя из трех разных водоемов: 1) Оби, 2) финских водоемов и 3) озера Сартлан. Сделаем обратные расчисления по всем трем кривым.



Прежде всего измерение чешуй необходимо привести к масштабу, принятому на графике (рис. 33), т. е. найти, как описано выше (стр. 118) коэффициент пропорциональности между фактическим размером чешуи и размером чешуи на графике. Это делается при помощи логарифмической линейки следующим образом. Эмпирическая длина 350 мм соответствует



Рис. 34. Прямолинейная номограмма со сдвоенной шкалой для расчисления роста леща по переднему радиусу чешуи (по Вовку, 1956).

по кривой длине чешуи 69,0. Находим по логарифмической линейке отношение между размером чешуи, соответствующим длине в 350 мм, и размером ее по

кривой:  $\frac{78,7 \text{ (эмпирическая)}}{69,0 \text{ (по кривой)}}$ . Эти вычисле-

ния можно быстро сделать при помощи логарифмической линейки: на верхней шкале линейки ставим эмпирический размер чешуи (78,7), а на движке—размер чешуи по кривой. Не меняя положение линейки и движка, перемещаем визир так, чтобы под его чертой наверху было  $s_1=5,3$  (см. табл. 21); тогда на движке читаем 4,6 (т. е.  $s_1$  в масштабе графика), а на кривой находим, соответственно размеру чешуи 4,6, длину  $l_1=58$  мм. Все эти величины записываем, как показано в табл. 21. Передвинув визир так, чтобы на верхней шкале было  $s_2=20,0$ , читаем на движке 17,7 ( $s_2$  по кривой), а на кривой находим, соответственно чешуе 17,7, длину = 129 мм.

Таким способом вычислены все длины язя, приведенные в табл. 20, причем для расчислений были использованы последовательно все три кривые графика на рис. 33. Несмотря на то, что кривые вычерчены по материалам из трех различных районов (Обь, финские водоемы, озеро Сартлан), полученные величины практически совпадают; этим подтверждается положение Ф. И. Вовка о видовой специфичности кривых  $l-s$ . На этом примере мы также видим, что обратное расчисление по любой кривой одного из того же семейства кривых дает одинаковые результаты. Так как криволинейная номограмма неудобна в работе, ее можно преобразо-

звать в прямолинейную со вдвоенной шкалой. Такая номограмма изображена на рис. 34. На ее левой шкале нанесены измерения чешуи в равномерном масштабе. Она начинается от нуля (внизу) и доведена до максимальной длины чешуи в делениях окуляр-микрометра (наверху). На правой шкале нанесены длины рыбы ( $l$ ) в миллиметрах, причем деления внизу начинаются с наблюдаемой длины сеголетков. При выборе масштаба шкал (от нуля) руководствуются тем, чтобы в месте сбегамости шкалы переменного масштаба можно было отсчитать глазом миллиметры длины рыбы.

Построение прямолинейной номограммы технически выполняется следующим образом. Построив шкалу чешуи с равномерным масштабом (левую), на правую сторону против соответствующих размеров чешуи наносят длины рыб или с корреляционной эмпирической кривой  $l-s$  (рис. 32 и 33) или из таблицы отношений  $l-s$ , которую составляют предварительно на основании этой эмпирической кривой (например, табл. 22).

Т а б л и ц а 22

Зависимость  $l-s$  у леща для составления номограммы расчисления роста по переднему радиусу чешуи (по Вовку, 1956)

$l-s$	$l-s$	$l-s$	$l-s$	$l-s$
30—4,2	125—35,5	220—78,9	315—118,4	410—149,9
35—5,4	130—37,5	225—81,2	320—120,2	415—150,8
40—6,65	135—39,6	230—83,5	325—121,9	420—152,2
45—7,9	140—41,75	235—85,8	330—123,7	425—153,6
50—9,15	145—43,9	240—88,1	335—125,4	430—155,0
55—10,5	150—46,1	245—90,4	340—127,1	435—156,4
60—11,9	155—48,25	250—92,6	345—128,8	440—157,8
65—13,4	160—50,54	255—94,8	350—130,5	445—159,2
70—15,0	165—52,7	260—96,9	355—132,5	450—160,6
75—16,7	170—55,0	265—99,0	360—133,8	455—162,0
80—18,4	175—57,3	270—101,0	365—135,4	460—163,3
85—20,1	180—59,65	275—103,0	370—137,0	465—164,6
90—21,9	185—62,0	280—105,0	375—138,6	470—165,9
95—23,7	190—64,3	285—106,95	380—140,2	475—167,2
100—25,6	195—66,6	290—108,9	385—141,8	480—168,6
105—27,5	200—69,0	295—110,8	390—143,3	485—169,9
110—29,5	205—71,5	300—112,7	395—144,8	490—171,2
115—31,5	210—74,0	305—114,6	400—146,3	495—172,4
120—33,5	215—76,5	310—116,5	405—147,8	500—173,6

Примечание.  $l$  — длина тела до конца чешуйного покрова (в мм);  $s$  — передний радиус чешуи (в делениях окуляр-микрометра).

Номограмму надо сначала строить в крупном масштабе; а затем сфотографировать, уменьшив до нужных размеров.

Поскольку размеры чешуи у рыб одинаковой длины всегда варьируют, для обратных расчислений по прямолинейной номограмме со сдвоенной шкалой приходится приводить измерения чешуи к масштабу номограммы, как это было показано при обратных расчислениях по криволинейной номограмме. Пересчет ведется по той же пропорции  $s_n^{\text{ном}} = \frac{s^{\text{ном}}}{s} \cdot s_n$ , где  $s^{\text{ном}}$  — размер чешуи по номограмме до годового кольца того возраста ( $n$ ), для которого мы будем определять длину рыбы;  $s^{\text{ном}}$  — общая длина чешуи, т. е. от центра до края по номограмме;  $s$  — та же длина взятой нами чешуи;  $s_n$  — размер взятой нами чешуи до  $n$ -ого годового кольца. Например, у леща длиной 200 мм в возрасте 5+ передний радиус чешуи ( $s$ ) равен 58 делениям окуляр-микрометра. По номограмме находим, что для этой длины тела леща размер чешуи ( $s^{\text{ном}}$ ) равен 69 делениям. Взяв отношение  $\frac{69}{58}$  в качестве коэффициента пропорциональности и умножив на него величину чешуи до каждого годового кольца ( $s_n$ ), получаем величины чешуи до годовых колец ( $s_n^{\text{ном}}$ ), приведенные к масштабу номограммы (табл. 23).

Т а б л и ц а 23

Приведение измерений возрастных колец к масштабу номограммы

Годовые кольца чешуи .	1	2	3	4	5	5+
В делениях окуляр-микрометра . . . . .	11	25	37	46	55	58
В масштабе номограммы .	13,1	29,8	44,0	54,7	65,5	69,0

Пользуясь одной и той же номограммой, можно вести обратные расчисления роста по чешуям, измеренным при любом увеличении. Все измерения легко приводятся к масштабу номограммы и, как уже упоминалось, совершенно излишне измерение чешуи или шкалу чешуи номограммы (левую) выражать в миллиметрах. Однако при построении самой номограммы следует все время работать с одинаковым увеличением.

Вместо прямолинейной номограммы со сдвоенной шкалой можно пользоваться только правой шкалой с переменным масштабом для длин рыб, а левую вовсе удалить. Тогда мы получим пропорциональную линейку с переменным масштабом (рис. 35). Такой линейкой пользуются, когда имеется микропроектор. Если с помощью микропроектора спроектировать чешую на пропорциональную линейку так, чтобы центр ее совпал с перекрестом у начала линейки, а край чешуи с чертой шкалы,



показывающей длину расчисляемой рыбы, то пересечения шкалы с годовыми кольцами укажут расчисленные длины.

Пользуясь пропорциональной линейкой, мы исключаем трудоемкую работу по измерению чешуи. Определение возраста и расчисление роста проводятся одновременно.

При наличии микропроектора никаких специальных приборов для расчисления роста не требуется. При отсутствии такой установки можно использовать существующие приборы — доску Э. Леа или Г. Н. Монастырского (с ниткой). Для этой шкалы прямой пропорциональности в этих приборах заменяют линейкой переменного масштаба.

В настоящее время уже имеются эмпирические кривые  $l-s$  для ряда видов рыб. Ф. И. Вовком [1955 (1956)] опубликованы такие кривые леща, язя, сибирской плотвы, чехони, судака и омуля, а Ю. Е. Лапиным [1955 (1956)] — снетка (рис. 36 и 37).

18. Обратные расчисления роста по способу Сегерстрооля. Финский исследователь Сегерстрооль (1933), изучая карповых и окуневых рыб, пришел к заключению, что обратные расчисления по формуле прямой пропорциональности дают результаты, не совпадающие с наблюдаемыми величинами. Он называет обратные расчисления длины рыб изучением роста скалиметрическим методом, а результаты, полученные по формуле прямой пропорциональности, — «измененным ростом».

Сегерстрооль считает, что вычисления по каудальному (заднему) радиусу чешуи у карповых рыб дают результаты, более близкие к истинным, чем вычисления по оральному (переднему) радиусу. Он предложил пользоваться коррекционными таблицами и коррекционными кривыми, построенными на основании измерений радиусов чешуи и длины рыб.

Для составления таблицы Сегерстрооль измерял у рыб разных размеров, от самых мелких до наиболее старых, длину тела и радиус «нормальных» чешуй. «Нормальными» он называет

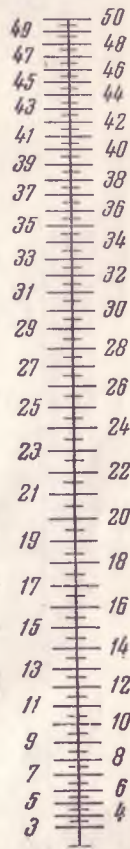


Рис. 35. Пропорциональная линейка для расчисления роста леща по переднему радиусу чешуи (по Вовку, 1956).

чешуи, взятые с точно установленного у каждого вида рыб места на середине тела, ниже боковой линии, но близко к ней.

Измерения длины рыб и радиусов чешуи он группирует в таблице следующим образом: составляется вариационный ряд

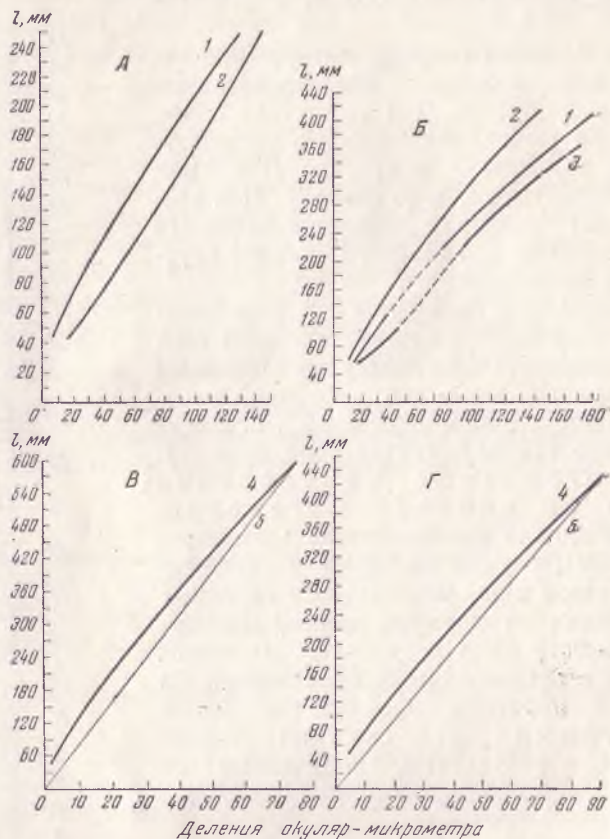


Рис. 36. Эмпирические кривые зависимости  $l-s$  (по Вовку, 1956):

А—сибирской плотвы; Б—чехони Рыбинского водохранилища; В—судака Рыбинского водохранилища; Г—омуля Обской губы (передний радиус); 1—передний радиус; 2—задний радиус; 3—боковой радиус; 4—эмпирическая кривая; 5—прямая по Э. Леа

длины рыб, от самых мелких до самых крупных, с классовым промежутком в 1 мм. Для каждого класса длины указывается средний радиус чешуи. Недостающие величины находят путем графической интерполяции. Для этого надо вычертить кривую соотношения длины тела и радиусов чешуи по средним арифметическим точкам, т. е. стараясь расположить кривую как можно ближе ко всем точкам, но сохраняя ее плавность, не превращая

кривую в ломаную линию. С этой кривой «считывают» недостающие величины для таблицы соотношений длины тела и радиуса чешуи.

Если в материале, предназначенном для обратных расчетов имеется «нормальная» чешуя (т. е. собранная с того же места тела, как и при составлении коррекционной таблицы), весь процесс работы заключается в том, что вычисляют среднюю длину каудальных (задних) радиусов для каждой возрастной группы и находят по коррекционной таблице соответствующую ей длину тела.

Если чешуя несколько отклоняется от нормальной (собрана в ином месте на теле рыбы), то прежде чем пользоваться коррекционной таблицей, приходится сделать предварительные вычисления по формуле:

$$\frac{x}{s_n} = \frac{s^k}{s}; \quad x = \frac{s^k \cdot s_n}{s},$$

где  $x$ —длина радиуса нормальной чешуи исследуемой рыбы в конце любого года;  $s_n$ —длина того же радиуса, измеренная на чешуе;  $s$ —измеренная длина всего радиуса исследуемой чешуи;  $s^k$ —общая длина всего радиуса нормальной чешуи, полученная по коррекционной таблице и соответствующая длине тела исследуемой рыбы.

