



УДК 591.133.12:597.554.5 (262.5+262.54)

Т. В. Юнёва¹, к. б. н., ст. н. с., **А. М. Щепкина**¹, к. б. н., ст. н. с., **С. А. Забелинский**², к. б. н., вед. н. с.,
В. Н. Никольский¹, н. с., **Л. Бат**³, докт. фил., проф., **Я. Кая**³, докт. фил., асс. проф.,
К. Сейхан⁴, докт. фил., проф., **Г. Е. Шульман**¹, д. б. н., гл. н. с., чл.-корр. НАНУ

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

² Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И. М. Сеченова Российской академии наук, С. –Петербург, Россия

³ Синопский университет, факультет рыболовства, Синоп, Турция

⁴ Черноморский технический университет, факультет морских наук, Трабзон, Турция

**ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ФОСФОЛИПИДОВ
АЗОВСКОЙ ХАМСЫ *ENGRAULIS ENCRASICOLUS MAEOTICUS* PUSANOV
И ЧЕРНОМОРСКОЙ ХАМСЫ *ENGRAULIS ENCRASICOLUS PONTICUS* ALEXANDROV
В ПРОМЫСЛОВЫЙ ПЕРИОД 2006-2011 гг.**

Общепринятыми методами, включая тонкослойную и газожидкостную хроматографии, определяли содержание суммарных липидов (СЛ), резервных липидов (триацилглицеринов, ТАГ), структурных липидов (фосфолипидов, ФЛ) и жирнокислотный (ЖК) состав ФЛ в теле хамсы, выловленной в Азовском море (азовской) и у берегов Турции (черноморской) в октябре – ноябре 2006 – 2011 гг.. Содержание СЛ в теле азовской хамсы варьировало в разные годы от 15.10 до 18.63 %, у черноморской – от 12.98 до 15.24 % сырой массы. В отличие от СЛ и ТАГ, содержание ФЛ у азовской и черноморской хамсы достоверно не различалось в исследуемый период, составляя в среднем 1.3 % сырой массы. Вместе с тем, ЖК состав ФЛ у азовской и черноморской хамсы существенно различался. У азовской хамсы содержание мононенасыщенных ЖК в ФЛ главным образом за счёт олеиновой (18:1) кислоты, составляло в среднем 26.56 % суммы ЖК, что на 40 – 50 % выше, чем у черноморской. Содержание суммы полиненасыщенных ЖК у азовской хамсы, напротив, было ниже, чем у черноморской – 34.45 и 44.73 %, соответственно. Содержание доминирующей полиненасыщенной докозагексаеновой кислоты (ДГК, 22:6n3) у азовской хамсы составляло 14.42 %, у черноморской – 24.45 % суммы ЖК. Различия в соотношении полиненасыщенных ЖК n3 и n6 семейств (n3/n6) в ФЛ азовской и черноморской хамсы (4.19 и 5.98, соответственно), по-видимому, обусловлено тем, что у этих рыб ранний онтогенез и значительная часть годового цикла взрослых особей проходят в водоёмах с разной солёностью. Специфические особенности ЖК состава ФЛ каждого подвида и различия между ними сохранялись на протяжении нескольких лет, что позволяет рассматривать этот показатель как потенциальный индикатор для идентификации рыб на зимовке во время промысла.

Ключевые слова: азовская хамса, черноморская хамса, фосфолипиды, жирнокислотный состав.

Азовская *Engraulis encrasicolus maeoticus* Pusanov и черноморская *Engraulis encrasicolus ponticus* Alexandrov хамса считаются подвидами (расами) европейского анчоуса [6]. Приблизительно с апреля по октябрь азовская хамса проводит в Азовском море, где осуществляет размножение, рост и нагул. После завершения нагула азовская хамса мигрирует через Керченский пролив в Чёрное море, где образует зимовальные скопления у берегов Кавказа и/или Крыма [6, 11]. Известно, по крайней мере, два фактора, которые определяют начало зимовальных ми-

граций азовской хамсы через Керченский пролив. Это – оптимальный уровень накопления липидных резервов в её теле к концу нагула, с одной стороны, и снижение температуры воды в Азовском море до критических величин, с другой [8].

