



УДК 597.2/5:574.5(262.5)

Г. Е. Шульман¹, чл.-корр. НАН Украины, зав. отд., В. Н. Никольский¹, н.с.,
Т. В. Юнева¹, канд. биол. н., с.н.с., А. М. Щепкина¹, канд. биол. н., с.н.с.,
Л. Бат², докт. наук, проф., А. Е. Кидейш³, докт. наук, проф.

¹Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского Национальной академии наук Украины,
Севастополь, Украина

²Ondokuz Mayis University, Sinop Fisheries Faculty, Sinop, Turkey

³Institute of Marine Sciences, Middle East Technical University, Erdemli, Turkey

ВОЗДЕЙСТВИЕ ГЛОБАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ И РЕГИОНАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ НА МЕЛКИХ ПЕЛАГИЧЕСКИХ РЫБ ЧЁРНОГО МОРЯ

Рассмотрена многолетняя динамика содержания жира у шпрота и анчоуса Чёрного моря как индикаторов обеспеченности пищей в связи с температурой воды, концентрацией фитопланктона, величинами запасов и уловов этих рыб. Глобальным климатическим фактором, оказывающим прямое и косвенное влияние на обеспеченность мелких пелагических рыб Чёрного моря пищей, является температура. Региональные факторы, воздействующие на состояние шпрота и анчоуса, – пищевая конкуренция, речной сток и загрязнение водной среды.

Ключевые слова: шпрот, анчоус, содержание жира, обеспеченность пищей, температура, конкуренция, фитопланктон, запасы и уловы, Чёрное море

Драматические изменения климата, происходящие в последние годы, не могли не оказать существенного влияния на состояние экосистем не только Мирового океана в целом, но и его отдельных регионов. Это хорошо видно на примере Чёрного моря – полузакрытого водоёма, чрезвычайно ранимого в силу своеобразия его гидрологического и гидрохимического режимов [51, 57]. Эти изменения чётко прослеживаются на верхних трофических уровнях пелагической экосистемы, и в том числе, на состоянии популяций и запасов мелких рыб: шпроте *Spratus sprattus phalericus* (Risso, 1826) и хамсе (анчоусе) *Engraulis encrasicolus ponticus* (Aleksandrov, 1927) – массовых видах, доминирующих в черноморской пелагиали. По сути, оба эти вида – «индикаторы» степени благополучия (degree of wellbeing, health) экосистемы в целом, поскольку их состояние является результирующей процессов, происхо-

дящих на предшествующих трофических уровнях. Важной характеристикой этого состояния, наряду с численностью и биомассой, является уровень накапливаемых к завершению посленерестового нагула энергетических (жировых) запасов, отражающих обеспеченность пищей пелагических рыб, т. е. состояние их кормовой базы [12]. Результаты 45-летнего мониторинга содержания жира (нейтральных липидов) в популяциях шпрота [13, 49] и менее систематические данные по анчоусу [9, 12, 48] позволяют выявить роль изменений климата в обеспеченности пищей обоих видов. Одновременно мы попытались проследить воздействие на этот показатель пищевой конкуренции и региональных антропогенных факторов, к которым, в первую очередь, относятся биогенный речной сток, загрязнение, «транспортные» вселенцы, а также интенсивность промысла.

Особенности жиронакопления у шпрота и анчоуса. Холодолобивый шпрот и теплолюбивая хамса – рыбы-антиподы, которые, несмотря на определённое сходство в характере питания (потребляют мезозоопланктон, преимущественно – копепод), имеют существенные различия в годовых жизненных циклах. У шпрота нерестовый период приходится на зимнее время года, а посленерестовый нагул – на весенние месяцы; завершается нагул в июне–июле. Хамса, напротив, нерестится в июне – июле, а нагуливается в последний месяц лета и осенью (август – октябрь). Кроме этого, шпрот, обитающий на глубинах 25 – 70 м (под слоем температурного скачка), не совершает протяжённых миграций, ограничиваясь локальными перемещениями к берегу и от берега. Хамса же, нагуливаясь преимущественно в северо-западной части Чёрного моря, совершает протяжённые зимовальные миграции, уходя к берегам Кавказа и Турции.

В соответствии с этими различиями в годовых циклах, шпрот и анчоус накапливают энергетические запасы (жир) в разные сезоны года (рис. 1): у шпрота – это весна и начало лета, у анчоуса – конец лета и осень.

Рис. 1 Динамика жиронакопления у хамсы (1) и шпрота (2) в течение года [14]

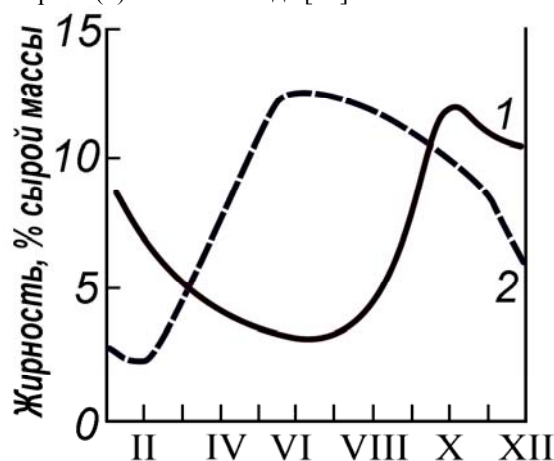


Fig. 1 Annual dynamics of fat content in anchovy (1) and sprat (2) [14]

Накопленные запасы впоследствии расходуются обоими видами для обеспечения

созревания и нереста, а у анчоуса еще и для миграций и зимовки, когда питание прекращено полностью или сильно сокращено. Содержание накопленного жира к концу нагула у обоих видов одного порядка (в среднем 11 – 12 % сырой массы тела), хотя сильно колеблется по годам. Таким образом, содержание жира у шпрота в июне – июле отражает обеспеченность пищей в предшествующий весенний период, а у анчоуса в ноябре – декабре – обеспеченность пищей в конце лета и осенью. Поскольку пища обоих видов – главным образом, копеподы, можно полагать, что данные по шпроту отражают состояние кормовой базы мелких пелагических рыб в первую половину года, а анчоуса – во вторую.

Динамика содержания жира у шпрота. Связь с экологическими факторами. Характеристика собранного материала по содержанию жира у шпрота и методика его сбора и обработки подробно описаны нами ранее [5, 49]. Результаты, полученные с 1960 до 2006 гг., представлены на рис 2 (данные за 2002 – 2006 гг. ранее не публиковались). Материал охватывает популяции шпрота в северо-западной части Чёрного моря, у Крымского, Кавказского и Болгарского побережий. Содержание жира у шпрота в период завершения посленерестового нагула (летние месяцы) характеризуется большими межгодовыми колебаниями (от 8 до 15 % сырой массы рыбы). Эти колебания положительно коррелировали с биомассой шпрота ($r = 0.65$; $p < 0.001$) и биомассой фитопланктона ($r = 0.51$; $P < 0.02$) [42]. Связь содержания жира у шпрота с биомассой зоопланктона – основной пищи этой рыбы – не обнаружена, что, очевидно, определяется выеданием кормовой базы как шпротом, так и другими представителями этого трофического уровня (желтелыми, анчоусом и т.п.). Положительная корреляция содержания жира у шпрота и величины его биомассы (запасов), очевидно, связана с тем, что пищевой фактор однонаправленно влияет как на накопление энергетических резервов,

так и на эффективность размножения, выживаемость молоди и взрослых рыб.

