

В. В. КАФАНОВА

МЕТОДЫ  
ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
ВОЗРАСТА  
И РОСТА РЫБ

Томск — 1984



В. В. КАФАНОВА

МЕТОДЫ  
ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
ВОЗРАСТА  
И РОСТА РЫБ

Учебное пособие



ИЗДАТЕЛЬСТВО ТОМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА  
Томск — 1984

УДК 578.087.597

Кафанова В. В. **Методы определения возраста и роста рыб**: Учебное пособие.—Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1984.—2,55 л.—40 к. 500 экз. 2005000000.

В учебном пособии излагаются методики сбора и обработки материала по определению возраста и роста рыб. Рассматриваются способы определения темпа роста по наблюдаемым эмпирическим данным, обратного расчисления по принципу прямой пропорциональности Э. Леа, криволинейные зависимости по Г. Н. Монастырскому и номограммам Ф. И. Вовка. Популяризируются приемы изучения темпа роста рыб с помощью применения регрессионного анализа по принципу прямолинейной и криволинейной зависимости, описываются методики расчисления темпа (линейного и весового) роста по эмпирическим данным В. Л. Брюзгина.

Дается представление о фотометрическом методе по В. М. Мина и В. П. Василькову.

Для студентов, специализирующихся по ихтиологии, гидробиологии, рыбоводству, работников рыбного хозяйства, связанных с определением возраста и роста рыб.

Рецензент — канд. биол. наук Н. И. Иголкин

Редактор — канд. биол. наук А. П. Петлина

К  $\frac{2005000000}{177(012)} - 84$  88—82

## ВВЕДЕНИЕ

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 необходимо при изучении динамики численности рыб, составлении прогнозов ее будущих уловов, промысловой разведке рыб, выращивании рыб в естественных и искусственных водоемах, изучении внутривидовых подразделений, акклиматизации, оценке рыбохозяйственных угодий и т. д.

Все эти вопросы освещены в данном учебном пособии. В первой части работы рассматриваются методика определения возраста рыб по чешуе, технике сбора костей и отолитов, вычисление возрастного состава улова рыбы и темпа полового созревания.

Во второй части описано изучение роста рыб по наблюдаемым данным, обратные расчисления роста рыб по формулам прямой пропорциональности и криволинейной зависимости, по номограммам Ф. И. Вовка, расчисление линейного и весового роста по эмпирическим шкалам В. Л. Брюзгина и др.

В основу пособия положены работы Н. И. Чугуновой «Руководство по изучению возраста и роста рыб» (1959) и И. Ф. Правдина «Руководство по изучению рыб» (1966), а также Ф. И. Вовка «Реконструкция роста рыб по чешуе» (1955), В. Л. Брюзгина «Применение эмпирических шкал для изучения роста рыб» (1970), П. Ф. Рокитского «Биологическая статистика» (1973), Г. Ф. Ла-

кина «Биометрия» (1980). Дастся представление о фотометрическом методе М. В. Миной «Отолит как регистрирующая структура» (1967) и В. П. Василькова «Изучение ритмов роста и возраста рыб методом математического спектрального анализа склеритограмм чешуи» (1979).

---

## Часть I

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗРАСТА РЫБ

### Сбор материала для изучения возраста и роста рыб

Возраст рыб определяют по чешуе, отолитам и костям (крышечная кость *Osteoculum*, покровная кость плечевого пояса *Cleithrum*, верхнечелюстная кость и другие плоские кости, позвонки, уrostиль, гипураллиа, костные жучки осетровых, лучи плавников). Помимо возраста и роста по этим же объектам можно определить и некоторые другие моменты жизни рыб, например установить нерестовые отметки (лосось, каспийские сельди, вобла), по которым можно судить о том, в каком возрасте впервые проходил нерест; сколько раз нерестовала рыба; добавочные или дополнительные кольца (мальковые или покатные).

Определив возраст рыб из уловов, мы имеем возможность установить возрастной состав, который является основным элементом в изучении динамики численности рыб и ее закономерности.

При изучении закономерностей динамики численности рыб очень важно знать темп роста и созревания как отдельных рыб, так и целых поколений, т. е. знать, когда впервые наступило созревание половых желез, скорость роста рыб в отдельные годы. Возраст рыб обычно определяется по схеме, выработанной на конференции советских ученых в 1932 г.

В связи с определением роста рыб стоит вопрос об обозначении их возраста. Н. И. Чугуновой (1959) предлагаются следующие названия возрастных групп:

Икринка (оплодотворенная).

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

Личинка — с момента исчезновения желточного мешка до приобретения общей формы, характерной для данного вида.

Малек — послеличиночная стадия, с вполне сформировавшимися лучами в плавниках и более или менее выраженным чешуйным покровом.

Сеголеток — сформировавшаяся рыбка, с полным чешуйным покровом (прожившая одно лето).

Годовик — перезимовавший сеголеток. Он может не насчитывать полного календарного года. Обычно у годовика имеется одно годовое кольцо и обозначается как первая возрастная группа (I).

Двухлеток — рыба, прожившая два лета. Это название применяется к рыбе со второй половины второго лета жизни и осенью. На чешуе имеется одно годовое кольцо с приростом второго года жизни. Двухлеток также относится к первой возрастной группе (I).

Двухгодовик — перезимовавший двухлеток. На чешуе имеются два полных годовых кольца или одно 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. Эти рыбы относятся ко второй возрастной группе (II) (табл. 1).

В цифровом обозначении возраста цифра показывает число прожитых рыбой полных лет, а знак плюс — прирост нового года. Когда годовое кольцо идет по краю чешуи, его обозначают цифрой с точкой, например 4.

По этой схеме в определенные возрастные группы объединяются рыбы с одинаковым числом годовых колец независимо от сезона, когда эта рыба была поймана, т. е. годовики с двухлетками, двухгодовики с трехлетками и т. д.

Однако в практике при установлении возрастного состава обычно объединяют в одну группу двухлетков с двухгодовиками следующей весны (1+ и 2), трехлетков 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 употребляются более сложные обозначения возраста. Расположение на чешуе годовых колец хорошо отражает особенности биологии этой рыбы. Так,



Таблица 1

## Схема обозначения возраста у рыб

Возрастные группы	0	1	II	III	IV
Число годовых колец на чешуе	Нет	1 Весна	2	3	4
Название возрастных групп	—	Годовик	Двухгодовик	Трехгодовик	Четырехгодовик
Обозначение возраста	—	1 Осень	2	3	4
Название возрастных групп	Сеголеток	Двухлеток	Трехлеток	Четырехлеток	Пятилеток
Обозначение возраста	0	1+	2+	3+	4+

лосось первые годы жизни проводит в реке (от 1 до 4 лет). Потом он выходит в море, где и откармливается 2—3 года, затем возвращается в реку для икрометания и снова уходит в море (сроком от нескольких месяцев до 3 лет). В реке молодой лосось растет очень медленно, а в море быстро и поэтому годовые «пресноводные» зоны очень узкие, а «морские» — широкие.

В советской литературе существует несколько типов обозначения возраста лососевых: словами — «два года жизни в реке», «два года жизни в море»; цифрами — например 3+1+ — лосось 3 года прожил в реке и один год в море и пойман на втором году; символами — например 3+1+M+1 — лосось три года прожил в реке, один в море, нерестовал в реке и снова прожил один год в море. Иногда 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. Например,  $5_3$  означает, что лосось прожил всего 5 лет, из них 3 года в реке [Крогиус Ф. В., 1958; Бирман И. Б., 1958; Пискунов И. А., 1955 и др.]. Имеются и более сложные обозначения.

При определении возраста и роста рыб, а также при установлении возрастного состава популяции пользуются взятием проб. Пробы в зависимости от того, какая задача ставится исследователем, могут быть средними и выборочными. Так, для более правильного отражения состава улова берут так называемую среднюю пробу — часть улова, взятого подряд без выбора в определенном количестве (100—200 экз.). Улов, состоящий из 100 экз. рыб, берут целиком.

Если улов представлен разными видами рыб и если лов ведется в одном месте, то вначале отбираются пробы одного—двух видов рыб в пятидневку. Если места лова все время меняются (траловые), то исследуют одновременно несколько видов рыб, уменьшая величину пробы до 30—50 экз. При так называемых выборочных пробах из всего улова отбирают только некоторых рыб, например, на каждый класс вариационной кривой длины рыбы (в 0,5, 1 или в 5 см и т. д.) нужно отобрать по равному количеству рыб. При этом важно указать, в какое время года, в какой части водоема, какими орудиями лова взяты пробы, чтобы получить правильное представление о возрастном составе не только пробы, но и стада.

## Техника сбора чешуи

Чешую берут почти у всех видов рыб с середины тела, под передней частью спинного плавника и, как правило, над боковой линией. Лишь у некоторых рыб (сельдь, кефаль), у которых нет боковой линии, чешую берут с середины бока, ниже середины бока или со спины. Иногда чешую берут из первого ряда под боковой линией (у леща и окуня). Пользоваться чешуей, взятой не с середины тела, рискованно, так как на ней часто отсутствуют нерестовые отметки и добавочные кольца. Перед взятием чешуи рыбу взвешивают, измеряют ее длину, удаляют слизь с поверхности тела тупым концом скальпеля. С каждой рыбы пинцетом или скальпелем берут по 10—20 чешуек и закладывают их между листами «чешуйной книжки». Листы чешуйной книжки загибать не надо, так как это замедляет сбор и затрудняет обработку материала. После взятия чешуи рыбу вскрывают, определяют пол и стадию зрелости, вес половых желез, степень наполнения кишечника и упитанность рыбы.

Чешуйная книжка, размерами обычно 6×11 см, делается из непроклеенной бумаги, в ней должно содер-

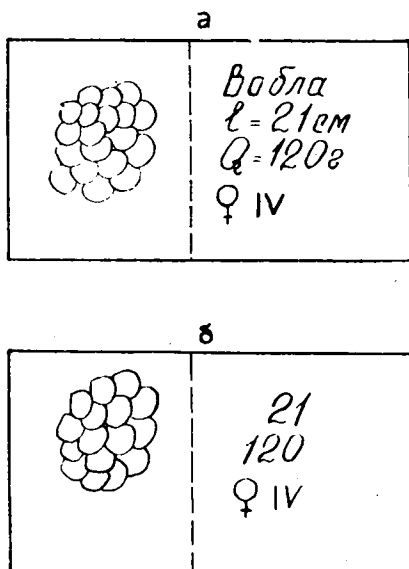


Рис. 1. Схема чешуйной книжки (слева — чешуя, справа — этикетка): а — полная запись; б — условная, сокращенная

жаться 50—100 листов. Чешую следует класть ближе к корешку чешуйной книжки, а на правой стороне листка записывают сведения о рыбе (простым карандашом): номер рыбы, длину и вес, пол и зрелость половых желез, жирность и наполнение кишечника по пятибалльной шкале (0—нет, I—мало, II—среднее количество, III—много, IV—очень много) (рис. 1). Название рыбы, дату и место сбора, номер станции, орудие лова записывают на заглавном листе чешуйной книжки. После того как собрана вся проба, чешуйную книжку туго перевязывают и подвешивают для просушки на открытом воздухе.

В Советском Союзе при биологических исследованиях за длину рыбы принимают: абсолютную длину для всех рыб I—это расстояние от начала (вершины) рыла при закрытом рте до конца крайних лучей хвостового плавника, у осетровых — до вертикали конца верхней лопасти хвостового плавника. Длину по Смитту S измеряют от вершины рыла или от переднего наружного края верхнечелюстной кости (у сигов) до хвостовой выемки, иначе до конца средних лучей хвостового плавника. Эта длина берется у лососевидных, сельдевых, осетровых, бычков и камбал и др. Длину тела  $l$  от вершины рыла до конца чешуйного покрова измеряют у рыб семейства карповых, окуневых, тресковых и др.

### 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 (иногда незамкнутыми), меньшие из которых окружены большими или же имеют иной рисунок.

Чешуя растет следующим образом: под маленькой (первой) основной пластинкой подслаивается вторая, 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 остальные.

Чешую можно представить в виде пикуосеченного конуса, состоящего из постепенно увеличивающихся сверху вниз пластинок. Верхняя из этих пластинок — самая маленькая, но и самая старая, нижняя — самая молодая и больше остальных. Поэтому чешуя в середине толще, чем по краям. Часть чешуи, обращенная к голове рыбы, лежит внутри кожного кармашка и называется передней (рис. 2). 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.