Вычислив  $x$ , находим искомую исправленную вычисленную длину  $l^k$  рыбы к концу ее  $n$ -го года жизни, считывая ее прямо с коррекционной таблицы.

Вместо коррекционной таблицы можно пользоваться коррекционной кривой, построенной на основании данных коррекционной таблицы (рис. 37).

Коррекционная кривая строится, как показано на рис. 38. Слева—равномерная шкала для чешуи, соответствующей длине рыбы разных размеров (на рисунке—от 3 до 21 см). Справа—шкала относительного масштаба от 1 до 100 (на рисунке—до 45). На правой шкале отмечают точки, обозначающие длину радиусов нормальной чешуи рыб разной длины (в сантиметрах); для этих точек используют деления правой шкалы с относительным масштабом. Около каждой из этих точек ставят букву  $O$  с индексом, соответствующим длине рыбы в см, т. е. от  $O_3$  до  $O_{21}$ . Затем из точки  $A$  (слева) проводят прямые линии

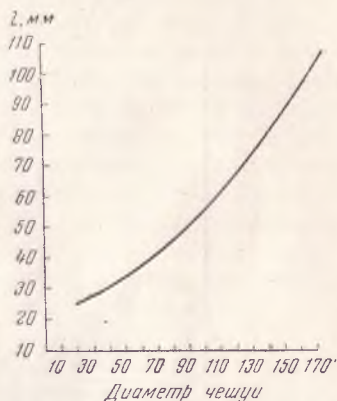


Рис. 37. Эмпирическая кривая соотношения длины тела и диаметра чешуи у снетка (по Ляпину, 1956).



до каждой из отмеченных точек на правой шкале, т. е. до  $O_3, O_4 \dots O_n$  (на рисунке  $O_{21}$ ). Получается лучок лучевидно расходящихся линий. От каждого из делений левой шкалы проводят горизонтальную прямую до пересечения с каждой из наклонных линий, идущих от точки  $A$  к правой шкале. Эти точки

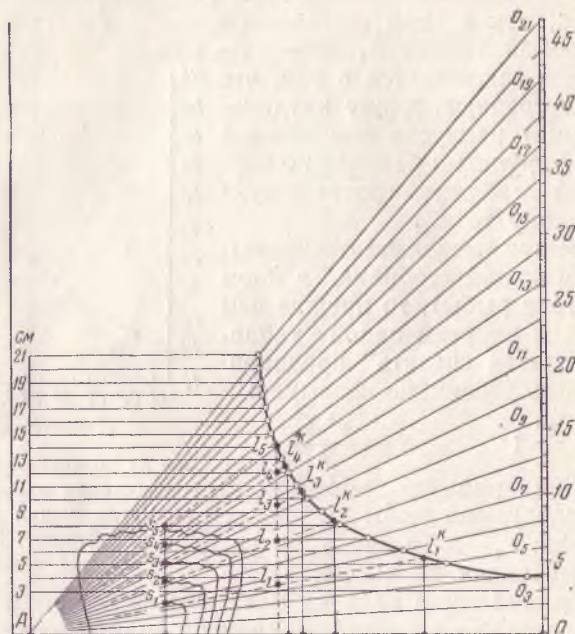


Рис. 38. Коррекционная кривая для автоматического получения поправок при скалиметрическом вычислении приростов окуня за прошедшие годы в различных возрастах. При вычислении использован оральный (передний) радиус нормальной чешуи. Слева—шкала для оральных радиусов нормальной чешуи окуня длиной от 3 до 21 см; справа—относительный масштаб 100 : 1;  $s_1—s_5$  — оральные радиусы до границ годовых приростов, от первого до пятого, на изображенной схематически чешуе окуня;  $l_1—l_5$  — длины рыбы соответствующих возрастов, вычисленные по оральному радиусу по формуле прямой пропорциональности;  $l_1^k—l_5^k$  — те же вычисленные длины окуня, но исправленные по коррекционной таблице. Буквенные обозначения всех упомянутых отрезков находятся на их конечных точках (по Сегерстролю, 1933).

на пересечении горизонтальных и наклонных линий соединяют между собою, причем образуется кривая линия, которая и служит в дальнейшем для обратных расчислений.

На карточку наносят отметки годовых колец, центра и края чешуи. Карточка помещается на номограмму, как показано на

рис. 38, так, чтобы «центр» совпадал с осью абсцисс, а «край» совпадал с той точкой на коррекционной кривой, через которую проходит горизонтальная линия, соответствующая длине рыбы на левой шкале. Так, например, на рис. 38 «край» чешуи соответствует 14 см. От этой верхней точки проводят перпендикуляр до пересечения с осью абсцисс. Накладываем на номограмму линейку через точку  $A$  и через отметку первого годового кольца на карточке. На пересечении с перпендикуляром получаем точку  $L_1$ , а на пересечении с коррекционной кривой—точку  $L_1^k$ . Расстояние от оси абсцисс до  $L_1$ , измеренное по левой шкале, обозначает длину рыбы в конце первого года жизни вычисленное по формуле прямой пропорциональности. Расстояние от оси абсцисс до  $L_1^k$ , также измеренное по левой шкале,— это длина рыбы в конце первого года, но скорректированная. Если  $L_1$  равно 3,5 см, то  $L_1^k$ , равно 5,4 см.

Накладывая линейку на точки  $A$  и  $s_2$ , получаем длину рыбы в конце второго года жизни ( $L_2=7$  см,  $L_2^k=8,3$  см) и т. д. до последнего года.

Если имеются данные, вычисленные по формуле прямой пропорциональности, то они могут быть исправлены по коррекционной таблице (или графику) Сегерстрооля. Для этого пользуются следующим уравнением:

$$\frac{y}{s^k} = \frac{l_n}{L};$$

отсюда

$$y = \frac{l_n \cdot s^k}{L},$$

где  $l_n$ —длина рыбы, вычисленная по формуле прямой пропорциональности, к концу своего  $n$ -ного года жизни;  $y$ —искомая скорректированная длина радиуса, соответствующая радиусу «нормальной» чешуи;  $L$ —наблюденная длина рыбы;  $s^k$ —общая длина радиуса «нормальной» чешуи рыбы той же длины.

Найдя  $y$  по формуле, определяем соответствующую  $y$  длину рыбы по коррекционной таблице (или графику).

При небольшом количестве экземпляров, для которых следует сделать исправление обратных расчислений, делают поправку отдельно для каждой особи.

Если известно, что большая проба чешуи была собрана с определенного места на теле рыбы, то делают поправку только для средних длин, полученных по формуле прямой пропорциональности.

Если известно, насколько сильно отклоняются у данного вида длины, полученные обратными расчислениями по формуле прямой пропорциональности, в разных возрастах, то вычисления несколько упрощают. Так, при изучении леща Сегерстрооль поступал следующим образом. В младших возрастных классах

он вычислял сначала поправку на каудальный радиус «нормальной» чешуи, а затем брал соответствующую длину рыбы из коррекционной таблицы. В случае старших возрастов он обходился без предварительной поправки, сразу находя результат по таблице. Так как метод Сегерстрооля кропотлив, он не получил особенно широкого распространения.

19. Изучение роста рыб с помощью кривых, выражающих связь между длиной тела и радиусом чешуи (или величиною костей и отолитов). Изучение роста рыб с помощью кривых «тело—чешуя», т. е. выражающих связь между длиной тела и радиусом чешуи, особенно часто применяется в американских работах (Хайл, 1941; Раунсфелл и Эверхарт, 1953). У большинства рыб зависимость между длиной тела и радиусом чешуи является криволинейной и нередко выражается кривой типа параболы. Обратное расчисление роста сводится к следующим операциям.

1. Измеряют длину рыб и радиус их чешуй, взятых со строго определенного (одного и того же) места («нормальная чешуя»).

2. Составляют график зависимости «тело—чешуя» в абсолютных величинах, пользуясь для этого средними величинами.

3. В случае криволинейной зависимости все величины следует выразить в логарифмах и нанести на тот же график линию логарифмических отношений «тело—чешуя». Если эта линия окажется прямой, то для дальнейших вычислений применима формула  $y = ax^b$ , или, подставляя принятые у нас обозначения:

$$l = a s^b, \quad (I)$$

где  $l$ —длина тела рыбы;

$s$ —радиус чешуи;

$a$  и  $b$ —постоянные величины.

После логарифмирования формула имеет вид:

$$\lg l = \lg a + b \lg s. \quad (II)$$

Если логарифмирование не приводит к выпрямлению кривой, применяются более сложные формулы (см. стр. 138).

4. На основании измерений тела и чешуи рыб и пользуясь формулой II, находят постоянные величины  $a$  и  $b$  (приемы вычислений приведены на стр. 131).

5. Получив эмпирическую формулу, где остаются неизвестными только  $l$  и  $s$ , составляют таблицу, в которой указано, какой величине  $s$  (чешуи) соответствует та или иная длина тела ( $l$ ). Эту таблицу составляют с большой точностью, что облегчает дальнейшую работу. Например, Хайл (1941) вычислял длину каменного окуня (с точностью до 0,1 мм) на каждый полумиллиметровый интервал радиуса чешуи, измеренной по увеличенному микропроектору изображению.



Можно радиус чешуи измерять под микроскопом или биноклем, окуляр-микрометром и не пересчитывать на миллиметры, точно соблюдая в дальнейшем при обратных расчислениях те же увеличения бинокля или микроскопа, чтобы не изменить цену делений окуляр-микрометра.

Вычислять данные для таблицы желательнее при помощи вычислительной машины, чтобы ускорить работу.

6. Так как соотношение «тело—чешуя» имеет индивидуальные отклонения у отдельных экземпляров рыб, то для уточнения расчислений эмпирическую величину радиуса чешуи корректируют, переводя ее в масштаб таблицы (это применяют также Сегерстрооль и Вовк). Этот прием описан ниже (стр. 136).

7. Зная длину рыбы и скорректированную длину ее чешуи (радиус) на каждом году жизни, находят по таблице длину рыбы к концу каждого прожитого ею года (обратные расчисления длины).

Покажем на конкретном примере весь схематически описанный процесс обратных расчислений длины по кривым «тело—чешуя», причем остановимся на описании подбора формулы для кривой и эмпирического нахождения ее постоянных величин (не всем начинающим биологам эти математические приемы известны). Пример заимствован из работы Хайла (1941).

Хайл приводит кривую «тело—чешуя» каменного окуня [*Ambloplites rupestris* (Rafinesque)], изображенную на рис. 39, и формулу

$$L = 5,84011 \cdot s^{0,695992}; \lg L = \lg 5,84011 + 0,695992 \lg s;$$

или

$$\lg L = 0,7664210 + 0,695992 \lg s,$$

где  $L$ —длина рыбы, а  $s$ —ее чешуя.

Так как Хайл не указывает в своей работе первичных эмпирических числовых величин, мы их восстановили по графику (рис. 39 и табл. 24). На рис. 39 как от кривой, так и от прямой после логарифмирования отклоняется справа несколько точек, что Хайл объясняет малым количеством измерений крупных рыб.

Покажем процесс вычисления постоянных величин. Естественно, что наши постоянные величины будут несколько отличаться от вычисленных Хайлом, так как эмпирические величины, взятые по графику, вероятно, более или менее сильно отклоняются от первичного материала Хайла.

При вычислении постоянных величин применяем метод средних, который при относительной простоте довольно точен и может быть рекомендован в практической работе (Семендяев, 1933). Более точен метод наименьших квадратов, но его применение сложнее (Опарин, 1957).

В табл. 24 приведены эмпирические величины, расположенные в порядке возрастания  $s$ : 1-я графа—радиус чешуи  $s$ ; 2-я графа—длина рыбы  $L$ ; 3-я графа— $\lg s$ ; 4-я графа— $\lg L$ ; 5-я графа—вычисленная длина  $L_v$ ; 6-я графа—отклонение вычисленной длины от эмпирической, т. е.  $L - L_v$  ( $\Delta$ —дельта).

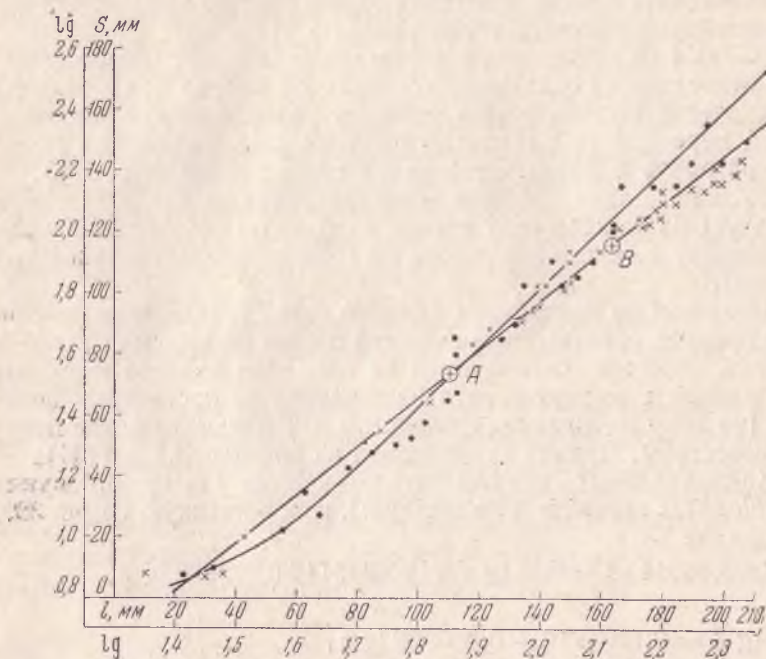


Рис. 39. График зависимости «тело—чешуя» каменного окуня (по Хайлу, 1941).