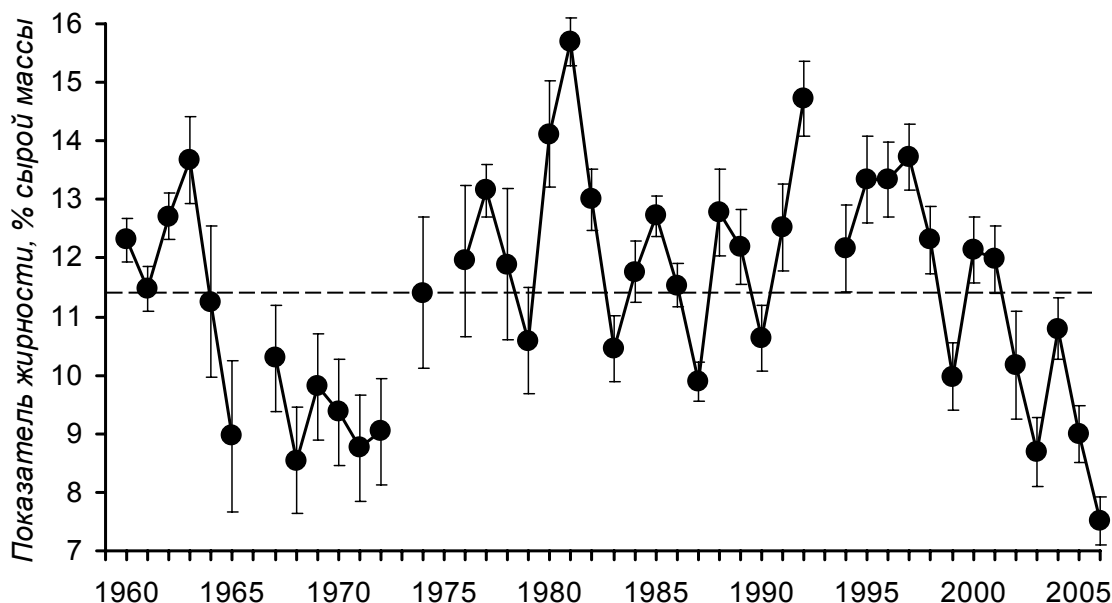


Рис. 2 Многолетняя динамика показателя жирности шпрота с 1960 по 2006 гг. Штриховая линия – среднее многолетнее значение, вертикальными отрезками указаны величины стандартных ошибок

Fig. 2 Long-term dynamics of sprat fat content indicator from 1960 to 2006. Dashed line shows a long-term mean value, vertical lines indicate standard errors

Нужно, однако, иметь в виду, что при высокой численности рыб обеспеченность их пищей, а, следовательно, и содержание жира снижаются. Сопоставление проанализированных ранее и новых данных по содержанию жи-

ра в популяциях шпрота, его запасам и уловам (рис. 3) и биомассе фитопланктона (рис. 4) выявило приблизительно 9 – 11-летние сопряженные колебания рассматриваемых характеристик (табл. 1).

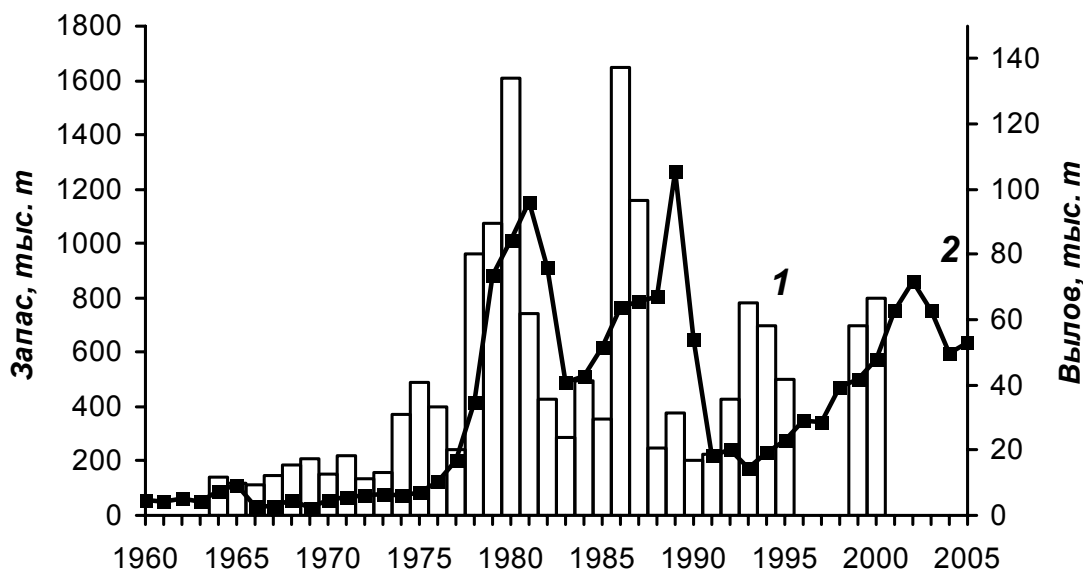


Рис. 3 Динамика запасов (1) и вылова (2) черноморского шпрота в 1960–2005 гг. [10, 11, 24, 25, 31, 45]

Fig. 3 Long-term variations of sprat stock biomass (1), and catch (2) during 1960–2005 [10, 11, 24, 25, 31, 45]

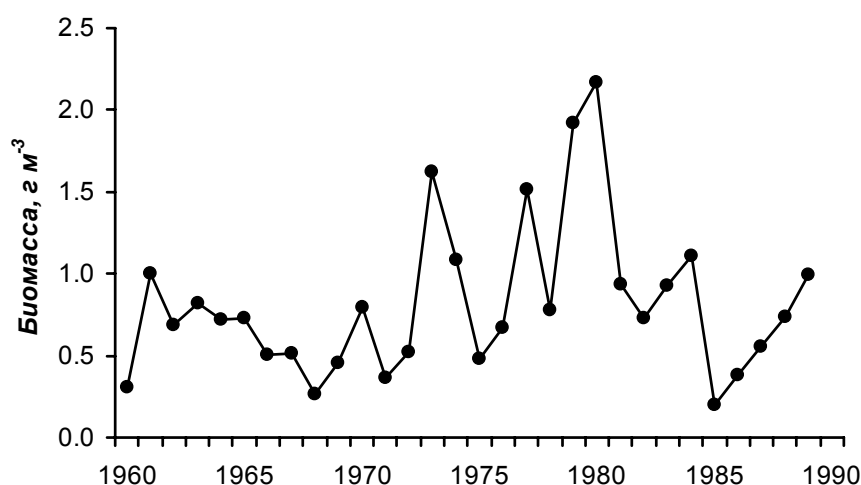


Рис. 4 Среднегодовые величины биомассы фитопланктона в северо-западной части Черного моря в 1960 – 1989 гг. [2]
Fig. 4 Annual phytoplankton biomass in the Northwestern Black Sea during 1960 – 1989 [2]

Табл. 1 Десятилетние изменения анализируемых показателей за период 1960 – 2006 гг.
Table 1 Decadal changes in the analyzed indicators for the period 1960 – 2006

Показатели	Временные интервалы				
	1960-е	1970-е	1980-е	1990-е	Начало XXI столетия
Температура воды на поверхности моря	Высокая	Низкая	Низкая	Возрастание	Высокая
Биомасса фитопланктона	Снижение	Возрастание	Высокая	Высокая	Низкая
Запасы (уловы) шпрота	Низкие	Возрастание	Высокие	Средние	?
Жирность шпрота	Снижение	Возрастание	Высокая	Высокая	Низкая

В эту же таблицу помещены данные по динамике поверхностной температуры воды в Чёрном море (рис. 5). Эта динамика показывает повышение температуры, по сравнению со среднемноголетней в 60-е и последние (начиная с 1999 г.) годы. В 70-е, 80-е и 90-е годы годовые температуры были ниже среднемноголетнего значения. Повышенные температуры в 60-е годы сначала предшествуют, а потом сопровождают резкое уменьшение содержания жира у шпрота и биомассы фитопланктона. В последние же годы процессы носят особенно драматический характер: стойкое повышение температуры воды сопровождается резким падением биомассы фитопланктона [20, 54] и содержания жира в теле шпрота.

