

УДК 597—II : 597—151 : 597.593.8(261.26)

СВЯЗЬ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЫБ С ОСОБЕННОСТЯМИ ИХ ПОВЕДЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ САЙДЫ СЕВЕРНОГО МОРЯ

А. Я. Сторожук

Одна из основных проблем, стоящих перед рыбохозяйственной наукой,— организация рационального использования популяций водных организмов.

Рациональное рыболовство основывается на детальном изучении биологии промысловых рыб, в частности, закономерностей их поведения и миграций и особенностей распределения в водоеме, которые связаны с физиолого-биохимическим состоянием популяций и особенностями внешней среды. В основе различных реакций поведения рыб лежат процессы метаболизма (эндогенные факторы), которые находятся под действием и контролем факторов внешней среды, а так как поведение рыб зависит от их физиологического состояния, то морфо-физиологические и физиолого-биохимические показатели могут быть использованы (в комплексе с гидрологическими данными) для прогнозирования сроков и характера миграций рыб, образования и распада промысловых скоплений, особенностей перемещения в места нагула и нереста, т. е. применяться в промысловой разведке.

М. Н. Кривобок и О. И. Тарковская (1957), которые установили, что недостаточное накопление липидов в теле балтийской салаки задерживало созревание половых продуктов, предлагают использовать величину содержания липидов в мышцах салаки для прогнозирования сроков ее нерестовых миграций.

Содержание липидов осенью в теле азовской хамсы может служить показателем начала ее зимовальной миграции в Черном море (Шульман, 1972). Более того, изучение липидного обмена азовской хамсы позволило не только успешно прогнозировать сроки осеннего хода хамсы через Керченский пролив, но и его интенсивность (Тараненко, 1964).

Д. А. Шубников (1960) установил связь между скосячиванием атлантическо-скандинавской сельди и ее жирностью. Изучение величины жиронакопления с помощью морфо-физиологических показателей в преднерестовый период может способствовать уточнению прогнозов сроков нерестовой миграции балтийской трески (Шатуновский и др. 1972) и трески Баренцева моря (Berger, Panasenko, 1974).

Найдены также связи между поведением рыб и другими показателями их физиологического состояния. Так, в качестве теста начала зимовальной миграции атлантическо-скандинавской сельди Д. А. Шубников (1960) предлагает использовать содержание гемоглобина в ее крови, которое в этот момент несколько повышается. Наблюдается определенная связь между сезонной активностью щитовидной железы рыб и их поведением (Ноаг, 1959). Сопоставляя сезонное содержание уровня тироксина в плазме крови камбалы и вылов этого вида, Осборн

и Симпсон (Osborn, Simpson, 1973) показали достоверную отрицательную корреляцию между этими величинами.

Очевидно, в интересах рационального промысла в первую очередь необходимо исследовать наиболее важные в промысловом отношении виды. Однако в настоящее время некоторые из таких видов, интересные в экологическом плане, почти не изучены. К ним относится сайда — один из основных объектов советского рыболовства в Северной Атлантике.

Нами изучалась возможность применения некоторых показателей обмена веществ как индикаторов физиологического состояния для прогнозирования сроков нерестовых миграций и нереста североморской сайды. Рыб, выловленных в северной части Северного моря, подвергали полному биологическому анализу. Для оценки физиологического состояния использовали коэффициент зрелости — отношение массы гонад к массе рыбы без внутренностей (порки), коэффициент упитанности по Кларк — отношение массы порки $\times 100$ к кубу длины и индекс печени, вычисленный как отношение массы печени к массе порки. Поскольку печень сайды служит депо липидов, а кроме того, между относительной массой печени (индексом печени) и содержанием в ней липидов существует высокая положительная корреляция ($r = +0,86$), данный показатель следует рассматривать как индикатор обеспеченности организма сайды липидами (Сторожук, 1975).

