

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛИПИДОВ И НЕЗАМЕНИМЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПИЩЕЙ ЧЕРНОМОРСКОГО ШПРОТА *SPRATTUS SPRATTUS PHALERICUS* (CLUPEIDAE)

Т. В. Юнева¹, С. А. Забелинский², В. Н. Никольский¹, А. М. Щепкина¹, Н. А. Дацык¹,
Г. Е. Шульман¹

¹Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, РФ,
yunev@mail.ru

²Институт эволюционной физиологии и биохимии РАН, Санкт-Петербург, РФ

Исследовали обеспеченность пищей черноморского шпрота в нагульные периоды 2006–2013 гг., используя в качестве индикаторов накопление резервных липидов в теле рыб и содержание в них высоконасыщенных жирных кислот эйкозапентаеновой (ЭПК, 20:5n3) и докозагексаеновой (ДГК, 22:6n3). Показано, что межгодовая вариабельность содержания липидов, ЭПК и ДГК в теле рыб зависела от состава потребляемой пищи (соотношения планктонных организмов холодноводного и тепловодного комплексов).

Ключевые слова: черноморский шпрот, резервные липиды, эссенциальные жирные кислоты, обеспеченность пищей, межгодовая изменчивость

Черноморский шпрот *Sprattus sprattus phalericus* (Risso, 1827), один из наиболее массовых видов рыб в Азово-Черноморском бассейне, имеет бореальное происхождение [1]. Температурный диапазон его обитания на протяжении года составляет 7–16°C. Пик нереста приходится на зимние месяцы. После завершения нереста весной у шпрота начинается нагул, который длится до начала осени. В период нагула шпрот растет и накапливает резервные липиды. Оба процесса зависят от обеспеченности рыб пищей. Питается взрослый шпрот мезопланктоном. Пищей служат, прежде всего, копеподы холодноводного комплекса – калянусы (*Calanus euxinus*) старших стадий и псевдокалянусы (*Pseudocalanus elongatus*), а также эвритермные и теплолюбивые копеподы, клядоцеры, меропланктон, личинки декапод и т.д. [1]. В последнее десятилетие, по сравнению с 1970–1990 годами, в состоянии популяции шпрота у берегов Крыма отмечены негативные изменения: уменьшение размеров и средней массы особей [2], сокращение накормленности и упитанности в период нагула [3]. Мы предположили, что ухудшение состояния популяции черноморского шпрота может быть связано с низким содержанием липидов, а также определенным дефицитом незаменимых жирных кислот (ЭПК и ДГК) в пище. Причиной этого могут быть изменения в качественном (видовом) составе потребляемого шпротом мезопланктона: уменьшением доли крупных холодноводных калянусов по сравнению с мелкими эвритермными и теплолюбивыми планктонными организмами. Для подтверждения этой гипотезы мы провели сопоставление межгодовой динамики содержания резервных липидов (триацилглицеринов, ТАГ), ЭПК и ДГК в теле шпрота с содержанием и составом мезопланктона в желудках рыб. Известно, что содержание ТАГ у пелагических морских рыб характеризуется значительной вариабельностью, а их жирнокислотный состав зависит от качественного состава потребляемой пищи [4].

Шпрот для анализа отбирали из траловых уловов промысловых судов у берегов Крыма в летние месяцы 2006–2013 гг. Для определения содержания и состава липидов использовали рыб модальных размерных групп, составляющих в сумме не менее 80 %

общей численности. Когорту рыб каждой группы измельчали в блендере, гомогенаты экстрагировали хлорформ-метанольной смесью, как подробно описано в [5]. Экстракты упаривали под вакуумом и использовали для определения содержания суммарных липидов (СЛ) весовым методом [5].

Относительное содержание резервных липидов (триацилглицеринов, ТАГ) в СЛ определяли методом одномерной тонкослойной хроматографии (ТСХ) с последующей денситометрией [6]. Фракцию ТАГ использовали для получения метиловых эфиров жирных кислот НСІ-метанольным методом по Штоффелю [5]. Экстракты метиловых эфиров анализировали методом газожидкостной хроматографии. Жирные кислоты на хроматограммах идентифицировали, рассчитывали относительное (% суммы жирных кислот) и абсолютное (мг/100 г сырой массы) содержание каждой кислоты [5]. При анализе межгодовой вариабельности использовали абсолютное содержание двух высоконенасыщенных жирных кислот ЭПК и ДГК, а также длинноцепочечной моноеновой кислоты 22:1n11, которая является маркером калянусов в пище шпрота.

На протяжении всего исследуемого межгодового периода рыб модальных групп из каждого улова использовали для определения индексов наполнения желудков (ИН) «групповым» методом. По фрагментам хитиновых покровов в пищевых комках оценивали качественный (видовой) состав планктонных организмов в содержимом желудков. Для всех траловых сборов за летние месяцы каждого года рассчитывали средние величины и среднеквадратичные отклонения (СКО) содержания СЛ, ТАГ, ЭПК и ДГК. Достоверность различий среднегодовых величин оценивали с помощью t-критерия Стьюдента.