Жизненный цикл черноморской хамсы проходит полностью в Чёрном море, хотя есть указания на возможность её проникновения в Азовское море, размножение и, предположительно, образование гибридов с азовской хамсой [6, 11]. Черноморская

хамса размножается летом по всей акватории Чёрного моря, осуществляет нагул в сентябре-октябре в продуктивных районах черноморского шельфа, зимует в отдельные годы в северной части моря (часто механически смешиваясь с азовской хамсой у берегов Крыма и Кавказа), но в основном в южной части моря у берегов Турции [6, 11]. Промысел азовской и черноморской хамсы ведётся в местах зимовальных скоплений. Для целей рыболовства важно иметь информацию о локализации азовской и черноморской хамсы в основных районах промысла, что позволило бы эксплуатировать запасы каждой из них дискретно [3].

Морфометрические, генетические (анализ ядерной и митохондриальной ДНК), электрофоретические, иммунологические, паразитарные и хемотрические методы используют для выявления различий между близкородственными видами, подвидами и популяциями рыб [10]. Некоторые из перечисленных методов применялись для идентификации азовской и черноморской хамсы. Так, азовская хамса отличается от черноморской меньшим числом лучей в спинном плавнике, числом жаберных тычинок и поперечных рядов чешуи, некоторыми параметрами тела [6, 13], формой и индексами отолитов [7]. Она накапливает большие жировые запасы в период нагула, однако растёт медленнее [8], имеет меньшие дефинитивные размеры [6]. Из-за инфицированности черноморского планктона личинками нематод *Contracaecum aduncum* и их отсутствия в азовском, контрацекоз у азовской хамсы, которая нагуливается и проводит значительную часть годового цикла в Азовском море, как правило, ниже [11]. Различия между азовской и черноморской хамсой были обнаружены по частоте изоцитратдегидрогеназ, эстераз, глицерол-3-фосфат дегидрогеназы и фосфоглюкомутаза мышц [4, 13]. Эксперименты по геагглютинации показали различия между ними по группам крови [1]. Комплексное применение указанных выше методов позволило проследить за миграционными перемещениями азовской и черноморской хамсы в Чёрном море к местам зимовки в 1980-х гг. [11]. Однако в настоящее время рыболовство все еще нуждается в надежных методах (или комплексе методов), которые бы позволили судить о перераспределении запасов азовской и черноморской хамсы в местах зимовки и промысла.

Одним из методов, широко используемым с начала 1980-х гг. для разделения близкородствен-

ных видов, подвидов и популяций рыб, является сравнительный анализ содержания жирных кислот (ЖК) в фосфолипидах (ФЛ) - структурных компонентах клеточных мембран. Этот метод использовали для идентификации популяций полосатого окуня [16], атлантической и тихоокеанской сельдей [20], атлантической трески [21], дикого и культивируемого осетров [12], близкородственных видов рода *Sebastes* из различных районов Норвежского моря (19), молоди чавычи и кижуча из рек Канады [23], тропических пресноводных рыб [22] и т.д.

Относительно недавние исследования показали, что содержание ЖК в ФЛ генетически детерминировано, что сделало их использование для идентификации популяций рыб более обоснованным [19, 21, 26]. Несмотря на генетическую детерминированность, определенное влияние на ЖК метаболизм и, соответственно, на соотношение отдельных ЖК в ФЛ рыб, особенно на ранних стадиях развития, оказывают температура, соленость, состав потребляемой пищи и т.д. [14, 17, 29]. Поэтому, несмотря на относительную стабильность, по сравнению с резервными липидами (триацилглицеринами, ТАГ) [27], ЖК состав ФЛ у рыб может характеризоваться пространственной и временной изменчивостью [29].