Сайда — бореальный вид, широко распространенный в северной части Атлантического океана. Это — длинноцикловая рыба, достигающая возраста 18 лет и длины 120 см (Световидов, 1948). В Северном море, являющимся южной частью ареала этого политипического вида, сайда старше 12 лет встречается редко (менее 0,3% ее общего вылова). Общий вылов сайды в Северном море — 200 тыс. т, из них половина приходится на долю Советского Союза (Bulletin statistique, 1973).

В первые годы жизни для сайды характерны прибрежное распределение и вертикальные миграции, хотя протяженность горизонтальных миграций от года к году возрастает. Значительную часть времени молодь сайды проводит в толще воды, являясь объектом кошелькового промысла в прибрежных водах Норвегии и Исландии. По достижении сайдой размера 56 см 5—6-летние рыбы смешиваются со взрослыми, пополняя половозрелую часть популяции.

С наступлением половой зрелости заметно снижается весовой и линейный рост сайды (Cieglewicz, Draganik, 1969). Появление в организме генеративного обмена обуславливает не только изменения в характере метаболических процессов у половозрелой сайды, но и ее поведения. Так, дневное и ночное распределение мелкой и крупной сайды прибрежных вод Исландии и Норвегии в толще воды различается (Schmidt, 1955).

У половозрелой сайды, как и у большинства мигрирующих рыб средних широт, в годовом жизненном цикле можно выделить нагульный период, зимовку, преднерестовую миграцию, нерест. Отнерестившиеся в Северном море особи мигрируют на нагул в юго-восточном (банка Викинг и Норвежский желоб) и в восточном (юго-западное побережье Норвегии) направлениях. Питаясь, сайда активно преследует добычу, совершая при этом значительные суточные вертикальные миграции: днем держится у дна на глубине 100—270 м, а ночью выходит в слой 30—120 м (Chuksih et al., 1973). Во время откорма значительно повышается упитанность рыб, увеличивается содержание депонируемых в печени липидов (Сторожук, 1975). В сентябре — октябре интенсивность питания сайды снижается и начинается активный гонадогенез у половозрелых особей. С изменением физиологического состояния сайды изменяется ее отношение к факторам внешней среды, в первую очередь к температуре, солености и течениям: рыбы преиму-

щественно находятся в толще воды, у них нарушается регулярность суточных вертикальных миграций. Естественно, это оказывает влияние на эффективность вылова сайды донными орудиями лова (Jones, Jermyn, 1972). Так, вылов сайды донными тралами на единицу усилия в сентябре и октябре составлял 0,49 и 0,50, в ноябре и декабре — 0,39 и 0,34, а в январе, феврале и марте — 0,77, 0,77 и 0,97 т на час траления соответственно (Chuksin et al., 1973). Сходной была динамика уловов шотландского флота (Richards, 1974).

Гидроакустические данные и проверочные траления показали, что, начиная уже с июля — августа, плотность концентраций сайды уменьшается и при довольно высокой активности косяки находятся у дна очень короткое время на протяжении суток (Chuksin et al., 1973). Эти изменения в поведении сайды в значительной степени связаны с генеративным циклом. Косвенным доказательством тому служит совсем иная динамика вылова на усилие шотландского флота в центральной части Северного моря, где в основном обитает молодая неполовозрелая сайда. Так, с сентября по январь вылов оставался очень стабильным (для траулеров 0,5—0,6, снурреводов 0,06—0,08 т на час траления) (Jones, Jermyn, 1972; Richards, 1974). Таким образом, аналогичных изменений в поведении неполовозрелой сайды в осенне-зимний сезон не наблюдалось, если судить по эффективности вылова донными орудиями лова.

