

УДК 597.08

НЕКОТОРЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЧЕШУИ РЫБ

Л. Ф. ШЕНТЯКОВА

(Институт биологии внутренних вод АН СССР, Борок)

Для изучения возраста рыб и особенностей их роста чаще всего используется чешуя. Методика сбора, обработки и «чтения» чешуи в связи с условиями обитания подробно изложена в руководстве Н. И. Чугуновой (1959). Чешую рекомендуется собирать с определенного, стандартного участка, на выпуклой части тела, под передним краем спинного плавника, выше боковой линии. Только у окуневых ее собирают ниже боковой линии, но также на середине тела, где она наиболее хорошо сформирована и имеет полный рисунок годовых зон роста. Однако это наиболее повреждаемая часть тела, особенно во время нереста: здесь чаще всего встречается чешуя с разрушенным центром. Существует много видов с легкопадающей чешуей (чехонь, укля, снеток, сельдевые и др.); кроме того, молодь большинства видов легко теряет чешую, побывав в орудиях лова. Практически получить стандартную чешую часто просто невозможно, поэтому собирают ее с тех участков тела, где она сохранилась. Однако такая нестандартная чешуя дает искаженные результаты при восстановлении роста рыб.

Нам представляется целесообразным разработать методику использования чешуи с разных участков тела рыб в соответствии с особенностями ее формирования и роста, для чего прежде всего необходимо дополнить существующие сведения об особенностях роста и развития чешуи на разных участках тела и откладку колец на ней. Этот вопрос неоднократно обсуждался многими авторами, перечислять которых нет надобности, т. к. это сделано в руководстве Н. И. Чугуновой (1959). Однако до сих пор обоснованных способов использования чешуи с нестандартных участков тела разработано не было. Ниже предлагаем для этого построение специальных номограмм.

Нами изучена изменчивость чешуи рыб в разных условиях обитания в первые годы жизни, а также закладка малькового кольца при резкой смене характера питания в эксперименте, что имеет методическое значение, т. к. зачастую недоучет малькового кольца влечет неправильное определение суммы годовых колец.

Материал и методика. Исходным материалом служили щука, плотва и окунь, выращенные в специальных прудах из икры, добытой с установленных на побережье Рыбинского водохранилища искусственных нерестилищ. Для сравнения с прудовыми на тех же участках несколько позже вылавливали сеголетков, выросших в естественных условиях. Изучена структура чешуи на первом и втором годах жизни молоди, вычислены критерии различия в соотношениях роста тела и чешуи рыб в прудах и водохранилище.

Для установления влияния резкой смены условий обитания на структуру чешуи молодь рыб пересаживали из прудов в аквариумы, а по истечении зимы — обратно в пруды (по 100 экз. сеголетков и 23 экз. двухлетков). В аквариумах поддерживали стабильный температурный режим (10—11°); кормом служили олигохеты. Окуней выращивали до трех лет, плотву и щуку — до двух.

Изготовлены постоянные чешуйные препараты (стекла склеивали желатином): 227 — по окуню, 69 — по плотве и 57 — по щуке.

Вычислены критерии «различия опытных кривых» (Длин, 1958), выводы из которых проверены с помощью критерия Бартлетта, а также по нормированным отклонениям, в некоторых случаях путем сравнения средних. Так как все это уже подробно описано нами (Шентякова, 1965), приведем лишь вычисленные критерии. Для этой цели была использована молодь окуня (379 экз.), плотвы (227 экз.) и щуки (49 экз.).

Для характеристики чешуи с разных участков тела рыб собран специальный материал из траловых уловов в Рыбинском водохранилище: по лещу разного возраста — 304 и по синцу — 194 экз.

В связи с тем, что предложенный нами (Шентякова, 1961) способ построения линии регрессии является универсальным (для прямолинейной и криволинейной функций) и позволяет включать любые размерные и возрастные вариации, нет необходимости выделять возрастные группы при построении номограмм. Что касается экспериментальных проб по окуню, плотве и щуке, то брали сеголетков и в прудах и в водохранилище.