Мы предположили, что содержание ЖК в ФЛ может быть использовано для идентификации азовской и черноморской хамсы при условиях, которые обычно предъявляют к дискриминантным характеристикам [10]. Во-первых, они должны иметь специфические для каждого подвида особенности. Во-вторых, различия между подвидами/популяциями по этим показателям должны быть статистически значимыми, несмотря на пространственную, внутригодовую и межгодовую вариабельность внутри каждого подвида.

Мы поставили перед собой задачу провести сравнительный анализ содержания и состава ЖК в ФЛ в теле азовской и черноморской хамсы. Первая была выловлена в Керченском проливе во время зимовальной миграции из Азовского моря в Чёрное, вторая - в южной половине Чёрного моря у берегов Турции в начале зимовки. Исследование проводили на протяжении нескольких лет (с 2006 по 2011 гг.) для того чтобы показать, что ЖК состав ФЛ у каждого подвида и различия между ними являются устойчивыми во времени.

Материал и методы. Азовскую хамсу отбирали из траловых уловов промысловых судов в Керченском проливе во второй половине октября 2006, 2008 – 2011 гг., черноморскую хамсу – у берегов Турции в ноябре 2007 – 2010 гг. Ежегодно (за несколькими исключениями) как азовскую, так и черноморскую хамсу анализировали из 3-х траловых уловов. Длину рыб (не менее 100 экз. из каждого улова) измеряли с точностью до 0.5 см (по Смитту) и разделяли на 5 – 7 размерных групп. Всех рыб модальных размерных групп (от 85 до 100 мм), составляющих в сумме около 80 % выборки, измельчали в блендере целиком. 500 мг гомогената использовали для экстракции липидов хлороформ-метанольной смесью (2:1 по объему). После отмытия от нелипидных компонентов экстракты высушивали под вакуумом. Содержание липидов определяли весовым методом [5]. Результаты выражали в процентах сырой массы тела.

Для определения содержания ТАГ и ФЛ, липиды разделяли на фракции одномерной тонкослойной хроматографией (ТСХ) на силуфольных пластинках размером 5x15 см (Silufoll UW254, Cavalier Ltd, Czech Republic), используя растворители различной полярности и специально организованные хроматографические камеры, как подробно описано ранее [31]. Липидные фракции на хроматограммах визуализировали нагреванием при 110° С в течение 5 – 7 мин, идентифицировали с помощью имеющихся стандартов (Sigma Co) и количественно определяли на денситометре ERS (Karl Zeiss, Germany). Рассчитывали содержание ТАГ и ФЛ (% сырой массы тела) в теле рыб.

Для определения ЖК состава ФЛ проведено препаративное разделение липидов на классы методом ТСХ на стеклянных пластинах (13x18 см) с нанесённым на них слоем силикагеля толщиной 0.25 мм. В качестве системы для разделения использована смесь растворителей: гексан – диэтиловый эфир – ледяная уксусная кислота (90:10:1 по объёму). Пластины опрыскивали реагентом, содержащим родамин (Rhodamine 6G), ФЛ и соответствующие стандарты на пластинах визуализировали под ультрафиолетом при 245 nm, снимали вместе с силикагелем, элюировали гексаном, эстерифицировали в метаноле, содержащем 3% серную кислоту при температуре 80° С в течение 4 ч. Полученные таким образом метиловые эфиры ЖК ФЛ затем анализировали в газожидкостном хроматографе PUE-101 (Model 24) с пламенно ионизационным детекто-

ром, на стеклянных колонках (диаметр 3 мм, длина 2 м), заполненных 10% диэтилглицольсукцинатом (DEGS) на хромосорбе В (Chromosorb W, 80-100 mesh). Температура колонки составляла 185 – 190° С. В качестве газа-носителя использовали гелий (скоростью потока 200 мл/мин.). Пики метиловых эфиров ЖК на хроматограммах идентифицировали сравнением времени удерживания с соответствующими величинами доступных стандартов, а также по зависимости между логарифмами относительных времён удерживания и числом углеродных атомов в молекулах ЖК [5].