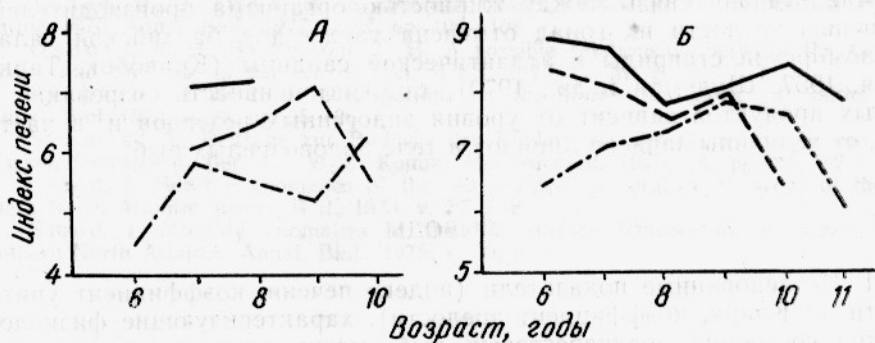
Как уже отмечалось, с октября по декабрь интенсивно развивались гонады сайды. У самок, которые несколько отстают от самцов по темпу созревания половых продуктов, в конце декабря заканчивается фаза интенсивного трофоплазматического роста ооцитов, а с ней основной процесс формирования половых продуктов. В декабре косяки сайды мигрируют в направлении свала глубин в северную часть Северного моря, где примерно с начала января образуют плотные преднерестовые скопления.

Поскольку в осенне-зимний период половые продукты сайды формируются в основном за счет внутренних ресурсов (Сторжук, 1975), то индекс печени, коэффициент упитанности как показатели уровня эндогенных трат и коэффициент зрелости как показатель степени развития гонад могут служить индикаторами изменения физиологического состояния сайды в этот период, чтобы установить сроки начала преднерестовой миграции рыб.

В результате несложных расчетов на основе этих показателей для октября — ноября 1971 г. и января — февраля 1972 г. установлено, что преднерестовая миграция сайды в конце 1971 г. происходила при величине индекса печени у самок 7,8%, у самцов — 6,5%, коэффициентов зрелости 14—16 и 12—14%, упитанности 0,689 и 0,699 соответственно. Полученные величины, очевидно, могут варьировать в разные годы.

Вариабильность величины исследованных показателей во время преднерестовой миграции сайды в отдельные годы зависит от количества резервных веществ, накопленных рыбами в предшествующий период в ходе нагула. Эта межгодовая изменчивость физиологического состояния популяции влияет не только на сроки преднерестовой миграции, но и на начало самого нереста. Так, сравнение величины индекса печени преднерестовой сайды в 1972, 1973 и 1974 гг. показало, что в январе 1972 г. энергетические запасы в организме производителей сайды были более низкими, чем в 1973 г. (самцы, $P < 0,01$; самки, $P < 0,05$), и в 1974 г. (самцы и самки, $P < 0,001$) (рисунок). Меньшему среднему значению этого показателя в январе 1972 г. соответствовала большая его вариабильность: коэффициент вариации 30 против 25,6 в 1974 г. и 27,1 в 1973 г. Это может служить дополнительным доказательством более благоприятного физиологического состояния преднерестовой сайды в 1973 и 1974 г. по сравнению с 1972 г., поскольку в экс-

перименте и в природных условиях показано, что вариабильность ряда признаков животных одной популяции может служить оценкой их состояния и данный показатель увеличивается с ухудшением условий существования (Никольский, 1953; Владимиров, 1974).



Индекс печени у самцов (А) и самок (В) сайды разного возраста в январе 1972 (— · — · —), 1973 (---) и 1974 (—) годов.

Упитанность преднерестовых особей сайды в январе была самой низкой для 1972 г. (таблица), однако эти различия не были достоверными ($t_d = 1,8$; при $t_{0,05} = 2,00$). В январе 1973 и 1974 г. индексы печени и коэффициенты упитанности по Кларк у производителей сайды были сходными ($t < t_{0,05}$).