Соотношение роста тела и чешуи сеголетков щуки, окуня и плотвы в опытных прудах и водохранилище. Встречающиеся до сих пор в литературе указания на существование популяционных различий не обоснованы никакими аналитическими доказательствами. Так, Е. Купер (Соорег, 1952) и В. Л. Брюзгин (1959, 1963) отмечали существование популяционных особенностей соотношения роста чешуи и тела рыб, но специальных доказательств аналитического свойства не привели, отчего до сих пор ни в одном способе восстановления роста рыб по чешуе этот момент не отражен. В наших прежних исследованиях (Шентякова, 1959, 1964) с помощью специальных математических критериев доказано существование различий в соотношениях роста чешуи и тела не только у рыб одного вида из разных водоемов и даже из одного водоема, но и у рыб, принадлежащих к разным локальным группировкам. Популяционные различия такого рода имеют большое значение при разработке методики реконструкции роста рыб по чешуе. В связи с этим была установлена (Шентякова, 1959, 1961) необходимость в построении отдельных номограмм для одних и тех же видов из разных водоемов. Иначе вычисленные длины значительно отличаются от наблюдаемых, что особенно ярко бывает выражено у представителей молодых возрастных групп (Штейнфельд, 1949). На экспериментальном материале мы решили проверить, совпадают ли линии регрессии роста чешуи и тела сеголетков при выращивании их в резко отличных условиях (в прудах и водохранилище).

Эмпирические ряды длин рыб (l) и радиусов чешуй (R), ранжированные по соответствующим группам радиусов для молодежи, в нашем эксперименте (см. таблицу) могут выражать эмпирический характер регрессии длин рыб по чешуе для указанных видов. На основании приведенных данных вычислены критерии «различия опытных кривых» (Длин, 1958).

Для окуня критерий равен 48,1; тогда как в таблицах оценок пограничных показателей достоверности отличий для соответствующих степеней свободы даны величины 2,21, 3,02 и 4,10. Следовательно, с ошибкой, не превышающей по значению 0,001%, можно утверждать, что различие сравниваемых кривых, или соотношения роста чешуи и тела окуня в прудах и водохранилище, весьма существенно.

Для плотвы получено значение критерия 77,8; в таблицах оценок ему соответствуют показатели 2,99, 4,60 и 6,91. Различия роста

чешуи и тела плотвы в прудах и водохранилище еще более выражены.

Для щуки критерий составляет 9,02; пограничные показатели достоверности — 2,69, 4,02, 6,12. И в этом случае различие весьма существенно, хотя и не так разительно, как у предыдущих видов.

Следовательно, на первом году жизни отличия в соотношениях роста чешуи и тела рыб, обитавших в разных условиях, при искусственной пересадке выражены очень ярко. Возможно, упомянутый признак не является строго филогенетически закрепленным наследственным признаком, как это считалось до сих пор (Брюзгин, 1963).

Соотношение роста тела и чешуи молоди в эксперименте

Вид	Средне-арифметическое по R и l	Группы по R						
		Водоем	1—10	11—20	21—30	31—40	41—50	51—60
Плотва	R	Пруды	—	19,0	22,7	38,4	44,4	52,0
		Водоохранилище	—	—	27,4	35,3	43,4	—
	l	Пруды	—	33,0	34,0	51,5	53,4	60,0
		Водоохранилище	—	—	40,2	43,0	46,1	—
Окунь	R	Пруды	—	15,4	24,4	36,6	44,6	53,7
		Водоохранилище	—	17,3	25,5	34,1	44,0	—
	l	Пруды	—	34,7	48,1	55,9	59,9	67,7
		Водоохранилище	—	37,7	46,4	54,2	55,0	—
Щука	R	Пруды	7,0	15,0	24,4	35,6	—	—
		Водоохранилище	7,0	12,3	—	—	—	—
	l	Пруды	42,0	72,5	108,8	137,5	—	—
		Водоохранилище	53,0	65,2	—	—	—	—

