

УДК 597—11 : 597—105 : 597.562(261.26)

**СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКОГО  
СОСТОЯНИЯ САЙДЫ *POLLACHIUS VIRENS* (L.)  
СЕВЕРНОГО МОРЯ****А. Я. Сторожук**

Вылов североморской сайды в Северном море за последние годы возрос. Однако эта ценная в пищевом отношении рыба изучена еще далеко не достаточно.

Дифференцировка локальных популяций сайды, изучение миграций и распределение отдельных возрастных групп, характер созревания, определение общей смертности, оценка численности отдельных стад, изучение размерного и возрастного состава популяций освещались в периодической печати (Polonski, Golubjatnikova, 1970, Ciwlewiez, Draganic, 1959; Reinsch, 1968). Однако информация о химическом составе тканей, динамике сезонных изменений этих показателей крайне бедна и носит в основном технологический характер (Миндер, Миндер, 1967; Braekkan, Voge, 1965).

Между тем в последнее время изучение сезонной изменчивости физиолого-биохимического состояния рыб углубилось как в нашей стране, так и за рубежом (Кривобок, 1964; Шатуновский, 1971; Шульман, 1972; Hardy, Keay, 1972; Love, 1970 и др.).

Основная цель предлагаемой работы — исследование некоторых особенностей жирового и белкового обменов североморской сайды в процессе репродукционного цикла.

Материал был собран в северной части Северного моря, в районе Шетландских островов, Викинг-банки и Норвежского желоба, на научно-поисковых судах, производственных рефрижераторах и плавбазах Запрыбы. Сборы осуществлялись в основные периоды сезонного цикла половозрелой сайды: апрель 1971 и 1973 гг., январь — февраль 1972 г., июль — август 1972 г., октябрь — ноябрь 1971 г.

В море проводился полный биологический анализ рыб: измерение зоологической длины, общей массы рыбы, массы рыбы без внутреннихостей (тушка), массы печени и гонад, стадии зрелости (6-балльная шкала), наполненности желудка (5-балльная шкала), определение возраста. Брали навески белых мышц под дорзальным плавником, печени и гонад массой 3 г, переносили в пузырьки из-под пенициллина емкостью 15—20 мл, измельчали и заливали смесью хлороформ-метанола (2:1). Количественное определение жира проводилось методом Фолча (Folch, Lees, Stanley, 1957), модернизированным В. И. Лапиным и Е. Г. Черновой (1970). Обезжиренный сухой остаток (белок), как и обезжиренный безбелковый остаток, т. е. содержимое водно-метаноловой фазы, определяли после высушивания при температуре 105°С.

В данную работу включены результаты биологического анализа на 500 рыбах, биохимического анализа на 300 пробах; все рыбы были половозрелыми в возрасте 7—8 лет; материал обработан статистически (Плохинский, 1961).

Сайда *Pollachius virens* (L.) — полупелагическая рыб семейства тресковых. В Северо-Восточной Атлантике имеется несколько частично изолированных популяций этого вида, о чем свидетельствуют различия в форме отолитов, в темпе роста (Ciwlewiez, Draganik, 1959). Однако результатами мечения было установлено, что существует миграция и эмиграция рыб в пределах этих популяций. Северное море — ареал одной из таких популяций, и, исходя из биологической концепции вида, есть основания считать североморскую сайду территориально симпатрической популяцией политипического вида.

В нашем случае фактор смешивания популяций, видимо, не окажет существенного влияния на уровень физиолого-биохимических параметров. Наши методы изучения сезонной динамики физиолого-биохимического состояния сайды, очевидно, могут быть использованы и при изучении структуры вида, т. е. дифференцировки отдельных популяций.