Процентное содержание каждой кислоты (% суммы ЖК) на хроматограммах определяли триангуляционным методом. Точность определения составляла < 5% в случае доминирующих ЖК и > 20% в случае минорных компонентов. Для каждой ЖК рассчитаны среднегодовые и средние за межгодовой период величины. Достоверность различий оценивали с помощью t-критерия Стьюдента.

Результаты. В 2006, 2008 – 2011 гг. содержание суммарных липидов (СЛ) в теле азовской хамсы варьировало в отдельные годы от 15.10 до 18.63 % сырой массы тела, средняя за исследуемый период величина составила 17.35% (табл. 1), в теле черноморской хамсы она была на 20% меньше ($P < 0,01$), чем у азовской, и составила 14.44%. Содержание резервных липидов (ТАГ), на долю которых приходилось свыше 70% суммы липидов, менялось в отдельные годы от 11.83 до 14.17% ($CV = 10.04\%$) и от 9.31 до 11.08% сырой массы ($CV = 13.77\%$) у азовской и черноморской хамсы, соответственно. Межгодовые различия в содержании СЛ и ТАГ в большинстве случаев были значимыми ($P < 0.05$). Средняя многолетняя величина содержания ТАГ в теле азовской хамсы была выше, чем у черноморской, и составляла 12.92 и 10.40 %, соответственно ($P < 0.05$). На долю ФЛ в СЛ приходилось около 10%. В отличие от ТАГ, содержание ФЛ характеризовалось незначительной межгодовой вариабельностью ($CV \approx 4.3\%$). Средняя многолетняя величина содержания ФЛ составляла около 1.3% сырой массы тела и достоверно не отличалась у азовской и черноморской хамсы. В то время как содержание липидов у

хамсы зависело от содержания в них ТАГ ($r^2 = 0.77$), подобной связи для ФЛ показано не было (рис. 1). Отсутствие межгодовой вариабельности и практически одинаковое содержание ФЛ в теле азовской и черноморской хамсы позво-

лило проводить сопоставление относительного содержания ЖК (% суммы) в ФЛ обоих подвигов без перерасчета на их абсолютное содержание в теле рыб (мг/100 г сырой массы тела).

Табл. 1 Содержание (% сырой массы \pm std) суммарных липидов, триацилглицеринов (ТАГ) и фосфолипидов (ФЛ) в теле азовской и черноморской хамсы в октябре – ноябре 2006 – 2011 гг. CV% – коэффициент вариации
Table 1 Total lipid (TL), triacylglycerol (TAG), phospholipid (PL) content (% wet weight \pm std) in the body of the Azov Sea and Black Sea anchovy in October – November 2006, 2008 – 2011. CV% – coefficient of variation

Годы	Азовская хамса			Черноморская хамса		
	Суммарные липиды	ТАГ	ФЛ	Суммарные липиды	ТАГ	ФЛ
2006	15.10 \pm 0.59	11.83 \pm 0.82	1.30 \pm 0.01	-	-	-
2007	-	-	-	15.25 \pm 0.75	10.82 \pm 1.0	1.34 \pm 0.05
2008	16.80 \pm 2.57	12.67 \pm 1.80	1.27 \pm 0.04	14.23 \pm 1.11	11.08 \pm 0.61	1.35 \pm 0.08
2009	17.30 \pm 0.53	12.30 \pm 0.62	1.26 \pm 0.06	12.98 \pm 1.75	11.05 \pm 0.82	1.25 \pm 0.05
2010	18.63 \pm 1.19	13.62 \pm 0.78	1.33 \pm 0.04	14.25 \pm 2.05	9.31 \pm 1.54	1.31 \pm 0.06
2011	18.43 \pm 1.27	14.17 \pm 1.38	1.29 \pm 0.01	-	-	-
Средняя за период	17.35 \pm 1.67	12.92 \pm 1.30	1.29 \pm 0.04	14.33 \pm 1.72	10.40 \pm 1.43	1.31 \pm 0.07
CV, %	9.63	10.04	3.06	11.97	13.77	4.69

