

УДК 597—105 : 597.562(261.26)

**ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ
ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ЛИПИДОВ ОРГАНОВ И ТКАНЕЙ
СЕВЕРНОМОРСКОЙ САЙДЫ****А. П. Нечаев, Т. В. Еременко, Т. А. Радостина,
А. Я. Сторожук, М. И. Шатуновский**

Благодаря развитию методов тонкослойной и газо-жидкостной хроматографии в последнее десятилетие изучен фракционный (групповой) и жирнокислотный состав липидов многих промысловых рыб, как морских, так и пресноводных (Ackman, 1974; Лапин, 1973; Kluytmans and Zandee, 1973, Reiser et al., 1963; Лизенко, Сидоров, Потапова, 1973; Шатуновский, 1971 и др.).

Комплекс исследований фракционного и жирнокислотного состава липидов был проведен на тресковых рыбах — важнейших объектах мирового рыболовства (Garcia, Lovern, Olley, 1956; Jangaard, Ackman and Sipos, 1967; Макарова, Каневская, Шатуновский, 1971; Шатуновский, 1971). Были прослежены изменения качественного состава трески и наваги, связанные с сезонностью роста, питания и полового созревания рыб, показано перераспределение отдельных фракций липидов по органам и тканям рыб.

Данная работа посвящена изучению фракционного состава липидов сайды Северного моря. Этот вид тресковых рыб ведет наиболее активный образ жизни, совершая значительные миграции. Рыбы этого вида, ведущие полупелагический образ жизни, накапливают в организме значительные энергетические резервы, главным образом липиды (Сторожук, 1975). Максимальный запас липидов, основная масса которых сосредоточена в печени, у особей сайды достигает 80—100 г/кг сырой массы тела без внутренностей (тушки или порки). У других видов тресковых он значительно ниже (Шатуновский и др., 1972).

Поскольку в настоящее время сайда — один из основных объектов рыболовства в Северо-Восточной Атлантике, изучение качественного состава ее липидов и их динамики представляет особенный интерес. Лабильность отдельных моментов липидного обмена рыб позволяет использовать их в качестве индикаторов физиологического состояния организма и четко характеризовать динамику качественного состояния сырья.

Материалы для исследования фракционного состава липидов сайды были собраны в феврале, мае, августе и ноябре 1970—1973 гг., т. е. почти через равные интервалы времени в I, II, III и IV кварталах года. Пробы от рыб, собранные на промысловых судах, фиксировали смесью хлороформ — метанол в соотношении 2 : 1, в лабораторных условиях липиды экстрагировали по несколько видоизмененному методу Фолча (Сторожук, 1975), затем анализировали их фракционный состав. Массовый анализ материалов произведен на тонкослойных пластинках

«Silufol». Растворителем служила смесь петролейного, серного эфира и ледяной уксусной кислоты в соотношении 90 : 10 : 1, которая обычно используется при работе с липидами рыб (Исаев, и др., 1969; Лизенко и др., 1973), а также смесь гексан, диэтиловый эфир, ледяная уксусная кислота в соотношении 90 : 20 : 1. Идентификацию фракций проводили с помощью свидетелей на слое силикагеля ЛС 5/40 с 13% гипса. Количественное определение фракций с пластинок «Silufol», обработанных 5%-ным раствором фосфорно-молибденовой кислоты, проводили с помощью автоматического интегрирующего денситометра, разработанного на кафедре автоматизации пищевых производств МТИПП.

Исследовали сайду средних размеров: в I—II кварталах — 64—67 см, в III—IV кварталах — 69—72 см. Кроме расчета процентного соотношения отдельных фракций липидов, определяли абсолютное содержание отдельных фракций. Для этого предварительно было определено абсолютное содержание липидов в мышечной ткани, печени и гонадах сайды, пойманной в I, II, III и IV кварталах года. Таким образом, прослеживалась сезонная динамика качественного состава липидов и абсолютного содержания отдельных фракций. Всего было обработано 120 проб, среднестатистические даны по пяти пробам.