Повлиять на уровень изучаемых показателей мог фактор массовой зараженности печени сайды личинками нематод (*Contracaecum* sp.). Нематодоз печени балтийской трески приводит к уменьшению упитанности тела и массы печени (Шульман, 1948); снижается содержание сывороточных белков и липопротеидов в крови (Ипатов, 1973). Уровень патологических изменений, естественно, связан со степенью инвазии. Так, С. С. Шульман (1948) указывает на значительную деградацию печени трески в случае высокой зараженности личинками нематод. Чтобы избежать воздействия этого фактора, мы отбраковывали экстремальные случаи нематозов печени исследуемых рыб, поскольку получить совершенно чистые экземпляры в условиях массовой зараженности было невозможно.

Таким образом, изучались особи сайды со сходной степенью инвазии, что позволяет предполагать идентичный уровень воздействия этого фактора на физиолого-биохимическое состояние изучаемого объекта.

Изменения исследованных показателей для половозрелых особей связаны с генеративным циклом, поэтому физиолого-биохимическое состояние североморской сайды мы изучали по стадиям зрелости, которые, естественно, приурочены к определенным сезонам года. Начато изучение с VI—II стадии, т. е. с начала интенсивного нагула. На этой стадии, продолжающейся с апреля по май, гонады как самцов, так и самок находятся в состоянии относительного покоя.

Существенные изменения происходят в печени — органе, ответственном за синтез и ресинтез органических соединений. Этот период характеризуется ее повышенной активностью. Кроме того, у тресковых, в том числе у сайды, печень выполняет функцию основного жирового депо. За время нагула содержание жира в печени значительно увеличивается. Самцы сайды после нереста, т. е. к началу стадии VI—II истощены больше, чем самки (см. таблицу). Содержание жира в печени самцов в это время составляет 55,3%, самок — 59,6%, а усредненное абсолютное содержание жира в печени у самцов — 67,5 г, у самок — 91,8 г. На II стадии зрелости, т. е. в августе, эти показатели равны соответственно 75,7%, 221 г и 71,5%, 187,3 г; следовательно, процессы, связанные с ассимиляцией энергетических резервов в нагульный период, у самцов активнее, чем у самок. Показатель «индекс печени» (масса печени в процентах к массе тушки) с большой точностью отражает количественную сторону сложных метаболических процессов в печени.

## Сезонная динамика физиолого-биохимических показателей сайды Северного моря

Показатели	Стадии зрелости гонад			
	VI—II	II	II—III, III	IV
	апрель	август	октябрь— ноябрь	январь— февраль
Индекс печени, % от массы тушки	5,97 4,86	11,32 12,34	11,18 11,57	8,62 6,48
Коэффициент зрелости гонад, % от массы тушки	1,16	0,87	2,41	17,70
	0,68	0,27	5,02	16,60
Коэффициент упитанности (по Кларку)	6,86	7,22	7,29	6,90
	7,09	7,16	7,36	7,12
Содержание жира в сыром веществе, %				
мышцы	0,86 (8)	1,06 (10)	1,22 (6)	0,83 (12)
	0,95 (6)	1,12 (9)	1,03 (8)	0,88 (5)
печень	59,61 (7)	71,51 (9)	71,44 (8)	56,88 (12)
	55,32 (7)	75,67 (8)	72,88 (9)	66,33 (5)
гонады	1,19 (7)	1,61 (5)	1,91 (7)	4,19 (10)
	2,02 (6)	2,17 (6)	2,32 (6)	2,83 (6)
Содержание обезжиренного сухого остатка в сыром веществе, %				
мышцы	16,25 (8)	19,16 (8)	19,06 (6)	17,31 (13)
	16,69 (7)	19,11 (9)	18,60 (6)	17,69 (5)
печень	8,42 (7)	6,95 (10)	7,85 (8)	9,69 (12)
	9,00 (6)	6,89 (9)	8,09 (11)	7,66 (5)
гонады	14,36 (8)	14,89 (6)	15,21 (6)	25,36 (8)
	13,08 (8)	14,87 (9)	14,90 (5)	11,98 (6)
Содержание обезжиренного безбелкового сухого остатка в сыром веществе, %				
мышцы	1,50 (7)	1,27 (8)	1,06 (5)	1,50 (12)
	1,82 (4)	1,40 (8)	1,21 (6)	1,25 (4)
печень	0,91 (7)	0,76 (4)	1,16 (4)	0,82 (10)
	1,09 (8)	0,65 (8)	1,04 (4)	0,74 (4)
гонады	0,99 (4)	1,09 (5)	0,87 (3)	0,93 (9)
	1,15 (6)	1,26 (7)	1,11 (4)	1,22 (6)
Содержание влаги, %				
мышцы	81,39 (7)	78,51 (8)	78,66 (6)	80,36 (12)
	80,54 (4)	78,37 (8)	79,16 (6)	80,18 (4)
печень	31,06 (7)	20,78 (4)	19,55 (4)	32,61 (10)
	34,59 (7)	16,79 (8)	17,99 (4)	25,27 (4)
гонады	83,46 (4)	82,41 (5)	82,01 (3)	69,52 (9)
	83,75 (6)	81,70 (7)	81,67 (4)	83,97 (6)