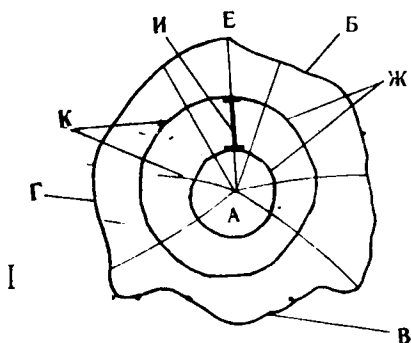
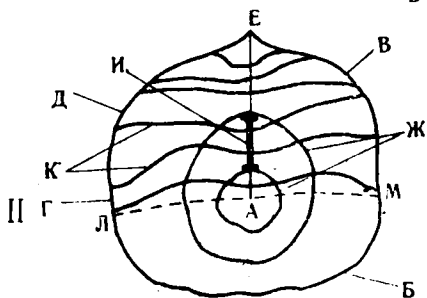


Рис. 2. Схема чешуи воблы (I) и сельди (II):

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; ЛАМ — основная линия



Линии, идущие от центра к краям чешуи, называются радиальными бороздками, канальцами, они придают чешуе гибкость, что важно для толстых чешуй, которые без этого приспособления сгибались бы плохо. Размер (длину) чешуи определяют у одних рыб по среднему радиусу от центра до края задней части чешуи, у других — до края передней части чешуи или боковой.

Характер скульптуры верхнего слоя чешуи отражает различные моменты жизни и условия существования рыбы за прошедшие годы: это различные отметки в виде склеритов, годовых, нерестовых колец и других знаков. Распознавание этих знаков получило название «методика чтения чешуи».

### Определение возраста по чешуе

Определение возраста рыб по чешуе и костям основано на неравномерности роста рыбы в течение года. Обычно рыбы летом растут быстро, к осени их рост замедляется, а зимой прекращается совсем. Исключения составляют некоторые виды, например аральский лещ, который растет особенно быстро не летом, а весной и осенью.

Одновременно с ростом всей рыбы в длину растет и каждая ее чешуйка. Неравномерность роста рыбы, его периодичность отражаются и на росте чешуи. Во время роста чешуи на ее верхнем слое откладываются склериты. Летом и весной при быстром росте чешуи откладываются более широкие склериты и расстояние между ними больше чем при медленном росте чешуи (зимой и осенью). Широкие (раздвинутые) и узкие (сближенные) склериты, образовавшиеся в течение одного года, составляют годовую зону роста чешуи. Годовые зоны следуют одна за другой вокруг центра, и их число соответствует количеству лет, прожитых рыбой. По числу годовых колец определяют возраст рыбы. Четкость годовых колец у различных рыб различна (рис. 3).

Кроме годовых колец на чешуе имеются и добавочные, которые образуются в результате неперiodических, случайных изменений в росте рыбы в течение года. Как правило, добавочные кольца менее отчетливы, чем годовые. Выделяют несколько типов добавочных колец.

Добавочное кольцо I типа появляется в результате случайной задержки роста, образуется двумя — тремя сближенными склеритами, идущими по всей окружности чешуи, напоминая тем самым годовое кольцо.

Добавочное кольцо II типа образуется при резкой смене быстрого роста медленным. В этом случае после зоны широких раздвинутых склеритов начинается зона узких сближенных.

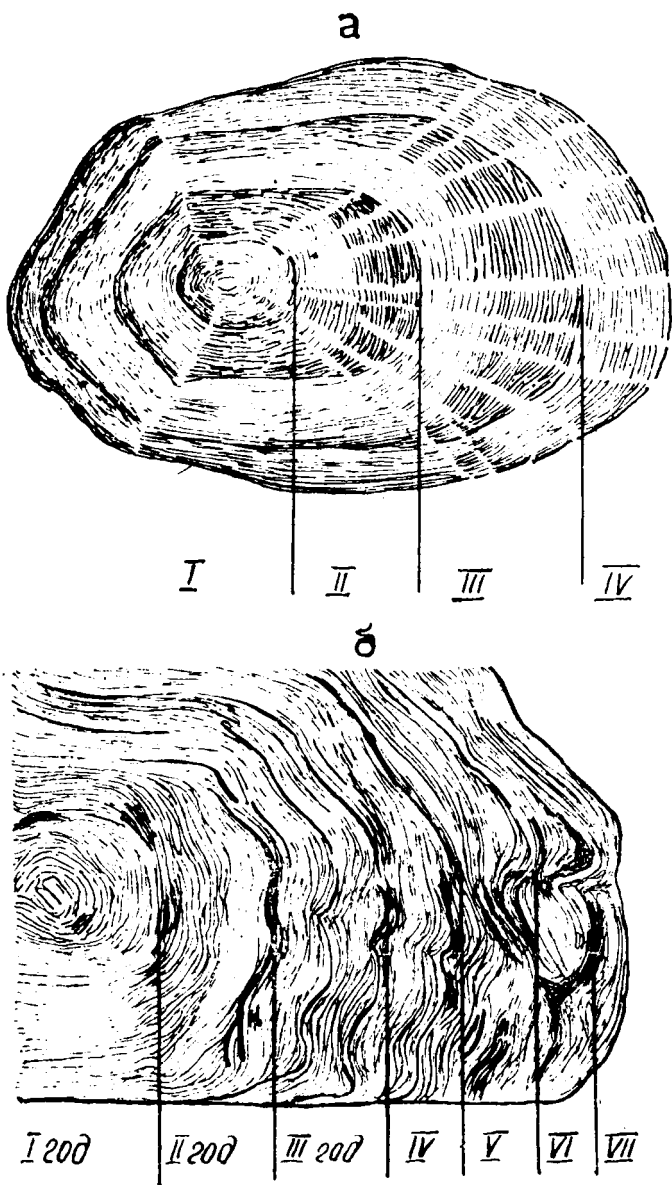


Рис. 3. Чешуя четырехгодовалой (4) камбалы (а) и семилетнего (6+) сига (б)

Добавочное кольцо III типа образуется в результате механического повреждения чешуи: встречается лишь на некоторых чешуях рыбы и имеет неправильную форму (рис. 4).

Мальковое кольцо относится также к числу добавочных. Оно расположено недалеко от центра и лежит в пределах первого годового кольца. Оно появляется у сеголетков, иногда его называют нулевым или покатым, образующимся во время ската мальков из реки в море. Скат часто совпадает с моментом перехода от одного типа питания к другому, например от планктонного к донному (вобла). Мальковое кольцо так же, как и некоторые добавочные, бывает на чешуе не у всех рыб данного вида. Его легко можно спутать с первым годовым кольцом.

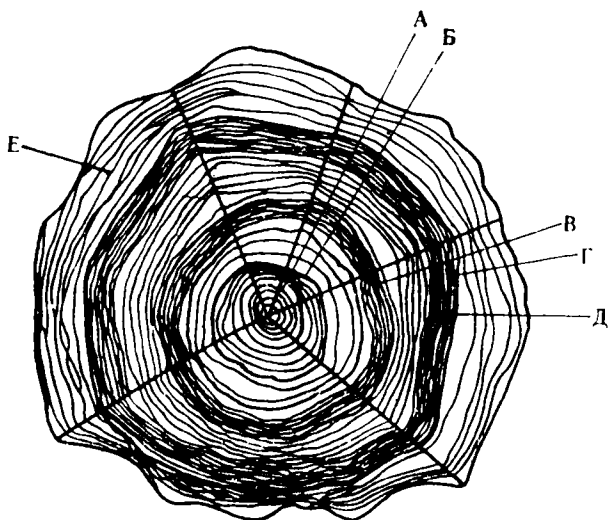


Рис. 4. Схема скульптуры верхнего слоя чешуи:

A — первое годовое кольцо; B — добавочное кольцо первого типа; C — второе годовое кольцо; D — добавочное кольцо второго типа; E — третье годовое кольцо; E — добавочное кольцо, незамкнутое

Нерестовые отметки, или нерестовые марки, знаки, образуются на чешуе у многих рыб в нерестовый период или вскоре после него. Они хорошо выражены у семги,



особенно у самцов. У них от чешуи остается иногда лишь треугольник, так как края чешуи сильно стираются и обламываются. После нереста чешуя восстанавливается. На месте, где чешуя была повреждена во время нереста, остается след из сдвинутых, перепутанных склеритов («эрозия»). Это и есть нерестовая отметка.

У карповых рыб нерестовую отметку называют нерестовым кольцом. Оно имеет правильную форму, идущую параллельно окружности чешуи, и совпадает с годовым кольцом соответствующего года, т. е. является одновременно и нерестовым и годовым кольцом. Признаки нерестового кольца следующие: а) склериты, их разрывы располагаются неправильно; б) на задней части чешуи образуется утолщенный дугообразный темный склерит, к которому иногда примыкает блестящая бесструктурная дугообразная полоска; в) нерестовое кольцо имеет вид узкой полоски, которая располагается на задней части чешуи на месте годового кольца и ограничена тонким двойным контуром из склеритов.

Помимо вышеуказанных типов добавочных колец различают так называемую регенерированную чешую, или восстановленную. Такая чешуя возникает на месте выпавшей ранее. На вновь выросшей чешуе центральная часть бесструктурная, расширенная, не имеет годовых колец и потому непригодна для определения возраста (у каспийских сельдей, например).

### Техника сбора костей и отолитов

Для сбора костей головы и плечевого пояса у некрупных рыб (лещ, судак, мелкие осетровые) отрезают голову вместе с грудными плавниками, кладут этикетку в рот, заворачивают отдельно в марлю, помещают в общую посуду и обваривают их кипятком. У крупных рыб не отрезают всю голову, а лишь надрезают те места, откуда следует взять нужные кости. Кости рыб лучше не доварить, так как переваренные кости быстро мутнеют.

Вываренные кости выбирают, очищают от остатков тканей, просушивают, нумеруют тушью и раскладывают по конвертам или коробочкам с этикеткой. Как правило, крупные кости требуют дальнейшей обработки. Их обезжиривают эфиром, бензином или смесью  $\frac{1}{3}$  эфира с  $\frac{2}{3}$

бензина. Этот процесс продолжается иногда неделями. Крупные непрозрачные кости иногда стесывают напильником или спиливают.

Позвонки чаще берут наиболее крупные, близ головы. Для этого вырезают целый кусок тела рыбы, иногда удается вынуть отдельные позвонки, не отрезая головы. Уроциль и гипуралия отрезают вместе с хвостовым плавником, очищают и высушивают.

У осетровых определение возраста возможно по спилям костного луча грудного плавника. Чтобы вырезать луч, надо сделать надрез лопасти плавника вдоль костного луча до его сочленованной головки. Затем полукруговым движением ножа перерезают соединительнотканые связки, отделяют и вылушивают головку из сочленованной ямки. Луч нельзя обламывать, так как для определения возраста нужна именно та часть, которая прилегает к головке. Каждый луч завертывают в этикетку и завязывают: несколько лучей связывают вместе и развешивают для просушки. Можно использовать для определения возраста также жучки и фулькры у осетровых. Их снимают с тела рыбы и высушивают.

Сотрудники Доно-Кубанской рыбохозяйственной станции широко используют срезы парных и непарных лучей плавников для определения возраста. У свежей рыбы вырезают весь плавник вместе с сочленованной головкой, обычно правый (если берется парный плавник), так как его удобнее распиливать. Плавники закладывают в чешуйную книжку, которая должна содержать не более 25—30 листков, сочленованной головкой наружу (у крупных рыб). Его не растягивают в виде веера, а кладут таким образом, чтобы 5—6 первых лучей лежали в книжке под прямым углом ко всей ее сочленованной части (рис. 5). Это имеет значение в дальнейшем для

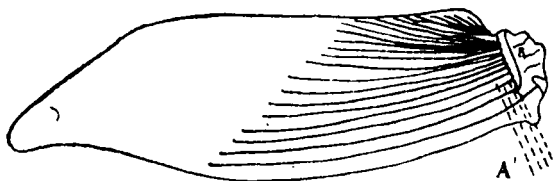


Рис. 5. Правильное направление (АВ) распила плавника

правильного распила плавника. Чешуйные книжки нужно сушить на ветру.