Как и у большинства других видов тресковых, в нежирных (до 1,5%) мышцах сайды преобладают структурные липиды (табл. 1): фосфолипиды и холестерин. Их суммарное содержание в некоторые сезоны года достигает 82—84% от общего содержания липидов в мышцах. Содержание основной фракции — фосфолипидов — по средним данным колеблется в течение года от 42,7 до 52% (индивидуальные колебания — от 28 до 64%). Эти данные близки к данным одной из первых работ по составу липидов мышц трески (Garcia et al., 1956).

В мышцах сайды не только сравнительно слабо выражены сезонные изменения содержания отдельных фракций липидов, мало меняется и общее содержание липидов: у самок от 0,7 до 1%, у самцов от 0,8 до 1,1%, т. е. в тех же пределах, которые приводит Лав (Love, 1970) для атлантической трески. Содержание триглицеридов в мышцах сайды незначительно и колеблется от 6,16 до 10,95% у самок, и от 10,02 до 14,13% у самцов.

Половые различия в динамике отдельных фракций липидов наиболее отчетливо проявляются между III и IV кварталами года, когда гонады самцов вполне развиты, а гонады самок только начинают развиваться. В это время у самцов уменьшается содержание холестерина в мышцах более чем на 8% и одновременно на 7% увеличивается содержание эфиров стерина; у самок также увеличивается содержание эфиров стерина. Эта последняя фракция играет, по-видимому, какую-то роль в генеративном обмене рыб. Амплитуда сезонных изменений содержания фосфолипидов в мышцах самцов сайды больше, чем в мышцах самок.

Наиболее интересные данные по сезонной динамике фракционного состава липидов печени сайды (см. табл. 1), в которой сосредоточено до 95% липидов всего организма. Основной фракцией липидов в печени сайды, как и других видов тресковых рыб, являются триглицериды; их среднее содержание колеблется от 70,6 до 92,7% общего содержания липидов. В апреле (состояние печени как депо липидов у сайды в это время примем исходным) в печени сайды модальных размеров абсолютное содержание жира минимально (60 г как у самок, так и у самцов), относительное содержание триглицеридов у самок 69,9, у самцов 72,5%, фосфолипидов у самок 14,2, у самцов 17,9%. Отчетливо выражен-

Таблица 1

Фракционный состав липидов (в %) сайды в разные сезоны года

Месяцы года	Фосфолипиды	Моно- и диглицериды	Стерины	Жирные кислоты	Триглицериды	Эфиры стеринов
Мышцы						
Самки и самцы						
Апрель	44,7±3,0	2,8±0,6	30,4±1,8	8,5±1,0	9,9±1,0	3,8±0,6
Август	52,0±1,4	1,2±0,1	30,4±1,0	8,2±1,0	6,2±0,8	1,8±0,1
Ноябрь	42,7±2,9	4,2±0,7	26,1±1,5	5,9±0,6	10,9±0,5	10,2±1,2
Самки						
Апрель	46,9±4,5	2,8±0,8	28,6±2,7	8,4±1,2	9,7±1,1	3,6±0,5
Август	53,4±1,8	2,0±0,1	27,9±1,1	8,2±1,8	7,5±1,3	1,0±0,1
Ноябрь	43,9±1,8	5,9±0,4	27,3±1,8	4,1±0,7	8,0±0,2	10,6±0,7
Самцы						
Апрель	42,4±5,5	2,9±0,7	32,0±2,0	8,5±1,8	10,0±1,3	4,1±0,7
Август	51,5±2,1	0,6±0,1	33,0±1,2	8,2±0,7	3,9±0,9	2,7±0,1
Ноябрь	42,0±4,0	2,4±1,0	24,2±1,3	9,0±0,5	13,0±0,8	9,4±2,0
Печень						
Самки и самцы						
Февраль	3,4±0,3	8,8±0,5	1,9±0,1	11,5±0,9	74,4±1,8	Следы
Апрель	16,1±3,3	Следы	8,1±1,4	4,2±1,0	71,2±3,7	»
Август	3,5±0,5	0,5±0,1	2,2±0,2	2,7±0,2	90,9±3,2	0,3±0,1
Ноябрь	8,6±1,3	4,1±1,2	5,1±0,6	5,9±1,3	72,0±3,3	4,0±0,5
Самки						
Февраль	4,3±0,3	10,5±0,7	2,0±0,2	11,4±1,4	71,8±2,1	Следы
Апрель	14,2±4,8	Следы	8,0±1,7	5,2±1,4	72,1±3,9	»
Август	4,3±0,6	0,4±0,1	2,1±0,3	2,6±0,1	90,0±4,3	0,5±0,1
Ноябрь	7,4±1,7	3,5±0,8	4,2±0,5	6,0±1,1	74,6±3,9	4,3±0,2
Самцы						
Февраль	2,5±0,4	7,0±0,4	1,9±0,1	9,0±0,5	76,9±1,5	Следы
Апрель	17,9±1,8	Следы	8,1±1,1	3,1±0,7	71,0±3,6	»
Август	2,6±0,4	0,5±0,2	2,3±0,1	2,8±0,3	91,5±2,2	0,3±0,1
Ноябрь	9,7±1,0	4,7±1,7	4,3±0,8	5,8±1,6	71,6±2,7	3,8±1,1