Коэффициент упитанности по Кларк половозрелой сайды разного возраста в январе 1972—1974 гг. (числитель — самцы, знаменатель — самки)

Возраст, годы	Годы		
	1972	1973	1974
6	$0,716 \pm 0,007$	—	$0,702 \pm 0,005$
	$0,720 \pm 0,010$	$0,736 \pm 0,016$	$0,757 \pm 0,010$
7	$0,718 \pm 0,034$	$0,692 \pm 0,014$	$0,701 \pm 0,013$
	$0,685 \pm 0,010$	$0,723 \pm 0,008$	$0,714 \pm 0,010$
8	$0,668 \pm 0,009$	$0,702 \pm 0,013$	±
	$0,679 \pm 0,010$	$0,693 \pm 0,014$	$0,671 \pm 0,007$
9	$0,650 \pm 0,009$	$0,712 \pm 0,036$	±
	$0,685 \pm 0,016$	$0,725 \pm 0,022$	$0,678 \pm 0,013$
10	$0,678 \pm 0,014$	$0,668 \pm 0,003$	±
	$0,653 \pm 0,011$	$0,687 \pm 0,017$	$0,672 \pm 0,023$
11 и более	$0,678 \pm 0,008$	—	—
	$0,698 \pm 0,014$	—	$0,687 \pm 0,022$
Средние значения	$0,685 \pm 0,004$	$0,693 \pm 0,010$	$0,701 \pm 0,008$
	$0,687 \pm 0,005$	$0,709 \pm 0,006$	$0,703 \pm 0,007$

Таким образом, физиологическое состояние преднерестовой сайды в 1974 г. было хорошим, в 1973 г. — средним, в 1972 г. плохим. Различными оказались и сроки нереста в эти годы: выловлено в 1972 г. 5—7% сайды с текучими половыми продуктами в середине февраля, а в 1973 и 1974 гг. в конце января, т. е. в худшем по физиологическим индикаторам 1972 г. нерест задержался на две недели.

В то же время гидрологические условия (температура, соленость) этих лет на нерестилищах вдоль кромки континентального свала в начале года были сходными: донные температурные аномалии составляли $+0,5^{\circ}\text{C}$, солености — 0‰ (Smed, 1974, 1975).

Аналогичная связь между жирностью организма производителей и степенью зрелости их гонад отмечена также для балтийской салаки, черноморской ставриды и атлантической сардины (Кривобок, Тарковская, 1957; Шульман и др., 1970), т. е. интенсивность созревания половых продуктов зависит от уровня эндогенных резервов и, в частности, от величины запасов липидов в теле половозрелых рыб.

ВЫВОДЫ

1. Исследованные показатели (индекс печени, коэффициент упитанности по Кларк, коэффициент зрелости), характеризующие физиологическое состояние преднерестовых рыб, могут служить индикаторами при уточнении сроков образования преднерестовых скоплений и начала нереста сайды.

2. Найденные значения величины индекса печени, коэффициентов зрелости и упитанности по Кларк можно использовать как ориентировочные индикаторы начала преднерестовой миграции сайды.

3. При сходных гидрологических условиях в годы, когда эндогенные ресурсы преднерестовых особей сайды, оцениваемые по индексу печени и коэффициенту упитанности по Кларк, высоки, следует ожидать более раннего нереста вследствие интенсификации созревания половых клеток на заключительных этапах ово- и сперматогенеза.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Владимиров В. И. Вариабильность размеров рыб на ранних этапах жизни и выживаемость. В сб. «Разнокачественность раннего онтогенеза рыб», Киев, «Наукова думка», 1974, с. 227—254.

Кривобок М. Н., Тарковская О. И. Связь между созреванием половых продуктов салаки и количеством жира в ее теле. Труды Латв. отд. ВНИРО, 1957, т. 11, с. 301—316.

Никольский Г. В. О некоторых закономерностях динамики плодовитости рыб. В сб. «Очерки по общим вопросам ихтиологии», М.-Л. изд. АН СССР, 1953, с. 199—206.

Световидов А. Н. Трескообразные. Рыбы, т. IX, вып. 4, М.-Л., 1948, 221 с.