Отолиты (слуховые камешки — известковые тельца) находятся в слуховой капсуле рыбы. По отолитам определяют возраст у камбаловых, тресковых, судака, ерша, хамсы, скумбрии, ставриды, шпрота, корюшки, мойвы, песчанки, иногда сельди. Для извлечения отолитов у мелких рыб (хамса, шпрот) разрезают голову вдоль средней линии, а у рыб покрупнее (камбала, сельди) — поперек в затылочной части, отолиты вынимают пинцетом. В других случаях у мелких рыб используют следующий прием: отрывают жабры и обнажают нижнюю сторону черепа. Надрезав тонкие кости над слуховой капсулой, вынимают отолит пинцетом. У крупных рыб (треска, судак) отолиты вынимают из-под жаберной крышки, при этом жаберную крышку отгибают, сдвигают скальпелем мышцы со слуховой капсулы (у судака они просвечивают), срезают наружную стенку слуховой капсулы и осторожно извлекают отолит. 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 отолита — несколько в стороне от центра, ближе к задней части, поэтому они непригодны для определения возраста.

### Определение возраста по костям и отолитам

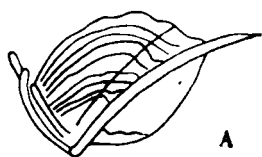
Кости крышечная и клейструм могут служить как основным материалом для определения возраста, так и в качестве контроля (рис. 6).

На костях, как и на чешуе, чередуются широкие слои, образующиеся в период интенсивного роста (весной и летом), и узкие слои (осенью и зимой). В проходящем свете на костях широкие слои — темные, а узкие — светлые. Широкий и узкий слои составляют вместе годовую зону, аналогичную с годовым кольцом чешуи. Добавочные слои обычно выражены нечетко, нерестовые отметки на них не обнаружены.

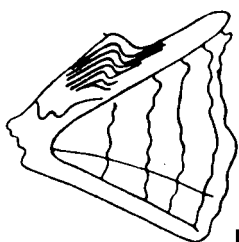
В зависимости от величины кости определение возраста ведется или без увеличения, или под лупой при шестикратном увеличении. В зависимости от прозрачности костей их рассматривают или в проходящем (сни-

зу), или в падающем (сверху) свете на темном фоне. Рассматривают кости и в крепком растворе спирта, а иногда покрывают асфальтовым лаком.

Крышечными костями обычно пользуются для определения возраста мелких рыб: иногда их подкрашивают раствором фиолетовых чернил. Крышечная часть у аральской шемаи [Чугунова Н. И., 1959] очищалась от слизи и мягких тканей: выдерживалась до размягчения в кипящем глицерине 10—15 минут, тогда годовые слои четко выступали на ней, а сама кость становилась молочно-белой.



А



Б

Рис. 6. Годовые слои на костях рыб:

А — клейтрум осетровых; Б — крышечная кость окуня

Возраст бычков определяется по уростилю—последнему позвонку и подхвостовым косточкам—гипураллиа. У колючей акулы возраст определяется по колючим лучам плавников. На их эмалевой оболочке хорошо видны годовые слои. Свежие кости и зубы некоторых рыб можно размягчать кипячением в пресной воде в течение получаса, после чего кость хорошо режется бритвой на микротоме. Затем срезы проваривают в воде с небольшой примесью двууглекислой соды для удаления оставшихся мягких частей. Потом кость помещают в абсолютный спирт, после чего в эфир, затем снова в спирт (абсолютный) и, наконец, опускают в 3%-ный раствор хлоралгидрита. Срезы покрывают покровным стеклом, кото-

рое обводят замазкой из воска и канифоли (в равных количествах). Так изготавливают срезы челюстной кости налима, зубов щуки и др.

У позвонков рассматривают сочленованные ямки под лупой. Для чего позвонок кладут в ванночку с воском, устанавливая позвонок ямкой кверху. Иногда позвонок раскалывают в продольном направлении (дорзовентральном) и укладывают разрезанной стороной кверху (позвонки судака).

Для определения возраста используют также костные лучи плавников крупных рыб (осетр, сом, крупный сазан).

Поперечные срезы костного луча выпиливают лобзиком с двумя пилками. 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. Перед просмотром срез смачивают каплей толуола или ксилола, а также иногда употребляют трансформаторное или репейное масло, что значительно просветляет срезы (и тогда оставляют в просветляющих жидкостях длительное время). Срезы хранят в бумажных пакетиках (с этикеткой) в сухом виде или просветляющих жидкостях (рис. 7).

Для изготовления срезов костных лучей осетровых и других крупных рыб пользуются специальными приборами (прибором Н. Л. Чугунова, электролобзиком). Полученные срезы рассматривают под бинокляром МБС-1, лупой или микроскопом с увеличением в 25 раз, как правило, в проходящем свете, иногда в падающем (на черном фоне). Годовые слои хорошо различимы также на внутренней гладкой поверхности жучек, если их рассматривать на поперечных срезах жучек, проходящих через самую высокую точку.

Лучи плавников мелких и средних рыб распиливают целиком, так как годовые слои видны на срезах не только твердых, но и мягких лучей. Плавники мелких рыб (длиной менее 15 см) перед распилом заливают в целлулоид. При этом хорошо высушенный плавник на несколько секунд спускают в растворитель целлулоида. Затем его переносят в густой раствор целлулоида на несколько секунд, иногда на 5—6 минут. После чего плавник просушивают на бумаге. Целлулоид можно получить из фо-

тографической пленки. В качестве растворителя можно пользоваться ацетоном, уксусным эфиром, серным эфиром, смесью спирта и серного эфира (1:1). Раствор целлулоида по консистенции должен быть похожим на густой мед. Путем вторичного погружения плавника в целлулоид слой его можно довести до любой толщины. После заливки в целлулоид плавник сушат в течение 2—3 часов.

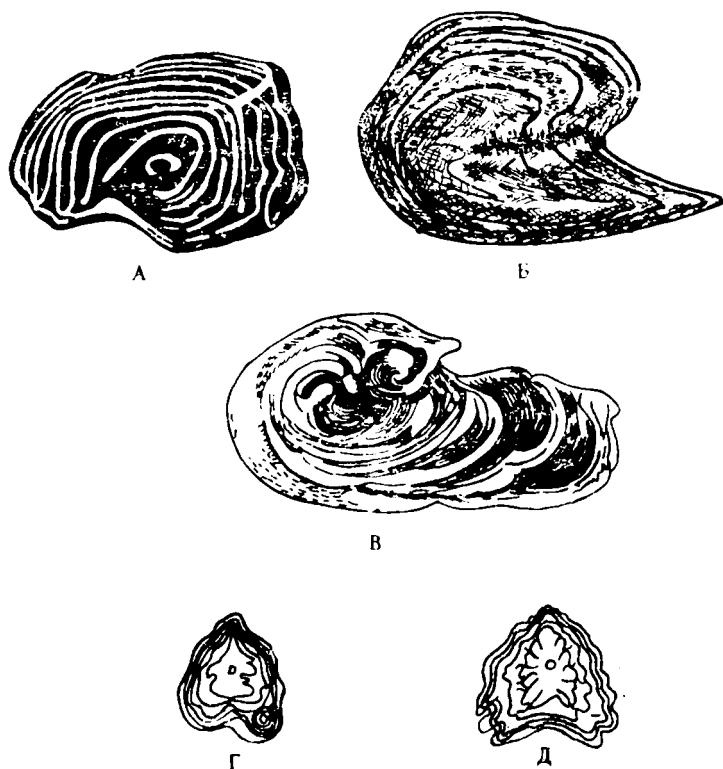


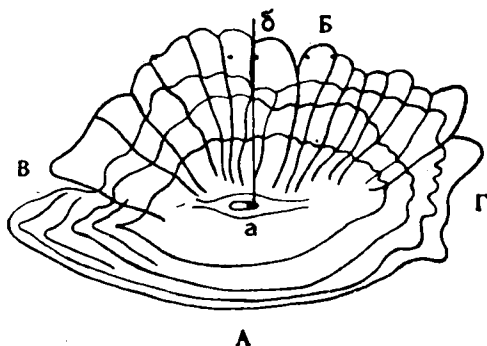
Рис. 7. Поперечный шлиф луча грудного плавника:  
 А — сига; Б — жереха; В — трески; Г — севрюги; Д — осстра

Распиливают плавники лобзиком с одной пилкой «по металлу». Перед распилом плавник кладут на дощечку и прижимают к ней пальцами левой руки. Распиливают

плавник со стороны наиболее твердых лучей (у сочленованной головки), ставя пилку строго под прямым углом. Лобзик нужно держать у предплечья, чтобы пилка все время находилась в вертикальном положении. Плавник до конца не допиливают, чтобы не уронить срез. От одного плавника делают несколько срезов, затем отделяют от них лучшие.

Годовые слои хорошо видны лишь на сухих срезах плавников. Иногда срез прогревают в термосе 5—10 минут при температуре 60—70°, пока поверхность среза не пожелтеет). Срезы просматривают в просветляющих жидкостях (толуол, ксилол, бензол, масла — трансформаторное, репейное, кедровое, кедроль и др.). Можно просветлять спиртом, бензином, скипидаром, глицерином. При повторном просмотре срезов, после масла, иногда их снова нужно прогревать. Возраст по срезам определяют под микроскопом или биноклем при десяти—шестидесятикратном увеличении. Годовые слои на срезах лучей видны яснее, чем годовые кольца на чешуе, и на них меньше добавочных колец.

Рис. 8. Схема строения отолита судака (по А. Г. Кузьмину, 1947): А — нижний край; Б — верхний край; В — передний конец; Г — задний конец; а — центр; аб — направление измерения



На отолитах в падающем свете чередуются широкие светлые и узкие темные, в проходящем, наоборот, широкие зоны — темные, а узкие — светлые. Годовое кольцо соответствует границе между внутренней узкой и внешней широкой зонами. В середине отолита имеется центральное ядро, которое не следует принимать за годовое кольцо (рис. 8).

В зависимости от величины отолита его изучают под лупой, биноклем, подбирая соответствующие увели-

чения. Мелкие отолиты, например хамсы, шпрота, ставриды, рассматривают без предварительной обработки, помещая их в просветляющие жидкости. Иногда отолит шлифуют на мелкозернистом точильном камне, придерживая его или пальцем, или мягкой пробкой. Можно шлифовать отолит на стекле в капле расплавленной канифоли, после того как она застынет. Крупные отолиты, например трески, покрывают со всех сторон асфальтовым лаком, разламывают отолит по середине, сломы подшлифовывают на оселках, помещают обе половины в ванночку с воском разломом кверху и рассматривают в падающем свете, пользуясь просветляющими жидкостями. Если отолит подержать над пламенем спиртовки, то он желтеет и на нем резче проявляются годовые кольца.

Для просмотра разломанных отолитов, не покрытых асфальтовым лаком, пользуются ванночками из темного пластилина. На предметное стекло наклеивают 4—5 ванночек — кубиков из пластилина со стороной 1 см и овальным углублением до 5 см. В дно ванночки вдавливают половинку отолита разломом кверху так, чтобы поверхность слома была на уровне дна. В ванночку капают 1—2 капли трансформаторного масла. В некоторых случаях применяют более сложную обработку, например, отолиты беломорской корюшки выдерживают сначала в нашатырном спирте (25%-ный аммиак) от 30 минут до 24 часов (чаще всего 4—5 часов), затем промывают их 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, годовые кольца которых после такой обработки неотчетливы, дополнительно шлифуют, затем распиливают лобзиком пополам или стачивают напильником, после чего отолит заливают каплей канифоли так, чтобы срезанная плоскость была обращена к стеклу. Когда канифоль затвердеет, отолит стачивают напильником до тонкой пластинки, ее шлифуют на оселке до полной просвечиваемости, канифоль растворяют ксилолом, заливают канадским бальзамом и покрывают покровным стеклом [Чугунова Н. И., 1959].



## Вычисление возрастного состава улова рыбы и темпа полового созревания

Возрастным составом уловов называется соотношение в улове возрастных групп рыб, выраженное в процентах. После взятия из улова «средней пробы» (100 экз.) всю пробу взвешивают для установления среднего веса, измеряют длину и массу каждой рыбы: определяют пол, степень зрелости половых желез, берут чешую, или кости, или отолиты. Затем определяют возраст и подсчитывают число рыб каждого возраста и выражают это число к общему количеству рыб в пробе, при этом, однако, нужно указывать число экземпляров в каждой возрастной группе.