ных различий во фракционном составе липидов печени самок и самцов сайды не обнаружено (см. табл. 1).

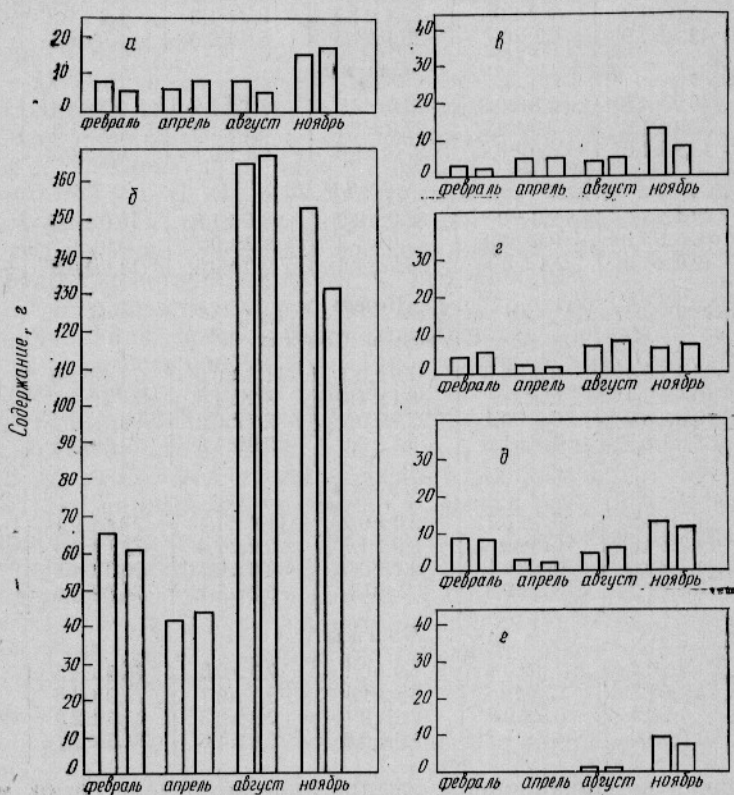
В апреле в период наибольшего истощения организма после окончания нереста суммарное содержание структурных липидов — фосфолипидов и стеринов — в составе липидов печени сайды достигает максимума: у самок 22, а у самцов 26%. К августу по мере накопления запасных липидов, главным образом триглицеридов, содержание структурных липидов в печени сайды снижается до 6% у самок и 5% у самцов.

В печени, как и в мышцах, различия в абсолютном содержании и качественном составе липидов у самцов и самок наиболее выражены в IV квартале. В этот период в связи с разными темпами созревания половых продуктов различия в ритмах липидного обмена у самок и самцов достигают максимума. К ноябрю содержание липидов в печени, а следовательно, и во всем организме самцов сайды, начинает снижаться (табл. 2).