Морський екологічний журнал, № 4, Т. VI. 2007

Как эти процессы могут быть связаны между собой? Естественно, обратная связь между изменением температуры и состоянием запасов шпрота (уровнем накопленных жировых запасов и биомассы) может проявляться опосредованно через первичную кормовую базу – фитопланктон. В холодные зимы происходит более интенсивное вертикальное перемешивание вод, что увеличивает поступление в фотический слой биогенов (нутриентов), используемых для образования первичной продукции фитопланктона [43]. Далее по трофической цепочке «фитопланктон – зоопланктон – рыбы» последние оказываются под мощным косвенным воздействием климатического фактора, индикатором которого и является темпе-

ратура. Известно [1], что среднегодовая температура поверхности Чёрного моря определяется в основном температурой воды в самые холодные месяцы (февраль – март), однако в нашем случае более показательными оказались среднегодовые величины (см. рис. 5). Пониженная температура воды может оказывать и прямое воздействие на холодолюбивого шпрота, увеличивая его ареал и тем самым, способствуя освоению кормовой базы. При низких температурах увеличиваются также нерестовый ареал, интенсивность и эффективность размножения, выживаемость икры и личинок, что положительно сказывается на пополнении запасов этого вида. Кроме того, создаются бла-

гоприятные условия для увеличения численности и биомассы холодолюбивых форм зоопланктона (копепод родов *Calanus* и *Pseudocalanus*) – излюбленной пищи шпрота. Очевидно, всё это в значительной степени способствовало благоприятным условиям существования шпрота в Чёрном море, начиная со второй половины 70-х годов. Напротив, высокие зимние температуры характеризуют менее интенсивное перемешивание водных масс, что отрицательно сказывается на образовании первичной, а через нее – и вторичной продукции. Отсюда резкое падение содержания жира у шпрота и, возможно, его запасов.

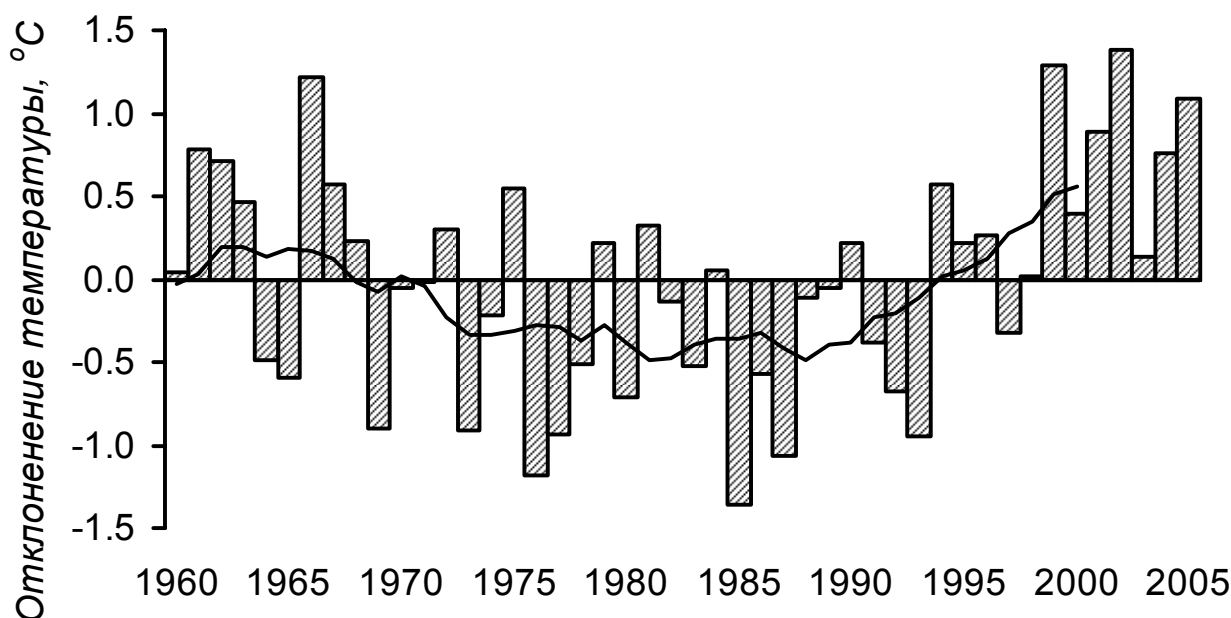


Рис. 5 Отклонения среднегодовых значений поверхностной температуры воды в Черном море у южного побережья Крыма от среднемноголетнего (1960–2005 гг.) значения (столбцы); ломаная линия – те же данные, сглаженные 11-летним скользящим средним. Рассчитано по данным Морского гидрофизического института НАН Украины и Морского отделения Украинского гидрометеорологического института

Fig. 5 Annual sea surface water temperature anomalies off South Crimea (bars); broken line shows the same data smoothed by 11-year filter. The data obtained by Marine Hydrophysical Institute and Marine Branch of Ukrainian Hydrometeorological Institute were used

Само собой разумеется, что воздействие изменений климата на биомассу фитопланктона и содержание жира в популяциях шпрота, в силу многообразия процессов, происходящих в морском бассейне, носит сложный характер. Оно проявляется далеко не все-

гда в данном году, а с некоторым, часто большим запозданием, объяснить которые мы пока не можем (табл. 2). На основании выявленных корреляционных связей было рассчитано уравнение регрессии между содержанием жира у шпрота в данном году $FCI(t)$ и в предшест-

вующие годы $FCI(t-1)$, $FCI(t-3)$, а также со среднегодовой поверхностной температурой с четырехлетним запаздыванием $SST(t-4)$ в виде

$$FCI(t) = A_0 + A_1 FCI(t-1) + A_2 FCI(t-3) + A_3 SST(t-4),$$

где $A_0 \dots A_3$ – коэффициенты, значения которых пересчитываются ежегодно, по мере полу-

чения новых данных. Полученное уравнение объясняет около половины дисперсии показателя (коэффициент детерминации $R^2 \approx 0.5$), что дает возможность с известным приближением прогнозировать жирность шпрота на последующий год по предшествующим наблюдениям [6, 42].