Вычисления ведутся по четырехзначным таблицам логарифмов<sup>1</sup>. Наносим на график (рис. 39) соотношение величин «тело—чешуя» по табл. 24 в числах и в логарифмах. В первом случае (числа) получается кривая, имеющая вид параболы; во втором случае, т. е. по логарифмам, получается приблизительно прямая линия, т. е. прямолинейная зависимость.

<sup>1</sup> При вычерчивании графика в логарифмических величинах необходимо следить, чтобы логарифмы дробных чисел были представлены в таком виде, в каком и характеристика и мантисса становятся отрицательными. Например,  $\lg 0,8657 = \bar{1},9374$ , т. е. характеристика отрицательная, а мантисса положительная. Прибавим к характеристике единицу (+1), а из мантиссы вычтем единицу (-1), после чего величина логарифма не изменится, но изменится его вид; он весь станет отрицательным. Таким образом,  $\lg 0,8657 = \bar{1},9374 = -0,0626$ .

Пример вычислений «методом средних» соотношения «тело—чешуя»  
каменного окуня  
(числовые величины — по графику из работы Хайла, 1941)

№ п/п	1	2	3	4	5	6
	$S$ — радиус чешуи, в мм*	$L$ — длина рыбы, в мм	$\lg s$	$\lg L$	$L_{\text{н}}$ (вычисленная длина)	$\Delta$ $L - L_{\text{в}}$
1	7,5	22,5	0,8751	1,3522	24,71	- 2,21
2	7,5	30,0	0,8751	1,4771	24,71	+ 5,29
3	10,0	32,5	1,0000	1,5119	30,08	+ 2,42
4	22,5	55,0	1,3522	1,7404	52,38	+ 2,62
5	27,5	67,5	1,4393	1,8293	60,09	+ 7,41
6	35,0	62,5	1,5441	1,7959	70,87	- 8,37
7	42,5	77,5	1,6284	1,8893	80,95	- 3,45
8	47,5	85,0	1,6767	1,9294	87,34	- 2,34
9	50,0	92,5	1,6990	1,9661	90,40	+ 2,10
10	52,5	97,5	1,7202	1,9890	93,54	+ 3,66
11	57,5	102,5	1,7597	2,0107	99,54	+ 2,96
12	65,0	110,0	1,8129	2,0414	108,2	+ 1,80
13	67,5	112,5	1,8293	2,0512	111,1	+ 1,40
14	80,0	112,5	1,9031	2,0512	124,7	-12,20
15	85,0	112,5	1,9294	2,0512	130,0	-17,50
16	85,0	127,5	1,9294	2,1055	130,0	- 2,50
	$\Sigma_1$		24,9739	29,7918		
17	90,0	132,5	1,9542	2,1222	135,2	- 2,70
18	102,5	135,0	2,0107	2,1303	147,8	-12,80
19	102,5	147,5	2,0107	2,1688	147,8	- 0,30
20	110,0	145,0	2,0414	2,1614	155,2	-10,20
21	105,0	152,5	2,0212	2,1832	150,3	+ 2,50
22	110,0	157,5	2,0414	2,1973	155,2	+ 2,30
23	122,5	165,0	2,0882	2,2175	167,0	- 2,00
24	120,0	165,0	2,0792	2,2175	164,6	+ 0,40
25	135,0	167,5	2,1303	2,2240	178,4	-10,90
26	135,0	177,5	2,1303	2,2492	178,4	- 0,90
27	135,0	185,0	2,1303	2,2672	178,4	+ 6,60
28	142,5	190,0	2,1538	2,2788	185,2	+ 4,80
29	142,5	200,0	2,1538	2,3010	185,2	+14,80
30	155,0	195,0	2,1903	2,2900	196,2	- 1,20
31	150,0	207,5	2,1761	2,3170	191,8	+15,70
32	172,5	215,0	2,2368	2,3324	211,1	+ 3,90
	$\Sigma_2$		33,5487	35,6578		

\* Чешуя измерена в мм по увеличенному микропроектору изображению.



Если имеется логарифмическая бумага, то логарифмирование сводится к непосредственному вычерчиванию на ней графика. Получив логарифмическую анаморфозу в виде прямой линии, можно пользоваться формулой  $y = ax^b$ , в которой  $x$  и  $y$  — переменные величины,  $a$  и  $b$  — постоянные величины.

Подставляем в формулу наши обозначения и получаем:

$$L = a s^b,$$

или

$$\lg L = \lg a + b \lg s.$$

Для определения постоянных величин *методом средних* разбиваем наблюдения ( $\lg s$  и  $\lg L$ ) на две группы поровну (если число наблюдений нечетное, то в одной группе оставляют на одно наблюдение меньше, чем в другой; например, имеется всего 7 пар— $s$ - и  $L$ -наблюдений, из них в первой группе три пары, а во второй группе—четыре пары).

В табл. 24 обе группы разделены горизонтальной графой с надписью  $\Sigma_1$  (первая сумма). Внизу таблицы находится горизонтальная графа с надписью  $\Sigma_2$  (вторая сумма).

Найдя суммы  $\lg L$  и  $\lg s$  в обеих группах (сумму обозначаем  $\Sigma_1$  и  $\Sigma_2$ , а число точек в каждой группе через  $n_1$  и  $n_2$ ), имеем:

$$\Sigma_1 \lg L = n_1 \lg a + b \Sigma_1 \lg s, \quad (\text{III})$$

$$\Sigma_2 \lg L = n_2 \lg a + b \Sigma_2 \lg s. \quad (\text{IV})$$

Из этих двух уравнений находим  $\lg a$ , затем  $a$  и, наконец  $b$ , чем и решается поставленная задача.

Решаем эти уравнения (III и IV).

$$29,7918 = 16 \cdot \lg a + b \cdot 24,9739 \quad (\text{табл. 24, } \Sigma_1);$$

$$35,6578 = 16 \cdot \lg a + b \cdot 33,5487 \quad (\text{табл. 24, } \Sigma_2);$$

$$16 \cdot \lg a = 29,7918 - 24,9739 b;$$

$$16 \cdot \lg a = 35,6578 - 33,5487 b;$$

$$29,7918 - 24,9739 b = 35,6578 - 33,5487 b;$$

$$29,7918 - 35,6578 = -33,5487 b + 24,9739 b;$$

$$-5,8660 = -8,5748 b; \quad 5,8660 = 8,5748 b;$$

$$b = \frac{5,8660}{8,5748} = 0,6841,$$

$$16 \lg a = 29,7918 - 24,9739 \cdot 0,6841;$$

$$\lg a = \frac{29,7918 - 17,0847}{16} = 0,7942;$$

$$a = 6,2260$$

Решив эти уравнения, получаем

$$\lg L = 0,7942 + 0,6841 \cdot \lg s;$$

$$L = 6,2260 \cdot s^{0,6841}.$$

Сравним наши постоянные величины с величинами, полученными Хайлом.

По Хайлу	Наши данные	
	метод средних	метод избранных точек <sup>1</sup>
$a=5,84011$	$a=6,2260$	$a=6,9180$
$b=0,695992$	$b=0,6841$	$b=0,6585$

<sup>1</sup>См. ниже.

Несмотря на неточность эмпирических величин в наших вычислениях, так как они взяты с графика Хайла, полученные постоянные близки к величинам, приведенным Хайлом. Чтобы решить, имели ли мы право в данном примере пользоваться уравнением  $y=ax^b$ , вычисляем  $L_b$  ( $L_b = \lg 6,2260 \times 0,684 \lg s$ ) и  $\Delta$  ( $L_b - L$ ), подставляем полученные величины в табл. 24.

Отклонения большинства вычисленных длин от эмпирических (последняя графа табл. 24) не превышают 0,5 см (66% случаев), в 78% случаев не превышают 1 см и лишь в 22% случаев—более 1 см. В практической работе по определению роста рыб такая точность в большинстве случаев приемлема, а следовательно, можно пользоваться вычисленной формулой, как это и делает Хайл (1941). У Хайла, вероятно, точность была больше, так как цифры, взятые нами по графику Хайла, в какой-то степени должны отклоняться от имевшихся у него величин.

Постоянные величины можно определить также методом избранных точек, который менее точен, но зато проще и требует меньше вычислений.

Порядок определения постоянных величин методом избранных точек следующий.

На линии логарифмов на рис. 39 возьмем две точки и найдем их координаты.

Точка А:  $\lg L=1,85$ ;  $\lg s=1,54$ ;

Точка В:  $\lg L=2,12$ ;  $\lg s=1,95$ ;

В уравнение  $\lg L = \lg a + b \lg s$  подставляем найденные величины и решаем:

$$1,85 = \lg a + b \cdot 1,54;$$

$$2,12 = \lg a + b \cdot 1,95;$$

$$\lg a = 1,85 - 1,54 b;$$

$$\lg a = 2,12 - 1,95 b;$$

$$0,41 b = 0,27; \quad b = 0,6585;$$

$$\lg a = 1,85 - 1,54 \cdot 0,6585 = 0,84;$$

$$a = 6,9180,$$

$$\text{Ответ: } L = 6,9180 \cdot s^{0,6585}$$

Сопоставление постоянных величин, вычисленных методом средних и методом избранных точек—см. на стр. 135.

Составив по эмпирической формуле таблицу, выражающую соотношение величин «тело—чешуя», переходят к обратным расчислениям. Для этого величину радиуса чешуи переводят в масштаб вычислительной таблицы (у нас эта таблица отсутствует). Покажем это на примере двух рыб—каменного окуня № 263 и 322 (Хайл, 1941) одинаковой длины—183 мм (табл. 25).

Т а б л и ц а 25

**Пример преобразования эмпирических измерений радиуса чешуи и длины рыбы для приведения к масштабу вычислительной таблицы (каменный окунь, по Хайлу, 1941) (в мм)**

Год жизни	Рыба № 263			Рыба № 322		
	чешуя S*		расчисленная длина L	чешуя S*		расчисленная длина L
	измеренная	корректи- рованная		измеренная	корректи- рованная	
1	17	18,7	45	15	12,7	34
2	33,5	36,9	72	41	34,6	69
3	52	57,3	98	75	63,4	105
4	64	70,5	113	100	84,5	128
5	86	94,8	139	116	98,0	142
6	106	116,8	160	138	116,6	160
7	116	127,8	171	152	128,4	171
8	125	137,8	180	161	136,0	178
8+	128	141,1	183	167	141,1	183

\* Чешуя S измерялась в мм по увеличенному микропроектором ее изображению,

Увеличенный радиус чешуи (измерения велись при помощи микропроектора) окуня № 263 был 128 мм. Величины радиуса до первого, второго, третьего... колец были 17—33,5—52... мм. Эти величины меньше, чем должны быть теоретически по вычислительной таблице, так как длине рыбы в 183 мм должна соответствовать чешуя с радиусом, близким к 141 мм, а не 128 мм.

Приступая к получению поправок для вычисления по вычислительной таблице, Хайл находит в ней прежде всего следующие величины для рыб, имеющих длину, близкую к 183 мм. Эти величины показывают, что радиус 128 мм не соответствует по таблице размеру рыбы в 183 мм:

Радиус чешуи	Длина рыбы в мм
141,0	182,9
141,5	183,3



Получаем отношение эмпирических величин «чешуя—тело» у рыбы № 263, равное  $\frac{141,1}{128} = 1,102$ , и используем его для перевода эмпирических величин в масштаб вычислительной таблицы.

Например:  $1,102 \times 17 = 18,7$ ;  $1,102 \times 33,5 = 36,9$ ;  $1,102 \times 52 = 57,3 \dots 1,102 \times 128 = 141,1$ .

По вычислительной таблице длина чешуи  $s = 18,7$  оказывается между двумя рядами цифр:  $s = 18,5$  и  $L = 44,5$ ;  $s = 19,0$  и  $L = 45,4$ .

Отсюда вычисляем длину  $L$ , соответствующую радиусу  $18,7$ :

$$L = \frac{44,5 \cdot 18,7}{18,5} = 45 \text{ мм}$$

Таким же способом вычисляют длину рыбы для  $s = 36,9$ , которая на вычислительной таблице оказывается между рядами цифр:

$$s = 36,5 ; L = 71,4 ;$$

$$s = 37,0 ; L = 72,1.$$

Отсюда

$$L = \frac{71,4 \cdot 36,9}{36,5} = 72 \text{ мм.}$$

По этому способу расчисляются все остальные величины (табл. 25).

Для корректирования первоначальных чешуйных измерений Хайл (1941) предложил простой номограф (рис. 40), который состоит из тонкой стальной линейки с делениями в миллиметрах. Эту линейку помещают на доску, покрытую миллиметровой бумагой, разлинованной горизонтально с промежутками по 10 мм<sup>1</sup>. Конец линейки надевают на шпильку у левого угла доски таким образом, чтобы нулевые линии линейки и вертикальной градуировки на бумаге (соответствующей горизонтальным линиям) при вычислениях совпадали. Для корректирования измерений чешуи рыбы № 263 линейку ставят в такое положение, чтобы нулевые деления линейки и бумаги совпадали, а деление, соответствующее 128 мм на бумаге (горизонтальная линия), совпадало с делением, соответствующим 141 мм на линейке (точнее, 141,1 мм). Закрепив линейку на шпильке гайкой, читаем скорректированные измерения чешуи на линейке против горизонтальных линий, соответствующих первоначальным измерениям чешуи.

Для механизации дальнейших вычислений длины рыб Хайл (1948) предложил также номограф.

<sup>1</sup> Хайл пользовался номографом с делениями в дюймах.