Это происходит в связи со снижением интенсивности питания самцов и ускорением развития семенников. У самок липиды в организме продолжают накапливаться почти до конца года, однако, как показы-

вают данные (см. рисунок), абсолютное содержание триглицеридов уже не увеличивается, зато возрастает содержание стеринов (примерно на 10 г), эфиров (на 9 г), незастерифицированных жирных кислот (на 8 г), т. е. тех фракций липидов, с которыми связано последующее развитие яичников (Лапин, 1973; Шатуновский и др., 1972).

У сайды, так же как у балтийской трески, интенсивен обмен фосфолипидов как в мышцах, так и в печени, причем амплитуда изменений содержания фосфолипидов у самцов шире, чем у самок. Это просле-



Сезонная динамика абсолютного содержания отдельных фракций липидов (в г) в печени самок (левый столбец) и самцов (правый столбец) североморской сайды:

а — фосфолипиды; б — триглицериды; в — холестерин; г — ди- и моноглицериды; д — жирные кислоты; е — эфиры стеринов.

живается как по относительному (процентному), так и по абсолютному содержанию фракций. У самок значительны сезонные колебания содержания эфиров стеринов — фракции, составляющей основу запасных липидов выметываемой икры и затем развивающихся эмбрионов и личинок.

В семенниках самцов сайды по мере развития увеличивается содержание фосфолипидов и уменьшается — холестерина; аналогичное явление было отмечено и у самцов балтийской трески (Шатуновский и др., 1972). Структурные липиды в семенниках составляют от 71 до 84% общего содержания липидов (табл. 3).

В гонадах самок также преобладают структурные липиды — фосфолипиды и холестерин. Содержание эфиров стеринов в яичниках

Таблица 2

Абсолютное содержание липидов в разных органах и тканях сайды в течение года при изменении размеров тела от 64—67 до 69—72 см (в г)

Части тела и органы	Февраль	Апрель	Август	Ноябрь
Тушка	9	11	12	10
	10	12	13	12
Печень	90	60	190	230
	80	60	200	170
Гонады	13	0,5	0,5	1
	8	0,5	1,0	2

Примечание. В числителе — самки; в знаменателе — самцы.

Таблица 3

Фракционный состав липидов гонад сайды в разные сезоны года (в% от их суммы)

Месяц	Стадии зрелости	Фосфолипиды	Моно- и диглицериды	Стерины
Самки				
Февраль	IV	34,8±1,0	0,6±0,2	36,8±0,8
Апрель	VI—II	33,8±4,2	2,1±0,6	37,0±3,0
Август	II	35,2±1,6	2,5±0,2	37,5±2,1
Ноябрь	II—III	38,9±1,6	Следы	37,9±1,6
Самцы				
Апрель	II	32,3±3,3	1,2±0,2	46,5±3,2
Август	III	31,0±2,1	0,9±0,1	41,3±2,1
Ноябрь	IV	40,9±2,7	Следы	38,7±1,7

Продолжение табл. 3

Месяц	Стадии зрелости	Жирные кислоты	Триглицериды	Эфиры стерина
Самки				
Февраль	IV	8,7±0,3	15,2±0,7	3,9±0,5
Апрель	VI—II	9,1±1,0	9,4±1,3	8,6±1,7
Август	II	9,0±0,7	9,4±0,1	6,4±0,6
Ноябрь	II—III	3,9±0,4	11,8±0,4	7,5±0,5
Самцы				
Апрель	II	6,8±1,3	9,1±1,5	4,0±0,8
Август	III	8,0±1,4	14,5±1,2	4,2±0,6
Ноябрь	IV	5,2±1,5	10,0±0,6	5,2±1,1

выше, чем в семенниках, что соответствует повышенной интенсивности обмена этой фракции в других органах и тканях самок. В зрелых яичниках также значительно содержание триглицеридов (15%). У самцов в семенниках на IV стадии зрелости очень высоко содержание фосфолипидов. Аналогичное явление отмечено и для балтийской трески (Шатуновский и др., 1975).

