

УДК 597.562+597—14+597—1.05(261.26)

**МОРФО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ  
ОСОБЕННОСТИ СОЗРЕВАНИЯ САИДЫ  
(*Pollachius virens* L.) СЕВЕРНОГО МОРЯ****А. Я. Сторожук**

В последнее время уделяется большое внимание исследованиям зависимости между обменом веществ у рыб и функционированием их репродуктивной системы. Установлено, что периоду их созревания соответствуют резкие изменения в метаболических процессах, прежде всего это касается белкового роста, жиронакопления и соотношения этих процессов (Кривобок, Тарковская, 1957; Шульман, 1972; Лапин, 1973 и др.).

В период полового созревания в организме рыб накапливается определенное количество веществ, в первую очередь липидов, которые, являясь одновременно и пластическим материалом и энергетическим источником, интенсивно используются в ходе генеративного обмена. Особенности липидного обмена в значительной степени определяют характер созревания рыб и время вступления их в нерестовое стадо (Кривобок, Тарковская, 1957; Шатуновский, Белянина, 1967).

Физиолого-биохимические сдвиги в организме созревающих рыб сказываются на состоянии печени, занимающей главное место в промежуточном обмене веществ; меняется также состав крови, выполняющей интегрирующую функцию в организме (Шварц и др., 1968; Шатуновский и др., 1972; Лапин, 1973). В процессе метаболизма рыб изменяется также масса органов и некоторых остеологических структур рыбы, в частности, отолитов (Кривобок, Шатуновский, 1976; Templeman, Squires, 1956). Рыбы созревают под контролем гормональной системы: усиливается метаболическая активность и увеличивается масса некоторых желез внутренней секреции, например, гипофиза (Моисеева, 1972).

Знание физиолого-биохимических изменений в организме рыб в период созревания позволяет в ряде случаев задолго до нереста прогнозировать величину пополнения нерестового стада — важнейшего элемента динамики численности популяции.

Материал собирали в течение 1971—1974 гг. в северной части Северного моря, в районе банки Викинг и Норвежского желоба на научно-исследовательских судах типа СРТМ, а также на производственных рефрижераторах и плавбазах «Запрыбы».

В море проводили полный биологический анализ рыб: определяли зоологическую длину, общую массу и массу рыбы без внутренностей (порка), массу печени и гонад, пол, стадии зрелости половых продуктов (шестибалльная шкала), наполнение желудочно-кишечного тракта (пятибалльная шкала).

В лабораторных условиях отолиты взвешивали (с точностью  $\pm 1$  мг) на торсионных весах. Масса отолитов определена как полусумма весов левого и правого отолитов. По отолитам изучали возраст рыб.

На аналитических весах (с точностью  $\pm 0,1$  мг) были взвешены гипофизы сайды, которые после их извлечения у рыб в море сразу же фиксировались чистым ацетоном по Т. М. Фалеевой (1968).

Был применен метод морфо-физиологических индикаторов (Шварц и др., 1968). Для оценки физиологического состояния особей сайды использовали индекс печени — отношение массы печени к массе порки, гонадосоматический индекс или коэффициент зрелости — отношение массы гонад к массе порки, коэффициенты упитанности по Кларк и Фультону, удельное содержание липидов в организме — отношение абсолютного содержания липидов печени к массе порки. При обозначении последнего показателя исходили из того, что печень сайды содержит свыше 90% всех липидов организма.

На биохимический анализ у только что пойманных рыб брали кусочки белых мышц (под дорзальным плавником) и печени (2—3 г). Навеску измельчали, помещали в пузырьки из-под пенициллина емкостью 20 мл, и заливали смесью хлороформ-метанола. Сляпки закрывали сначала тефлоновыми, а сверху металлическими пробками, края которой загибали пинцетом. До обработки такие пробы хранили в холодильнике.

Количество липидов определяли методом Фолча (Folch et al., 1957; Шатуновский и др., 1972; Лапин, 1973).