Сторожук А. Я. Сезонная динамика физиолого-биохимического состояния сайды Северного моря. Труды ВНИРО, 1975, т. 96, с. 114—120.

Тараненко Н. Ф. Уровень жировых запасов в теле азовской хамсы как показатель воспроизводительных свойств и сроков миграции. Труды АзчерНИРО, 1964, вып. 22, с. 137—147.

Шатуновский М. И., Богоявленская М. П., Вельтищева И. Ф., Кривобок М. Н., Масленникова Н. В., Токарева Г. И. Динамика физиолого-биохимического состояния промысловых рыб северо-восточной Атлантики в течение жизненного и годового цикла. ОНТИ ВНИРО, 1972, 68 с.

Шубников Д. А. Динамика некоторых биологических показателей атлантиско-скандинавской сельди в летний период. В сб. «Труды сов. ихтиол. комиссии АН СССР», 1960, вып. 13, с. 393—396.

Шульман Г. Е. Физиолого-биохимические особенности годовых циклов рыб. М., изд-во «Пищевая пром-сть», 1972, 368 с.

Шульман Г. Е., Ревина Н. И., Сафьянова Т. Е. Связь физиологического состояния с особенностями овогенеза пелагических рыб. Труды ВНИРО, 1970, т. 69, вып. 2, с. 96—108.

Berger, T. S., Papasenko, L. D. Relationship between beginning of spawning migration and fatness of mature cod. ICES 1974. C. M. F: 23, p. 1—6.

Bull. Statis., ICES, 1973, v. 57, C. M. Gen: 8, 21 p.

Chuksin, Ju. V., Prosvirov, E. S., Chuklebov, G. E. Soviet saithe fishing in the North Sea, 1971. Annal. Biol., 1973, v. 28, pp. 123—127.

Cieglewicz, W., Draganik, B. Charakterystyka wzrostu Czarniaka (*P. virens* L.) z Morza Norweskiego i Morza. Pol. Prace Morskiego Inst. Ryback, 1969, t. 15, S. «A», ss. 133—152.

Hoar, W. S. Endocrine aspects in the ecological adaptation of fishes. In «Compar. Endocrin». 1959. Ed. A. Gorbman, N. Y., pp. 1—23.

Jones, R., Jermyn, A. S. Scottish investigations on the North Sea stock of saithe, 1970, *Annal. Biol.*, 1972, v. 27, pp. 106—108.

Osborn, R. H., Simpson, T. H. A possible relationship between the thyroidal status and the ease of capture of fish. *ICES*, 1973, C. M. B: 23, 5 p.

Richards, I. Scottish investigations on the North Sea stock of saithe 1972. *Annal. Biol.* 1974. v. 29, pp. 95—96.

Schmidt, V. Beiträge zur Biologie des Köhlers (*Gadus virens* L.) in den iständischen Gewässern. *Ber. Dt. Wiss. Komm. Meeresforsch.* 1955, 14, pp. 46—82.

Smed, I. Monthly anomalies of the sea surface temperature in areas of the northern North Atlantic. *Annal. Biol.*, 1974, v. 29, p. 8.

Smed, I. Monthly anomalies of the sea surface temperature in areas of the northern North Atlantic. *Annal. Biol.*, 1975, v. 30, p. 9.

The relationship of the physiological condition of fish and their behavioural pattern with special reference to saithe from the North Sea

Storozhuk A. Ya.

SUMMARY

The hepatosomatic index, condition factor and maturity coefficient which are characteristic indices of the physiological condition of pre-spawning fish are investigated to be used as indicators of the time when the pre-spawning concentrations of saithe are formed and spawning season begins.

When the endogenic resources of the pre-spawners estimated by the hepatosomatic index and condition factor are characterized by high values the spawning is expected to start earlier due to intensified maturation of sexual cells at the final stages of oogenesis and spermatogenesis.