Определение возраста полового созревания у рыб имеет большое рыбохозяйственное значение. У рыб одного вида, но разных поколений возраст созревания (первого нереста) меняется и зависит от скорости роста перед достижением половой зрелости. Известно, что рыба, которая растет хорошо, созревает раньше той, которая росла плохо в первые годы жизни. Существует прямая зависимость между скоростью роста и созреванием рыбы: Так, вобля Северного Каспия нерестится первый раз в возрасте от 2 до 5 полных лет; амплитуда возраста созревания северокаспийского леща составляет от 2 до 6 лет, возраст созревания каспийского пузанка — от 2 до 5 лет, сельди Северного моря — от 4 до 8 лет.

При изучении динамики численности рыб и составлении прогнозов их уловов важно определить величину «пополнения» и «остатка» нерестового стада рыб. «Пополнение» составляют те рыбы, у которых половые железы созревают первый раз и которые нерестятся впервые. «Остаток» составляют все рыбы, нерестящиеся повторно. На эти две группы («остаток» и «пополнение») рыб распределяют по нерестовым отметкам на чешуе; количество тех и других выражают в процентах (табл. 2, 3).

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 кривые.

Если нельзя определить возраст созревания рыбы по нерестовым отметкам, можно сделать это визуально — путем массового вскрытия рыбы перед нерестом для определения зрелости половых желез. В группу незрелых включают рыб I и II стадии, в группу зрелых — III — V.

Таблица 2

«Пополнение» и «остаток» (%) промыслового стада леща Северного Каспия [Чугунова Н. И., 1959]

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

Таблица 3

«Пополнение» и «остаток» (%) воблы Северного Каспия [Чугунова Н. И., 1959]

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

Возраст созревания (теми полового созревания) изменяется в зависимости от внешних условий — пищи, температуры, света, течения воды. Отмечается более позднее созревание видов, обитающих в северных водоемах, чем у тех же видов, обитающих в южных. Например, лещ в Каспийском море нерестится в возрасте от 2 до 6 лет, в Ильмене — 6—7 лет, в Рыбинском водохранилище — 8—9 лет.

## Часть II

### ИЗУЧЕНИЕ РОСТА РЫБ

Под скоростью (темпом) роста рыбы в течение жизни подразумевают увеличение ее длины и массы за каждый год или другой условно взятый промежуток времени.

#### Изучение роста рыб по наблюдаемым данным

Чтобы судить о скорости (темпе) роста рыбы, нужно знать, какие размеры (длина тела и масса) она имела в предыдущие годы жизни. Эти данные можно получить по наблюдаемым, или эмпирическим, величинам, а также с помощью так называемого «обратного» расчисления скорости роста рыб.

Суть способа исчисления темпа роста рыб по наблюдаемым (эмпирическим) данным состоит в том, чтобы определить возраст рыбы (по чешуе или другим регистрирующим структурам) и размеры (длину тела и массу) рыб в каждой возрастной группе. Основные достоинства этого способа состоят в том, что он дает характеристики, наиболее близкие к фактическим данным. Однако этот способ имеет некоторые недостатки, которые заставляют применять более сложные приемы. а) Изучаемая проба должна содержать разновозрастные рыбы и обязательно младших возрастных групп. В противном случае их приходится отыскивать в других пробах, иногда из других местообитаний, что может исказить материал, так как скорость роста у одного и того же вида, но в разных условиях бывает неодинакова. б) Длины рыб, получен-

ные по наблюдаемым данным; включают неучтенный прирост текущего года. Поэтому при сравнении размеров в дальнейшем или приходится «подбирать» материал, точно соответствующий данному времени, или пренебрегать разницей в росте различных месяцев. И то и другое вызывает погрешность. в) Применяя способ наблюдаемых данных, 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, что рыбы различных поколений растут одинаково и в одном и том же возрасте имеют одинаковую длину, тогда как рыбы могут расти в разные годы с разной скоростью.

Однако вышеуказанные достоинства, т. е. достоверность и простота, позволяют широко пользоваться этим приемом. Зная средние размеры (длину и массу) рыбы за каждый год, можно узнать приросты (т. е. темпы роста) рыбы за отдельные годы путем последовательного вычитания размеров рыбы предыдущих лет из размеров следующих один за другим годами по формуле:  $t_1 = l_1$ ,  $t_2 = l_2 - l_1$ ,  $t_3 = l_3 - l_2$  и т. д. (табл. 4).

Таблица 4

Рост донского судака (см) по наблюдаемым данным  
[Чугунова Н. И., 1959]

Пол	Возраст, лет						n
	3	4	5	6	7	8	
Самцы	41,0	44,0	49,3	56,3	58,9	69,5	483
Самки	38,3	42,2	48,1	53,0	—	—	468
Оба пола	39,1	43,1	48,8	55,6	59,4	69,5	891

Приросты по годам

Приросты	$t_3$	$t_4$	$t_5$	$t_6$	$t_7$	$t_8$
Самцы	—	3,0	5,3	7,0	2,6	10,6
Самки	—	3,9	5,9	4,9	—	—
Оба пола	—	4,0	5,7	6,8	3,8	10,1

Рост рыб (т. е. приросты длины или массы) из осенних уловов и весенних следующего года можно рассмат-

ривать одновременно, так как в течение зимы большинство рыб почти не растет. В этом случае возраст записывают так : 2+ и 3, 3+ и 4, 4+ и 5 и т. д.

### Обратные расчисления роста рыб по формуле прямой пропорциональности

Чтобы узнать, как быстро росла рыба в предыдущие годы, применяют способ обратного расчисления роста рыб по чешуе, или его еще называют реконструкцией роста. Этот способ основан на том, что рост рыбы и рост чешуи закономерно связаны между собой, так, с увеличением длины рыбы увеличивается ее чешуя и, соответственно, скелет. Норвежский ученый Эйнар Леа в 1910 г.

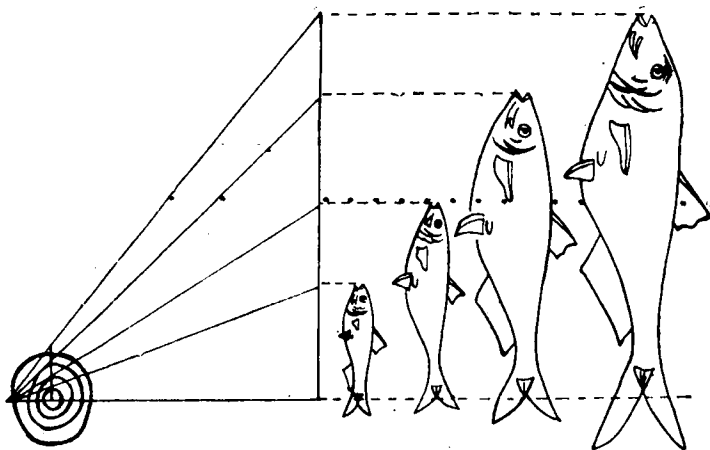


Рис. 9. Соотношение между скоростью роста рыбы и ее чешуи. (Принцип линейной зависимости, положенный в основу формулы прямой пропорциональности.)

первый применил обратные расчисления рыб на норвежской сельди, исходя из представления о прямой пропорциональности — рост рыбы прямо пропорционален росту чешуи, т. е. если длина рыбы за год увеличилась на  $\frac{1}{10}$  часть всей длины, то и ее чешуя также увеличилась на  $\frac{1}{10}$  часть по отношению ко всей ее длине (рис. 9).

Расчисление роста рыб по формуле прямой пропорциональности в одних случаях (сельди, воблы) дает

близкие к действительности результаты, в других — весьма приближенные.

Математически соотношение прямой пропорциональности выражается следующей формулой:

$$\frac{l}{c} = \frac{l_x}{c_x},$$

т. е. длина тела всей рыбы так относится к длине всей чешуи, как длина тела рыбы за искомый год относится к длине чешуи за тот же год. Отсюда

$$x = \frac{c_x \cdot l}{c}.$$

Если рыба в возрасте 4 лет имела длину тела 19,0 см, а измерение длины чешуи (в делениях окуляр-микрометра) соответствует  $C_1=35$ ,  $C_2=57$ ,  $C_3=80$ ,  $C_4=104$ , то

$$l = \frac{c_1 \cdot l}{c} = \frac{35 \cdot 19}{104} = 6,4 \text{ см},$$

т. е. в первый год жизни рыба имела длину  $l_1=6,4$  см, во второй  $l_2=10,4$  см, в третий  $l_3=14,6$  см, в четвертый  $l_4=19$  см (табл. 5).

Таблица 5

Обратное расчисление роста рыбы по чешуе по формуле прямой пропорциональности

Длина чешуи, деления окуляр-микрометра	Длина рыбы, вычисленная по длине чешуи, см	Приросты рыбы, см
$C_1 = 35$	$l_1 = 6,4$	6,4
$C_2 = 57$	$l_2 = 10,4$	4,0
$C_3 = 80$	$l_3 = 14,6$	4,2
$C_4 = 104$	$l_4 = 19,0$	4,4

Измерение всей чешуи и за отдельные ее годы можно производить разными способами:

1. С помощью окуляр-микрометра. Длину всей чешуи и за отдельные годы выражают в делениях окуляр-микрометра без последующего перевода в миллиметры (для дальнейшего расчета можно использовать логарифмиче-

скую линейку). Работа ведется таким образом, что нулевое значение окуляр-микрометра совмещают с центром чешуи и измеряют (по переднему или заднему краю) диаметр всей чешуи и ее годовые кольца.

2. Если чешуя некрупная и укладывается на линейке окуляр-микрометра, годовые кольца можно измерить непосредственным накладыванием линейки окуляр-микрометра на чешую.

3. Если чешуя крупная, можно пользоваться рисовальным аппаратом. Для этого на полоске бумаги, лежащей справа от рисовального аппарата, наносят штрихами проекцию длины всей чешуи и отдельные ее годовые кольца, совмещая при этом центр чешуи с левым нижним углом бумаги. Затем измеряют миллиметровой линейкой расстояние от центра до колец и края чешуи и делают пересчеты по вышеуказанной формуле.

4. Вместо листка бумаги можно пользоваться миллиметровой линейкой или миллиметровой бумагой. Изображение чешуи совмещают со шкалой линейки или бумагой и производят измерения непосредственно под лупой с помощью рисовального аппарата, а затем вычисляют длины рыб по формуле прямой пропорциональности.

5. Можно пользоваться приборами для механического расчисления по формуле прямой пропорциональности, например доской Эйнара Леа.

Доска Эйнара Леа представляет собой простой прибор для механического расчисления темпа роста рыб. Он основан на теореме подобия прямоугольных треугольников (отыскание в подобном треугольнике катета по соответствующему известному катету другого треугольника).

Прибор представляет доску в форме прямоугольного треугольника, обращенного прямым углом влево. Размер катетов чаще всего делают  $50 \times 70$  см. В левой стороне доски помещают неподвижную металлическую линейку  $B$  с делениями на сантиметры и миллиметры. У правого острого угла доски закреплена подвижная металлическая линейка  $AC$ , которая может перемещаться по доске так, что левым свободным концом движется по шкале  $B$  (рис. 10). Начиная работать, этот конец ставят на деление шкалы  $B$ , соответствующее длине рыбы: под линейку подводят карточку  $E$  с отметкой годовых колец, например  $S_1, S_2, S_3$  (как указано выше), так, чтобы

«центр» чешуи совпадал с нижней стороной доски, а «край чешуи» — с подвижной линейкой  $AC$ . Карточку  $E$  оставляют неподвижной, а подвижную линейку перемещают соответственно отметкам годовых колец поздних лет к первому годовому кольцу.