Обезжиренный белковый остаток и содержащийся в воднометаноловой фазе обезжиренный безбелковый остаток доводили до постоянной массы высушиванием при температуре плюс 105°С. Сумма этих величин составляла сухой обезжиренный остаток. Поскольку в теле рыб сухой обезжиренный остаток более чем на 90% состоит из белка, а, кроме того, между их содержанием существует высокая положительная корреляция  $r = +0,90$  (Миндер, 1967) в дальнейшем будем употреблять термин «белок» как синоним сухого обезжиренного остатка.

Концентрацию гемоглобина в крови определяли при помощи гемометра Сали.

Весь материал обработан статистически на ЭВМ «Минск-32» по программе корреляционно-регрессионного анализа. Отдельные параметры вычислены по алгоритмам, приведенным у Н. А. Плохинского (1967).

Физиологическое состояние сайды в значительной степени изменяется на протяжении годового цикла (Сторожук, 1975). Поскольку характер этих изменений неодинаков у неполовозрелых и половозрелых особей, исследовали физиологическое состояние тех и других помесечно.

**В августе** продолжается интенсивный нагул сайды. Величина жиронакопления, если судить по индексу печени, возрастает у особей обоих полов в интервале от трех до восьми лет (рис. 1). Этот показатель рез-

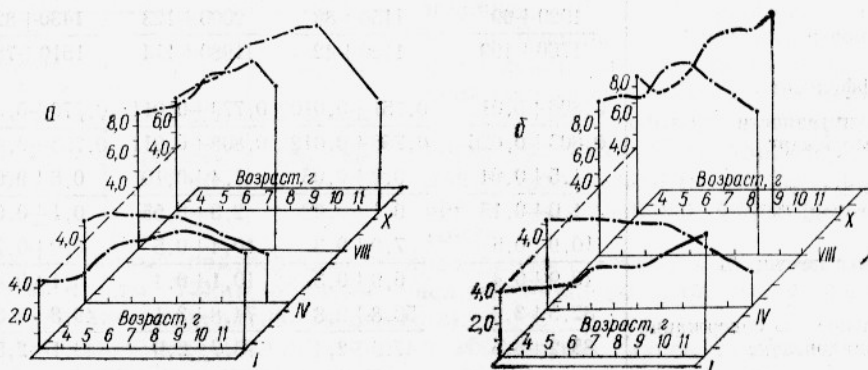


Рис. 1. Изменения индекса печени у самок (а) и самцов (б) сайды разного возраста по месяцам (римские цифры)

ко увеличивается у пятилетней сайды, т. е. у той возрастной группы, которая, по данным Рейнша (Reinsch, 1968), на 70% состоит из половозрелых особей.

Известно, что у рыб после наступления половой зрелости жиронакопление преобладает над белковым ростом (Шульман, 1972). Такая особенность в соотношении этих процессов вызвана с одной стороны тем, что интенсивный белковый рост и накопление липидов разобщены, поскольку энергия синтеза белковых структур поставляется в результате окисления самих липидов; с другой стороны показано, что гормоны роста, положительно влияя на белковый прирост, ускоряют диссимиляцию липидов и замедляют их синтез (Brown, 1957).

Таким образом, более высокие показатели индекса печени у половозрелой сайды по сравнению с неполовозрелой вызваны началом жиронакопления у взрослых особей. У молодых рыб продолжается интенсивный белковый рост.

Относительное содержание белка в мышцах неполовозрелых самцов было ниже, чем у половозрелых; у самок аналогичных различий не обнаружено.

**Октябрь—ноябрь.** Поскольку у половозрелой сайды данной популяции в весенне-летний период интенсивно накапливаются энергетические резервы и только после этого происходит довольно быстрый гонадогенез, именно осенью четко различаются величины накопленных резервов у неполовозрелых и созревающих рыб. А так как для осуществления вителлогенеза и сперматогенеза на заключительных стадиях требуются большие энергетические и пластические затраты, то естественно, что содержание липидов в организме половозрелой сайды в это время выше, чем у молодых неполовозрелых рыб (см. рис. 1).