Строение чешуи сеголетков окуня, плотвы и щуки. Обычно большую путаницу в «чтение» чешуи вносят недостаточные знания морфологии чешуи, особенно отсутствие сведений о мальковом кольце. Как известно (Чугунова, 1959), наличие дополнительного малькового кольца в первой зоне роста чешуи говорит о резком изменении условий жизни сеголетков (их скате, переходе на другой тип питания и т. п.). Не у всех видов встречаются такие кольца, а недоучет их вносит большие погрешности в определение возраста, а также расчисления роста рыб по чешуе.

Окунь. Уже в начале июля, когда центр чешуи еще неясно выражен, различаются (правда, только по разной светопроницаемости) 15 узких склеритов (для краткости изложения условно назовем так расстояние между склеритами) по 0,5 делений окуляр-микрометра и, ближе к краю, 8 широких.

В августе при ясно выраженном центре чешуи насчитывается 16 узких склеритов (по 0,8 делений окуляр-микрометра) и, ближе к краю чешуи, 8 широких (по 1,0 делению окуляр-микрометра). У некоторых экземпляров первые в два раза шире вторых и мальковое кольцо уже ясно отделено широкой светлой полосой, за которой следуют также широкая темная полоса и далее последние — самые широкие склериты. В октябре появляется 17—18 узких склеритов, затем светлая полоса и 64 широких (рис. 1). У более мелких чешуй отмечено 15 узких склеритов и 49—58 широких. Радиусы чешуй — от исходных 15—20

делений окуляр-микрометра до 20—35 — в июле и до 109 — в октябре. Таким образом, мальковое кольцо появляется на чешуе окуня уже в начале второго месяца жизни.

Плотва. Даже в августе, сентябре и октябре отличий в строении склеритов на чешуе плотвы нет. По сравнению с окунем, наблю-

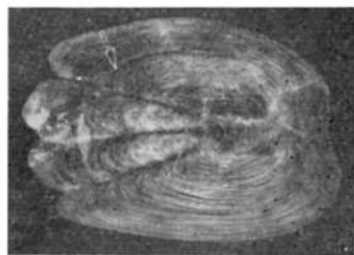


Рис. 1. Чешуя окуня-сеголетка (20.X 1959 г.). Радиус — 22 деления окуляр-микрометра; кольцо на 14-м делении.

Рис. 2. Чешуя щуки-сеголетка (27.III 1959 г.). Радиус — 20 делений окуляр-микрометра; кольцо на 7-м делении.

Рис. 3. Чешуя щуки-годовика (22.VII 1960 г.). Радиус — 33 деления окуляр-микрометра; годовое кольцо на 22-м делении, мальковое — на 12-м.

дается обратная картина: происходит некоторое сужение склеритов по краям чешуи. Обычно даже в октябре их насчитывается 22—24. Малькового кольца на чешуе плотвы нет.

Щука. В первой половине июня чешуя щуки еще круглая, без выступов; склеритов — 5—10. В конце месяца появляются три волны будущих выступов, склеритов — 12—15. Много чешуй с двумя центрами. Чешуя вытягивается в виде овала с конца июля — начала августа (склеритов — 25—35; радиус — 21—28, 30—35 делений окуляр-микрометра). С этого же времени на 12—18-м склеритах намечается полоска, напоминающая мальковое кольцо; у некоторых чешуй на 15—16-м склеритах наблюдается уже ясное кольцо, состоящее из прерывистых склеритов и светлой зоны (рис. 2). Центр, вначале расплывчатый, к концу августа проясняется и несколько вытягивается; 20—27 августа на 11—12-м склеритах уже ясно просматривается кольцо (при общем количестве склеритов на чешуе 31—37). В октябре на 12—14-м склеритах (всего их 39) наблюдается совершенно ясное мальковое кольцо: меньший радиус — 20—30, больший — 35—60 делений окуляр-микрометра. К центру склериты расширяются, к краям сужаются, как у плотвы. Таким образом, у щуки мальковое кольцо появляется позже, чем у окуня: на третьем-четвертом месяце жизни.