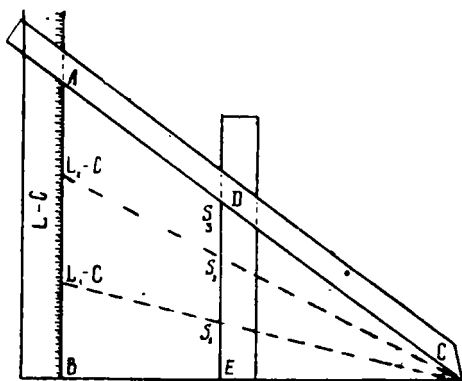


Рис. 10. Схема доски Э. Леа для обратных расчислений длины рыб

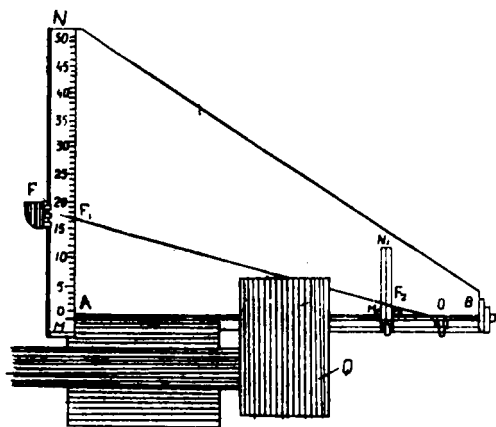


Рис. 11. Доска Г. Н. Монастырского для расчисления темпа роста рыб

Доска Г. Н. Монастырского является дальнейшим усовершенствованием прибора Э. Леа, которая также основана на теореме подобия прямоугольных треугольников. Прибор состоит из трехугольной доски  $NMB$ , ме-



таллической измерительной шкалы  $NM$ , движка  $F$ , нити  $OF$ , линейки с линией  $N_1M_1$  и подвижного столика  $Q$  (рис. 11). На доску  $NMB$  проектируется через рисовальный аппарат наблюдаемая в микроскоп или лупу чешуя. Чтобы проектируемое изображение было отчетливым, на доску  $NMB$  наклеивают белую плотную бумагу.

Слева к доске прикреплена металлическая шкала  $NM$ , разделенная на 50 см; перпендикулярно к ней через ее нулевое деление, прочерчивается тушью прямая тонкая линия  $AB$ .

Рост рыбы определяют следующим образом. 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 освещают чешую зеркалом так, чтобы были отчетливо видны основная линия  $AB$  и проекция чешуи. Движок  $F$  и нить  $OF$  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 с рассматриваемым препаратом и линейку  $N_1M_1$ ) устанавливают проекцию чешуи так, чтобы ее радиус, по которому измеряется длина, совпал с прямой  $N_1M_1$ , центр чешуи оказался бы на пересечении линии  $N_1M_1$ , с основанием  $AB$  в точке  $M_1$ , а край чешуи совпал с нитью там, где она пересекает линию  $N_1M_1$ . Далее, глядя в лупу, 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 передвигается кверху до пересечения нити со вторым годовым кольцом ( $l_2$ ), третьим ( $l_3$ ) и т. д.

Если приходится рассчитывать скорость роста рыб размером более 50 см, то на шкале  $NM$  откладывают половинную длину рыбы ( $1:2$ ), а полученные по шкале расчисленные данные длины умножают на 2. Вычисления на доске Г. Н. Монастырского получаются точнее и быстрее, чем на доске Э. Леа.

## Обратные расчисления роста рыб по формуле криволинейной зависимости

Пользуясь обратным расчислением роста рыб по формуле прямой пропорциональности (прямолинейной зависимости), были отмечены на сельдях и других рыбах некоторые несоответствия, состоящие в том, что у рыб разного возраста расчисленные длины младших возрастов получаются неодинаковыми: они тем больше, чем моложе рыба, и тем меньше, чем старше рыба (табл. 6). Это

Т а б л и ц а 6

Рост каспийского пузанка по формуле  
прямой пропорциональности (l, см)

Возрастная группа	Средняя длина, l	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	l <sub>3</sub>	l <sub>4</sub>	l <sub>5</sub>
3	21,7	12,3	19,1	—	—	—
4	23,5	11,1	18,0	21,7	—	—
5	25,2	10,5	17,1	21,4	24,0	—
6	26,3	8,5	14,0	19,1	23,0	25,1

явление получило название «феномена» Розы Ли (1926), данное в честь автора, впервые открывшего его, Роза Ли пришла к заключению, что «длина рыбы и длина чешуи не пропорциональны между собой. Пропорциональны друг другу только лишь 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, а когда рыба уже достигает какой-то определенной длины, например, у сельди она равна 3 см. Поэтому Роза Ли предложила для обратных расчислений темпа роста рыб применять уравнение прямой регрессии:

$$l = as + c \text{ или } y = a + vx,$$

где l — длина рыбы; s — длина соответствующей ей чешуи; c — свободный член (длина рыбы до закладки чешуи); a — постоянный член. Зная длину сельди до появления чешуи, равную 3 см, составляем два уравнения

регрессии, вводя в них эту длину (3 см) в качестве свободного члена и решением двух уравнений:

$$l = as + 3;$$

$$l_1 = as_1 + 3,$$

можно получить искомые параметры, подставляя в формулу

$$l_1 = 3 + \frac{S_1}{S} \cdot (l - 3)$$

В дальнейшем, стремясь к еще большей точности обратных расчетов, Е. Шерифф (1926) по материалам Розы Ли пришла к заключению, что зависимость между ростом рыбы и ростом чешуи более сложная, и предложила вести обратные расчеты по уравнению параболы:

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

Г. Н. Монастырский установил, что приращения логарифмов длины рыбы пропорциональны приращениям логарифмов длины чешуи. Исходя из этого и стремясь заменить сложные математические расчеты механическим вычислением, он предложил прибор, при помощи которого можно вести обратные расчеты методом логарифмических шкал. Этот прибор и носит название счетного прибора или логарифмической доски Г. Н. Монастырского.

Счетный прибор Г. Н. Монастырского имеет форму доски со сторонами 30×30 см. Справа и слева есть металлические пластинки — клеммы, с помощью которых можно укреплять лист бумаги. На нижней стороне доски параллельно ее обрезу закреплена логарифмическая линейка А, на которую надевается специальный движок В с приспособлением для перпендикулярной линейки Б,двигающейся направо и налево, вверх и вниз. К линейке Б прикреплена логарифмическая шкала (рис. 12).

Материал для расчетов приготавливается следующим образом:

1) В исследуемой пробе записывают на карточках длину рыбы и соответственно длину чешуи, как полную, так и до каждого годового кольца ( $C, C_1, C_2, C_3, \dots, C$ ).

Чешую измеряют окуляр-микрометром с соблюдением одинакового масштаба измерительного прибора.

2) Данные о длине чешуи группируют по классам длины рыбы (на каждый сантиметр, или миллиметр, или 5 см и т. д.) и вычисляют средние арифметические длины чешуи на каждый класс длины рыбы.

3) Затем строят «логарифмическую номограмму», пользуясь прибором Г. Н. Монастырского. Для этого закрепляют на доске белый лист бумаги: вертикальную линейку *Б* ставят таким образом, чтобы на ней умещались значения наименьшей и наибольшей длины рыбы в исследуемой пробе. Затем вертикальную линейку *Б* подводят к отметкам неподвижной шкалы нижней линейки,

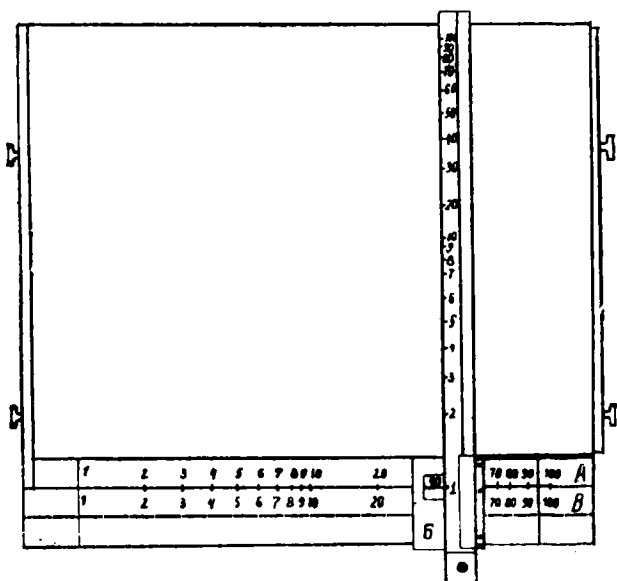


Рис. 12. Логарифмический счетный прибор системы Г. Н. Монастырского (по Г. Н. Монастырскому, 1934)

отвечающим значениям средней длины чешуи. Сначала совмещают наибольшее значение чешуи с наибольшим значением длины рыбы и у вертикальной шкалы ставят точку; затем передвигают вертикальную линейку *Б* по горизонтальной до следующего значения длины чешуи и соответствующей ей длины рыбы и ставят точку, и так

на бумагу наносят все точки, отвечающие соотношениям длины рыбы и длины чешуи от наибольшей длины до наименьшей (табл. 7). Возле полученных точек проводят прямую, которую «на глаз» располагают так, чтобы она была как можно ближе ко всем точкам. Эта прямая, расположенная под определенным углом наклона, и является логарифмической номограммой. По ней и рассчитывают индивидуальный рост для каждой рыбы следующим образом. Вертикальная линейка *Б* с логарифмической шкалой, соответствующей длине рыбы, подводится к делению на шкале горизонтальной линейки *А*, соответствующему наибольшему значению чешуи, и передвигается вверх и вниз до пересечения на прямой отметки, отвечающей наблюдаемой длине рыбы. Затем шкала *Б* передвигается по шкале *А* и становится против делений, соответствующих значениям размеров годовых колец на чешуе за предыдущие годы, соответственно которым и отсчитываются длины рыбы за эти же годы.

Таблица 7

Зависимость между длиной тела (*l*, мм) и длиной чешуи у серебристого карася

Длина тела рыбы, мм	90	100	110	120	130
Радиус боковой части чешуи, деления окуляр-микрометра	10	17	35	39	41

Таблица 8

Обратное расчисление роста трески разными способами

Длина чешуи, деления окуляр-микрометра	418	445	489	529	566	579	619	649	682	719
Длина тела, наблюдаемая, см	37,5	42,5	47,5	52,5	57,5	62,5	67,5	72,5	77,5	82,5
Длина тела, расчисленная логарифмическим способом, см	39,0	42,5	48,5	54,0	59,5	61,5	69,5	72,5	78,0	84,5
Длина тела, расчисленная по формуле прямой пропорциональности, см	49,9	58,0	58,2	63,0	67,5	69,0	73,5	77,3	82,5	85,5

Приступая к обратным расчислениям роста другого вида рыб, нужно сделать проверку, применим ли к ней метод прямой пропорциональности. Для этого нужно сопоставить величины, вычисленные тем и другим способом, и сравнить их с фактическими наблюдаемыми величинами (табл. 8). Такую проверку можно сделать и до обратных расчислений. Для этого нужно найти отношение 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 этих соотношений пользуются методом логарифмических шкал. Например, отношение  $l/C$  у серебряного карася по данным табл. 6 можно считать криволинейным:

l	90	100	110	120	130
c	10	17	35	39	41
l/c	9,0	5,9	3,0	3,1	3,1.

### Обратные расчисления длины тела рыб по номограмме Ф. И. Вовка

Ф. И. Вовк (1955) устанавливает, что зависимость между длиной тела рыбы и длиной (радиусом) чешуи криволинейная, причем тип криволинейной корреляции специфичен для каждого вида рыбы и зависит от характера роста чешуи и экстерьера рыбы, главным образом, от высоты рыбы. Вследствие того что в течение жизни высота рыбы меняется (у большинства увеличиваясь), изменяется и соотношение в росте различных секторов чешуи: ускоряется рост боковых и замедляется рост переднего сектора чешуи. Однако при пользовании способом Ф. И. Вовка следует, что кривые, отражающие соотношение  $l—C$ , необходимо вычислять для каждого водоема по каждому виду рыбы отдельно.

Расчисление роста рыбы с помощью номограмм Ф. И. Вовка производится следующим образом. На миллиметровой бумаге вычерчивают оси координат. На оси ординат (вертикальной шкале) наносят длину рыбы в миллиметрах, на оси абсцисс (горизонтальной шкале) — измерения радиуса чешуи в делениях окуляр-микрометра (горизонтальную шкалу нужно брать длиной примерно на  $1/3$  меньше вертикальной). Между осями коор-

динат: наносят точки для всех возрастов, показывающие отношение  $l—C$  каждого измеренного экземпляра рыбы. Для построения такой диаграммы необходимо иметь точки для всех возрастов, начиная с годовиков, причем в большом количестве (например, на диаграмме Ф. И. Вовка нанесено 699 точек  $l—C$  леща). Точки образуют корреляционное поле (у леща оно одинаково для самцов и самок), которое отражает криволинейную зависимость между радиусом чешуи и длиной рыбы (рис. 13).