Таблица 1

Некоторые показатели сайды в октябре

Показатели	Четырехлетки		Пятилетки	
	созревающие	несозревающие	созревающие	несозревающие
Длина рыб, см	$62,4 \pm 1,1$	$53,5 \pm 1,1$	$63,1 \pm 1,4$	$56,6 \pm 1,1$
	$60,3 \pm 2,4$	$52,4 \pm 0,6$	$62,2 \pm 1,3$	$58,3 \pm 1,0$
Масса, г	$2240 \pm 99$	$1360 \pm 92$	$2370 \pm 150$	$1620 \pm 103$
	$2040 \pm 230$	$1250 \pm 48$	$2320 \pm 140$	$1710 \pm 90$
порки	$1920 \pm 99$	$1150 \pm 88$	$2000 \pm 123$	$1430 \pm 82$
	$1760 \pm 199$	$1100 \pm 42$	$1980 \pm 114$	$1510 \pm 78$
Коэффициент улитанности по Кларк	$0,806 \pm 0,013$	$0,751 \pm 0,010$	$0,779 \pm 0,011$	$0,770 \pm 0,010$
	$0,803 \pm 0,026$	$0,756 \pm 0,012$	$0,808 \pm 0,011$	$0,753 \pm 0,007$
зрелости гонад, %	$1,5 \pm 0,04$	$0,2 \pm 0,05$	$1,4 \pm 0,10$	$0,6 \pm 0,03$
	$1,0 \pm 0,15$	$0,1 \pm 0,02$	$2,3 \pm 0,55$	$0,1 \pm 0,01$
Индекс печени, %	$10,9 \pm 0,5$	$7,0 \pm 0,3$	$10,4 \pm 0,5$	$6,9 \pm 0,7$
	$10,9 \pm 0,4$	$6,9 \pm 0,3$	$10,1 \pm 0,4$	$6,1 \pm 0,4$
Удельное содержание липидов, г/кг	$82,5 \pm 3,9$	$50,8 \pm 2,8$	$74,8 \pm 3,1$	$49,8 \pm 2,3$
	$85,2 \pm 3,5$	$47,9 \pm 2,4$	$75,7 \pm 2,9$	$43,1 \pm 2,5$

Примечание. Здесь и в табл. 3 в дробях: числитель — самцы; знаменатель — самки.

Значения коэффициентов вариации индекса печени высоки как у самцов, так и у самок в возрасте 4+, 5+, (у особей в возрасте 4+, 5+  $C.V.=32\%$ ; против 16—24% у остальных рыб). Эта особенность говорит о неоднородности рассматриваемых групп, очевидно, объединяющих созревающих и несозревающих рыб. Каждая из этих возрастных групп была ранжирована по самцам и самкам и разделена на созревающих и несозревающих с использованием коэффициента зрелости. В сомнительных случаях при относительном весе гонад свыше 0,7 у самок и 0,3% у самцов считали рыб созревающими.

Созревающие рыбы характеризовались более высокими показателями индекса печени и удельного содержания липидов (табл. 1). По этим индикаторам с наибольшей степенью вероятности можно дифференцировать осенью сайд одного поколения на созревающих и несозревающих. Коэффициенты упитанности, средняя общая масса, масса порки и длина также были более высокими, т. е. созреванию сайды предшествует накопление определенного количества липидов в организме (75—80 г липидов/кг массы порки); в одном поколении раньше достигают половой зрелости наиболее крупные особи повышенной упитанности, что отмечено и для рыб других видов (Кривобок, Тарковская, 1957; Шатуновский, Белянина, 1967). Более того, взаимосвязь этих признаков показательна и для популяции в целом, регулируя динамику численности вида (Никольский, 1974).

**Январь.** В преднерестовый период сохраняются более высокие величины индекса печени, удельного содержания липидов, относительного содержания белка в мышцах у половозрелых рыб одного возраста с неполовозрелыми (рис. 1 и 2).

Для январских проб сайды были вычислены уравнения линий регрессии массы отолитов на массу порки у зрелых и неполовозрелых рыб типа  $y=A+Bx$ , (где  $y$  — масса отолитов;  $x$  — масса порки рыбы) для неполовозрелых рыб  $y=166,9+0,050x$ , для половозрелых  $y=195,6+0,051x$ .