Табл. 2 Результаты корреляционного анализа между показателем жирности шпрота и некоторыми другими переменными (представлены только статистически значимые ($P < 0.05$) значения)

Table 1 Summary of correlation tests between sprat fat content indicator (FCI) and some other variables (only significant correlation coefficients ($P < 0.05$) are presented)

Переменная и временной лаг	Коэффициент корреляции	Временной период	Источник данных
Показатель жирности шпрота (t-1)	0.51	1960–2001	[49]
Показатель жирности шпрота (t-3)	0.41	1960–2001	[49]
Запас (биомасса) шпрота (t-1)	0.39	1960–1991	[24]
Запас (биомасса) шпрота (t-2)	0.39	1960–1991	[24]
Запас (биомасса) шпрота (t-3)	0.38	1960–1991	[24]
Среднегодовая температура поверхности моря (t-4)	– 0.49	1960–2001	Архивы МГИ, МО УГМИ
Среднегодовая температура поверхности моря (t-4)	– 0.69	1985–2004	Архив NOAA/ NASA
Средняя зимняя температура поверхности моря (t-2)	– 0.31	1960–2001	Архивы МГИ, МО УГМИ
Биомасса фитопланктона в северо-западной части моря (t-1)	0.61	1957–1989	[2]
Биомасса фитопланктона в северо-западной части моря (t-2)	0.51	1957–1989	[2]
Биомасса фитопланктона в восточной части моря (t-4)	0.57	1960–1990	[40]

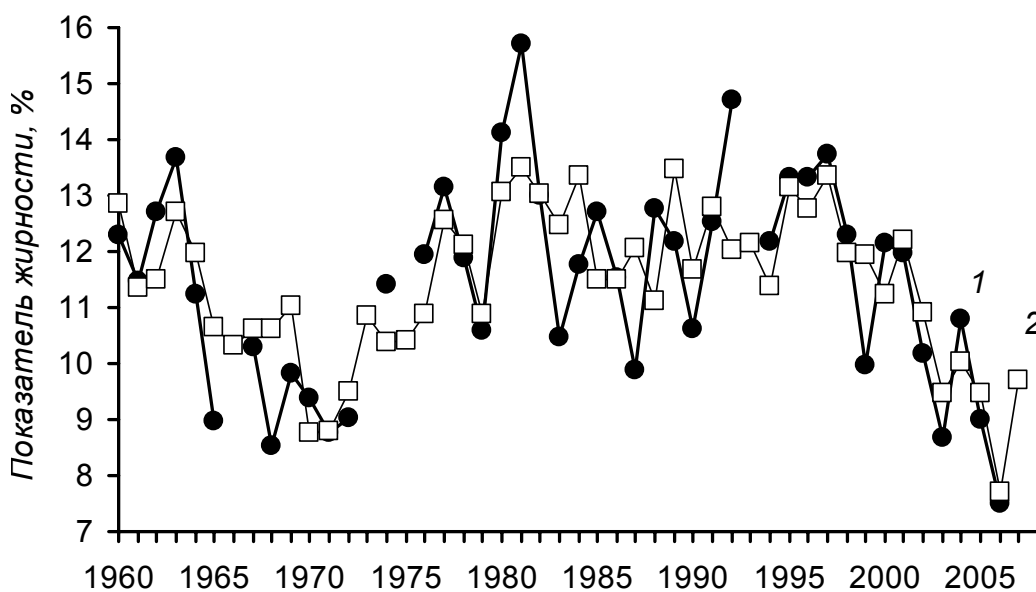


Рис. 6 Наблюдаемые (1) и предсказанные моделью (2) значения показателя жирности шпрота за период 1960 – 2006 гг. (линейная модель)

Fig. 6 Observed (1) and predicted (2) values of sprat fat content indicator (FCI) for the period 1960 – 2006 (linear model)

Опыт такого прогнозирования, выполняемого нами регулярно, начиная с 2001 г., показан на рис. 6, из которого видно, что в 2006 г. жирность шпрота ожидалась необычайно низкой (около 7.7 %). Действительно, на протяжении лета 2006 г. она оставалась очень низкой при среднем значении в июне $7,5 \pm 0.4$ %. Для лета 2007 г. прогностическое уравнение ($R^2 = 0.60$) имеет вид:

$$FCI(t) = 21.29 + 0.33 FCI(t-1) + 0.35 FCI(t-3) - 1.25 SST(t-4),$$

в соответствии с которым можно ожидать, что, несмотря на некоторое возрастание (примерно до 9.7 %) в 2007 г., содержание жира в популяциях шпрота в Чёрном море и далее будет оставаться на низком уровне. А поскольку этот показатель может быть связан с величиной запасов шпрота, то, вероятно, не следует ожидать и их увеличения. Впрочем, из рис. 6 следует, что в отдельные годы (1968, 1981, 1987 и 1992) «предсказанные» величины существенно отличались от фактических. Это было связано с резким изменением условий обитания шпрота в указанные годы. В конце 60-х годов произошло изменение направленности хода температурного процесса [35]. Это переключение (своеобразный «switch») имело место в масштабах всего Мирового океана, что отражает глобальное изменение климатических процессов. В 1981 г. сложились особо благоприятные кормовые условия; в 1987 г. резко увеличилась конкуренция за пищу в результате вспышки численности шпрота и анчоуса; в 1992 г. произошло ослабление «пресса» гребневика-вселенца мнемииопсиса [49].

Таким образом, изменение климата оказывает существенное влияние на состояние черноморского шпрота. Этот фактор носит не региональный, а глобальный характер, поскольку температурный режим Чёрного моря тесно связан с общепланетарными процессами [7]. Более того, это воздействие происходит в «мегамаштабах» и проявляется также и у рыб Мирового океана [3] в долгопериодных колебаниях.

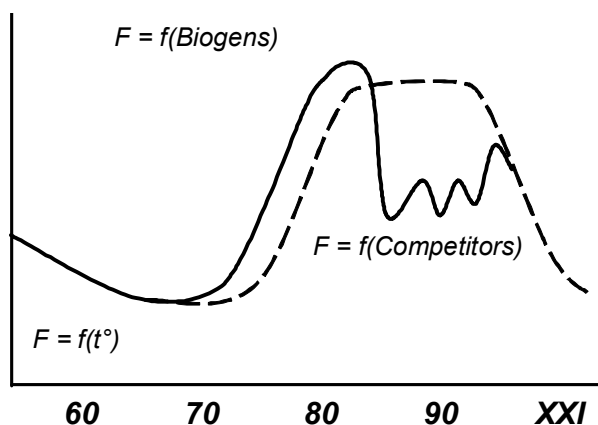
Помимо климатического фактора, на состояние черноморского шпрота оказывают заметное локальное влияние и региональные факторы, в одних случаях усиливая, а в других, напротив, ослабляя его влияние. Состояние черноморской экосистемы в целом и его отдельных компонентов на протяжении 70 – 90-х годов находилось под «жестким» контролем антропогенного воздействия. Прежде всего, следует назвать биогенный речной сток, связанный с мощным выносом в Чёрное море фосфатов, нитратов, аммонийных соединений – продуктов интенсивного сельского хозяйства [51, 57], который особенно усилился в 70-е и 80-е годы, в период так называемой «зеленой революции». Вначале этот процесс способствовал усилению образования первичной продукции в море и, как следствие, увеличению обеспеченности пищей и запасов шпрота. Однако увеличение первичной продукции, а с ней и биомассы фито-, а затем и мезозoopланктона, улучшило кормовую базу и других потребителей последнего (медузы *Aurelia aurita*, анчоуса и др.). Это привело к ужесточению пищевой конкуренции, результатом чего стали резкие колебания содержания жира у шпрота в 80-е годы (этот отрезок времени мы называем «раскачивающейся лодкой»).