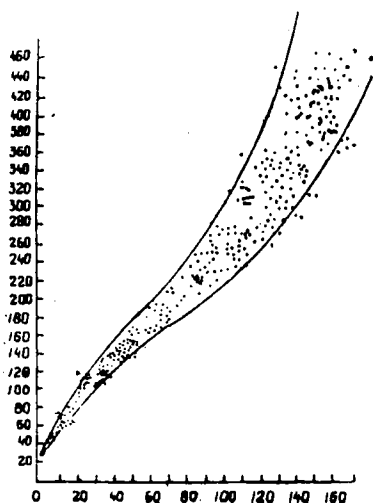


Рис. 13. Диаграмма распределения эмпирических точек (по переднему радиусу чешуи) у самцов леща (по Ф. И. Вовку, 1956)

Если в случае ошибок, допущенных в измерениях длины рыбы или чешуи, некоторые точки отходят далеко в сторону от корреляционного поля, то они отбрасываются. Чтобы уловить общее направление корреляционного поля, слегка производят обводы корреляционного поля сначала визуальнo карандашом, а затем при помощи лекал добиваются плавности линий. Оба обвода должны быть однотипны. Тождественность их проверяют следующим образом. Берут один из обводов, который лучше огибает поле (см. рис. 13 — верхний левый обвод) и «накладывают» его на нижний. Для этого записывают (табл. 9) ряд длин рыб через каждые 40—50 мм и соот-

Проверка обводов корреляционного поля леща  
(по Ф. И. Вовку, 1955)

Длина тела, мм	30	60	120	160	200	240	300	360	400
Чешуя верхнего обвода	3,5	9,9	27,8	41,8	57,3	73,2	93,5	111,0	121,0
Чешуя в масштабе нижнего обвода	4,9	13,0	39,2	58,9	80,8	103,1	132	156,4	171,0

ветствующие им размеры чешуи, используя точки, которые находили на верхней линии 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. 13 для длины леща 360 мм чешуя верхнего обвода равна 111 делениям; нижнего — 156,4 деления шкалы. Затем находят коэффициент пропорциональности из отношения  $\frac{156,4}{111} = 1,41$ . Умножен-

ные на этот коэффициент данные записывают в нижней строке табл. 9 (например,  $3,5 \times 1,41 = 4,9$ ;  $9,9 \times 1,41 = 13,9$ ;  $27,8 \times 1,41 = 39,2$  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.

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. 14). Эта средняя линия будет называться эмпирической кривой. Обратные расчисления длины рыб по эмпирической кривой ведут так, как показано в табл. 10, 11, т. е. по длине радиуса чешуи, фиксируемой на эмпирической кривой, определяем длину рыбы.

Так как криволинейная номограмма неудобна в работе, ее можно преобразовать в прямолинейную со двояной шкалой (рис. 15). На ее левой шкале нанесены измерения чешуи в равномерном масштабе. Она начинается



снизу от нуля и заканчивается наверху максимальным размером чешуи, выраженной в делениях окуляр-микрометра. На правой шкале нанесены длины рыбы (l) в миллиметрах, причем деления внизу начинаются с наблюдаемой длины сеголетков. При выборе масштаба

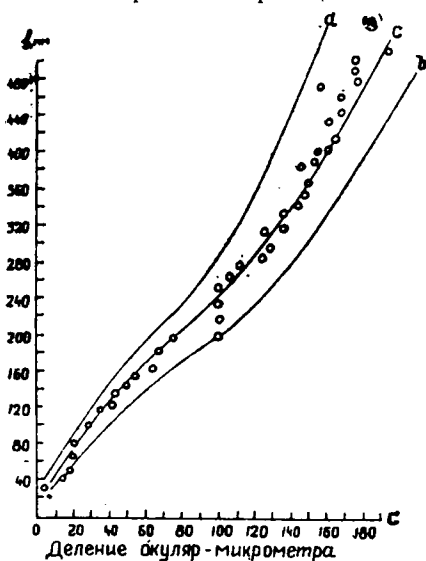


Рис. 14. Обводы (а, в); эмпирическая кривая (с) и средние арифметические точки (передний радиус) леща (самки и самца вместе) (по Ф. И. Вовку, 1956)

Таблица 10

Порядок записи обратных расчислений длины тела рыбы по эмпирическим кривым Ф. И. Вовка

Фактические измерения чешуи	Чешуя в масштабе с графика С	Расчисленная длина, l, мм
$C_1 = 5,3$	4,6	$l_1 = 58$
$C_2 = 20,0$	17,7	$l_2 = 129$
$C_3 = 32,7$	28,7	$l_3 = 178$
$C_4 = 42,2$	37,0	$l_4 = 210$
$C_5 = 56,4$	49,5	$l_5 = 258$
$C_6 = 70,7$	62,0	$l_6 = 316-318$
$C_7 = 78,7$	69,0	$l_7 = 350$

шкал (от нуля) руководствуются тем, чтобы в месте сбегамости шкалы переменного масштаба можно было отсчитать глазом миллиметры длины рыбы.

Техническое построение номограммы производится следующим образом: построив шкалу чешуи с равномерным масштабом (левую), на правую сторону против соответствующих размеров чешуи наносят длины рыб, или с корреляционной эмпирической кривой  $l-C$  (рис. 14), или из таблицы отношений  $l-C$ , которую предварительно составляют также на основании этой эмпирической кривой.

Таблица 11

Измерение переднего радиуса чешуи язя

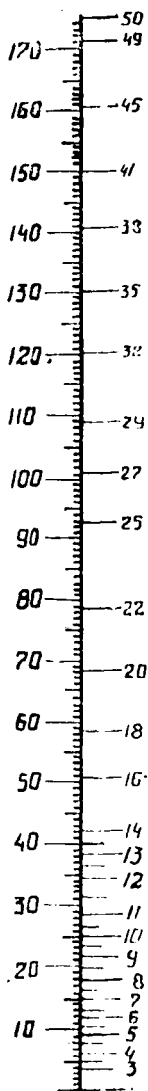
Возраст	1	2	3	4	5	6
Радиус чешуи, деления окуляр-микрометра	5,3	20,0	32,7	42,2	56,4	70,7
Длина рыбы, л. мм, рассчитанная по кривой		129	178	210	258	316

### Изучение роста рыб с помощью применения регрессионного анализа

В данном случае применим способ составления уравнений регрессии и построения теоретических линий регрессии. Известно [Рокицкий П. Ф., 1973; Лакин Г. Ф., 1973], что уравнения регрессии могут выражать как прямую, более простую взаимосвязь типа  $y = a + bx$ , так и более сложную, выражающую криволинейные зависимости, в том числе показательную или экспоненциальную  $y = av^x$ , степенную  $y = ax^b$  и другие виды связи. Во всех случаях применительно к определению темпа роста рыбы эти связи выражают зависимость между длиной чешуи и длиной рыбы на единицу.

Как в предыдущих случаях, для установления регрессии необходимы данные об измерении радиусов чешуи за прожитые рыбой годы в соответствии с длинами рыбы за эти же годы.

Прежде чем выбрать ту или иную функцию, по которой будут вестись расчеты, необходимо предварительно определить тип связи, для чего на оси абсцисс откладывают значение чешуи за прожитые годы, на оси ординат — длину рыбы за эти же годы. Соединив точки пересечения этих данных, проводят эмпирическую кривую, по которой и судят о типе связи.



Для сибирского ельца из озера Телецкого мы приняли прямолинейную зависимость типа  $y = a + vx$ , где  $y$  и  $x$  представляют коррелирующие между собой величины:  $a$  — первоначальное значение  $y$  при  $x = 0$ ;  $v$  — коэффициент пропорциональности, который показывает степень зависимости  $y$  от  $x$  (табл. 12).

Для определения значения  $a$  и  $v$  нужно решить систему двух нормальных уравнений по данным табл. 13:

1.  $pa + (\sum x_i) v = \sum y_i$ ;
2.  $(\sum x_i) a + (\sum x_i^2) v = \sum x_i y_i$ .

Составление этих уравнений основано на применении так называемого способа «наименьших квадратов», с помощью которого вычисляются такие параметры для уравнений, при которых сумма квадратов отклонений эмпирических значений  $y$  по отношению к теоретически вычисленной является наименьшей  $\sum (y_i - y)^2 = \min$ . После подстановки итоговых значений (представленных в табл. 13) в уравнения 1 и 2 они приобретают следующий вид. Для решения их обычными алгебраическими методами надо умножить коэффициенты уравнения 1 на среднюю арифметическую  $\bar{x}$  ( $y$  у нас она 7,56) и вычесть данные уравнения 1 из уравнения 2.

1.  $5a + 37,8v = 1040$  умножаем на 7,56 и получаем

Рис. 15. Прямолинейная номограмма со сдвоенной шкалой для расчисления роста леща по среднему радиусу чешуи (по Ф. И. Вовку, 1956)

## Елец озера Телецкого

Возраст	Изменения чешуи		l, мм	Q, г	Расчисленная длина, мм	
	за полный год	годовые с плюсом			за полный год	годовые с плюсом
1	2	3	4	5	6	7
1	1,5	—	—	—	106,7	—
2	2,2	—	—	—	118,4	—
3	3,42	—	—	—	138,8	—
4	4,5	—	—	—	156,8	—
5+	—	6,0	188	57,0	—	186,9
5	6,3	—	—	—	186,9	—
5+	—	6,6	192	64,6	—	191,9
6	6,7	—	—	—	191,9	—
6+	—	7,7	205	81,0	—	210,3
7	7,2	—	—	—	200,2	—
7+	—	8,5	222	107	—	223,6
8	7,7	—	—	—	210,3	—
8+	—	8,7	233	117	—	227,0

Таблица 13

## Данные о длине чешуи С(х) и длине тела рыбы l(y)

Возраст	С(х)	l(y)	x <sup>2</sup>	x·y
4+	6,3	188	39,7	1184,4
5+	6,6	192	43,6	1267,2
6+	7,7	205	59,3	1578,5
7+	8,5	222	72,3	1887,0
8+	8,7	233	75,7	2027,1
4+	6,3	188	39,7	1184,4
5+	6,6	192	43,6	1267,2
6+	7,7	205	59,3	1578,5
7+	8,5	222	72,3	1887,0
8+	8,7	233	75,7	2027,1

Условные обозначения:

$$\bar{x} = \frac{37,8}{5} = 7,56; \quad \Sigma x_i = 37,8; \quad \Sigma y_i = 1040; \quad \Sigma x^2 = 290,6;$$

$$\Sigma x_i \cdot y_i = 7944,2$$

$$2. 37,8a + 290,6b = 7944,2$$

$$1. 37,8a + 285,7b = 7862,4$$

---

$$4,9b = 81,8$$

$$b = \frac{81,8}{4,9} = 16,7$$

После подстановки значения  $b$  в уравнение 1 получим значение  $a$ :

$$5a + 37,8 \cdot 16,7 = 1040;$$

$$5a + 631,3 = 1040;$$

$$5a = 1040 - 631,3;$$

$$a = \frac{408,7}{5} = 81,7$$

Расчисленная длина тела для каждого года будет следующей (мм):

$$y_1 = 81,7 + (1,5 \cdot 16,7) = 106,7;$$

$$y_2 = 81,7 + (2,2 \cdot 16,7) = 118,4;$$

$$y_3 = 81,7 + (3,42 \cdot 16,7) = 138,8;$$

$$y_4 = 81,7 + (4,5 \cdot 16,7) = 156,8;$$

$$y_5 = 81,7 + (6,3 \cdot 16,7) = 186,9;$$

$$y_6 = 81,7 + (6,7 \cdot 16,7) = 191,9;$$

$$y_7 = 81,7 + (7,2 \cdot 16,7) = 200,2;$$

$$y_8 = 81,7 + (7,7 \cdot 16,7) = 210,3.$$

Расчисленная длина тела для годовых значений с приростом будет следующей (мм):

$$y_{4+} = 81,7 + (6,0 \cdot 16,7) = 186,9;$$

$$y_{5+} = 81,7 + (6,6 \cdot 16,7) = 191,9;$$

$$y_{6+} = 81,7 + (7,7 \cdot 16,7) = 210,3;$$

$$y_{7+} = 81,7 + (8,5 \cdot 16,7) = 223,6;$$

$$y_{8+} = 81,7 + (8,7 \cdot 16,7) = 227,0.$$

Таким образом, теоретически расчисленные значения длины тела довольно близки к эмпирическим, опытным, и поэтому можно считать, что выбранный нами тип связи ( $y = a + vx$ , т. е. прямолинейный) довольно полно отражает характер роста ельца.