Линии регрессий не различаются по угловому коэффициенту ( $B$ ), т. е. прямые параллельны (рис. 3); однако были найдены достоверные различия ( $P<0,01$ ) по величине  $A$  (табл. 2), т. е. масса отолитов у зрелой сайды выше, чем у неполовозрелой при одной и той же массе тела. Это согласуется с результатами исследований Темплемана и Сквайрса (Templeman, Squires, 1956), показавших увеличение относительной массы отолитов у зрелых рыб по сравнению с неполовозрелыми.

Таблица 2

Результаты сравнения линий регрессии массы порки на массу отолитов и массы порки на массу гипофиза у половозрелой и неполовозрелой сайды в январе

Объект исследования	$t_{B_1-B_2}$	$t_{A_1-A_2}$
Отолиты	$0,07 < t_{05}$	$6,58 > t_{001}$
Гипофиз	$3,16 > t_{01}$	—

Наши данные подтверждают справедливость этого вывода и в отношении сайды. Таким образом, увеличение массы отолитов у зрелой сайды связано с генеративным обменом.

Неодинаковыми были в январе и абсолютные массы ацетонированных гипофизов у неполовозрелой и зрелой сайды одинаковой массы. При сравнении прямолинейных регрессий «масса гипофиза — масса порки» (неполовозрелые:  $y=0,421+0,0008x$ ; половозрелые:  $y=0,171+$

относительной массы отолитов у зрелых рыб по сравнению с неполовозрелыми. Более детально этот вопрос был изучен на балтийской треске М. Н. Кривобок и М. И. Шатуновским (1976), которые показали, что в течение года у половозрелой балтийской трески масса отолитов увеличивается дважды: в период интенсивного весового и линейного роста организма, что характерно и для неполовозрелых особей, и во время интенсивного формирования гонад.

+0,0010x, где  $y$  — масса гипофизов,  $x$  — масса порки) были найдены достоверные различия ( $P < 0,01$ ) по угловому коэффициенту (см. рис. 3, табл. 2), т. е. абсолютная масса ацетонированных гипофизов у зрелой сайды выше, чем у неполовозрелой, при одинаковой массе.