Позволим себе не останавливаться на описании отличительных признаков малькового кольца по сравнению с годовым, которое сделано Н. И. Чугуновой (1959).

Следует отметить, что для окуня и щуки характерна резкая этапность питания; отсюда появление мальковых колец на чешуе при резкой смене морфо-физиологического состояния. Для плотвы обычна постепенная замена одного вида пищи другим, смешанное питание; кроме того, плотва более эврифаг, чем окунь и щука; отсюда отсутствие малькового кольца на ее чешуе. Подобное явление отмечено и у других видов (Чугунова, 1959).

При пересадке рыб из аквариумов в пруды и обратно, что сопровождается изменением температурных, кормовых и пространственных («гаит»-фактор) условий, наблюдается образование ложных колец (рис. 3) из разрушенных прерывистых склеритов. (Настоящее кольцо, как известно, состоит из целых, нераздвинутых склеритов.)

Особенности строения и возможности использования чешуи с разных участков тела рыб. У рыб с легко опадающей чешуей и молоди после пребывания в орудиях лова чешуя

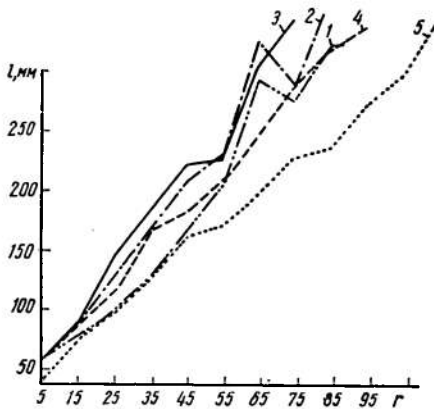


Рис. 4. Соотношение линейного роста (l) и радиуса чешуи (r) леща с хвостового стебля (I), над анальным плавником (2), из-под грудного плавника (3), из-под брюшного плавника (4), со стандартного участка тела (5).

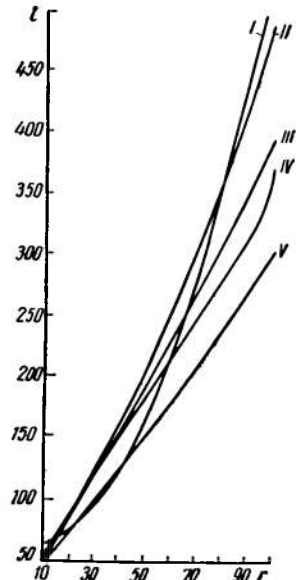


Рис. 5. Выравненные по способу Чебышева линии регрессии роста тела (l) и чешуи (r) леща с хвостового стебля (I), над анальным плавником (II), из-под грудного плавника (III), из-под брюшного плавника (IV), со стандартного участка тела (V).

чаще всего сохраняется под плавниками и на хвостовом стебле. Поэтому мы описали и обмерили чешую с рекомендуемых обычной методикой мест сбора, а также из-под грудного и брюшного плавников, с хвостового стебля и над анальным плавником. Во всех случаях брали второй ряд чешуй, т. к. в крайнем ряду они часто оказывались деформированными.