Выводы

Исследование показало четкие сезонные ритмы в липидном обмене сайды, связанные с общим обменом веществ. Летом и осенью накапливаются запасные липиды, главным образом триглицериды, зимой по мере созревания гонад эти ресурсы расходуются. Во втором полугодии в организме сайды концентрируются значительные запасы липидов, обеспечивающие процессы генеративного обмена и миграции сайды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Состав липидов печени, гонад и сывороточных белков беломорской трески и наваги. — «Вестник МГУ», сер. биол. и почвовед., 1969, № 1, с. 7—14. Авт.: Ф. А. Исаев, Н. П. Макарова, К. Ф. Сорвачев, М. И. Шатуновский.
- Лапин В. И. Сезонные изменения биохимического состава органов и тканей речной камбалы *Platichthys flesus bogdanovi* Sandenberg Белого моря. — «Вопросы ихтиологии», 1973, т. 13, вып. 2, с. 313—327.
- Лизенко Е. И., Сидоров В. С., Потапова О. И. О содержании липидов в гонадах ряпушки *Coregonus albula* L. Уросозера. — «Вопросы ихтиологии», 1973, т. 13, вып. 2, с. 303—312.
- Макарова Н. П., Каневская Н. К., Шатуновский М. И. Сезонные изменения качественного и количественного состава липидов печени трески и наваги Белого моря. — В кн.: Закономерности роста и созревания рыб. М., 1971, с. 90—101.
- Сторожук А. Я. Сезонная динамика физиолого-биохимического состояния сайды *Pollachius virens* L. Северного моря. (Статья опубликована в данном сборнике).
- Шатуновский М. И. Изменения в качественном составе липидов органов и тканей балтийской трески *Gadus morhua callarias* L. в ходе созревания гонад. — «Вопросы ихтиологии», 1971, т. 11, вып. 5, с. 910—918.
- Динамика физиолого-биохимического состояния промысловых рыб Северо-Восточной Атлантики в течение жизненного и годового цикла. Научный отчет. ОНТИ ВНИРО, 1972, с. 3—67. Авт.: М. И. Шатуновский, М. П. Богоявленская, И. Ф. Вельтищева, М. Н. Кривобок, Н. В. Масленникова, Г. И. Токарева.
- Исследования генеративного обмена балтийской трески. Статья опубликована в данном сборнике. Авт.: М. И. Шатуновский, М. П. Богоявленская, И. Ф. Вельтищева, Н. В. Масленникова.
- Ackman, R. G. Marine lipids and fatty acids in human nutrition. Tech. Conf. on Fish Products. FAO. Session III, 1974, p. 1—41.
- Jangaard, P. M., Ackman, R. G. and Sipos, I. C. Seasonal changes in fatty acid composition of cod liver, flesh, roe and milt lipids. J. Fish. Res. Bd. Can. 1967, v. 24, No. 5, 613—627.
- Garcia, M. D., Lovern, J. A., and Olley, J. The lipids of fish. 6. The lipids of cod flesh. Biochem. J. 1956, v. 62, 99—107.
- Kluytmans, I. H., F. M. and Zandee, D. I. Lipid metabolism in the northern pike (*Esox lucius* L.). II. The composition of the total lipids and of the fatty acids isolated from lipid classes and some tissues of the northern pike. Comp. Biochem. Physiol., 1973, v. 44B, 459—466.
- Love, R. M. The chemical biology of fishes. Ac. Press. 1970, p. 1—547.
- Reiser, R., Stevenson, B., Kayama, M., Choudhury, R. B. R., and Hood, D. W. The influence of dietary fatty acid and environmental temperature on the fatty acid composition of teleost fish. J. Am. Oil Chem. Soc. 1963, v. 40, p. 507—513.
- Investigations of the seasonal dynamics of the fractional composition of lipids in organs and tissues of pollack from the North Sea
- A. P. Nechaev, T. V. Eremenko, T. A. Radostina,
A. Ya. Storozhuk, M. I. Shatunovsky

SUMMARY

The seasonal dynamics of the fractional composition of total lipids from muscles, liver and gonads of mature pollack 64—72 cm long from the North Sea is discussed. The structural lipids (phospholipids and cholesterol) prevail in muscles whereas triglycerides are predominant in liver. Fluctuations on the triglyceride content govern the quantitative characteristics of metabolism in the species. Females and males differ by the pattern of changes in certain fractions, such as phospholipids and sterine ethers.