Наряду с увеличившимся выносом биогенов, 70-е и особенно 80-е годы были связаны с резко усилившимся загрязнением, в результате роста промышленного и сельскохозяйственного производства в странах Черноморского бассейна и поступления в море вредных химических веществ (тяжелых металлов, пестицидов и т.п.). Это привело к ослаблению способности экосистемы сопротивляться вредным воздействиям (своеобразная потеря иммунитета), как следствие, массовому вселению в конце 80-х годов хищного гребневика *Mnemiopsis leidyi*, который отрицательно воздействовал на биомассу мезозoopланктона и подорвал кормовую базу мелких пелагических планктоноядных рыб. В 90-е годы в связи с экономическим кризисом в причерноморских странах загряз-

нение моря значительно сократилось и, как следствие, улучшилось состояние экосистемы, а с ним и показатели состояния шпрота (содержание жира, биомасса).

И, наконец, последний из рассматриваемых антропогенных факторов – интенсивность промысла. Поскольку короткоциклические мелкие пелагические рыбы быстро восстанавливают свою численность и биомассу, было принято считать, что изъятие до 30 % биомассы негативно на запасах не отражается [31]. Мы придерживаемся такого же мнения. Во всяком случае, рассмотренные выше экологические и антропогенные факторы (температура, биогенный сток, пищевая конкуренция, загрязнение), а также взаимоотношение мнемипсиса и его потребителя гребневика-вселенца *Beroe ovata* [8], способны повлиять на состояние запасов шпрота настолько сильно, что влияние на него промысла как бы остаётся в «тени». Естественно, это не относится к существенному воздействию промысла шпрота на размерно-возрастную структуру его запасов.

Подводя итоги этому разделу исследования, можно утверждать, что на фоне глобального «мегамасштабного» воздействия на черноморского шпрота климатического фактора на него влияют и региональные «мезомасштабные» факторы. При этом их воздействие на состояние шпрота на протяжении долгого времени однонаправлено и вначале было позитивным, а затем стало негативным (рис. 7).



В последние годы влияние температурного фактора стало сказываться особенно сильно. В отношении популяций шпрота оно имеет ярко выраженный негативный характер, ухудшая их обеспеченность пищей, уровень накопленных к концу нагула энергетических запасов, и может серьезно отразиться на численности и биомассе рыб.

Динамика содержания жира у анчоуса.

Материалы по содержанию жира у черноморского анчоуса имеются за 1955 – 1964 [12], 1965 – 1973 [48] и 80-е годы [9, 47]. К сожалению, они собирались не столь систематически, как по шпроту, поэтому о мониторинге говорить не приходится. Тем не менее, объём материала и охват различных районов (северо-западная часть, крымское и кавказское побережье) позволяют составить представление об уровне жировых запасов у анчоуса к концу посленерестового, или предзимовального, нагула (ноябрь – декабрь). Содержание жира у анчоуса в это время достигало в среднем 9.5 – 13.8 % сырой массы тела (рис. 8).

Систематический сбор материалов по уровню жировых запасов у анчоуса был возобновлен нами лишь в конце 2005 г. (ноябрь – декабрь) у анатолийского побережья Турции. При этом вместо жира (данные за 1965 – 73 гг.; эфирная экстракция, по [4]), как и в 80-е годы, определяли содержание тотальных липидов (хлороформ-метанольная экстракция, по [27]). В 2005 – 2006 гг. определяли также содержание триацилглицеринов, которые являются фракциями липидов, почти однозначных жиру [15].

Рис. 7 Схема многолетней динамики показателя жирности шпрота: наблюдаемая траектория (сплошная линия) и возможный тренд, вызванный глобальными климатическими факторами (штриховая линия)

Fig. 7 Scheme of long-term dynamics of sprat fat content: observed pattern (solid line) and probable trend caused by global climatic factors (dashed line)

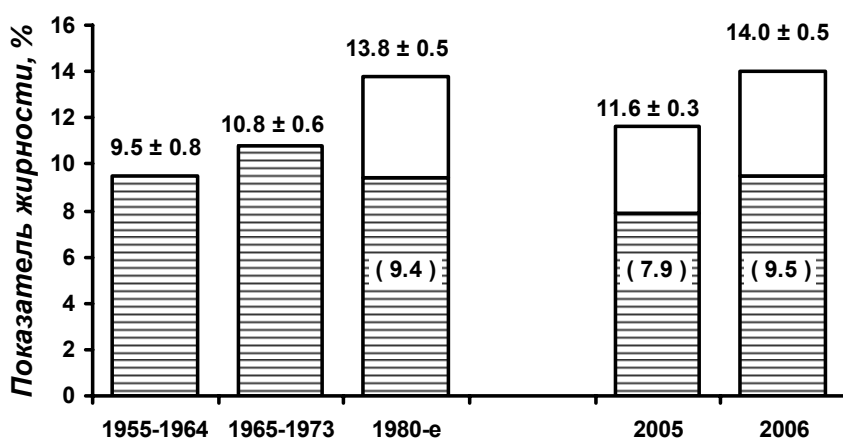


Рис. 8 Содержание жира у хамсы в конце нагульного периода 2005 и 2006 гг. в сравнении с многолетними данными [9, 12, 47, 48]: заштрихованные участки – жир (нейтральные липиды), незаштрихованные – сумма остальных липидов

Fig. 8 Fat content of anchovy at the end of feeding period in 2005 and 2006 compared to long-term data [9, 12, 47, 48]: hatched parts – fat (neutral lipids), blanked ones – other lipids

Поскольку триацилглицерины у анчоуса в конце нагула составляли, по нашим данным, около 70 % от тотальных липидов, мы вычислили их содержание у анчоуса и для 80-х годов. Таким образом, возможно сравнить данные, полученные в последнее время, с соответствующими данными за предыдущие десятилетия (см. рис. 8). Эти данные показывают, что содержание нейтральных липидов (жира) у хамсы в 2005 и 2006 гг. было ниже среднего уровня за 50 – 80-е годы.

Следовательно, существует определенная аналогия с материалами, полученными в 2002 – 2006 гг. на шпроте. Мы полагаем, что эта аналогия не случайна. Несмотря на тепло-

любивость, анчоус, как и холодолюбивый шпрот, по-видимому, негативно отреагировал на резкое и продолжительное повышение температуры воды в Чёрном море. Помимо ухудшения обеспеченности анчоуса пищей, о чем свидетельствует как уменьшение биомассы фитопланктона [20, 54], так и падение содержания нейтральных липидов, упали также и уловы анчоуса [26, 32], свидетельствующие о сокращении его биомассы. Кстати, кривые уловов анчоуса и шпрота в Чёрном море меняются сходным образом (см. рис. 3 и 9). Следовательно, рыбы-антиподы анчоус и шпрот на температурные изменения (возможно, аномальные?!) последнего времени отреагировали однозначно.