Если логарифмирование кривой не приводит к ее выпрямлению (рис. 41), пользуются следующими способами: 1) делят логарифмированную кривую на две части—до ее сгибания и после сгибания—и находят для этих двух частей отдельно

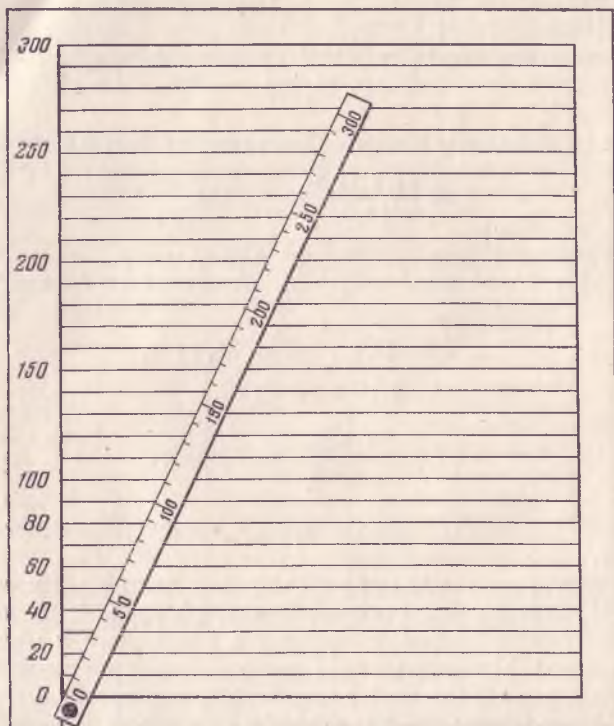


Рис. 40. Номограф для корректирования величины радиуса чешуи (по Хайлу, 1941). На рисунке не показаны деления шкал в 1 мм, вследствие его сильного уменьшения.

постоянные величины по формуле  $y = ax^b$ , а затем вычисления до возраста, когда происходит сгибание кривой, ведут по одной формуле, а после сгибания—по другой; 2) используют более сложные формулы:

$$y = a + bx^n,$$

$$y = a + bx + cx^2$$

и другие, решение которых здесь не приводится (см. Семендяев, 1933; Яковлев, 1950, Д. И. Опарин, 1957, 1957а).

Напомним, что Ф. И. Вовк [1955 (1956)] предложил способ, позволяющий в подобных случаях пользоваться эмпирической кривой «тело—чешуя»; этот способ вычисления гораздо проще, быстрее и дает вполне надежные результаты. Отметим, что, как

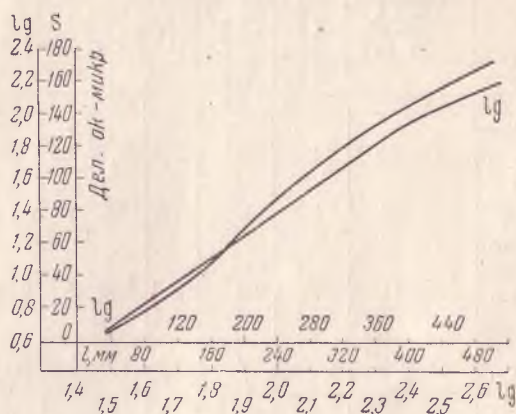


Рис. 41. График зависимости «тело—чешуя» леща (по Вовку, 1956).

известно, при пользовании для выражения биологических явлений математическими формулами мы всегда получаем только приближенные величины.

### в) Обратные расчисления возраста рыб по костям и отолитам

Обратные расчисления по костям ведут или по формуле прямой пропорциональности или на счетном приборе Монастырско-го. Можно пользоваться и другими способами обратных расчислений, приведенными ниже.

Кости измеряют следующим образом. За центр кости на клейтруме принимают внутреннюю точку на схождении боковых радиальных ребер (направление измерения указано на рис. 15). На крупных клейтрумах каждую годовую зону измеряют отдельно штангенциркулем с нониусом; сумма годовых зон дает длину кости для того или иного года. Применяют также эластичную линейчку (из целлулоида или пластмассы). Линейчку прикладывают к выпуклой поверхности кости. Прежде чем приступить к измерению, надо нанести (под лупой) на кость твердым карандашом отметки годовых слоев по линии измерений, что позволяет в дальнейшем не сбиться с выбранного направления.



Рост

(средние длины рыб в различных возрастах, по данным обратных расчис

Вид	Обычная длина в промыс- ле в см	Возраст созревания	Наибольший возраст	Длина (в см)					
				1	2	3	4	5	6
Хамса (Азовское море) . . . . .	До 13	1	3	5,5	8,7	9,7	—	—	—
Бычок-кругляк (Азовское море)	9—12	1	2+	7,0	12,0	14,0 (2+)	—	—	—
Килька обыкновенная (Каспийское море) . .	9—11	1	6	5,7	8,0	9,5	11,0	—	—
Волжская сельдь (Каспийское море) . . . . .	24—28	2—4	7	13,6	21,4	25,6	30,7	32,4	—
Лосось (р. Мезень) . . . . .	38*—117**	3—5	9	7,0	11,0	15,0	37,0	64,0	81,0
Кета-самка (бассейн Тихого океана) . . . . .	58—61	2—5	6	30,6	48,8	62,8	72,3	77,6	80,2
Вобла (Каспийское море, северная часть) .	16—20	2—6	10	7,3	11,9	15,4	19,4	21,2	24,0
Щец (Нижняя Волга) . . . . .	25—45	3—5	13	7,5	13,2	19,2	24,3	28,2	31,3
Судак (Дон) . . . . .	40—45	3—4	16	16,9	32,0	37,4	42,3	47,9	54,4
Сазан (Азовское море) . . . . .	31—44	3	30	13,0	25,5	34,9	41,0	45,5	49,0
Треска (Баренцево море) . . . . .	35—70	3—8	24	10,0	15,0	29,0	35,0	41,8	50,7
Черный палтус (Баренцево море)	55—65	9—12	30	—	—	—	—	42,5	46,0
Камбала-калкан (Черное море)	50—87	6—10	23	8,5	—	17,3	24,5	31,8	38,3
Сом (Аральское море) . . . . .	54—94	3—4	СВЫШЕ 30	13,7	24,9	36,9	47,9	58,9	69,5
Севрюга, самка (Азовское море)	Около 130	7—14	20	24,0	56,0	73,0	84,0	94,0	102,0
Русский осетр (Азовское море)	Около 145	8—15	СВЫШЕ 46	31,0	51,0	66,0	77,0	86,0	91,0
Белуга (Азовское море) . . . . .	160—200	12—18	СВЫШЕ 75	37,0	66,0	87,0	101,0	115,0	125,0

\*minimum.  
\*\*maximum.

рыб  
лений и непосредственных определений возраста по чешуе)

по возрастам												
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
101,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
27,7	29,6	—	30-35	—	—	—	—	—	—	—	—	—
33,9	35,7	37,5	39,2	40,6	41,3	—	—	—	—	—	—	—
60,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60,1	69,7	80,6	89,7	98,5	—	—	—	—	—	—	—	—
54,0	57,4	61,9	64,3	69,4	73,3	77,5	82,5	105,2	—	—	—	—
43,8	48,3	52,1	55,0	57,3	59,6	61,5	63,0	64,1	65,3	66,5	67,7	68,9
80,8	91,1	100,2	108,6	117,1	122,8	—	—	149,5	—	164,2	—	—
109,0	114,0	119,0	124,0	129,0	135,0	136,0	138,0	—	—	—	—	—
99,0	104,0	109,0	114,0	124,0	127,0	132,0	138,0	142,0	146,0	155,0	158,0	157,0
134,0	150,0	158,0	166,0	180,0	188,0	—	—	—	—	193,0	—	—

Мелкие клейтрумы рассматривают под лупой при небольших увеличениях (Терещенко, 1913). Одновременно при помощи рисовального аппарата на карточку наносят центр, отметки годовых слоев и края кости. Так измеряют плоские и малоизогнутые клейтрумы (например у воблы). На изогнутых клейтрумах (леща) приходится измерять отдельно каждую годовую зону, а потом их суммировать.

Для определения темпа роста окуня по крышечной кости за центр принимают точку, расположенную в вершине угла крышечной кости, у середины внутреннего края сочленовного отростка (направление измерений указано на рис. 15). Так как кость окуня плоская, то ее можно измерять под лупой линейкой с заостренным концом.

Измерение позвонков при обратном расчислении ведут от центра до годовых колец по радиусу, применяя окуляр-микрометр (для измерения позвонков пелагиды) или рисовальный аппарат (для измерения позвонков судака). У судака длины, вычисленные по позвонкам, всегда больше вычисленных по чешуе, если вычисление велось по формуле прямой пропорциональности.

Для обратных расчислений роста осетровых пригодны лишь срезы с хорошей видимостью годовых слоев, без добавочных центров и резко вытянутых боковых лопастей. За центр среза принимается точка, расположенная несколько ниже  $\frac{1}{3}$  продольного диаметра зоны первого года от верха, но выше его середины. Центром считают место пересечения мысленно продолженных радиальных бороздок среза. Нередко центр бывает отмечен на срезе небольшим кружочком. Срез измеряют окуляр-микрометром по радиусу среза, по ломаной линии наибольших приростов, которые расположены на боковых лопастях (см. рис. 15). Для получения величины среза в том или другом возрасте отдельные годовые приросты суммируют. Так измеряют срезы севрюги, белуги, осетра. У стерляди надо брать центр на середине продольного диаметра среза (Аврутина, 1938). Обратные расчисления роста осетровых делают по формуле прямой пропорциональности.

Обратные расчисления роста рыб можно вести также по отолитам. Отолиты судака измеряют по прямой линии от центра к верхнему краю отолита (рис. 18), где годовые зоны наиболее правильны и широки, а годовые кольца выражены наиболее отчетливо. Отолит измеряют при помощи окуляр-микрометра или рисовального аппарата, отмечая кольца на карточке. Обратные расчисления делают на счетном приборе Монастырского. Вычисленные величины близки к действительным (Кузьмин, 1947).



Отолиты трески можно измерять и по длинной и по короткой оси поперечного шлифа; расчисляют также на приборе Монастырского (Замахаяев, 1941).

Троут (Trout, 1954) на отолитах трески показал возможность подробного изучения не только возраста и скорости роста рыбы, но также других событий в ее жизни, отражающихся на ее росте, а вместе с тем и на росте и строении отолитов.

Обратные расчисления длины хамсы ведут по задней (округлой) части отолита, по формуле прямой пропорциональности (Майорова, 1939).

Обратные расчисления длины большеглазого пузанка делают также по задней части отолита (по формуле прямой пропорциональности), но так как годовые кольца на этих отолитах расплывчаты, обратные расчисления дают не вполне удовлетворительные результаты.

В табл. 26 (стр. 140—141) приведены сведения о возрасте и росте основных промысловых рыб СССР—от мелких, возраст которых не превышает двух-трех лет (хамса), до крупных рыб (осетровые), которые могут жить более 75 лет (белуга).

---

---

## VII. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗРАСТНОГО СОСТАВА УЛОВОВ И РОСТА РЫБ ПО ВАРИАЦИОННЫМ КРИВЫМ ИХ ДЛИНЫ

Существует несколько приемов определения возрастного состава уловов и роста рыб на основании многочисленных измерений их длины, изображенных в виде вариационной кривой (Петерсен—Petersen, 1895).

Возрастные группы различаются между собою по длине рыб. Вследствие этого на кривой длины рыб, соответствующей смеси возрастных групп, получается несколько вершин (рис. 42), каждая из которых соответствует определенному возрасту. Фактически на кривой получается обычно более частая зубчатость, но основные вершины выявляются с большей или меньшей определенностью. Для получения кривой длины рыб откладывают на горизонтальной прямой (оси абсцисс) графика длины рыб в сантиметрах (см. рис. 42), а на вертикальной прямой (оси ординат)—число экземпляров рыб. Каждому сантиметру на абсциссе соответствует определенное число экземпляров в пробе, которое и отмечают на графике точкой в том месте, где пересекаются перпендикуляры, восстановленные с горизонтальной и вертикальной прямых (с осей координат) в местах, соответствующих каждому классу длины и относящемуся к нему количеству рыб. По числу вершин на вариационной кривой судят о числе возрастных групп в улове. Одновременно получают представление о возрастном составе (без вычисления процентов, а лишь в относительных величинах, т. е. много или мало рыб того или иного возраста).

Для определения возрастного состава уловов очень многих рыб этот метод неприменим, потому что длины рыб соседних возрастных групп, особенно в старших возрастах, близки между собой; их кривые сильно налегают одна на другую, в резуль-

тате чего получается не многовершинная, а одновершинная кривая (рис. 43). Кроме того, иногда вершины на вариационной кривой длины рыб отражают не различные возрасты, а

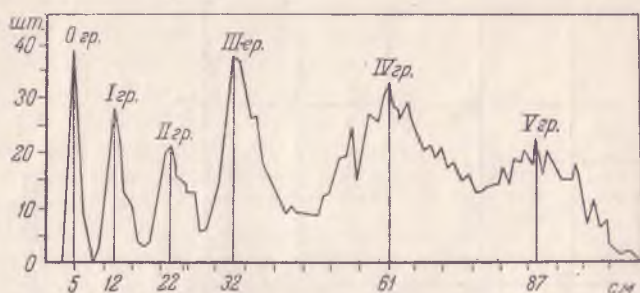


Рис. 42. Кривая длины трески из Восточной Исландии (по Петерсену, 1895).

смесь двух и более биологических группировок рыбы, которые могут иметь близкий возрастной состав, но различаться тем-пом роста рыб.