В нагульный период 2006-2013 гг. в популяции преобладали рыбы размером 66-80 мм, тогда как в 2012 г. размеры рыб составляли 56-70 мм. Среднегодовые величины содержания СЛ в теле шпрота варьировали от 4.5 до 9.6% сырой массы с максимумом в 2007 и 2008 гг. и минимумом в 2012 г. На долю ТАГ приходилось 58 - 71% СЛ. Содержание СЛ в теле рыб увеличивалось пропорционально доле в них ТАГ ($R^2 = 0,73$) и, в целом, межгодовая динамика содержания СЛ (% сырой массы) в теле шпрота в исследуемый период соответствовала динамике содержания ТАГ (рис. 1).

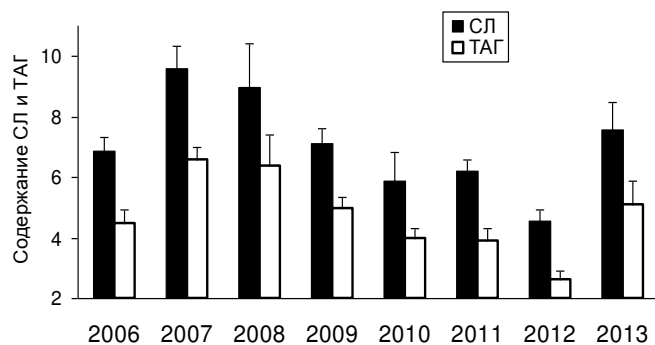
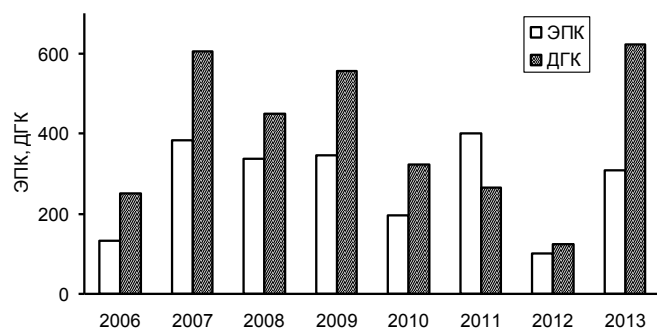


Рис. 1 Содержание (% сырой массы) СЛ и ТАГ в теле шпрота в нагульные периоды 2006-2013 гг. Среднее $\pm$ СКО

Значительной межгодовой вариабельностью в период нагула характеризовалось и содержание ЭПК и ДГК в ТАГ: 101 – 400 и 123 – 622 мг на 100 грамм сырой массы,

соответственно (Рис. 2). Прослеживалась положительная корреляция между уровнем накопления ТАГ в теле рыб и содержанием в них ЭПК ($R^2=0,39$) и ДГК ($R^2=0,60$). Например, увеличению содержания ТАГ в 1.3-2 раза в 2007 и 2008 гг. по сравнению с 2006 и 2012 годами соответствовало 3-4 кратное увеличение содержания в них ЭПК и ДГК. Таким образом, условия нагула шпрота в исследуемый период значительно разли-



чались. Наиболее благоприятными, судя по содержанию СЛ, ТАГ, ЭПК и ДГК в теле шпрота, были 2007 и 2008 гг., наименее благоприятным – 2012 г.

Рис. 2 Содержание (мг/100 грамм сырой массы $\pm$ СКО) эйкозапентаеновой (ЭПК) и докозагексаеновой (ДГК) кислот в ТАГ шпрота в нагульные периоды 2006-2013 гг.

Чтобы оценить возможное влияние пищи на межгодовую динамику содержания СЛ, ТАГ, ЭПК и ДГК в теле шпрота, были проанализированы индексы наполнения (ИН) желудков и видовой состав потребленных планктонных организмов у рыб в популяции в период нагула. ИН составляли в среднем в нагульный период 2006-м около 45 ‰, в 2007–2011 гг. – 60 – 90 ‰, что в целом соответствовало средним многолетним значениям (60 – 80 ‰) за период 1957–1985 гг. [3]. В 2013 г. желудки рыб были хорошо заполнены: ИН составляли около 150 ‰. Связь между ИН желудков и содержанием липидов в теле шпрота не прослеживалась, несмотря на значительную межгодовую вариабельность каждого из этих параметров. Вместе с тем, в те годы, когда массовая доля холодолюбивых копепод (преимущественно калянусов) в содержимом желудков была высокой, шпрот накапливал в период нагула больше липидных резервов, по сравнению с годами, когда в пище рыб преобладали эвритермные и теплолюбивые представители мезопланктона. Подтверждением важной роли калянусов в питании шпрота является наличие в резервных липидах длинноцепочечной моноеновой 22:1n11 жирной кислоты. Эта кислота входит в состав восков калянусов и отсутствует у акарции и у других массовых планктонных организмов Черного моря [7]. В годы с относительно большей долей калянусов в пище шпрота (2007, 2008 и 2013 гг.), содержание 22:1 кислоты в ТАГ было в 2-2,5 раза выше, чем в годы (2006 и 2010 гг.) с преобладанием акарции и других мелких копепод. Минимальное содержание 22:1 кислоты в ТАГ (на порядок ниже, чем в годы с преобладанием калянусов в пищевых комках шпрота) отмечено в 2011 г. Полученные данные дают основание полагать, что вероятной причиной межгодовой изменчивости размерно-весовых характеристик, уровня накопления липидных резервов, как потенциального источника энергии и незаменимых жирных кислот (ЭПК и ДГК) в теле шпрота является вариабельность соотношения калянусов и мелких копепод в пище в нагульный период.