Примечания. 1. В скобках указано число определений. 2. В числителе — самки; в знаменателе — самцы.

Индекс печени достаточно хорошо соответствует ее жирности, корреляционное отношение этой связи ( $\eta$ ) довольно велико +0,88. Легкость получения этого показателя и трудность определения процентного содержания жира повышает ценность этого теста.

Средние максимальные значения индексов печени у тресковых рыб Северного моря равны: у сайды 11%, у пикши 8%, у мерланга 10%, т. е. у сайды самый высокий. По-видимому, это можно объяснить особенностью биологии сайды как полупелагического вида, который в отличие от пикши и мерланга совершает значительные миграции, занимая промежуточное положение между донными и пелагическими рыбами. Если у пелагических рыб запасы веществ, необходимых для повышенного энергетического обмена, накапливаются, кроме печени, в миоцентах мышц, в полости тела, подкожной клетчатке, то у сайды, увеличивается емкость традиционного жирового депо, т. е. печени. Таким образом, повышенное содержание жира и большие размеры печени, видимо, связаны с приспособлением сайды к полупелагическому образу жизни.

Дальнейшие изменения в печени в ходе генеративного цикла как для самок, так и для самцов вызваны уменьшением жирности печени и ее индекса. К концу октября — началу ноября (III, III—IV стадии у самцов и II—III, III у самок) жирность печени у самцов составляет 72,9%, индекс 11,5, а у самок 71,4 и 11,2 соответственно. Таким образом, содержание жира в печени к этому периоду по сравнению с августом у самцов уменьшилось на 2,8%, а у самок всего на 0,1% вследствие ускоренного созревания самцов сайды. Аналогичное явление отмечено для самцов других видов рыб (Никольский, 1965; Белянина, 1966; Лапин, 1973).

Зимой сайда питается слабо, и энергетические траты на общий обмен происходят за счет эндогенных источников, главным образом жировых запасов печени, что и вызывает уменьшение жирности и индекса печени самцов и самок.

В нерестовый период снижение жирности и индекса печени сайды связано в основном с энергетическими тратами на нерест, причем у самцов сайды энергетические затраты в это время значительно выше, чем у самок. Для самцов сайды посленерестового периода индекс печени составляет 4,86, жирность 55,32%, у самок 5,97 и 59,61% соответственно.

Сходную картину наблюдали исследователи для других видов рыб (Белянина, 1966; Шатуновский, 1971; Лапин, 1973).

Изменение процентного содержания обезжиренного сухого остатка (белка) печени в общем не совпадает с динамикой содержания жира. Так, процент белка печени увеличивается в ходе созревания гонад, а процент жира падает и, наоборот, наблюдается уменьшение процентного содержания белка при увеличении жирности печени. Однако не всегда динамика процентных показателей соответствует динамике абсолютного содержания какого-либо вещества в органе или ткани рыбы. Так, при уменьшении процентного содержания белка в печени с 9 до 6,9% у самцов и с 8,4 до 6,9% у самок, абсолютное содержание белка в этот период увеличивается у самцов с 10,1 до 20,1 г и у самок с 13 до 18,2 г. В нашем случае значительное увеличение жирности печени нивелирует процесс синтеза в ней белка.