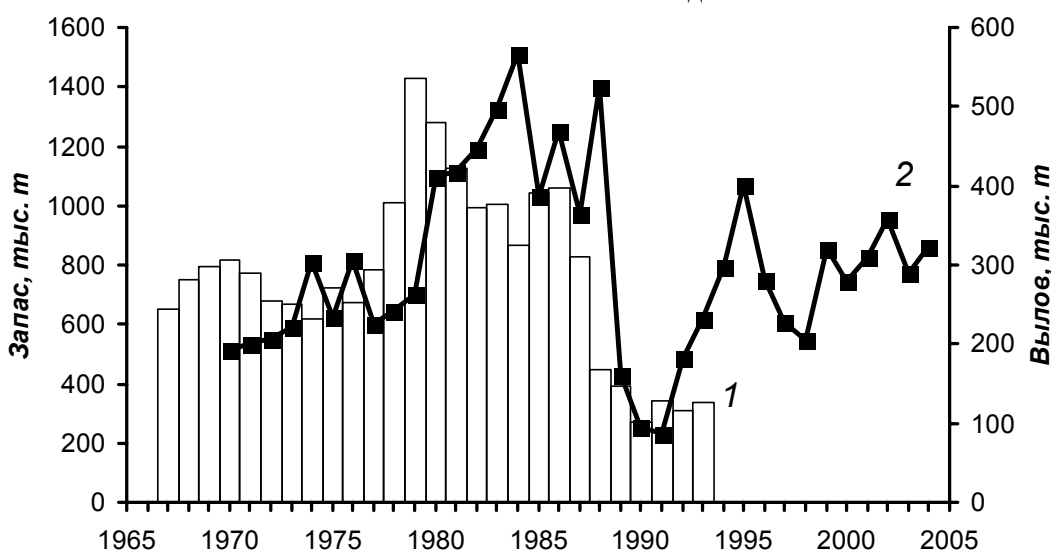


Рис. 9 Динамика запасов (1) в 1950 – 1993 гг. и вылова (2) черноморского анчоуса в 1967 – 2005 гг. [25, 45]

Fig. 9 Long-term variations of anchovy stock biomass (1) in 1950 – 1993, and catch (2) in 1967 – 2005 [25, 45]

Сопоставление ситуации со шпротом и анчоусом в Чёрном море с обитателями других морских бассейнов. К большому сожалению, материалы по мониторингу содержания энергетических запасов у рыб в различных бассейнах Мирового океана в последние десятилетия отсутствуют, что не позволяет с достаточной определенностью судить об их обеспеченности пищей. Однако на черноморских объектах – шпроте и, в какой-то степени, – анчоусе мы выяснили, что существует достаточно чёткая связь между содержанием жира (нейтральных липидов) у рыб и величиной их запасов (биомассой) и уловов [49]. Сопоставим материалы по содержанию жира у черноморского шпрота, величине его запасов и уловов, а также данные по уловам черноморского анчоуса с динамикой уловов рыб в других морях.

Ранее мы отмечали [49], что изменчивость биомассы шпрота *S. s. mediterraneus* в Адриатике (данные за 1976–1996 гг. [17]) сходна с данными по содержанию жира и уловам черноморского шпрота. В обоих случаях наблюдается увеличение сравниваемых величин от 70-х к 80-м годам, значительные колебания в 80-е годы, сильное уменьшение в конце 80-х – начале 90-х годов и восстановление в 90-е годы. Данные по анчоусу *E. e. mediterraneus* [19, 50] показывают сходную тенденцию. Биомасса фитопланктона [39, 55] и температурный режим [21, 33, 33] меняются в Адриатике таким же образом. Такая же тенденция наблюдается в запасах и уловах анчоуса во всех других районах Средиземного моря [16, 19, 22, 23, 26, 36, 38, 44, 52, 53]. Более того, подобная межгодовая динамика наблюдается у многих видов в других морях Атлантического бассейна: у бенгельского *E. meridionalis* [37] и южноафриканского *E. capensis* [46] анчоусов, у исландской сельди *Clupea harengus harengus* [18], исландской и баренцевоморской мойвы *Mallotus villosus villosus* [56]. Поразительно, но калифорнийский (*E. mordax* [37]) и перуанский (*E. ringens* [3]) анчоусы подчиня-

ются той же закономерности. Следует, однако, отметить, что не все виды подчиняются такому ходу кривых. Так, у сардины *Sardina pilchardus* в Средиземном море биомасса и уловы меняются противоположно анчоусу [19]. Также в противофазе меняются уловы перуанского анчоуса и сардины *S. sagax* в течении Гумбольда [3]. Эта асинхронность связана с различным отношением к температуре и кормовым организмам у этих рыб. Нет аналогий в изменчивости кривых уловов у черноморского шпрота и шпрота *S. sprattus* Балтийского [28, 34] и Северного [25] морей. Это свидетельствует о сложности и неоднозначности процессов, влияющих на состояние пелагических рыб в различных районах Мирового океана.

Тем не менее, проведенное исследование позволяет признать ведущую роль глобальных климатических факторов в регуляции состояния мелких пелагических рыб – важных «индикаторных» компонентов морских и океанических экосистем, в том числе и Чёрного моря. В этом мы солидарны со многими исследователями, которые приходят к такому же заключению относительно состояния пелагических экосистем в целом [3, 41]. Важнейшей составляющей этих глобальных факторов является температура, определяющая интенсивность циркуляции водных масс и тем самым влияющая на продукционные процессы различных трофических уровней, а через них – на обеспеченность пищей пелагических рыб. Именно обеспеченность пищей формирует численность и биомассу популяций, поскольку контролирует созревание, нерест, выживание ранних стадий и элиминацию взрослых особей.

В [14] мы уже приводили схему взаимодействия двух важнейших компонентов экосистемы (температуры и обеспеченности пищей), определяющих состояние популяций рыб (рис. 10). Материалы данной статьи, как нам представляется, подтверждают справедливость этой закономерности.

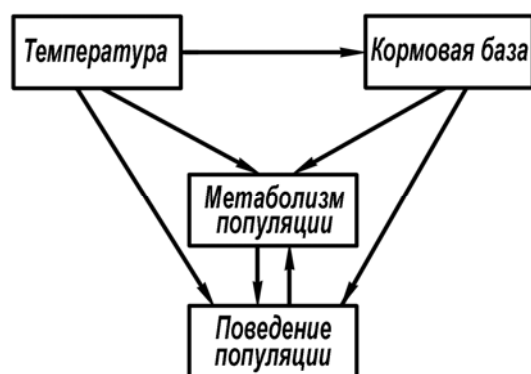


Рис. 10 Схема воздействия температуры и кормовой базы на биологию рыб [14].

Fig. 10 Scheme of temperature and nutrition base influences on fish biology [14]

Выводы. 1. Содержание жира является важным индикатором обеспеченности пищей мелких пелагических рыб Чёрного моря (шпрота и анчоуса). 2. Температура, как важнейший глобальный климатический фактор, оказывает существенное влияние на обеспеченность пищей шпрота и анчоуса. 3. Пищевая конкуренция, биогенный речной сток и загрязнение водной среды являются региональными факторами, влияющими на обеспеченность пищей мелких пелагических рыб Чёрного моря.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке грантов NATO-CLG (ESP.NUKR.CLG 981783) и TUBITAK-NASU.