На хвостовом стебле чешуя вытянута в высоту, т. е. в дорзальном направлении, если учитывать ее расположение в чешуйном кармашке; на стандартном участке сбора она несколько вытянута по горизонтали, т. е. в вентральном направлении. Однако во всех случаях отмечено полное соответствие числа годовых колец. Чешуя из-под брюшного и грудного плавников похожа на стандартную, лишь задний край у нее более сужен. Чешуя над анальным и под грудным плавниками более плавно закруглена по краям, однако количество колец на ней то же. На хвостовом стебле чаще, чем в других местах тела, встречается чешуя с разрушенными центрами. При измерениях ее следует отбраковывать.

Исследованы лещ как наиболее массовый вид в водоемах средней полосы СССР, молодь которого теряет чешую при поимке, и синец, как вид с легко опадающей чешуей.

Лещ. Графический анализ среднеарифметических длин рыб и соответствующих им радиусов чешуй свидетельствует (рис. 4, 5) о том, что у леща стандартная чешуя отличается от чешуи с других

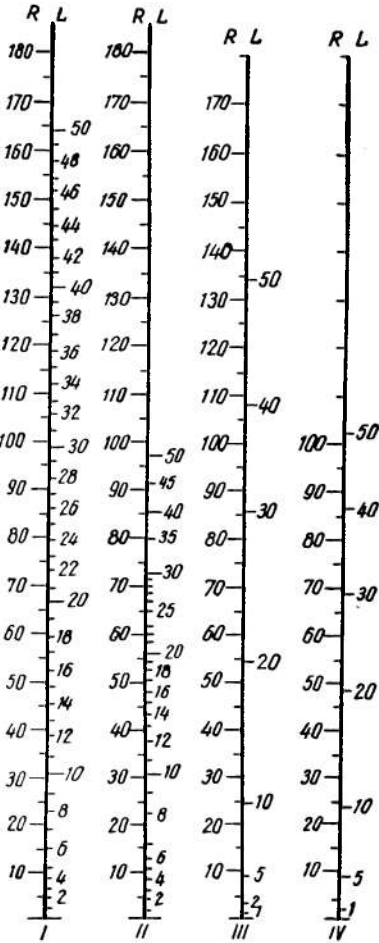


Рис. 6. Номограммы для реконструкции роста леща за прожитые годы: по стандартной чешуе (I), с хвостового стебля (II), из-под брюшного плавника (III), над анальным плавником (IV).

участков тела рыб того же размера. Наиболее ярко она отличается от чешуи из-под грудного плавника (см. рис. 4) и наименее — от расположенной под брюшным плавником и над анальным.

Нами вычислены критерии различия кривых (по Длину, 1958) соотношения роста чешуи (всех видов) и тела рыб. Оказалось, что отличия существенны только для стандартной чешуи и взятой из-под грудного плавника.

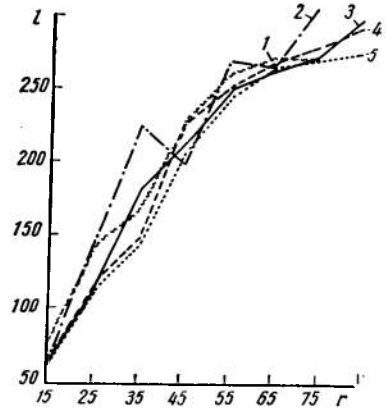


Рис. 7. Соотношение роста длины синца и чешуи с хвостового стебля (1), над анальным плавником (2), из-под грудного плавника (3), из-под брюшного плавника (4), со стандартного участка тела (5).

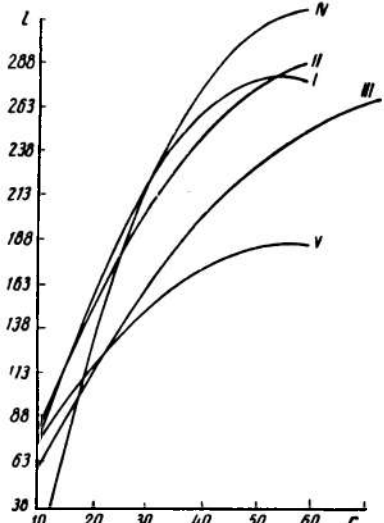


Рис. 8. Выравненные по способу Чебышева линии регрессии роста тела и чешуи синца с хвостового стебля (I), над анальным плавником (2), из-под грудного плавника (3), из-под брюшного плавника (4), со стандартного участка тела (5).