Обезжиренный безбелковый остаток печени в течение года у обоих полов изменяется незначительно (в пределах 0,5%), а средние значения равны: у самцов 0,88%, у самок 0,91%.

Сезонная динамика процента влаги в печени, учитывая незначи-

тельные колебания белка и обезжиренного безбелкового остатка, отражает динамику содержания жира печени.

Сайда — тощая рыба, жирность мышц таких рыб не превышает 2%. Литературные данные по процентному содержанию жира в мышцах сайды, полученные в результате экстракции жира в аппаратах Сокслета серным эфиром, несколько ниже наших, как впрочем и по другим видам тканей, поскольку мы экстрагировали жир смесью хлороформ — метанол (2 : 1).

Сезонные колебания жирности мышц самцов и самок незначительны. Максимум содержания жира наблюдается в августе (у самцов 1,12%, у самок 1,06%), минимум в апреле, после нереста (у самцов 0,88%, у самок 0,83%). Больше колеблется содержание сухого обезжиренного остатка. Минимум наблюдается в апреле (у самцов 16,7%, у самок 16,2%). По окончании нагула эти величины возрастают соответственно до 19,7 и 19,2%. Потери сухого обезжиренного остатка в мышцах сайды после нереста составляют в среднем 2,5%. Учитывая незначительные колебания содержания гликогена и золы, которые являются частью этого остатка, можно утверждать, что уменьшение массы связано в основном с белком мышц. В этот период жизни рыбы крайне истощены, поскольку на энергетические траты используются не только запасные резервы, но и наиболее стабильные органические соединения — белки. В это время особенно у рыб старших возрастных групп в тканях могут происходить необратимые изменения, усиливаются процессы катаболизма, приводящие к естественной смертности.

Остановимся на одном из важных вопросов биологии вида — воспроизводстве — и попытаемся показать физиолого-биохимические изменения в гонадах сайды в ходе генеративного цикла. После нереста (VI, VI—II стадии), в апреле—мае и до конца нагула (II стадия) в августе—сентябре коэффициент зрелости незначительно уменьшается, что связано с увеличением массы тела рыбы. За этот период несколько увеличивается жирность и содержание сухого обезжиренного остатка в гонадах самцов и самок. Ощутимые изменения происходят на последующих стадиях, в осенне-зимний период.

По завершении II стадии, после окончания малого роста ооцитов, в яичнике сайды происходят значительные количественные и качественные изменения, связанные с развитием ооцитов в период трофоплазматического роста. В это время интенсивно накапливаются питательные вещества (жир и белок) в яичнике сайды. Коэффициент зрелости самок колеблется от 2 до 3%. Постепенно увеличивается содержание жира (до 1,91%) и белка (до 15,21%). Самки с половыми продуктами на III стадии зрелости встречаются в октябре—ноябре.

Процессы созревания у самцов проходят интенсивнее, чем у самок. Так, жирность семенников в октябре—ноябре (в среднем 2,32%) выше, чем жирность гонад у самок (1,91%). Относительная масса гонад самцов в этот период составляет 5%, у самок — 2,5%.

Вещества, используемые на формирование половых продуктов, имеют эндогенное происхождение. Резервы жирового депо, которым, как уже отмечалось, является печень, заметно уменьшаются, и у самцов в октябре—ноябре жирность печени по сравнению с предыдущей стадией снижается с 75,67 до 72,88%. Скорость генеративного процесса у самок несколько замедлена, поэтому жирность их печени в это время остается почти без изменений (см. таблицу). Исходя из данных биохимического анализа яичников и печени, учитывая также коэффициент зрелости, можно предполагать, что фаза наполненного желтком ооцита, (Сорокин, 1957) приходится у самок североморской сайды на декабрь.