В окончательном виде данное уравнение регрессии будет иметь следующую модель:

$$y = 81,7 + 16,7x$$

Соотношение между размером чешуи и длиной тела у каменного окуня (табл. 14), по материалам Н. И. Чуговой (1959), выражает криволинейную зависимость и описывается нами уравнением показательной (экспоненциальной) функции типа  $y = av^x$ , путем логарифмирования которой достигается превращение ее в уравнение прямой линии, имеющей вид [Лакин Г. Ф., 1973]:

$$\lg y = \lg a + x \lg v.$$

Это значит, что точки  $x$  и  $y$  располагаются в системе координат на одной прямой.

Таблица 14

Зависимость между длиной тела (мм) ( $y$ ) и радиусом чешуи  $C(x)$  у каменного окуня

$C(x)$	$l(y)$	$\lg(y)$	$x^2$	$x \lg(y)$	$y_x$
7,5	22,5	1,35218	56,3	11,6	39,0
10,0	32,5	1,51188	100	15,11	40,8
35,0	62,5	1,78588	1225	63,6	55,0
50,0	92,5	1,96614	2500	97,9	66,1
30,0	112,5	2,05115	6400	160,0	93,4
90,0	132,5	2,12222	8100	189,0	105,0
110,0	145,0	2,16286	12100	236,0	135,0
135,0	167,5	2,22401	18225	298,0	183,0
150,0	207,5	2,31702	22500	350,0	219,0
172,0	215,0	2,33345	29584	400,0	282,0

Система нормальных уравнений для определения параметров  $a$  и  $v$  в данном случае следующая:

- $n \lg a + \lg v \sum x = \sum \lg y$ ;
- $\lg a \sum x + \lg v \sum x^2 = \sum (x \lg y)$ .

Для решения уравнений пользуемся данными табл. 13. Однако определение значений  $a$  и  $v$  проще всего производить «способом подстановок» по готовым формулам, где

$$\lg a = \frac{\sum \lg y \sum x^2 - \sum (x \lg y) \sum x}{n \sum x^2 - (\sum x)^2};$$

$$\lg b = \frac{n \sum (x \lg y) - \sum x \sum \lg y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

откуда

$$\lg a = \frac{19,8 \times 100790,8 - 1821,2 \times 839,5}{10 \times 1000790,8 - (839,5 \times 839,5)} = \frac{470000}{303140} = 1,56;$$

$$\lg b = \frac{10 \times 1821,2 - 839,5 \times 19,8}{10 \times 100790,3 - (839,5 \times 839,5)} = \frac{1590}{303140} = 0,0052.$$

Откуда  $\lg y_x = \lg a + x \lg b$ ;  $\lg y_x = 1,56 + x \cdot 0,0052$ .

Расчисленная длина тела для каменного окуня (мм):

$$\lg y_1 = 1,56 + (0,0052 \cdot 7,5) = \lg 1,599 = 39,0;$$

$$\lg y_2 = 1,56 + (0,0052 \cdot 10) = \lg 1,61 = 40,8;$$

$$\lg y_3 = 1,56 + (0,0052 \cdot 35) = \lg 1,74 = 55,0;$$

$$\lg y_4 = 1,56 + (0,0052 \cdot 50) = \lg 1,82 = 66,1;$$

$$\lg y_5 = 1,56 + (0,0052 \cdot 80) = \lg 1,976 = 93,4;$$

$$\lg y_6 = 1,56 + (0,0052 \cdot 90) = \lg 2,028 = 105;$$

$$\lg y_7 = 1,56 + (0,0052 \cdot 110) = \lg 2,132 = 135;$$

$$\lg y_8 = 1,56 + (0,0052 \cdot 135) = \lg 2,262 = 183;$$

$$\lg y_9 = 1,56 + (0,0052 \cdot 150) = \lg 2,340 = 219;$$

$$\lg y_{10} = 1,56 + (0,0052 \cdot 172) = \lg 2,454 = 282.$$

Получены довольно близкие результаты между расчисленными и эмпирическими значениями длины тела у каменного окуня.

Расчисленная длина тела каменного окуня по формуле прямолинейной и степенной функции дала еще более значительную разницу по сравнению с опытными эмпирическими данными и поэтому мы считаем выбранную нами степенную зависимость наиболее приемлемой.

### Расчисление линейного и весового роста по эмпирическим шкалам В. Л. Брюзгина

Весовой рост рассматривается в одних случаях [Васнецов В. В., 1953] как процесс накопления биомассы тела, в других [Шмальгаузен И. И., 1935] — как увеличение активных частей всего организма исключая воду, жир и половые продукты.

Несмотря на то, что весовой рост рыбы, так же как и линейный, занимает определяющее место в изучении экологии рыб, ему уделяется мало внимания, в основном из-за неразработанности соответствующей методики.

Однако известно, что как линейный, так и весовой рост находятся в корреляционной, но разнонаправленной зависимости от возраста рыбы: линейный рост затухает с возрастом, весовой же увеличивается до определенного предела (рис. 16). Поэтому представляется возможным разработка методики одновременного определения линейного и весового роста рыб.

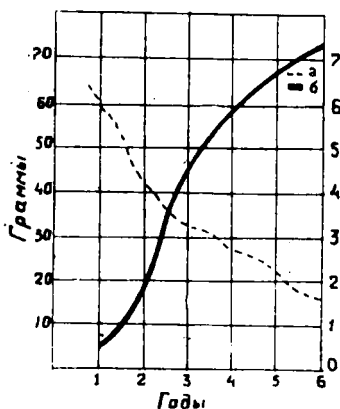


Рис. 16. Сравнение приростов длины и массы воблы (по И. Ф. Правдину, 1939): а — прирост длины тела; б — прирост массы

По В. Л. Брюзгину (1970), морфологической основой методики является тройственная корреляционная зависимость между размерами чешуи (костей, отолитов), длиной рыбы и массой тела. Поскольку каждые две из рассматриваемых переменных коррелируют с третьей величиной, то всегда по любой из них можно определить соответствующие ей две другие.

В данном случае нас интересует одновременное определение длины и веса по величине годовых колец на чешуе, костях и отолитах. Методически это решается параллельным применением сразу двух эмпирических шкал — шкалы длины и шкалы массы рыбы. Например, нам нужно вычислить длину и массу четырехгодовалой тарани за прожитые ею годы по следующим данным: длина рыбы 1 в момент вылова равна 21,6 см, масса  $Q=174$  г, длина радиуса чешуи  $C=49,5$  делений окуляр-



микрометра; длина радиуса чешуи третьего года  $C_3=42,1$ ; второго  $C_2=35,6$ ; первого  $C_1=28$  делениям. Геометрическое построение шкал для расчетов производится следующим образом (рис. 17).

На листе бумаги перпендикулярно к горизонтально проведенной линии устанавливают с правой стороны равномерную шкалу для отсчета измерений чешуи ( $C_1, C_2, C_3, C_4$ ). Из конечной точки горизонтальной линии проводим наклонную прямую— $a$ , пересекающую шкалу в точке, соответствующей числовому выражению

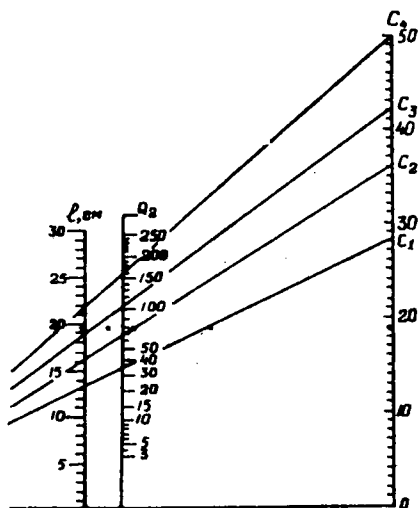


Рис. 17. Номограмма для обратных вычислений длин тела и массы днепровской тарани по эмпирическим шкалам (по В. Л. Брюзгину)

длины радиуса чешуи, в данном случае на делении 49,5. В образовавшийся треугольник помещаются построенные для тарани эмпирические шкалы длины и массы. Шкалу длин располагают так, чтобы нулевое ее деление пришлось на горизонтальную линию, а деление, соответствующее наблюдаемой длине рыбы, — на косую линию. По такому же принципу устанавливают и шкалу массы  $Q$ : нулевым значением на горизонтальную линию, а наблюдаемой массой (174 г) на косую линию ( $a$ ). Построение представляет номограмму для одновременного вычисления длин и масс тарани.

Для определения длины и массы рыбы в конце третьего года жизни перемещают линию  $a$  на вертикаль-

ную шкалу С и устанавливают точку соответственно числовому выражению длины радиуса чешуи третьего годового кольца (для тарани составляет 42,1 делений окуляр-микрометра). Точки пересечения линии *a* со шкалами длины *l* и массы *Q* дадут показания длины (18,6 см) и массы (110 г) рыбы трехгодовалого возраста.

Таким же образом находят длину и массу рыбы, соответствующие размерам второго и первого годовых колец;

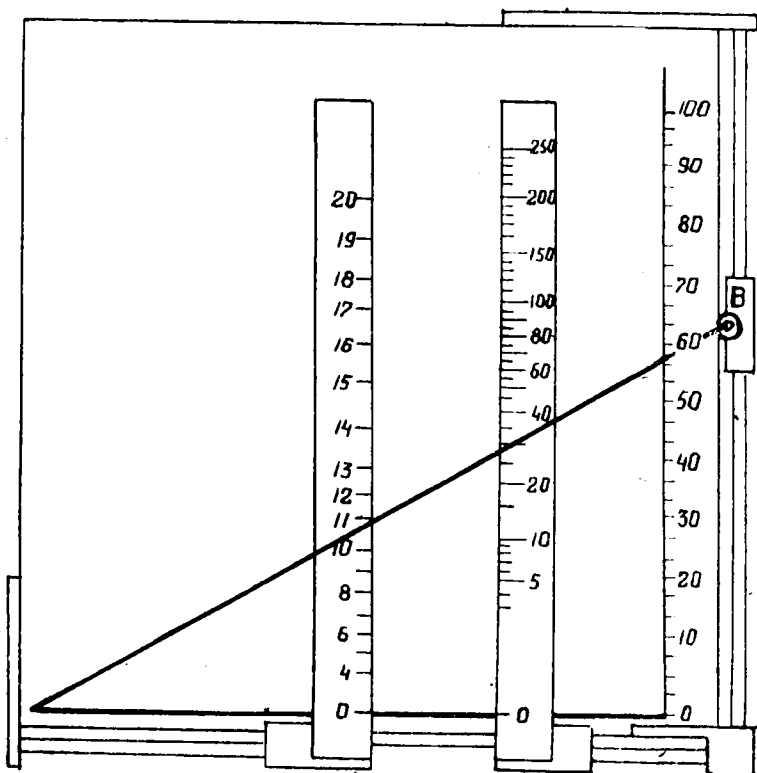


Рис. 18. Прибор для обратных вычислений длины тела и массы рыб по эмпирическим шкалам (по В. Л. Брюзгину)

в двухгодовалом возрасте они составляют соответственно 15,6 см и 68 г, в годовалом — 12,4 см и 32 г.

Чтобы произвести вычисление длины и веса для всех особей совокупности, необходимо для каждой особи пе-

решать в номограмме косую  $a$  и эмпирические шкалы  $l$  и  $Q$ , располагая их соответственно величине радиуса чешуи, длине и массе рыбы.

Для практической работы рекомендуется прибор, изображенный на рис. 18. Он представляет собой квадратную доску с размерами сторон в 30 см. На вертикальной линии этой доски устанавливаются эмпирические шкалы длины и массы, а также шкала измерения чешуи. Манипулируя движком  $A$ , который перемещает эмпирическую шкалу длин, движком  $B$ , который перемещает эмпирическую шкалу массы, и  $B$ , который перемещает свободный конец нити прибора, можно воспроизвести все возможные комбинации взаимного расположения шкал и нити, имитирующие на приборе косую номограмму. Процесс вычисления на этом приборе состоит из следующих операций:

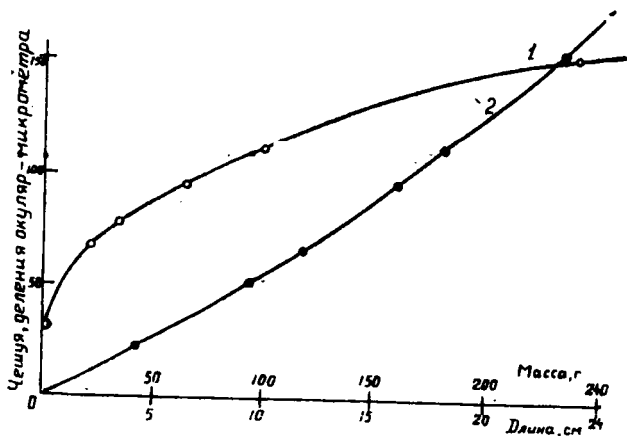


Рис. 19. Регрессия длины чешуи по массе (1) и длине тела (2) плотвы

1. Нить прибора  $a$  с помощью движка  $B$  устанавливают на делении шкалы  $c$ , соответствующем размеру чешуи.