1. Бабий М. В., Букатов А. Е., Станичный С. В. Прогноз среднемесячных температур поверхности Чёрного моря по среднемесячной температуре в марте // Доп. НАН України. – 2004. – 8. – С. 117 – 122.
2. Брянцева Ю. В., Брянцев В. А., Ковальчук Л. А., Самышев Э. З. К вопросу о долгосрочных изменениях биомассы диатомовых и перидиниевых водорослей Чёрного моря в связи с атмосферными переносами // Экология моря. – 1996. – Вып. 45. – С. 13 – 18.
3. Кляшторин Л. Б., Любушкин А. А. Циклические изменения климата и рыбопродуктивности. – М.: ВНИРО, 2005. – 235 с.
4. Лазаревский А. А. Технохимический контроль в рыбодобывающей промышленности. – М.: Пищепромиздат, 1955. – 519 с.
5. Минюк Г. С., Шульман Г. Е., Щепкин В. Я., Юнева Т. В. Черноморский шпрот. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 1997. – 138 с.
6. Никольский В. Н. Статистический анализ многолетней изменчивости жирности черноморского шпрота // Наук. зап. Сер. биол. – 2005. – 4 (27). – С. 164 – 166.
7. Полонский А. Б., Воскресенская Е. Н., Башарин Д. В. О влиянии океана на изменчивость температуры Европейского и Средиземноморского регионов // Морск. гидрофиз. журн. – 2000. – № 5. – С. 30 – 45.
8. Финенко Г. А., Романова З. А., Аболмасова Г. И., Анниский Б. Е. Трофические взаимоотношения в планктонном сообществе Чёрного моря на современном этапе // Экология моря. – 2006. – Вып. 71. – С. 50 – 54.
9. Чащин А. К., Акселев О. И. Миграции скопленных и доступность черноморской хамсы для промысла в осенне-зимний период / Биологические ресурсы Чёрного моря: Сб. научн. трудов. – М.: ВНИРО, 1990. – С. 80 – 93.
10. Чащин А. К., Гришин А. Н., Дубовик В. Е., Патюк В. В. Межгодовая и сезонная изменчивость развития гребневика *Mnemiopsis leidyi* и его влияние на ресурсы пелагических рыб Азово-Черноморского бассейна // Труды ЮгНИРО. – 1996. – 42. – С. 162 – 171.
11. Шляхов В. А., Чащин А. К. О состоянии запасов основных промысловых рыб Азовского и Чёрного морей в 2000 году и перспективы их промысла в 2002 г. // Основные результаты комплексных исследований ЮгНИРО в Азово-Черноморском бассейне и Мировом океане: Тр. ЮгНИРО. – 2004. – 45. – С. 11 – 20.
12. Шульман Г. Е. Физиолого-биохимические особенности годовых циклов рыб. – М.: Пищ. пром-сть, 1972. – 368 с.
13. Шульман Г. Е., Чащин А. К., Минюк Г. С. и др. Многолетний мониторинг состояния черноморского шпрота // ДАН. – 1994. – 335, № 1. – С. 124 – 126.
14. Шульман Г. Е., Урденко С. Ю. Продуктивность рыб Чёрного моря. – Киев: Наук. думка, 1989. – 188 с.
15. Щепкина А. М. Липидный состав тканей черноморского анчоуса на протяжении годового цикла // Экология моря. – 1980. – Вып. 3. – С. 33 – 39.
16. Arnerly E. Fisheries resources assessment and management in the Adriatic and Ionian seas // FAO Fish. Rep. – 1996. – 533 (Suppl). – P. 7 – 20.

17. Azzali M., Cosini G., Luna M. Fluctuations in space and time of pelagic populations in the Adriatic Sea from 1976 to 1996 // Arch. Oceanogr. Limnol. – 2001. – **22**. – P. 127 – 132.
18. Bakken E. Recent history of Atlanto-Scandinavian herring stocks // FAO Fish. Rep. – 1983. – **291**. – P. 521 – 536.
19. Bombace G. Influence of climatic changes on stocks, fish species and marine ecosystems in the Mediterranean Sea // Arch. Oceanogr. Limnol. – 2001. – **22**. – P. 67 – 72.
20. Boichenko L. Major shifts in the phytoplankton community of the Romanian Black Sea waters / Velikova V., Chipev N. (Eds.) Large-scale disturbances (regime shift) and recovery in aquatic ecosystems: challenges for management towards sustainability. Unesco-Roste/BAS Workshop on Regime Shifts, 14–16 June. – Varna, 2005.
21. Caddy J. F. Tendences récents des pêches méditerranéennes // Etude et Revues (Conseil Général des Pêches pour la Méditerranée). – Rome: FAO, 1990. – 54 p.
22. Caddy J. F., Griffiths R. C. A perspective on recent fishery-related events in the Black Sea // Recent trends in the fisheries and environment in the general fisheries for the Mediterranean (GFCM) area. GFCM Stud. Rev. – 1990. – **63**. – P. 43 – 71.
23. Caddy J. F., Oliver P. Some future perspectives for assessment and management of Mediterranean fisheries for demersal and shellfish resources, and small pelagic fish // Caddy J.F. (ed) Resource and environmental issues relevant to Mediterranean fisheries management. GFCM Stud. Rev. – 1994. – **66**. – P. 19 – 60.
24. Chashcin A. K. The anchovy and other pelagic fish stocks transformations in the Azov-Black Sea basin under environmental and fisheries impact // Proc. First Int. Symp. on Fish. and Ecol., 2–4 Sep. 1998. – Trabzon, Turkey. Celikkale M.S., Duzgunes E., Okumus I., Multu C. (Eds.). – 1998. – P. 1 – 10.
25. FAO Fishery statistics. Capture Production 1950 – 2005. Release date: March 2007. Downloadable at: <http://www.fao.org>.
26. Fiorentini L., Caddy J. F., de Leiva J. I. Long- and short-term trends of Mediterranean fishery resources // GFCM Stud. Rev. – 1997. – **69**. – P. 1 – 14.
27. Folch J., Lees M., Stanley G. H. F. A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissues // J. Biol. Chem. – 1957. – **226**, N 1. – P. 497 – 509.
28. Grygiel W., Wyszynski M. Temporal (1980–2001) and geographic variation in the sexual maturity at age and length of herring and sprat inhabiting the southern Baltic // Bull. Sea Fish. Inst. – Gdynia, Poland. – 2003. – **2** (159). – P. 3 – 33.
29. Gucu A. C. Can overfishing be responsible for the successful establishment of *Mnemiopsis leidyi* in the Black Sea? // Estuar. Coast. Shelf. Sci. – 2002. – **54**. – P. 439 – 451.
30. Halim J. Pollution problems in the Mediterranean Sea // Bull. Inst. Oceanogr. – 1992. – **11**. – P. 27 – 42.
31. Ivanov L., Beverton R. J. H. The fisheries resources of the Mediterranean. Part two: Black Sea // GFCM Stud. Rev. – 1985. – **60**. – 135 p.
32. Kideys A. E. Fall and rise of the Black Sea ecosystem // Science. – 2002. – **297**. – P. 1482 – 1484.
33. Konovalov S. M. Anthropogenic impact and ecosystems of the Black Sea // Bull. Inst. Oceanogr. – 1995. – **15**. – P. 53 – 82.
34. Köster F. W., Möllmann C., Neuenfeldt S et al. Fish stock development in the Central Baltic Sea (1976 – 2000) in relation to variability in the physical environment // ICES Mar. Sci. Symp. – 2003. – **219**. – P. 294 – 306.
35. Lalli C. M., Parsons T. R. Biological oceanography. An introduction. 2nd edit. – Oxford: Butterworth & Heinemann, 1997. – 314 p.
36. Leonart J., Recasens L. Fisheries and environment in the Mediterranean Sea / Caddy J.F. (ed.) Resource and environmental issues relevant to Mediterranean fisheries management. GFCM Stud. Rev. – 1996. – **66**. – P. 5 – 18.
37. Lluch-Belda D., Schwartzlose R. A., Serra R et al. Sardine and anchovy regime fluctuations of abundance in four regions of the world oceans: a workshop report // Fish Oceanogr. – 1992. – **1**, 4. – P. 339 – 347.
38. Lopez-Cazorla A., Sanchez P. E. Evaluacion del stock de la anchoa, *Engraulis* (L), de la pesqueria de Catalunya, a partir de datos de frecuencias de tallas // Bol. Inst. Esp. Oceanogr. – 1986. – **3**. – P. 67 – 72.
39. Marasovich I., Pucher-Petkovic T., Hernandez A. Phytoplankton productivity of the Adriatic Sea in relation to pelagic fisheries // Biljeske-Notes – 1998. – **72**. – P. 1 – 8.
40. Mikaelyan A. S. Long-term variability of phytoplankton communities in the open Black Sea in relation to environmental changes / Ozsoy E, Mikaelyan A (eds) Sensitivity to change: Black Sea, Baltic Sea and North Sea. – Kluwer Acad. Publ., Dordrecht. – 1997. – P. 105 – 116.
41. Niermann U., Kideys A. E., Kovalev A. V. et al. Fluctuations of pelagic species of the ocean and Black Sea during 1980–1995 / Besiktepe S. T., Umluata U., Bologna A. S. (eds) Environmental degradation of the Black Sea: challenges and remedies. NATO Sci. Ser. 2. Environmental Security, V.56. – Dordrecht: Kluw. Acad. Publ., 1999. – P. 147 – 174