К концу желткообразования и связанного с ним роста ооцитов, до перехода ооцитов из фазы трофоплазматического роста в фазу созревания, заканчивается формирование половых продуктов, а с ним и поступление питательных веществ в гонады, жирность которых к концу IV стадии составляет у самок 4,19%, у самцов — 2,83%.

Обращает на себя внимание относительно высокое содержание обезжиренного вещества в яичниках сайды (см. таблицу). На IV стадии зрелости его содержание достигает 25,36% сырой массы, в то время как на II—III и III стадиях, в октябре—ноябре — только 15 и 21%. В абсолютных цифрах прирост белка еще более ощутим: от 9,6 до 146,5 г. В то же время абсолютное содержание белка в печени самок на II—III, III стадиях составляет всего 22,6 г. Учитывая эндогенное происхождение «белка» яичников в процессе их дозревания и потенциальные возможности печени как поставщика веществ белковой природы, следует считать, что белок для формирования яичников сайды в период трофоплазматического роста ооцитов поступает из мышечной ткани. Как показали Л. Ф. Голованенко, Т. Ф. Шуватова и др. (1970), исследованиями донского судака, и В. В. Ипатов (1973) — балтийской трески, имеющих сходную направленность генеративных процессов, именно в это время увеличивается содержание  $\alpha$ -глобулиновой фракции, включающей специфический белок, который участвует в формировании белков яичника. Явление использования мышечных белков как пластического материала на завершающих стадиях гаметогенеза отмечено для балтийской трески (Шатуновский, 1971; Ипатов, 1973), пикши (Шевченко, 1972) и некоторых других рыб (Love, 1970).

По окончании нереста, который у сайды Северного моря в зависимости от гидрологических условий проходит в январе—апреле с пиком в февраль—марте, гонады становятся дряблыми и уменьшаются в размерах. Коэффициент зрелости у самок составляет 1,16%, у самцов 0,68%. Жирность гонад у самцов (2,02%) и самок (1,19%) минимальная. Содержание обезжиренного сухого вещества у самок — 14,36%, у самцов — 13,08%. Обводненность семенников составляет 83,75%, яичников — 83,46%.

### Выводы

1. Существует сезонная вариабельность физиолого-биохимических показателей сайды Северного моря, тесно связанная с генеративным циклом.

2. Отмечена важная дополнительная роль печени как органа, депонирующего липиды, используемые в ходе генеративного, энергетического и пластического обменов. Высокие значения индекса печени являются приспособительным фактором к условиям среды обитания и обусловлены полупелагическим образом жизни этого вида.

3. Динамика физиолого-биохимических показателей в ходе гаметогенеза неодинакова у самцов и самок. Половые различия в обмене веществ проявляются, во-первых, в большей скорости созревания гонад самцов, во-вторых, в различном уровне синтеза пластических веществ в яичниках и семенниках. Последнее обуславливает большие траты мышечного белка и жира печени при формировании гонад самок, чем при формировании гонад самцов.