2. Движком  $A$  эмпирическую шкалу устанавливают на нить  $a$  делением, соответствующим наибольшей (наблюдаемой) длине рыбы; движком  $B$  эмпирическую шкалу весов—на нить  $a$  делением, соответствующим наблюдаемому весу рыбы.

3. С помощью движка *B* нить *a* устанавливают поочередно на делениях шкалы *c*, соответствующих величинам годовых колец предыдущих лет. В точках пересечения нитью эмпирических шкал читают готовые результаты вычислений:

Отличительной особенностью этого прибора является взаимное расположение шкал, определяющее соотношения их масштабов. Масштаб равномерной шкалы для отсчета размеров чешуи, костей, отолитов всегда крупнее масштабов эмпирических шкал длин и весов рыбы. Для параллельного применения эмпирических шкал непременным является условие, чтобы измерения чешуи, костей, отолитов входили в номографическое содержание в одном и том же масштабе. Достигается это тем, что при построении кривых длина рыбы, размер чешуи и вес рыбы откладываются в одном и том же масштабе (рис. 19).

### Исследование регистрирующих структур с помощью фотометрирования

Ряд структур — отолиты, чешуя, лучи плавников, крышечные кости, позвонки рыб — обладают тем свойством, что особенности строения новообразующихся частей (элементов) этих структур сохраняются почти в течение всей жизни. Это приводит к накоплению годовых слоев, делает возможным определение возраста и роста рыб и названы М. В. Миной (1967, 1970) «регистрирующими структурами». По регистрирующим структурам возможно не только определение возраста и роста различных популяций рыб, но и установление характера зависимостей, существующих между спецификой вышеуказанных структур и особенностями экологии популяций рыб.

Однако широко применяемые традиционные методы реконструкции возраста и роста рыб по чешуе и другим регистрирующим структурам, основанные на установлении числа годовых колец (состоящих из зоны широких летних и зоны узких зимних склеритов), не обеспечивают полноту информации и не всегда дают необходимую точность. Основная проблема при определении возраста рыб по чешуе заключается в различении годовых колец от так называемых дополнительных, затрудняющих определение возраста.

Принципиально новый метод, описанный В. П. Васильковым (1977, 1979), использует методический подход, охарактеризованный В. М. Миной (1967) как расшифровка событий, происшедших некогда с организмом, по образованию на чешуе, костях и отолитах слоев того или иного типа и по их коррекции с изменениями биологического состояния рыбы (обеспеченностью пищей, нерестом и т. д.).

Рядом исследователей (В. М. Миной первоначально на отолитах трески, В. П. Васильковым на чешуе) установлено, что откладывающиеся на чешуе и отолитах зоны широких склеритов с низкой оптической плотностью чередуются с зонами узких склеритов, имеющих высокую оптическую плотность. Чередования этих зон и создают эффект следующих друг за другом колец или меток. Описанные скульптуры чешуи или отолитов можно представить как застывшее отображение динамики роста в виде

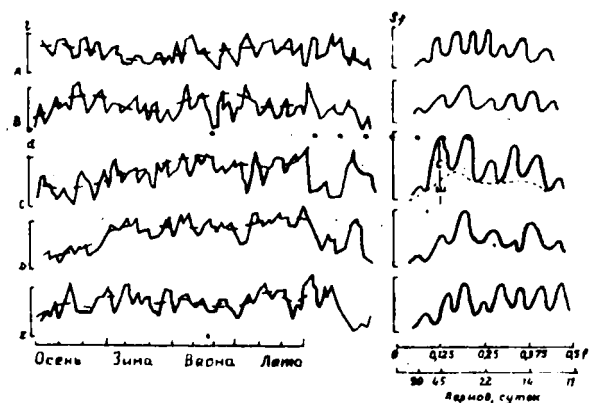


Рис. 20. Отображение ритмов роста в структуре чешуи джакаса

волнообразной поверхности, так как размеры и оптическая плотность склеритов периодически колеблются в соответствии с колебаниями темпа роста рыб.

На вышеуказанных особенностях склеритных образований регистрирующих структур был предложен так называемый «фотометрический способ», основанный на

измерении оптической плотности отолитов и чешуи с помощью физического прибора-микрофотометра с последующей регистрационной графической записью и дальнейшей математической обработкой цифровых данных на ЭВМ.

В. П. Васильков на примере чешуи джакаса *Cheilodactylus macropterus* Bloch et Schn. устанавливает: 1) характер отображения колебаний роста рыб в размерах склеритов и межсклеритного пространства; 2) информативность различных размерных характеристик относительно ритмов роста годовичного и других периодов; 3) изменения информативности ранее отложенных слоев чешуи под влиянием последующих.

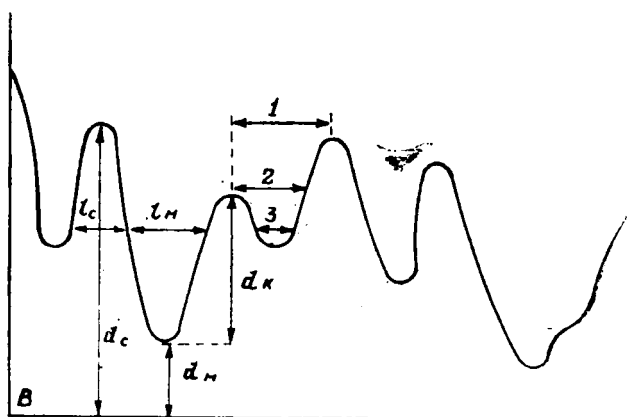


Рис. 21. Схема измерений параметров в фотометрических записях чешуи джакаса:  $l_c$  — ширина склерита;  $d_c$  — толщина;  $l_m$  — толщина межсклеритного пространства;  $d_m$  — толщина;  $d_k$  — толщина конуса; 1 — измерение размера пространства между максимумами; 2 — в точке наибольшей стороны колебаний оптической плотности; 3 — в точке наименьшей стороны

Исследования регистрирующих структур с помощью фотометрического метода показали существование у рыб и у других водных животных целой плеяды ритмов различного периода — от года до суток. Так, исследования спектров чешуи, проведенные В. П. Васильковым на 16 видах рыб Тихого океана, позволили выявить множество пиков, соответствующих определенным ритмам роста.

Оказалось, что в состав ритмов входят циклические колебания в среднем с периодами: около года; 178,6; 124,7; 88,2; 72,0; 62,7; 39,7; 29,3; 15,0 и 7 суток. Эта ритмичность обусловлена действием внешних и внутренних факторов или совместным их действием (табл. 15, рис. 20, 21).

Т а б л и ц а 15

Ритмы в росте рыб Тихого океана

Вид рыб	Периоды ритмов						Кол-во склеритов, откладываемых на чешуе за год
Сайра	51	25	16	9	64		—
Джакас	174	88	40	28	22	14	65
Дальневосточная красноперка	187	66	39	31			24
Новозеландская ставрида	150	101	44	33			22
Эпигонус	133		36				20
Серцеелда лещевидная	195	110	60				16
Нерка		122					16
Сима		136		58			15,5
Путассу	205	136	110	89	73	61	12,5
Кабан-рыба	180			86	63		12
Макрурус	215	168	91	72	63		11
Красноглазка	189	120	92				11
Одноперый терпуг	176						4,5

## ЛИТЕРАТУРА

Бирман И. Б. О распространении и миграциях камчатских лососей в северо-западной части Тихого океана. — В кн.: Матер. по биологии морского периода жизни дальневосточных лососей. М., 1958, с. 31—40.

Брюзгин Л. В. Применение эмпирических шкал для изучения роста рыб. — Гидробиол. журн., 1970, № 1, с. 96—104.

Васильков В. П. Изучение ритмов роста методом математического спектрального анализа склеритограмм чешуи. — М.: Изд-во МГУ, 1979. — 24 с.

Васнецов В. В. О закономерностях роста рыб. — В кн.: Очерки по общим вопросам ихтиологии. М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1953, с. 218—226.

Вовк Ф. И. О методике реконструкции роста рыб по чешуе. — Тр./Биол. ст. Борок. АН СССР, 1955, вып. 2, с. 351—393.

Дементьева Т. Ф. Методика составления прогнозов по лещу Северного Каспия. — Тр./Всес. научно-иссл. ин-т морск. рыбн. хоз-ва и океанографии, 1952, т. 21, с. 15—30.

Жанов Л. А., Меншуткин В. В. Практические занятия по ихтиологии. Ярославль, 1982, с. 3—28.

Крогиус Ф. В. О строении чешуи камчатской красной разных локальных стад. — В кн.: Матер. по биологии морского периода жизни дальневосточных лососей. М., 1958, с. 21—30.

Лакин Г. Ф. Биометрия. — М.: Высшая школа, 1980. — 294 с.

Ли Р. Определение роста рыб. — Сб. статей по методике определения возраста и роста рыб. Красноярск, 1976, с. 17—32.

Мина М. В. Отолит как регистрирующая структура. — М.: Изд-во МГУ, 1967. — 13 с.

Мина М. В., Клевезаль Г. А. Автобиография животных. — М.: Знание, 1970. — 32 с.

Пискунов И. А. Материалы по биологии молоди кижуча в морской период жизни. — Изд-во ТИНРО, 1955, т. 43, с. 3—10.

Правдин П. Ф. Руководство по изучению рыб. — М.: Пищевая промышленность, 1966. — 376 с.

Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. — Минск: Высшая школа, 1973. — 320 с.

Чугунова Н. И. Руководство по изучению возраста и роста рыб. — М.: Изд-во АН СССР, 1959. — 164 с.

Шерифф К. Об определении роста рыб по чешуе. — Сб. статей по методике определения возраста и роста рыб. Красноярск, 1926, с. 35—40.

Шмальгаузен И. И. Определение основных понятий и методика исследований роста. — В кн.: Рост животных. М.—Л.: Гос. изд-во, биол. и мед. лит-ры, 1935, с. 8—60.



## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение . . . . .	3
--------------------	---

### Часть I. Определение возраста рыб

Сбор материала для изучения возраста и роста рыб . . . . .	8
Техника сбора чешуи . . . . .	8
Краткие сведения о морфологии и росте чешуи . . . . .	10
Определение возраста по чешуе . . . . .	12
Техника сбора костей и отолитов . . . . .	15
Определение возраста по костям и отолитам . . . . .	17
Вычисление возрастного состава улова рыбы и темпа полового созревания . . . . .	23

### Часть II. Изучение роста рыб

Изучение роста рыб по наблюдаемым данным . . . . .	25
Обратные расчисления роста рыб по формуле прямой пропорциональности . . . . .	27
Обратные расчисления роста рыб по формуле криволинейной зависимости . . . . .	32
Обратные расчисления длины тела рыб по номограмме Ф. И. Бовка . . . . .	36
Изучение роста рыб с помощью применения регрессионного анализа . . . . .	40
Расчисление линейного и весового роста по эмпирическим шкалам В. Л. Брюэгина . . . . .	45
Исследование регистрирующих структур с помощью фотометрирования . . . . .	50
Литература . . . . .	54

Валентина Васильевна КАФАНОВА

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗРАСТА И РОСТА РЫБ

Учебное пособие

Редактор **Е. В. Лукина**  
Технический редактор **Р. М. Подгорбунская**  
Корректор **Л. Н. Банникова**

---

ИБ 953. Сдано в набор 22.08.82 г. Подписано к печати 18.05.84.  
К303077 Формат 84×108<sup>1/32</sup>, бумага типографская № 3.  
Гарнитура Литературная. Высокая печать. П. л. 1,75; уч.-изд. л. 2,55;  
усл. п. л. 2,94. Заказ 5546. Тираж 500 Цена 40 к.

---

Издательство ГИУ. 634029. Томск, ул. Никитина, 4.  
Типография изд-ва «Красное знамя», г. Томск, ул. Советская, 47.