По способу Чебышева, преимущества которого доказаны нами (Шентякова, 1961), вычислены следующие формулы для чешуи с пяти участков тела леща:

стандартная чешуя	$0,04x^2 + 2,4x + 2,3;$
из-под грудного плавника . . .	$0,04x^2 + 3,4x + 1,5;$
из-под брюшного плавника . . .	$-0,03x^2 + 3,24x + 2,4;$
с хвостового стебля	$0,50x^2 - 0,4x + 6,4;$
над анальным плавником	$0,20x^2 + 2,6x + 2,7;$

Номограммы по этим формулам, построенные, как указано ранее (Шентякова, 1961, 1964), свидетельствуют об отличиях в соотношениях роста чешуи и тела во всех пяти случаях (рис. 6). Это особенно заметно, если мы сравним длины рыб с одинаковым радиусом чешуи, собранной с разных мест тела. Номограммы дают возможность использовать чешую с разных мест тела для реконструкции роста рыб за прожитые годы.

При расчетах можно вводить коэффициент пропорциональности, который вычисляется из номограмм. Так, при $r_1 = 50$, по стандартной номограмме $l_1 = 15,3$; а по чешуе с хвостового стебля $l_2 = 16,8$; отсюда коэффициент пропорциональности:

$$l_1/l_2 = \frac{15,3}{16,8} = 0,91.$$

Определенную по другим (кроме стандартной) номограммам длину рыбы при соответствующем радиусе чешуи следует умножить на этот коэффициент. Полученный показатель длины соответствует таковому по номограмме для стандартной чешуи. В данном примере, при $r_1 = 50$, для стандартной чешуи $l_1 = 15,3$, для хвостовой $l_2 = 16,8$; коэффициент пропорциональности 0,91; при умножении получаем: $16,8 \cdot 0,91 = 15,3$.

С и н е ц. С помощью критерия несовпадения опытных кривых проведено сравнение соотношения роста тела и чешуи синца с разных

участков туловища. Несмотря на большие различия в радиусах рассмотренных чешуй (рис. 7, 8), существенных различий в характере их связи с ростом рыбы не обнаружено. Следовательно, нет причин отказываться от использования чешуи с разных участков чешуйного покрова. Однако при этом необходимо учитывать характер их роста, для чего и построены соответствующие номограммы.

По способу Чебышева получены формулы регрессии для построения номограмм следующего вида:

стандартная чешуя	$-0,5x^2 + 5,8x + 2,0;$
из-под брюшного плавника . . .	$-1,5x^2 + 16,6x - 14,8;$
из-под грудного плавника . . .	$-0,4x^2 + 6,6x - 18,6;$
с хвостового стебля	$-x^2 + 11,1x - 2,7;$
над анальным плавником	$-0,7x^2 + 9,1x - 0,5;$

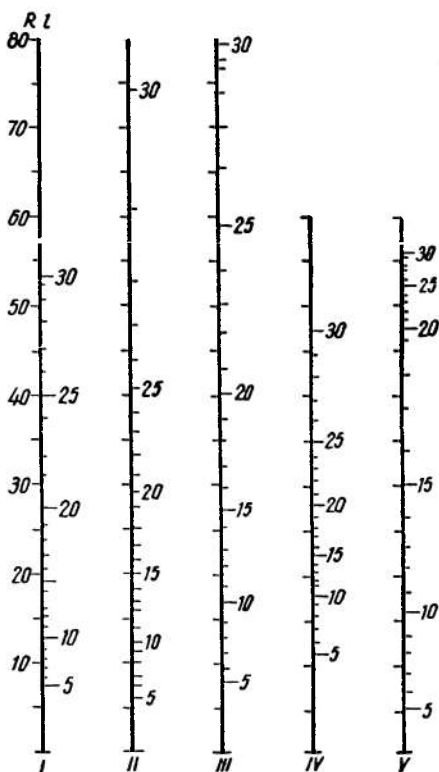


Рис. 9. Номограммы для реконструкции роста синца по чешуе с пяти участков тела (обозначения см. рис. 6; V — грудной отдел).