42. *Nikolsky V. N., Shulman G. E.* The sprat fat content variability in connection with long-term environmental changes in the Black Sea / Velikova V., Chipev N. (Eds.) Large-scale disturbances (regime shift) and recovery in aquatic ecosystems: challenges for management towards sustainability. Unesco-Roste/BAS Workshop on Regime Shifts, 14–16 June, Varna. – 2005. – P. 159 – 168.
43. *Oguz T., Dippner W., Kaymaz Z.* Climatic regulation of the Black Sea hydro-meteorological and ecological properties at interannual-to-decadal time scales // *J. Mar. Systems.* – 2006. – **60**. – P. 235 – 254.
44. *Pertierra J. P., Lleonart J.* A study of the population dynamics of the Northwestern Mediterranean anchovy using LCA (length cohort analysis) // *Rapp. P.V. Reun.* – 1992. – **33**. – 252 p.
45. *Prodanov K., Mikhailov K., Daskalov G. et al.* Environmental management of fish resources in the Black Sea and their rational exploitation // *GFCM Stud. Rev.* – 1997. – **68**. – 178 p.
46. *Shelton P. A., Armstrong M. J., Rool B. A.* An overview of the application of the daily egg production method in the assessment and management of anchovy in the Southern Atlantic // *Bull. Mar. Sci.* – 1993. – **53**. – P. 778 – 794.
47. *Shulman G. E.* Anchovies of the Sea of Azov and the Black Sea: regularities of wintering migration (brief review) // *Mar. Ecol. Journ.* – 2002. – **1**, no 1. – P. 67 – 77.
48. *Shulman G. E., Love R. M.* The Biochemical Ecology of Marine Fishes. In: *Advances in marine biology.* – **36**, Academic Press, London, 1999. – 352 p.
49. *Shulman G. E., Nikolsky V. N., Yuneva T. V. et al.* Fat content of Black Sea sprat as an indicator of fish and ecosystem condition // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* – 2005. – **293**. – P. 201 – 212.
50. *Sinovic G.* Anchovy, *E. encrasicolus*: biology, population dynamics and fisheries case study // *Acta Adriat.* – 2002. – **41**. – P. 3 – 53.
51. *Sorokin Yu. I.* The Black Sea ecology and oceanography. – Leiden, The Netherlands: Backhuys Publishers, 2002. – 875 p.
52. *Stergiou K.I.* Multivariate analysis of the commercial fishery of the Northwestern Coast of Greece, 1984–1991 // *Acta Adriat.* – 1988. – **29**. – P. 161 – 170.
53. *Tudela S.* Assessment of the ecological footprint of fishing in the Catalan central coast (NE Spain) // *CIESM Workshop ser. Bull. Comm. Int. Explor. Sci. Mer. Mediter.* – 1992. – **12**. – P. 79 – 82.
54. *Velikova V., Mihneva V.* High and low energy ecosystem structure in terms of regime shifts: examples from the western Black Sea / Velikova V., Chipev N. (Eds.) Large-scale disturbances (regime shift) and recovery in aquatic ecosystems: challenges for management towards sustainability. Unesco-Roste/BAS Workshop on Regime Shifts, 14–16 June, Varna. – 2005. – P. 43 – 57.
55. *Vučetić T.* Long-term (1960–1983) fluctuations of zooplankton biomass in the Palagruze-Gargano area // *FAO Fish. Rep.* – 1988. – **394**. – 306 p.
56. *Yakobsson Y.* Recent variability in fisheries of the North Atlantic // *ICES N 21 Variability Symp.* – 1991. – P. 1 – 12.
57. *Zaitsev Yu., Mamaev V.* Biological diversity in the Black Sea. A study of change and decline. – Black Sea environmental ser., **3**. – N. Y., 1997. – 208 p.

Поступила 12 июля 2007 г.

Вплив глобальних кліматичних та регіональних факторів на дрібних пелагічних риб Чорного моря. Г. Е. Шульман, В. Н. Нікольський, Т. В. Юнева, А. М. Щепкіна, Л. Бат, А. Е. Кідейш. Оцінювали довгострокову динаміку вмісту жиру, що є індикатором забезпеченості їжею, у чорноморських шпроту та камси в залежності від температури води, концентрації фітопланктону, запасів та уловів цих видів риб. Температура є глобальним кліматичним фактором, що прямим або непрямим чином впливає на забезпеченість їжею дрібних пелагічних риб. Серед регіональних факторів, які впливають на стан шпроту та камси можна відзначити харчову конкуренцію, річковий стік та забруднення водного середовища.

Ключові слова: шпрот, камса, вміст жиру, забезпеченість їжею, температура, конкуренція, фітопланктон, запаси та вилови, Чорне море

Influence of global climatic and regional anthropogenic factors on small pelagic fishes of the Black Sea. G. E. Shulman, V. N. Nikolsky, T. V. Yuneva, A. M. Shchepkina, L. Bat, A. E. Kideys. Long-term dynamics of fat content in sprat and anchovy of the Black Sea as food supply indicators were examined (considered) in connection with sea water temperature, phytoplankton concentration, stock biomass and catches of these fish species. Temperature is a global climatic factor influencing (forcing) directly and indirectly on food supply of small pelagic fishes of the Black Sea. Regional factors acting (affecting) on sprat and anchovy condition are food competition, river inflow, and sea water pollution.

Key words: sprat, anchovy, fat content, food supply, temperature, competition, phytoplankton, stocks and yields, Black Sea