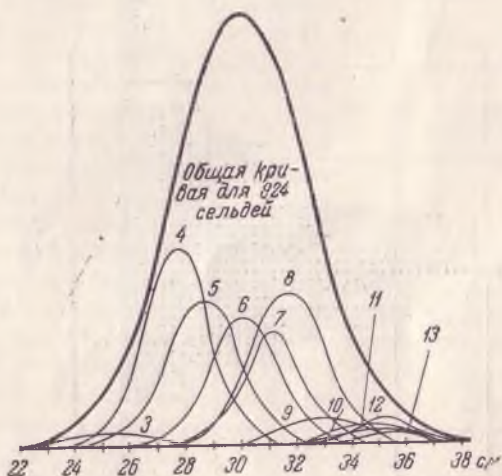


Рис. 43. Общая вариационная кривая длины сельди в средней пробе и кривые, относящиеся к каждой возрастной группе (по Hjort'у, 1907).

Вариационные кривые длины часто строят не в абсолютных величинах, как описано выше, а в процентах, т. е. количество рыбы на каждый сантиметр длины отмечают не в числе экземпляров, а в процентах.



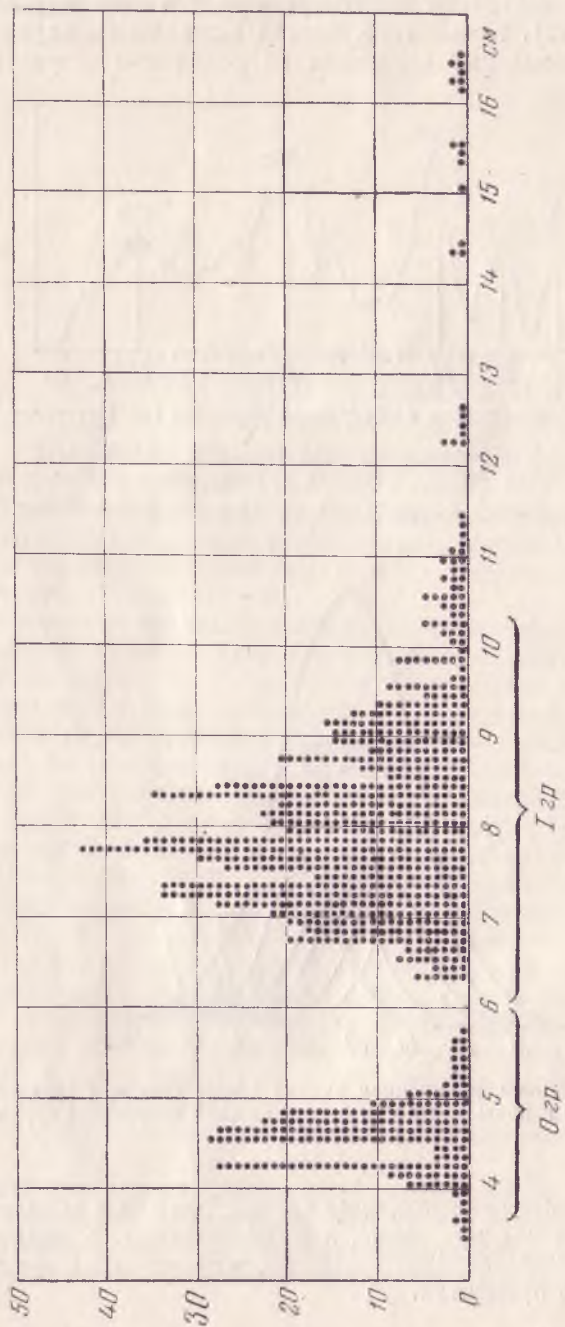


Рис. 44. Точечная диаграмма — учет воблы при слуске ильмена Бердина (по Каврайскому и Класену, 1913).

Одним из приемов определения возраста путем многочисленных измерений длины рыб является «точечный способ». Берут миллиметровую бумагу, проводят горизонтальную прямую, делят ее на сантиметры (длина рыб) и затем соответственно каждому экземпляру ставят точку в каждой клеточке миллиметровой бумаги над местом, где указана длина данного экземпляра. Точки постепенно образуют столбики, а в конечном результате получается кривая длины (рис. 44).

Этим способом работали Ф. Ф. Каврайский и Ф. Классен (1913).

Иногда удается проследить рост рыбы как в течение года, так и в течение нескольких лет, пользуясь кривыми длины. Это помогает при разработке определения возраста по чешуе (или другим объектам) на «новой» рыбе. Изображая кривые длины рыбы из уловов каждого месяца (или меньших периодов времени), располагают их на графике одну над другой. По мере роста рыбы кривая длины каждой возрастной группы перемещается вправо. Впервые этот способ определения возраста был применен Шанном (Shann, 1910)

к бычку *Cobius minutus*. На рис. 45 приведены кривые роста самцов двух видов бычков в Северном Каспии (по нашим данным). На основании анализа кривых распределения длины бычков и сопоставления их по месяцам удастся наметить по две возрастных группы: годовики и двухгодовалые у бычка-песочника (*Neogobius fluviatilis*) и у бычка-кругляка (*Neogobius melanostomus*). У песочника вершина кривой годовиков (первые кривые внизу рисунка, относящиеся к маю) приходится на длину 3,5 см, а двухгодовалых — примерно на 9,5 см. У бычка-кругляка соответствующие величины равны 4,5 и 9,5 см.

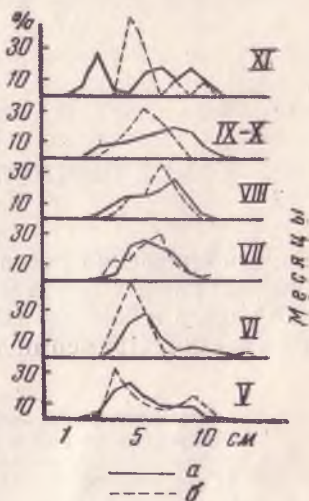


Рис. 45. Вариационные кривые длины бычков:  
а—кругляк; б—песочник.

### VIII. ВЫЧИСЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОСТА РЫБ

Для сравнения роста рыб одного вида из разных водоемов или рыб разных видов чаще всего сопоставляют длину или вес рыб одного и того же возраста и их приросты за одни и те же годы жизни. Пример подобного сравнения приведен в табл. 27.

Таблица 27  
Сравнение роста леща из разных водоемов по его длине  
и приростам (в см) в разных возрастах (по Васнецову, 1934)

Длина	Волго-Кас- пийский район	Оз. Псков- ское	Оз. Мо- гильно	При- росты	Волго-Кас- пийский район	Оз. Псков- ское	Оз. Мо- гильно
$l_1$	7,3	6,0	6,5	$t_1$	7,3	6,0	6,5
$l_2$	16,2	11,2	12,4	$t_2$	8,9	5,2	5,9
$l_3$	25,3	15,8	17,9	$t_3$	9,1	4,6	5,5
$l_4$	29,5	20,5	22,5	$t_4$	4,2	4,7	4,6
$l_5$	33,2	24,5	27,0	$t_5$	3,7	4,0	4,5
$l_6$	30,6	28,5	30,8	$t_6$	2,8	4,0	3,8
$l_7$	39,3	32,6	34,5	$t_7$	3,3	4,1	3,7
$l_8$	40,5	35,6	37,6	$t_8$	1,2	3,0	3,1
$l_9$	42,1	38,0	40,1	$t_9$	1,6	2,4	2,5
$l_{10}$	43,1	39,7	42,5	$t_{10}$	1,0	1,7	2,4

Однако такие сравнения не всегда дают удовлетворительные результаты, не говоря уже о том, что приходится пользоваться обширными таблицами, а это очень неудобно. При большом числе возрастов, когда величина приростов от возраста к возрасту сильно меняется, в большинстве случаев нельзя решить, где рыба растет быстрее и где медленнее. Рассмотрим данные табл. 27. Судя по длине рыб, лещ в Псковском озере



растет медленнее, чем в двух других районах, так как во всех возрастах его длина меньше. Если же мы посмотрим на приросты, то оказывается, что начиная с четвертого года, лещ Псковского озера растет быстрее, чем лещ Волго-Каспийского района. Лещ из последнего района хорошо растет до трех лет, а затем его рост замедляется. Таким образом, подобное сравнение получается запутанным и громоздким.

Пользоваться абсолютной величиной приростов для сравнения скорости роста рыб разных видов и родов нельзя. Прирост на одну и ту же величину при различной длине рыбы будет иметь разный «смысл» и не может быть показательным при решении вопроса о скорости роста рыбы. Если, например, хамса длиной 9 см выросла за один год на 3 см, то можно говорить о ее быстром росте. Если же осетр длиной 100 см вырос за год тоже на 3 см, то мы имеем дело с медленным ростом.

Чтобы сравнить приросты у рыб разных размеров, можно пользоваться не абсолютной величиной приростов, а относительной, т. е. отношением прироста к длине рыбы в начале года, выраженным в процентах:

$$C_l = \frac{l_2 - l_1}{l_1} \cdot 100.$$

Эта величина выражает в процентах скорость роста за год или среднюю скорость роста в течение года. Ее называют также удельной скоростью.

Такое выражение удельной скорости роста не совсем точно, так как за любой малый отрезок времени на протяжении года прирост происходит не к исходной длине в начале года, а к длине, получающейся к началу данного отрезка времени. Иными словами, рост идет по принципу сложных, а не простых процентов. Поэтому удельную скорость роста вычисляют по другой математической формуле (Шмальгаузен, 1935), учитывающей нарастание по сложным процентам:

$$C_v = \frac{\lg v_2 - \lg v_1}{0,4343 (t_2 - t_1)},$$

где  $C_v$  — удельная скорость роста;  $v_1$  и  $v_2$  — значения исследуемых величин, т. е. длины или веса в начале и в конце отрезка времени, за который вычисляется удельная скорость роста.

Эта формула была выведена для нормальных логарифмов. Для выражения ее через десятичные логарифмы, в знаменателе введено число 0,4343 (модуль перехода от натуральных логарифмов к десятичным). Показатели  $t_1$  и  $t_2$  выражают время от начала роста рыбы (от выхода из икры) до начала и конца отрезка времени, за который вычисляется удельная скорость роста.

Так как в дальнейшем мы будем говорить только о росте рыбы в длину, то перепишем нашу формулу, введя в нее буквы  $l_1$  и  $l_2$ , которыми принято обозначать длину рыбы:

$$C_l = \frac{\lg l_2 - \lg l_1}{0,4343 (t_2 - t_1)} .$$

Рассмотрим на примере вычисление удельной скорости роста по этой формуле. Длина леща из озера Псковского в возрасте двух лет равна 11,2 см, а в возрасте одного года 6,0 см. Соответственно этому  $t_2$  равно 2 годам, а  $t_1=1$  году. Подставляем эти величины в формулу удельной скорости роста:

$$C_l = \frac{\lg 11,2 - \lg 6,0}{0,4343 (2 - 1)} .$$

Логарифмы находим по четырехзначным таблицам и решаем полученное отношение:

$$\lg 11,2=1,0492; \lg 6,0=0,7782; 1,0492-0,7782=0,2710;$$

$$2-1=1; 0,4343 \cdot 1=0,4343; 0,2710 : 0,4343=0,624.$$

$$C_l = \frac{\lg 11,2 - \lg 6,0}{0,4343 (2 - 1)} = 0,624 .$$

Таким же способом вычислены все величины удельной скорости роста за следующие годы (табл. 28).

Т а б л и ц а 28

Рост леща из озера Псковского (удельная скорость роста и константа роста)  
(по Васнецову, 1934)

Возраст	Длина в см	Удельная скорость роста $C_l$	Константа роста ( $C_{lt}$ )	Средняя константа по периодам
I	6,0			0,868
II	11,2	0,624	0,936	
III	15,8	0,344	0,860	
IV	20,5	0,260	0,910	
V	24,5	0,178	0,801	
VI	28,5	0,151	0,830	
VII	32,6	0,134	0,871	
VIII	35,6	0,088	0,660	0,546
IX	38,0	0,065	0,553	
X	39,7	0,044	0,418	
IX	41,8	0,051	0,535	
XII	43,9	0,049	0,563	

И. И. Шмальгаузен (1935) пришел к выводу, что произведение удельной скорости роста на время, протекшее с начала роста, есть величина постоянная для отдельных периодов роста, на которые распадается развитие всякого животного. Эту постоянную величину он назвал константой роста ( $C_{lt}$ ).

Константа роста выражается следующей формулой:

$$C_{lt} = \frac{\lg l_2 - \lg l_1}{0,4343(t_2 - t_1)} \cdot \frac{t_2 + t_1}{2}.$$

Решаем эту формулу, пользуясь теми же (11,2 и 6,0) величинами, как и при вычислении удельной скорости роста. Левая часть формулы, представляющая удельную скорость роста, уже вычислена нами ранее и равна 0,624. Вычислим правую часть формулы:

$$\frac{t_2 + t_1}{2} = \frac{2 + 1}{2} = 1,5.$$

Отсюда:

$$C_{lt} = 0,624 \cdot 1,5 = 0,936.$$

Таким способом вычислены все величины константы роста в табл. 28.

Во всех случаях вычислений удельной скорости роста, константы роста и характеристики роста, которая будет описана ниже, пользуются средней длиной рыб каждого возраста, а не индивидуальными длинами.

Пользуясь константой роста, как указано выше, удается выделить у рыб периоды роста. В каждом из этих периодов все константы роста близки между собою и колеблются в ту и другую сторону около средней константы.