На основании формул выведены номограммы такого же типа, как для леща (рис. 9). С их помощью можно переводить данные, приравнивая их к стандартной чешуе, как это делалось для леща.

ВЫВОДЫ

1. Уже на первом году жизни у сеголетков в разных условиях обитания очень ярко выражены отличия соотношений роста чешуи и тела.
2. Наши данные подтверждают, что мальковое кольцо закладывается у тех видов рыб, которым свойственны резкие переходы в характере питания или других функций организма. Из рассмотренных видов мальковое кольцо наблюдается у хищников (щуки и окуня), у более эврибионтного (в смысле питания) вида — плотвы, оно отсутствует.
3. У чешуи с разных участков тела рыб различное строение, однако отличий в числе годовых колец на хорошо развитой чешуе не отмечено.
4. Для реконструкции роста леща и синца по чешуе с разных участков тела получены соответствующие формулы и номограммы.

ЛИТЕРАТУРА

- Брюзгин Л. В. 1959. О методах изучения роста рыб по чешуе, костям и отолитам. Автореф. дисс., Одесса.
- Его же. 1963. О методах изучения роста рыб по чешуе, костям и отолитам. *Вопр. ихтиол.*, 3, 2.
- Вовк Ф. И. 1955. О методике реконструкции роста рыб по чешуе. *Тр. ст. Борк*, 2.
- Длин А. М. 1958. Математическая статистика в технике. Госстатиздат.
- Лукни А. В. 1951. К методике определения темпа роста судака. *Тр. Тат. отд. ВНИОРХ*, 6.
- Чугунова Н. И. 1959. Методика изучения возраста и роста рыб. Изд-во АН СССР, М.
- Шентякова Л. Ф. 1959. Видовая специфика зависимости роста чешуи от роста рыбы. *Тез. докл. II Совещ. по примен. матем. в биол.*, Изд-во ЛГУ.
- Её же. 1961. Применение способа Чебышева к методике реконструкции роста рыб по чешуе. *Тр. Ин-та биол. водохр. АН СССР*, 4(7).
- Её же. 1964. Формулы и номограммы для реконструкции роста леща, плотвы и судака в разных водохранилищах. *Сб. «Примен. математ. в биол.»*, 3, ЛГУ.
- Её же. 1965. Проверка гипотезы о постоянстве соотношения роста чешуи и тела рыб математическими критериями. *Вопр. ихтиол.*
- Штейнфельд А. А. 1949. Густера Средней Волги и ее значение в рыбном хозяйстве. *Тр. Тат. отд. ВНИОРХ*, 5.
- Соорег Е. 1952. Body-scale relationship of brook-trout. *Salvelinus fontinalis* in Michigan. «*Copeia*», 1.

Поступила 27.VIII 1964 г.

SOME BIOLOGICAL AND TOPOGRAPHICAL PECULIARITIES OF FISH SCALES

L. F. SHENTYAKOVA

(Institute of Biology of Internal Waters, Academy of Sciences of the USSR, Borok)

Summary

Under different habitat conditions the growth ratios of the fish scales and body differ even during the first year. It was found that the alevine ring forms in fish subjected to a sharp change in diet.

The number of annual rings on the scale is the same at various points of the fish body. On this basis special nomograms are proposed for the reconstruction of fish growth by the scales taken from areas of the body which are most frequently preserved after the catch, even in fish with easily shed scales.