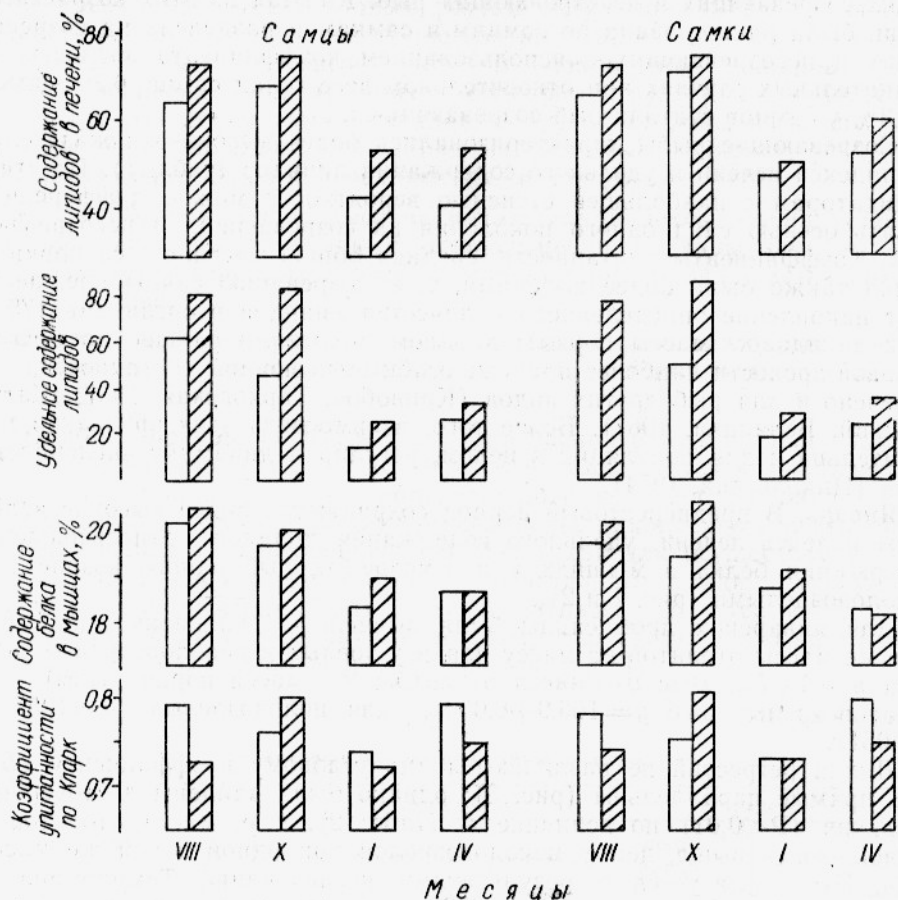


Рис. 2. Некоторые физиолого-биохимические показатели неполовозрелых (незаштрихованные столбики) и половозрелых (заштрихованные столбики) особой сайды четырех—шести лет в разные месяцы (слева — самцы, справа — самки)

Увеличение массы гипофиза у зрелой сайды с полностью сформированными гонадами (IV стадия зрелости), очевидно, обусловлено повышением его активности в связи с гонадотропной функцией. Как было показано на рыбах других видов, гонадотропная активность гипофиза половозрелых рыб достигает максимума на IV, IV—V стадии зрелости гонад (Моисеева, 1972).

**Весной (март, апрель)**, как правило, величины индекса печени, коэффициентов упитанности, относительного содержания белка в мышцах у неполовозрелых особей выше, чем у половозрелых (см. рис. 1 и 2, табл. 3), что объясняется истощением отнерестившихся рыб и увеличением интенсивности питания молодых, успевших в какой-то мере восполнить потери организма после зимовки. В зависимости от продолжительности нереста половозрелой сайды, времени начала вегетационного периода для молодых рыб, физиологического состояния тех и других осенью, после окончания нагула, и других факторов, различие между неполовозрелыми и половозрелыми рыбами одного возраста может быть больше или меньше. Так, в середине апреля 1973 г. индекс пе-

чени, относительное содержание белка в мышцах, коэффициенты упитанности у половозрелых и неполовозрелых рыб близких возрастов различались мало; а в середине апреля 1971 г. у неполовозрелых рыб эти показатели были гораздо выше, чем у половозрелых (относительное содержание белка в мышцах у самок  $P < 0,05$ , у самцов  $< 0,001$ ; коэффициент упитанности по Кларку: самок и самцов  $< 0,05$ ; индекс печени у самок  $< 0,01$ , у самцов  $< 0,05$ ).

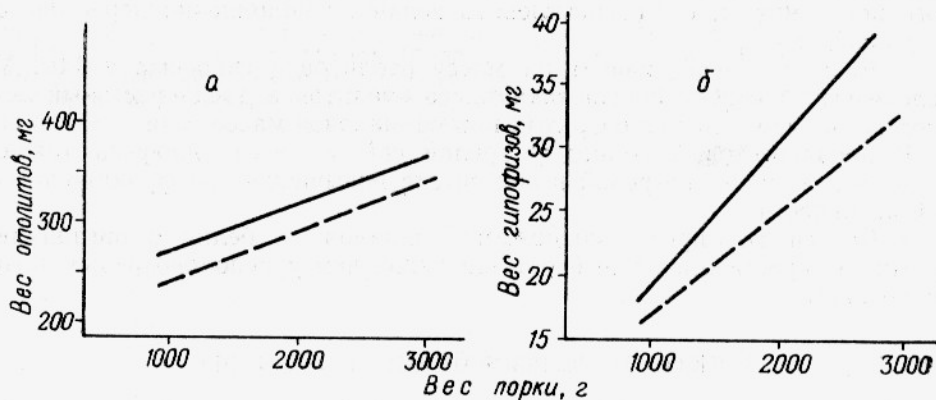


Рис. 3. Линии регрессий «масса отолифов — масса порки» (А), «масса гипофизов — масса порки» (Б) у половозрелой (—) и неполовозрелой (---) сайды

Весной интенсивность обмена, если судить по гемоглобину крови, выше у отнерестившейся сайды. Так, концентрация гемоглобина у половозрелых рыб в апреле 1971 г. была больше, чем у неполовозрелых того же возраста, как у самок ( $P < 0,01$ ), так и у самцов ( $P < 0,05$ ) и заметно увеличивалась с возрастом (табл. 3).