Средние константы разных периодов роста рыбы различаются между собою. Так, например, в табл. 28 для леща из Псковского озера выделено два периода: первый период—от первого года по шестой год. Константы роста, вычисленные для каждого года этого периода, колеблются от 0,801 до 0,936, а средняя константа равна 0,868:

$$0,936 + 0,860 + 0,910 + 0,801 + 0,830 + 0,871 = 5,208 ; \\ 5,208 : 6 = 0,868 .$$

Во второй период роста, от 7 до 12 лет, годовые константы роста колеблются от 0,418 до 0,660, а средняя константа равна 0,546.

Константы роста были вычислены у ряда рыб, причем у большинства рыб выявилось два периода роста, а у некоторых даже три периода. При сопоставлении этих периодов с жизнью рыбы выяснилось, что первый период довольно хорошо сов-



падает с тем временем, когда рыба еще не достигла половой зрелости; второй период включает годы жизни рыбы после наступления половой зрелости и, наконец, третий период (наблюдаемый, например, у леща в некоторых водоемах)—это «период старости». Пользуясь константой роста, оказывается возможным выделить у каждого вида рыб периоды роста. Но константа роста не характеризует интенсивности роста и поэтому не позволяет сравнивать между собою напряженность роста по периодам у рыб одного и того же вида, взятых из разных водоемов. Для пояснения этого рассмотрим табл. 29.

Т а б л и ц а 29

Сравнение роста язя из р. Вах и из оз. Ильмень (по Васнецову, 1934)

Возраст	Р. Вах				Оз. Ильмень			
	длина в см	удельная скорость роста	константа роста	средняя кон- станта по пе- риодам	длина в см	удельная скорость роста	константа роста	средняя кон- станта по пе- риодам
I	5,0			1,024	8,8			0,691
II	9,9	0,682	1,024		13,9	0,457	0,685	
III	13,3	0,295	0,738	18,0	0,258	0,646		
IV	16,4	0,209	0,732	0,783	21,7	0,187	0,654	
V	19,8	0,188	0,848		25,6	0,165	0,742	
VI	23,4	0,166	0,913	29,2	0,131	0,724		
VII	26,0	0,105	0,685	32,5	0,107	0,695		

Сравнивая длину язя из реки Вах и язя из озера Ильмень для каждого возраста, мы видим, что язь из озера Ильмень растет быстрее, чем язь из реки Вах. Если же мы сравним величины удельной скорости роста язя в обоих водоемах и средние константы роста, то окажется, что у медленно растущего язя из реки Вах величины удельной скорости роста и константы роста выше, чем у быстро растущего язя из озера Ильмень.

Константа роста может применяться только для выделения периодов роста данного вида рыб в определенном районе.

«Величина константы одного и того же вида, но из разных водоемов,—пишет В. В. Васнецов (1934),—получается во второй период роста более высокой для медленно растущих рыб и ниже для быстро растущих, т. е. как раз сказывается, что высота константы не характеризует интенсивности роста».

В. В. Васнецов установил, что моменты «перелома роста рыбы», т. е. переход от периода с одной средней константой к периоду с другой средней константой, и величины удельной ско-

рости роста связаны не со временем, протекившим с начала роста  $\left(\frac{t_2 + t_1}{2}\right)$ , а с длиной, достигнутой рыбой.

Так, например, в табл. 29 перелом роста у язя в двух различных водоемах происходит в разном возрасте, но при одной и той же длине—около 13 см. Примерно при этой длине язь достигает половой зрелости. На реке Вах, при медленном росте язя, половая зрелость у него наступает на третьем году, а в озере Ильмень, при быстром росте, язь созревает на втором году жизни.

Показав прямую зависимость характера роста от длины рыбы, а не от времени, протекавшего с начала роста, В. В. Васнецов изменил формулу константы роста, введя в нее длину рыбы в начале года вместо времени. Полученный показатель он назвал характеристикой роста.

Характеристика роста выражается следующим образом:

$$\frac{\lg l_2 - \lg l_1}{0,4343 (t_2 - t_1)} \cdot l_1$$

Во всех вычислениях мы пользуемся одним и тем же годовым периодом, и величина  $(t_2 - t_1)$  всегда равна одному году. Поэтому  $(t_2 - t_1)$  из формулы удаляют и все расчеты ведут по формуле:

$$\frac{\lg l_2 - \lg l_1}{0,4343} \cdot l_1$$

Результаты вычислений характеристики роста леща из четырех водоемов показаны в табл. 30.

Таблица 30

**Изменения характеристики роста леща различных водоемов  
(по Васнецову, 1934)**

Возраст	Урал			Волго-Каспий			Оз. Могильно			Оз. Ленгельмевес		
	длина в см	характеристика роста	средняя характеристика роста	длина в см	характеристика роста	средняя характеристика роста	длина в см	характеристика роста	средняя характеристика роста	длина в см	характеристика роста	средняя характеристика роста
I	7,6	7,22	6,96	7,3	5,18	6,20	6,5	4,22	4,17	2,5	1,95	2,59
II	19,7	6,70		16,2	7,22		12,4			4,8		
III	27,7	3,60	3,27	25,3	3,82	3,47	17,9	4,59	4,17	7,4	2,15	2,59
IV	31,5	2,84		29,5	3,54		22,5	3,72		10,3	2,31	
V	33,6	3,36	1,32	33,2	3,25	3,47	27,0	4,14	3,36	13,6	3,22	3,49
VI	37,3	1,12		36,0	3,25		30,8	3,51		17,1	3,74	
VII	38,4	1,52	—	29,3	1,17	1,33	34,5	3,41	2,33	20,9	3,57	—
VIII	40,0	—		40,5	1,48		37,6	3,15		24,7	3,25	
IX	—	—	—	42,0	—	—	40,1	2,26	2,33	28,1	2,10	—
X	—	—		—	—		42,5	2,40		31,1	—	

Во всех случаях, приведенных в табл. 30, рост леща распадается на три периода: 1) до половой зрелости; 2) после половой зрелости и 3) период старости.

Характеристика роста первого периода (до половой зрелости) сильно колеблется—от 6,96 (уральский лещ) до 2,59 (лещ из озера Ленгельмевеси). Характеристика роста второго периода во всех четырех районах близка к 3,50. Это показывает малую изменчивость роста после половой зрелости.

Указанные закономерности роста установлены применением характеристики роста в отношении карповых рыб. В отношении рыб других семейств вопрос еще недостаточно разработан, но имеющиеся, пока немногочисленные, данные заставляют предполагать наличие у некоторых других семейств иных закономерностей. Так, например, у окуня и щуки не наблюдается ясных периодов роста и отчетливого влияния условий откорма на рост в преднерестовый период.

Третий период («старости») незаконченный; о нем можно сказать, что в это время рост леща сильно замедляется (1,32—2,33).

Характеристика роста применима для сравнения роста одной и той же рыбы в разные периоды роста, а также роста рыб одного и того же вида из разных водоемов.

Для сравнения роста рыб различных видов и родов пользуются характеристикой роста за второй период (после половой зрелости), так как в этот период эта характеристика мало изменяется в пределах одного вида рыб даже в разных водоемах. По данным В. В. Васнецова, характеристика роста за второй период жизни рыб характеризует наследственно закрепленный рост рыб. В первый период характеристика роста сильно колеблется под влиянием внешних условий и в зависимости от изменения длины рыбы у разных видов, а потому и не должна применяться при сравнении роста видов между собою.

В табл. 31 показано изменение характеристики роста рыб разных видов.

Т а б л и ц а 31

Сравнение характеристики роста половозрелых рыб разных видов  
(по Васнецову, 1934)

Осман	Чебак	Лещ	Язь	Плотва	Окунь	Елец	Треска	Лосось (в море)	Пелагида
2,46	2,21	3,50	3,44	1,75	1,96	2,24	9,14	13,90	8,40

Таблица хорошо отражает быстрый рост крупных морских рыб (треска, лосось, пелагида) по сравнению с пресноводными.



---

---

**СПИСОК ОБОРУДОВАНИЯ, НЕОБХОДИМОГО  
ПРИ СБОРЕ И ОБРАБОТКЕ МАТЕРИАЛА  
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВОЗРАСТА РЫБ**

1. Доска для измерения рыб.
  2. Весы.
  3. Разновес.
  4. Чешуйные книжки.
  5. Карандаш простой.
  6. Скальпель.
  7. Ножницы.
  8. Пинцет тонкий.
  9. Лупа препаровальная с рисовальным аппаратом.
  10. Бинокляр с окуляр-микрометром.
  11. Логарифмическая линейка.
  12. Карточки для обратных расчислений.
  13. Предметные стекла.
  14. Часовые стекла (или другая мелкая посуда для промывки чешуи или просветления отолитов).
  15. Нашатырный спирт (слабый раствор аммиака).
  16. Толуол, трансформаторное масло или любая другая просветляющая жидкость.
  17. Ванночка с воском (для отолитов) или пластилина.
  18. Асфальтовый лак.
  19. Спиртовка.
  20. Лобзик с пилками № 00 для металла; лучше электрический лобзик.
  21. Шлифовальный брусок или круг.
  22. Черный фартук.
  23. Целлулоид (кинолента) } для заливки мелких плавников
  24. Ацетон. }
  25. Канадский или пихтовый бальзам.
  26. Канифоль.
  27. Эфир. } для обезжиривания крупных костей.
  28. Спирт. }
  29. Марля.
  30. Суровые нитки.  
Кроме того желательно иметь:
  31. Прибор для изготовления срезов лучей осетровых.
  32. Доску Монастырского (с ниткой) для расчисления темпа роста рыб.
  33. Счетный прибор системы Монастырского.
  34. Микротректор.
-

## ЛИТЕРАТУРА

- А в р у т и н а Э. 1938. Методика определения возраста и темпа роста осетровых по лучу грудного плавника. Рыбн. хоз., № 11.
- А л е е в В. Р. 1928. Некоторые данные по биологии беломорской семги. Тр. научн. ин-та рыбн. хоз-ва (НИРХ), т. III, вып. 2.
- А л е е в В. Р. 1937. Угловой, или переменный масштаб в применении к обратному расчислению роста рыб по чешуе. Рыбн. хоз., № 4.
- А р н о л ь д И. Н. 1911. К вопросу об определении возраста рыб. Вестн. рыбопромышл. № 5 и 6.
- А с т а н и н Л. П. 1947. Об определении возраста рыб по костям. Зоол. журн., т. 26, вып. 3.
- Б а р а ч Г. П. 1946. Сравнительно-морфологические исследования чешуи лососевых рыб. Тр. Зоол. ин-та АН СССР, т. VI.
- Б и р м а н И. Б. 1958. О распространении и миграциях камчатских лососей в северо-западной части Тихого океана. Сб. «Мат. по биол. морск. периода жизни д.-в. лосося». Изд. ВНИРО.
- Б і л і й М. Д. 1950. Загальні закономірності росту рыб. Акад. Наук УРСР, Київ.
- Б о й к о Е. Г. 1951. Методика определения возраста рыб по спинам плавников. Тр. Аз.-Черном. н.-и. ин-та рыбн. хоз. и океанографии (Азчерниро), вып. 15.
- Б о й к о Е. Г. и Д о й н и к о в К. Г. 1941. Определение возраста рыб по плавниковым лучам. Рыбн. хоз. № 2.
- Б р ю з г и н В. Л. 1941. Окуляр-масштаб для обратного расчисления роста рыб по чешуе. Рыбн. хоз., № 4.
- Б р ю з г и н В. Л. 1955. «Обчислювальний столик». (Новый прибор для вивчення темпу росту рыб по лусці, кістках та отолітах). Наукові записки, в. V. Херс. держ. пед. інст. ім. Н. К. Крупської. Херсон.
- Б р ю з г и н В. Л. 1957. Прибор для обратных расчислений роста рыб по чешуе, костям и отолитам. Изобретения в рыбной промышленности за 1956 г. М., изд. МРП.
- В а с н е ц о в В. В. 1934. Опыт сравнительного анализа линейного роста семейства карповых. Зоол. журн., т. XIII, вып. 3.
- В а с н е ц о в В. В. 1947. Рост рыб как адаптация. Бюлл. Моск. об-ва испыт. прир. (МОИП), т. LII (I).
- В а с н е ц о в В. В. 1953. О закономерностях роста рыб. Очерки по общ. вопр. биол. Изд. АН СССР.
- В а с н е ц о в В. В. 1958. Опыт анализа роста рыб реки Амура. Тр. Амурск. ихтиол. экп. 1945—1949 гг., т. IV. Изд. Моск. ун-та.
- В о в к Ф. И. 1955 (1956). О методике реконструкции роста рыб по чешуе. Тр. биол. ст. «Борок» АН СССР, вып. 2.
- Д е м е н т ь е в а Т. Ф. 1952. Методика составления прогнозов по лещу Северного Каспия. Тр. Всес. н.-и. ин-та морск. рыбн. хоз. и океанограф. (ВНИРО), т. XXI.