4. Уровень жирового обмена у самцов выше, чем у самок. Максимум в среднем в течение года содержания жира в печени самцов составляет 75,67%, у самок 71,51%, минимальные средние значения у самцов 55,32%, у самок 59,61%.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Белянина Т. Н. Сезонные изменения жирности беломорской корюшки в связи с созреванием гонад. — В сб.: «Закономерности динамики рыб Белого моря и его бассейна». М., 1966, с. 156—180.
- Физиолого-биохимическая характеристика самок донского судака на разных стадиях полового цикла. — «Вопросы ихтиологии», 1970, т. 10, вып. 2 (61), с. 374—384. Авт.: Л. Ф. Голованенко, Т. Ф. Шуватова, Е. П. Путина, Л. С. Федорова, А. Л. Аракелова.
- Ипатов В. В. Динамика ряда физиолого-биохимических показателей крови балтийской трески в связи с ее биологией и распределением. Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. биол. наук. Рига, 1973. 26 с.
- Кривобок М. Н. О роли печени в процессе созревания яичников салаки *Clupea harengus harengus tembras* (L.). — «Вопросы ихтиологии», 1964, т. 4, вып. 3 (32), с. 483—494.
- Лапин В. И. Сезонные изменения биохимического состава органов и тканей речной камбалы *Platichthys flesus* (L.) Белого моря. — «Вопросы ихтиологии», 1973, т. 10, вып. 4 (63), с. 312—327.
- Лапин В. И., Чернова Е. Г. О методике экстракции жира из сырых тканей рыб. — «Вопросы ихтиологии», 1970, т. 10, вып. 4 (63), с. 753—755.
- Миндер Л. П., Миндер Р. А. Пищевая и технологическая ценность некоторых тресковых. — «Труды ПИНРО», 1967, вып. 22, с. 39—109.
- Никольский Г. В. Теория динамики стада рыб. М., «Наука», 1965. 379 с.
- Плохинский Н. А. Биометрия. Новосибирск, изд-во Сибирского отделения АН СССР, 1961. 364 с.
- Сорокин В. П. Оогенез и половой цикл трески *Gadus morhua morhua* (L.) — «Труды ПИНРО», 1957, вып. 10, с. 125—144.
- Шатуновский М. И. Изменение жирности органов и тканей беломорской речной камбалы в онтогенезе и по годам. — «Труды Беломорской биологической станции Московского государственного университета», 1971, т. 3, с. 154—165.
- Шевченко В. В. Динамика содержания сухого обезжиренного остатка и жира в тушке и органах североморской пикши *Melanogrammus aeglefinus* (L.) в процессе роста и созревания гонад. — «Вопросы ихтиологии», 1972, т. 12, вып. 5 (76), с. 908—916.
- Шульман Г. Е. Физиолого-биохимические особенности годовых циклов рыб. М., «Пищевая промышленность», 1972, 368 с.
- Шульман С. С. Глистное заболевание печени трески. М., Изд-во журнала «Рыбное хозяйство», с. 38—40.
- Braekkan, O. R., Bøge G. Vitaminer i norsk fish. Fiskeridirektoratets Skrifter, Serie Teknologiske undersøkelser, 1965, 4, No. 12, p. 1—11.
- Ciwlwicz, M., Draganic, B. Charakterystyka wzrostu czarniaka (*Pollachius virens* L.) z Morza Norweskiego i Morza Polnocnego. Morskiego instytutu Rebacklego. 1959, v. 5 seria A, p. 133—152.
- Folch, I., Lees, H., H. Stanley S. G. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem., 1957, v. 226, N 1, p. 497—509.
- Hardy, R., Keay, J. N. Seasonal variations in the chemical composition of Cornish mackerel (*Scomber scombrus* L.) with detailed reference to the lipids. J. Food Tech. 1972, v. 7, No. 2, p. 125—138.
- Love, R. M. The chemical biology of fishes. Ac. Press. London, New York, 1970. 547 p.
- Polonsky, A. S., Golubjatnikova, J. P. Size and age compositions of saithe in the North Sea and adjacent areas. ICES. Gad. F. Com. 1970.
- Reinsch, H. H. Der Eintritt der Geschlechtreife beim Köhler *Pollachius virens* (L.). Ber. Dt. Wiss. Komm. Meeresforsch. 19, 1968, S. 259—269.

### Seasonal dynamics of the physiological—biochemical condition of pollack (*Pollachius virens* L.) from the North Sea

A. Ya. Storozhuk

#### SUMMARY

A pattern of changes in the total content of fat, protein, water and non—protein residue deprived of fat was observed in muscles, liver and gonads during the generative cycle in specimens from mean age groups of pollack from the North Sea. Differences in the maturation rate, rates of fat and protein metabolism in males and females are discussed.