Таблица 3

Некоторые показатели сайды разного возраста в середине апреля 1971 г.

Возраст, годы	Содержание белка в мышцах, %	Коэффициент упитанности по Кларку	Индекс печени	Концентрация гемоглобина в крови, г, %
Неполовозрелые				
4	$18,93 \pm 0,46$ (4)	$0,783 \pm 0,011$ (14)	$7,04 \pm 0,24$ (14)	$6,5 \pm 0,40$ (4)
	$19,58 \pm 0,10$ (3)	$0,773 \pm 0,009$ (14)	$7,56 \pm 0,50$ (14)	—
5	$19,23 \pm 0,25$ (12)	$0,771 \pm 0,030$ (20)	$6,75 \pm 0,31$ (20)	$6,9 \pm 0,26$ (10)
	$18,72 \pm 0,27$ (6)	$0,748 \pm 0,010$ (21)	$6,46 \pm 0,48$ (21)	$6,7 \pm 0,36$ (5)
Половозрелые				
5	$18,46 \pm 0,16$ (9)	$0,736 \pm 0,024$ (9)	$5,10 \pm 0,46$ (9)	$8,5 \pm 0,62$ (9)
	$18,67 \pm 0,28$ (8)	$0,705 \pm 0,021$ (12)	$5,15 \pm 0,43$ (12)	$8,4 \pm 0,13$ (5)
6	$18,40 \pm 0,40$ (6)	$0,706 \pm 0,014$ (7)	$5,08 \pm 0,77$ (7)	$8,6 \pm 0,54$ (6)
	$18,35 \pm 0,18$ (15)	$0,693 \pm 0,010$ (16)	$4,91 \pm 0,35$ (16)	$8,3 \pm 0,62$ (9)
7	$18,65 \pm 0,24$ (9)	$0,695 \pm 0,021$ (12)	$5,53 \pm 0,59$ (12)	$9,7 \pm 0,60$ (6)
	$17,75 \pm 0,24$ (14)	$0,681 \pm 0,008$ (15)	$6,39 \pm 0,30$ (15)	$8,8 \pm 0,13$ (6)
8	$18,54 \pm 0,33$ (9)	$0,660 \pm 0,013$ (10)	$6,11 \pm 0,34$ (10)	$9,5 \pm 0,45$ (7)
	$17,30 \pm 0,37$ (3)	$0,649 \pm 0,017$ (3)	$6,61 \pm 0,54$ (3)	$9,3 \pm 0,36$ (3)
9	$17,18 \pm 0,30$ (2)	$0,646 \pm 0,016$ (2)	$4,78 \pm 0,56$ (2)	$9,8 \pm 0,30$ (2)

Примечание. В скобках — число исследованных рыб.

## ВЫВОДЫ

1. Созревание североморской сайды характеризуется резкими физиолого-биохимическими изменениями в организме. Наступлению половой зрелости предшествует создание в организме определенных резервов липидов и белка. Содержание липидов составляет 75—80 г/кг массы порки, что позволяет по индексу печени за несколько месяцев до нереста дифференцировать впервые созревающих и несозревающих рыб одного поколения, т. е. прогнозировать величину пополнения нерестового стада сайды.

2. Развитие гонад влияет на массу отолитов и гипофиза сайды. У половозрелых особей абсолютная масса отолитов в преднерестовый период выше, чем у неполовозрелых при одинаковой массе тела.

В преднерестовый период у зрелой сайды масса гипофиза также выше, чем у неполовозрелой в результате повышения его функциональной активности.