- Есипов В. К. 1929. К вопросу о зависимости между длиной тела рыбы и ее весом. Тр. Сибирск. научн. рыбохоз. станции, т. 3, вып. 3.
- Замахаев Д. Ф. 1940. Нерестовые марки на чешуе каспийских сельдей. Тр. Всес. н.-и. ин-та морск. рыбн. хоз. и океанограф. (ВНИРО), т. XIV.
- Замахаев Д. Ф. 1941. К методике расчисления роста трески по отолитам. Зоол. журн., т. XX, вып. 2.
- Замахаев Д. Ф. 1948. Нерестовые отметки. Рыбн. хоз., № 9.
- Замахаев Д. Ф. 1949. Сравнение роста отдельных видов каспийских сельдей. Зоол. журн., т. XXVIII, вып. 6.
- Замахаев Д. Ф. 1949 а. К вопросу о росте малотычиновых проходных сельдей Каспия. Тр. Всес. гидробиол. общ-ва, т. I.
- Замахаев Д. Ф. 1951. Различие биологических показателей на чешуе с отдельных участков тела сельди. Тр. Мосрыбхоза, вып. IV.
- Ильин В. М., Шейна М. П., Бахтина В. И. и др. 1956. Кормление рыбы в удобренных прудах. Пути повышения эффективности прудового рыбоводства. Тр. Всерос. н.-и. ин-та прудового рыбн. хоз-ва (ВНИПРХ), т. VIII. Пищепромиздат.
- Каврайский Ф. и Классен Ф. 1913. Опыт мелиорации мест нереста в дельте р. Волги в 1912 г. Мат. к позн. русск. рыбол., т. II, вып. 7.
- Кагановская С. М. 1933. Метод определения возраста и состава уловов колючей акулы (*Squalus acanthias* L.). Вестн. ДВ фил. АН СССР, № 1—2—3.
- Кагановская С. М. 1937. О достоверности вычислений длины и темпа роста по чешуе с разных частей тела иваси. Изв. Тихоок. н.-и. ин-та рыбн. хоз. и океанограф. (ТИНРО), т. 12.
- Камерницкая Е. И. 1939. Различие косяков трески Баренцева моря по структуре чешуи. Тр. Всес. н.-и. ин-та морск. рыбн. хоз. и океанограф. (ВНИРО), т. IV.
- Киселевич К. А. 1923. Возраст и темп роста проходных рыб Волго-Каспийского района. Сб. «Рыбн. хоз.», кн. III. М.
- Киселевич К. А. 1924. Годовой отчет Астраханской ихтиологической лаборатории за 1923 г. Тр. Астрах. ихтиол. лабор. т. VI, вып. 1.
- Клер В. О. 1916. Некоторые данные к определению возраста рыб по костям. Вестн. рыбопромышл., № 3.
- Клер В. О. 1927. К методике определения возраста рыб. Тр. съезда зоологов, анатомов и гистологов СССР в Москве, 4—10/V 1925 г. М.
- Константинов К. Г. 1956. Мечение промысловых рыб. (Пособие для плавсостава тралового флота). Мурманск.
- Константинова Н. А. 1955. О динамике основных биологических показателей леща северной части Аральского моря. Автореф. диссерт. на соиск. уч. степ. канд. биол. наук. МГУ, М.
- Константинова Н. А. 1958. Динамика основных биологических показателей леща северной части Аральского моря. «Вопр. ихтиол.», вып. 10.
- Крогус Ф. В. 1958. О строении чешуи камчатской красной разных локальных стад. Сб. «Мат. по биол. морск. периода жизни д-в. лосося». Изд. ВНИРО.
- Кузьмин А. Г. 1947. Методика определения возраста и роста судака. Докл. Всес. н.-и. ин-та морск. рыбн. хоз. и океанограф. (ВНИРО), № 10.
- Кузьмин А. Г. 1952. Рост и возраст судака Северного Каспия. «Тр. Каспийск. бассейн. фил. Всес. н.-и. ин-та морск. рыбн. хоз. и океанограф. (ВНИРО)», т. XII.
- Лалин Ю. Е. 1955 (1956). О методике определения возраста снетка. Тр. биол. ст. «Борок» АН СССР, вып. 2.
- Лебедев Н. В. 1946. Элементарные популяции рыб. Зоол. журн. т. XXV, вып. 2.



- Ли Р. 1926. Определение роста рыб. Сб. статей по метод. опред. возраста и роста рыб. Красноярск.
- Лукин А. В. 1951. К методике определения темпа роста судака. Тр. Татарск. отд. Всес. н.-и. ин-та озерн. и речн. рыбн. хоз. (ВНИОРХ), вып. 6.
- Лямин К. А. 1956. Исследования биологического цикла летне-переступающей сельди Исландии. Тр. Полярн. н.-и. ин-та рыбн. хоз. и океанограф. (ПИНРО), вып. XI. Сельди Северо-европейского бассейна и смежных морей. Пищепромиздат.
- Майорова А. А. 1930. К методике определения возрастного состава улова. Тр. Аз.-Черном. научн. рыбохоз. станции, вып. 6.
- Майорова А. А. 1939. Определение возраста и возрастного состава хамсы у берегов Грузии. Тр. научн. рыбохоз. и биол. станции Грузии, т. II.
- Марти Ю. 1948. Промысловая разведка рыбы. Пищепромиздат.
- Махмудбеков А. А. 1939. Об определении возраста каспийского пузанка. Сб., посв. научн. деят. Н. М. Книповича (1885—1939), М.
- Махмудбеков А. А. 1947. О созревании различных форм каспийского пузанка. Зоол. журн., т. XXVI, вып. 2.
- Махмудбеков А. А. 1952. О нерестовых марках на чешуе каспийского пузанка. ДАН СССР, т. 85, № 4.
- Мейен В. А. 1944. Изменение полового цикла самок костистых рыб под влиянием экологических условий. Изв. АН СССР, вып. 2.
- Монастырский Г. Н. 1926. К методике определения роста рыб по измерениям чешуи. Сб. статей по метод. опред. возраста и роста рыб. Красноярск.
- Монастырский Г. Н. 1930. О методах определения линейного роста рыб по чешуе. Тр. научн. ин-та рыбн. хоз. (НИРХ), вып. 4.
- Монастырский Г. Н. 1934. Инструкция для работ по темпу роста на счетном приборе системы Монастырского, изд. ВНИРО, М.
- Монастырский Г. Н. 1940. Запасы воблы Северного Каспия и методы их оценки. Тр. Всес. н.-и. ин-та морск. рыбн. хоз. и океанограф. (ВНИРО), т. XI.
- Монастырский Г. Н. 1952. Динамика численности промысловых рыб. Тр. Всес. н.-и. ин-та морск. рыбн. хоз. и океанограф. (ВНИРО), т. XXI.
- Морозов А. В. 1929. Методика собирания и обработки ихтиологических материалов. Рыбное хозяйство Туркменистана. Тр. научн. ин-та рыбн. хоз. (НИРХ), т. V, вып. I.
- Морозов А. В. 1934. К методике установления возрастного состава уловов. Бюлл. Гос. океанограф. ин-та, № 15.
- Морозова П. Н. 1952. Лещ Аральского моря (*Abramis brama orientalis* Berg.). Известия Всес. озерно-речного н.-и. ин-та рыбн. хоз. (ВНИОРХ), т. XXX.
- Мурашкинцев П. А. 1938. Биологические группы мурманской сельди (*Clupea harengus harengus*) по характеру строения зимних колец на чешуе. Тр. Полярн. н.-и. ин-та рыбн. хоз. и океанограф. (ПИНРО), вып. I.
- Недошивин А. Я. и Тихий М. И. 1913. К определению возраста *Clupeonella caspia* tur. Eichw. Мат. к познанию русского рыболовства, т. II, вып. 6.
- Никольский Г. В. 1953. О биологических обоснованиях контингента вылова и путей управления численностью стада рыб. Сб. «Очерки по общ. вопрос. ихтиол.» Изд. АН СССР. М.—Л.
- Опарин Д. И. 1957. Корреляционные исчисления в логарифмах в методике ихтиологических исследований. Тр. Мосрыбвтуза, вып. VIII.
- Опарин Д. И. 1957а. Применение логарифмических масштабов в рыбохозяйственной и ихтиологической статистике. Тр. Мосрыбвтуза, в. VIII.

- Остроумов А. А. 1949. Темп полового созревания каспийского пузанка. Зоол. журн., т. XXVIII, вып. 5.
- Остроумов А. А. 1955 (1956). О возрастном составе стада и росте леща Рыбинского водохранилища. Тр. биол. станции «Борок», вып. 2.
- Пискунов И. А. 1955. Материалы по биологии молоди кижуча в морской период жизни. «Иzv. Тихоок. н.-и. ин-та морск. рыбн. хоз. и океанограф. (ТИНРО)», т. XLIII.
- Поликарпова Е. Ф. 1942. Зависимость икротетания от внешней среды. Изв. АН СССР, сер. биол., вып. 1—2.
- Померанцев Г. П. 1949. К методике обратного расчисления длин и весов рыбы. Тр. Уральского отдел. Всес. н.-и. ин-та озерн. и речн. рыбн. хоз. (ВНИОРХ), т. IV, Свердловск.
- Правдин И. Ф. 1933. Возраст и рост рыбы. КОИЗ.
- Правдин И. Ф. 1939. Руководство по изучению рыб. ЛГУ.
- Пробатов А. Н. 1927. Рост и возраст жереха р. Урала. Изв. отд. прикл. ихтиологии, т. VI, вып. 1.
- Пробатов А. Н. 1929. О возрасте аральского сома. Изв. отд. прикл. ихтиологии, т. IX, вып. 2.
- Редкозубов Ю. Н. 1951. Видоизменение доски Монастырского для обратного расчисления темпа роста рыб по чешуе. Тр. Кар.-Финск. отд. Всес. н.-и. ин-та озерн. и речн. рыбн. хоз. (ВНИОРХ), т. III.
- Световидова А. А. 1935. Возраст и темп роста семги р. Нивы (Кольский полуостров). Изв. Всес. н.-и. ин-та озерн. и речн. рыбн. хоз. (ВНИОРХ), т. 20.
- Семендяев К. А. 1933. Эмпирические формулы. Гос. техн.-теор. изд.-во. М.—Л.
- Сергеева А. И. 1952. Темп полового созревания воблы. Тр. Каспийск. бассейн. фил. Всес. н.-и. ин-та морск. рыбн. хоз. и океанограф. (ВНИРО), т. XII.
- Смирнов А. Г. 1929. Возраст и рост аральской шемаи. Изв. отд. прикл. ихтиол., т. IX, вып. 2.
- Солдатов В. К. 1915. Исследование осетровых Амура. Мат. к позн. русск. рыбол., т. III, 12.
- Соловьева Н. С. 1938. Время закладки зимних колец и начала прироста на чешуе сельди в различных районах Баренцева моря. Тр. Полярн. н.-и. ин-та рыбн. хоз. и океанограф. (ПИНРО), вып. 2.
- Суворов Е. К. 1948. Основы ихтиологии. Изд. Сов. наука.
- Сысоева Т. К. 1958. Возраст и рост амурского толстолобика *Hypophthalmichthys molitrix* Val. Тр. Амурск. ихтиол. экспед. 1945—1949 гг., т. IV.
- Танасийчук Н. П. 1948. Нерестовые миграции волжской многотычинковой сельди [*Caspialosa kessleri volgensis* (Berg.)] Тр. Волго-Касп. научн. рыбохоз. станции, т. X.
- Терещенко К. К. 1913. Вобла (*Rutilus rutilus caspicus* Jak.), ее рост и плодовитость. Тр. Астрах. ихтиол. лабор., т. III, вып. 2.
- Терещенко К. К. 1917. Лещ (*Abramis brama* L.) Каспийско-Волжского района, его промысел и биология. Тр. Астрах. ихтиол. лабор., т. IV, вып. 2.
- Тихий М. И. 1917. Методика механического вычисления роста рыбы. Тр. Петрогр. об-ва естествоиспыт., т. X—XIII, вып. 1.
- Тюрин П. В. 1927. О зависимости между длиной рыбы и ее весом. Тр. Сибирск. ихтиол. лабор., т. II, вып. 3, Красноярск.
- Федоров П. Ф. 1931. Материалы по биологии и промыслу беломорской корюшки. Изв. отд. прикл. ихтиол. т. XI, вып. 2.
- Фортунатова К. Р. 1932. Сом (*Silurus glanis* L.) Азербайджана. Бюлл. Всекасп. научн. рыбохоз. экспедиции, № 5—6, Баку.



- Ф орту н а т о в а Е. Р. 1936. Основные моменты в биологии сома Южно-го Каспия. Тр. I Всекасп. научной рыбохоз. конфер. (7—24 января 1935 г.), т. I, Пищепромиздат.
- Ч у г у н о в Н. Л. 1925. О методике определения возраста осетровых пород. Бюлл. рыбн. хоз., № 11.
- Ч у г у н о в Н. Л. 1926. Определение возраста и темпа роста рыб по костям. Сб. статей по методике опред. возраста и роста рыб. Сибирская ихтиол. лаборатория. Красноярск.
- Ч у г у н о в а Н. И. 1931. Биология судака Азовского моря. Тр. Аз.-Черном. научно-промысл. экспед., вып. 9.
- Ч у г у н о в а Н. И. 1940 (1939). К методике изучения возраста воблы по чешуе (на основании исследования чешуи меченых рыб). Тр. Всес. н.-и. ин-та морск. рыбн. хоз. и океанограф. (ВНИРО), т. XI.
- Ч у г у н о в а Н. И. 1940а. Современная методика определения возраста и роста осетровых. Рыбн. хоз., № 10.
- Ч у г у н о в а Н. И. 1940б. Методика изучения возраста большеглазого пузанка. [*Caspialosa saposchnikovi* (Grimm.)]. Тр. Всес. н.-и. ин-та морск. рыбн. хоз. и океанограф., ВНИРО, т. XIV.
- Ч у г у н о в а Н. И. 1951. Рост и созревание воблы Северного Каспия в зависимости от условий откорма. Тр. Всес. н.-и. ин-та морск. рыбн. хоз. и океанограф. (ВНИРО), т. XVIII.
- Ч у г у н о в а Н. И. 1952. Методика изучения возраста и роста рыб. Изд. Сов. наука.
- Ч у г у н о в а Н. И. 1955. О восстановлении истории индивидуальной жизни рыбы по ее чешуе. Зоол. журн., т. XXXIV, вып. 5.
- Ш е р р и ф К. 1926. Об определении роста рыб по чешуе. Сб. статей по методике опред. возраста и роста рыб. Сибирск. ихтиол. лаборатория. Красноярск.
- Ш м а л ь г а у з е н И. И. 1928. О закономерностях роста у животных. Природа, № 9.
- Ш м а л ь г а у з е н И. И. 1935. Определение основных понятий и методика исследования роста. Рост животных. Биомедгиз.
- Ш у к о л ю к о в А. М. 1931. Возраст и темп роста невской корюшки. Изв. Ленингр. н.-и. ихтиол. ин-та, т. XII, вып. 1.
- Я к о в л е в К. П. 1950. Математическая обработка результатов измерений. Гос. Изд. Техн.-теор. лит., М.—Л.
- Из материалов II конференции научных работников по рыбному хозяйству. 1932. За соц. рыбн. хоз. № 5—6.
- Сборник инструкций для стандартных работ во время срочных рейсов судов системы ВНИРО. 1935. Пищепромиздат.
- Инструкция по сбору и первичной обработке ихтиологических материалов. 1938. Изд. ВНИРО.
- Сборник статей по методике определения возраста и роста рыб. 1926. Красноярск.
- Семга, ее биология и промысел. 1935. Изв. Всес. н.-и. ин-та озерн. и речн. рыбн. хоз. (ВНИОРХ), т. XX.
- B l a c k b u r n M. 1949. Age, rate of growth and general life-history of the Australian pilchard (*Sardinops neopilchardus*) in New South Wales waters. Common wealth scientific and industrial research organization. Australia. Bull. N 242, Melbourne.
- B l a c k b u r n M. 1951. „Condition rings“ on scales of the European pilchard, *Sardina pilchardus* (Walbaum). J. Conseil. Int. pour l'Expl. de la Mer, vol. XVII, № 2.
- C r i c h t o n M. J. 1935. Scale-absorption in salmon and sea trout. Fisheries Scotland, Salmon Fish. № IV: Edinburgh.