Среди ключевых факторов, которые могли негативно повлиять на состояние кормовой базы холодолюбивого шпрота и, соответственно, на условия его нагула, можно отметить изменения гидрометеорологических условий в северной части Черного моря, наблюдаемые с конца XX столетия. Повышение температуры воздуха и воды в регионе, а также выраженная ветровая депрессия, особенно в летние месяцы, привели к ослаблению циркуляции и интенсивности перемешивания водных масс [8]. Проникновение на шельф глубинных вод, содержащих представителей холодноводного зоопланктона, сократилось. Одновременно (по аналогии с другими морями) изменение температурного режима последних десятилетий привело к смещению в структуре зоопланктонного сообщества в сторону преобладания мелких форм [9]. Обилие мелких

форм зоопланктона могло способствовать развитию желетелых организмов, молоди и взрослой теплолюбивой хамсы, которые в определенные периоды жизненного цикла являются трофическими конкурентами холодолубивого шпрота.

Благодарности. Авторы выражают глубокую благодарность рыбакам промысловых судов Крыма за помощь в получении материала.

1. Световидов А.Н. Рыбы Черного моря. М.: Наука, 1964. 550 с.
2. Шляхов В.А., Шляхова О.В. Динамика структуры траловых уловов шпрота на украинском шельфе Черного моря и воздействие на нее природных факторов и рыболовства // Тр. ЮгНИРО. 2011. Т. 49. С. 12–33.
3. Глущенко Т.И. Питание и оценка рациона черноморского шпрота в 2009-2010 годах // Тр. ЮгНИРО. 2011. Т. 49. С. 34–39.
4. Sargent J.R., Tocher D.R., Bell J.G. 2002. The lipids // Fish Nutrition. Halver, J.E., Hardy, R.W. (eds.). San Diego: AP. P. 2002. P. 181–257.
5. Кейтс М. 1975. Техника липидологии. М.: Мир, 1975. 222 с.
6. Yuneva T.V., Svetlichny L.S. Yunev O.A., et al. Nutritional condition of female *Calanus euxinus* from cyclonic and anticyclonic regions of the Black Sea // Mar. Ecol. Progr. Ser. 1999. V. 189. P. 195–204.
7. Юнева Т.В., Щепкина А. М. Жирные кислоты как трофические индикаторы черноморских копепод *Acartia clausi* и *Calanus euxinus* // Научные записки Тернопольского национального педагогического ун-та. Сер. биология. Спец. вып. Гидроэкология. 2005. Т. 27. №4. С. 280–282
8. Репетин Л.Н., Белокопытов В.Н. Режим ветра северо-западной части Черного моря и его климатические изменения. // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. 2009. Вып. 17. С. 225–243.
9. Sommer U., Stibor H., Katechakis A. et al. Pelagic food web configurations at different levels of nutrient richness and their implications for the ratio fish production:primary production // Hydrobiologia. 2002. V. 484. P. 11–20

USE LIPIDS AND ESSENTIAL FATTY ACIDS FOR ESTIMATION FOOD SUPPLY OF THE BLACK SEA SPRAT *SPRATTUS SPRATTUS PHALERICUS* (CLUPEIDAE)

T. V. Yuneva¹, S. A. Zabelinsky², N. A. Datsyk¹, A. M. Shchepkina¹, V. N. Nikolsky¹,
G. E. Shulman¹

¹Kovalevsky Institute of Marine Biological Research, RAS, Sevastopol, RF

²Institute of Evolutionary Physiology and Biochemistry, RAS, Saint Petersburg, RF

The food supply of the Black Sea sprat off the Crimea coast in the feeding periods of 2006–2013 was studied. The accumulation of storage lipids in the fish body and the content of essential polyunsaturated fatty acids (eicosapentaenoic and docosahexaenoic) used as indicator of food supply. It was shown that interannual variability in the lipids and fatty acids is determined not only by the quantity but first of all the qualitative composition of consumed food (namely, the proportion of cold water and and warm-water mesoplankton species in food).

Key words: Black Sea sprat, reserve lipids, essential fatty acids, food quality, interannual variability