3. Весной (в апреле) содержание липидов и белка в организме зрелых отнерестившихся рыб обычно ниже, чем у неполовозрелых того же возраста.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Кривобок М. Н., Тарковская О. И. Связь между созреванием половых продуктов салаки и количеством жира в ее теле. Труды Латв. отд. ВНИРО, 1957, вып. 11, Рига, с. 301—316.
- Кривобок М. Н., Шатуновский М. И. Влияние созревания половых желез балтийской трески на весовой рост ее отолитов. «Вопр. ихтиол.», 1976, т. 16, вып. 3 (98), с. 451—459.
- Лапин В. И. Сезонные изменения биохимического состава органов и тканей речной камбалы (*Platichthys flesus* L.) Белого моря. «Вопр. ихтиол.», 1973, т. 13, вып. 2 (79), с. 313—327.
- Миндер Л. П. Оводненность тканей рыбы и ее влияние на гастрономические и технологические свойства рыбы-сырца. Труды ПИПРО, 1967, вып. 22, с. 5—38.
- Моисеева Е. Б. Морфо-физиологическая характеристика гипофиза бычка-кругляка (*Gobius melanostomus* Poll.) в связи с репродуктивным циклом. Архив. анат., гистол. и эмбриол., 1969, т. 56, № 3, с. 89—96.
- Моисеева Е. Б. Изменение веса гипофиза как показателя его функционального состояния на разных этапах полового цикла бычка-кругляка (*Gobius melanostomus* Pall.). «Вопр. ихтиол.», 1972, т. 12, вып. 5 (76), с. 875—879.
- Никольский Г. В. Теория динамики стада рыб. М., Пищепромиздат, 1974, 447 с.
- Плохинский Н. А. Алгоритмы биометрии. М., изд-во МГУ, 1967, 81 с.
- Сторожук А. Я. Сезонная динамика физиолого-биохимического состояния сайды (*Pollachius virens* L.) Северного моря. Труды ВНИРО, 1975, т. 96, с. 114—120.
- Фалеева Т. И. Методические указания по сбору и обработке гипофизов рыб, как препарата для гипофизарных инъекций. М., 1968, 16 с.
- Шатуновский М. И., Беянина Т. Н. Созревание и плодовитость рыб в пределах поколения в связи с их физиологической неоднородностью. В сб. «Обмен веществ и биохимия рыб». М., «Наука», 1967, с. 38—44.
- Шатуновский М. И., Богоявленская М. П., Шевченко В. В. Методы анализа липидов рыб. В сб. «Методика морфо-физиологических и биохимических исследований рыб». М., ВНИРО, 1972, с. 51—62.
- Шварц С. С., Смирнов С. А., Добринский Л. Н. Метод морфо-физиологических индикаторов в экологии позвоночных. Труды ин-та экологии растений и животн., 1968, УФ АН СССР, т. 58, 387 с.
- Шульман Г. Е. Физиолого-биохимические особенности годовых циклов рыб. М., изд-во «Пищевая пром-сть», 1972, 368 с.
- Brown, M. E. (Editor). Physiology of fishes. N. Y. Acad. Press, v. 1, 1957, 447 p., v. 2, 526 p.
- Folch, J., M. Lees, S. G. H. Stanley. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem., v. 226, No. 1, 1957, p.p. 498—509.
- Reinsch, H. H. Der Eintritt der Geschlechtsreife beim Köhler *Pollachius virens* (L.). Ber. Dt. Wiss. Komm. Heer. XIX, 4, 1968, pp. 259—269.
- Templeman, W., A. Squyres. Relationship of otolith length and weight in the haddock (*Melanogrammus aeglefinus* L.) to the rate of growth of fish. J. Fish. Res. Bd. Canada, v. 13, No. 4, 1956, pp. 467—487.

SUMMARY

Prior to maturation which is attained at the age of 4—6 years sharp changes occur in the physiological and biochemical condition of the saithe, particularly in the lipid metabolism, e. g. the accumulation amounts to 75—80 g of lipids/kg of the weight of an eviscerated body. In mature specimens the weights of pituitary glands and otoliths are higher in the prespawning period than in immature fish. In mature specimens the metabolic level is also higher if the haemoglobin value in the blood is taken as an index.