- Dahl K. 1910. The age and growth of salmon and trout in Norway, as shown by their scales. Salmon and trout Assoc. London.
- D'Ancona U. 1924. Contributo alla biologia degli storioni nelle acque italiane. Ministero dell'economia nazionale. Direzione generale dell'agricoltura. Div. V. Osservatorio di pesca di fiumicino. Roma.
- Dannevig A. a. Høst. 1931. Sources of error in computing 1<sub>1</sub>-1<sub>2</sub> etc. from scales taken from different parts of the fish. J. Conseil Perm. Int. pour l'Expl. de la Mer, vol. VI, N 1. Copenhagen.
- Einarsson H. 1951. The southern Icelandic herring during 1950. Ann. Biol., vol. VII.
- Fage L. et Veillet A. 1938. Sur quelques problèmes biologiques liés à l'étude de la croissance des poissons. Rapports et Procès-Verbaux des Réunions du Cons. Perm. Int. pour l'Expl. de la Mer, vol. CVIII, n 1.
- Freidenfeldt T. 1922. Undersökningar över Gösens Tillväxt Särskilt i Hjälmarén, Meddeland. Kungl. Lantbruksstyrelsen, № 235. Stockholm
- Graham M. 1929. Study of the growth-rate of codling (*Gadus callarias* L.) on the Inner Herring-Traroling Ground. Studies of age-determination in fish, p. I. Fishery Investigations. S. II, vol. XI, No 2, London.
- Hile R. 1941. Age and growth of the rock bass *Ambloplites rupestris* (Rafinesque) in Nebish Lake, Wisconsin. Transactions of the Wisconsin Academy of Sciences, Arts and Letters, vol. XXXIII, p. 189—337. Madison, Wisconsin.
- Hile R. 1948. A nomograph for the computation of the growth of fish from scale measurements. Transactions of the Amer. Fish. Soc., September 13, 14, 15. New Jersey.
- Hjort I. 1907. Nogle resultater af den internationale havforskning. „Aarsber. Vedk. Norg. Fisk“.
- Hoffbauer C. 1898, 1900. Die Alterbestimmung der Karpfens an seiner Schuppe. Allg. Fischereizeitung, 23 u. 25 Jahrg.
- Lea E. 1910. On the method used in the herring investigations. Publ. Circonstance du Cons. Perm. Int. pour l'Expl. de la Mer, No 53.
- Lea E. 1913. Further studies concerning the methods of calculations, the growth of herrings. Publ. Circonstance du Cons. Perm. Int. pour l'Expl. de la Mer, n 66.
- Lea E. 1918. Age and growth of the herring in Canadian waters Canadian Fisheries Expedition. 1914—1915. Ottawa.
- Lea E. 1924. Frequency curves in herring investigation. Report on norwegian fishery and marine investigations. vol. 3, N 4. Bergen.
- Lea E. 1938. A modification of the formula for calculation of the growth of herring. Rapports et Procès-Verbaux du Cons. Perm. Int. pour l'Expl. de la Mer. vol CVIII, Copenhagen.
- Lea E. and Went A. E. 1936. Plastic copies of microscopical reliefs especially of fish scales. Hvalradets Skrifter, № 13, Oslo.
- Lee R. M. 1912. An investigation into the methods of growth determination in fishes. Publ. de Circonstance du Cons. Perm. Int. pour l'Expl. de la Mer, n 63, Copenhagen.
- Lee R. M. 1920. A review of the methods of age and growth determination in fishes by means of scales, Fish Invest., ser. II, vol. 4, No 2, London.
- Lissner H. 1925. Die Alterbestimmung beim Herring mit Hilfe der Otoliten. Gerichte der deutschen Wissenschaftlichen Kommission für Meeresforschung, B. I. Berlin.
- Masterman A. T., 1913. Report on investigation upon the Smelt (*Osmerus eperlanus*). Board of agriculture and fisheries. Fishery investigations. Ser. I, Salmon and freshwater fisheries. London.

- Menon M. 1953. The determination of age and growth of fishes of tropical and sub-tropical waters. Journ. Bombay Nat. Hist. Soc. 51 (3).
- Nesbit R. A. 1934. A convenient method for preparing celluloid impressions of fish scales. Journ. du Conseil Intern. pour l'Expl. de la Mer, v. IX, N 3. Copenhagen.
- Petersen J. 1895. Einige Methoden zur Bestimmung des Alters und Wachses der Fische, Mitteil. d. Deutsch. Seefischereivereins.
- Rollefsen G. 1933. The otoliths of the cod. Report on Norwegian Fishery and Marine Investigations, IV, 3.
- Rollefsen G. 1934. The cod otolith as a guide to race, sexual development and mortality. Rapports et Procès-Verbaux du Cons. Perm. Int. pour l'Expl. de la Mer, vol. LXXXVIII.
- Rollefsen G. 1935. The Spawning Zone in cod otolithy and prognosis of Stock Rep. Norw. Fish. a. Mar. Inv. IV, No 11.
- Roule L. 1920. Etude sur le saumon des eaux douces de la France. Paris.
- Rounsefell G. A. and Everhart W. H. 1953. Fishery Science. Its methods and applications. N. G. J. Wiley.
- Royce W. F. 1942. Standard length versus total length. Transactions of the American Fisheries Society. Washington.
- Runnström S. A. 1936. Study on the life history and migrations of the norwegian spring herring based on the analysis of the winter rings and summer zones of the scale. Rep. on Norw. Fish. Mar. Invest., I. No 2.
- Scherriff K. 1922. Report on the mathematical analysis of random samples of herrings. Fishery board for Scotland Scientific Investigations, No 1. Edinurgh.
- Schoffman R. J. 1954. Age and rate of growth of the channel catfish in Reelfoot lake, Tennessee, J. Tennessee Acad. Sci., 29, No 1.
- Segerstroale C. 1933. Über scalimetrische Methoden zur Bestimmung des linearen Wachstums bei Fischen insbesondere bei *Leuciscus idus* L., *Abramis brama* L. und *Perca fluviatilis* L. Acta Zool. Fennica, 15. Helsingforsiae.
- Seshappa G. and Bhimachar B. S. 1954. Studies on the age and growth of the Malabar sole. *Cynoglossus semifasciatus* Day. Indian J. Fish., vol. 1, No 1—2.
- Shann E. W. 1910. Some notes on the life history and rate of growth in *Gobius minutes*. Ann. Mag. Nat. Hist., (5), VIII.
- Smith S. H. 1954. Method of producing plastic impressions of fish scales without using heat. The Progres Fish-Culturist, vol. No 2.
- Tesch F. W. 1955. Das Wachstum des Barsches (*Perca fluviatilis* L.) in verschiedenen Gewässern. Zschr. f. Fischerei, B. IV, H. 5/6.
- Taning A. V. 1938. Method for cutting sections of otoliths of cod and other fish. J. Conseil Perm. Int. pour l'Expl. de la Mer, vol. XIII, No 2 Copenhagen.
- Trout G. C. 1954. Otolith grower of the Barents Sea cod. Rapports et Procès-verbaux des Réunions du Cons. Perm. Int. pour l'Expl. de la Mer, vol. CXXXVI.
- Winge O. 1915. On the value of the rings in the scales of the cod as a means of age determination illustrated by marking experiments. Meddel. Kom. for Havundersøgelser, Bd. IV. № 8. Købønavn:
-

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
I. Введение . . . . .	5
а) Значение изучения возраста и роста рыб в ихтиологических работах . . . . .	5
б) Названия возрастных групп . . . . .	9
II. Сбор материалов для изучения возраста и роста рыб (полевые исследования) . . . . .	14
а) Величина проб . . . . .	14
б) Техника сбора чешуи . . . . .	16
в) Техника сбора и первичной обработки костей . . . . .	20
г) Техника сбора отолитов . . . . .	22
III. Определение по чешуе возраста рыб, а также нерестовых и дополнительных отметок . . . . .	24
а) Краткие сведения о морфологии и росте чешуи . . . . .	24
б) Скульптура верхнего слоя чешуи и характерные признаки годовых, нерестовых и дополнительных колец (отметок) . . . . .	25
в) Техника определения возрастных, нерестовых и добавочных отметок на чешуе рыб . . . . .	46
г) Изготовление отпечатков чешуи . . . . .	48
IV. Определение возраста рыб по костям и отолитам . . . . .	60
а) Крышечная кость (operculum), клейтрум (cleithrum) и другие кости с плоскими частями . . . . .	60
б) Позвонки . . . . .	62
в) Костные лучи плавников крупных рыб . . . . .	62
г) Лучи плавников мелких и средних рыб . . . . .	67
д) Отолиты . . . . .	72
V. Вычисление возрастного состава уловов рыбы и темпа созревания . . . . .	77
а) Вычисление возрастного состава сложением средних проб . . . . .	77
б) Вычисление «взвешенного» возрастного состава по способу Морозова—Майоровой . . . . .	79
в) Вычисление скорости (темпа) созревания . . . . .	85
VI. Изучение роста рыб . . . . .	89
а) Изучение роста рыб по наблюдаемым величинам . . . . .	89
б) Обратные расчисления роста рыб . . . . .	91



Обратные расчисления по формуле прямой пропорциональности . . . . .	91
Приборы для механических расчислений роста рыб по формуле прямой пропорциональности . . . . .	95
Обратные расчисления в случаях криволинейной зависимости между длиной тела рыбы и длиной ее чешуи (костей или отолитов) . . . . .	104
в) Обратные расчисления возраста рыб по костям и отолитам	139
VII. Определение возрастного состава уловов и роста рыб по вариационным кривым их длины . . . . .	144
VIII. Вычисление характеристики роста рыб . . . . .	148
Список оборудования, необходимого при сборе и обработке материала для изучения возраста рыб . . . . .	155
Литература . . . . .	156

Нина Ивановна Чугунова

**Руководство по изучению возраста и роста рыб  
(методическое пособие по ихтиологии)**

*Утверждено к печати Ихтиологической комиссией  
Академии наук СССР*

Редактор издательства *Б. М. Макаров*      Технический редактор *Н. Егорова*

РИСО АН СССР № 91-47В Сдано в набор 17/II 1959 г.

• Подписано к печати 30/V 1959 г. Формат 60×92<sup>1</sup>/<sub>16</sub> печ. л. 10,25  
уч.-издат. л 9,9 Тираж 2500 экз. Т-05099

Изд. № 1349 Тип. зак 37

*Цена 6 руб. 90 коп.*

3-я типография Изд-ва Академии наук СССР. Москва, Н.-Басманная, 23.

ИСПРАВЛЕНИЯ И ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть
45	1 сн.	(3)	(3.)
109	6 св.	5) $a = \frac{L - 3}{s_1}$	5) $a = \frac{L - 3}{s}$
109	Табл. 16, графа 4	( $L^{-3}$ )	( $L - 3$ )
116	16 сн.	$= \frac{l}{l} \cdot l_x k,$	$= \frac{L}{l} l_x k,$
124	8 св.	где $s$ ном	где $s$ ном
128	9 сн.	$l_1^k - l_1^k$	$l_1^k - l_4^k$
130	20 сн	$y = ax^b$	$y = ax^b$
135	29 сн.	$\Delta (L_b - L)$	$\Delta (L - L_b)$
135	30 сн.	$\times 0,684 \lg s$	$\times 0,6841 \lg s$
155	19 сн.	пластилина	из пластилина
156	19 св.	спином	спилам
161	18 св.	Traroling	Trawling
161	5 сн.	Gerichte	Berichte
161	16 сн.	Verbaun du Coxs	Verbaux du Cons.
162	4 св.	seales	scales
162	6 сн.	grower	growth
162	9 сн.	Taning	Taning
162	11 сн.	Wachtum	Wachstum
162	22 сн.	Segerstroale	Segerstrale

Н. И. Чугунова

6 р. 90 к.