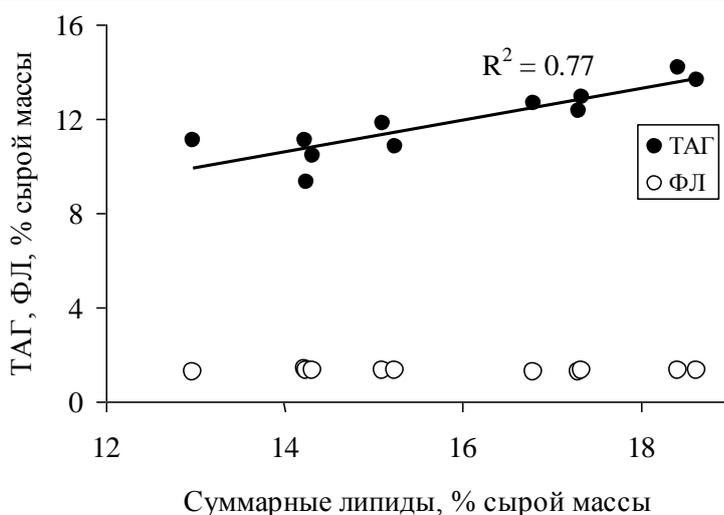


Рис. 1 Зависимость содержания (% сырой массы \pm std) триацилглицеринов (ТАГ) и фосфолипидов (ФЛ) от содержания суммарных липидов в теле азовской и черноморской хамсы в октябре – ноябре 2006 – 2011 гг.

Fig. 1 Relationship between mean annual triacylglycerol (TAG), phospholipid (PL) and total lipid content (% wet weight \pm std) in anchovy body in October – November 2006 – 2011

В табл. 2 и 3 представлены данные по ЖК составу ФЛ азовской и черноморской хамсы (ЖК обозначают тремя цифрами: (1) число атомов углерода в цепи; (2) число двойных связей; (3) семейство – положение первой двойной связи от метильного конца молекулы (см. [5]). Из 20 проидентифицированных ЖК для анализа использовано 8 основных, содержание которых в сумме составило около 90% общего количества: три насыщенные жирные кислоты (НЖК) – миристиновая (14:0), пальмитиновая

(16:0) и стеариновая (18:0); две мононенасыщенные (МНЖК) – пальмитолеиновая (16:1) и олеиновая (18:1), три полиненасыщенные (ПНЖК) – арахидоновая (АК, 20:4 n6), эйкозапентаеновая (ЭПК, 20:5n3) и докозагексаеновая (ДКГ, 22:6 n3). Из анализа исключены минорные компоненты ЖК, относительное содержание каждой из которых составляло менее 2% суммы. Средние за исследуемый межгодовой период величины для основных ЖК в ФЛ хамсы приведены на рис. 2.

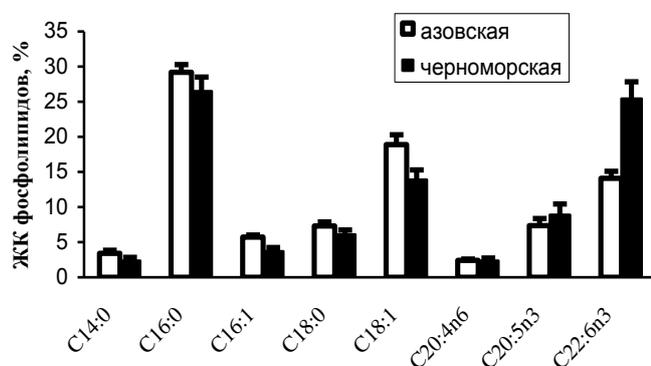
Табл. 2 Жирнокислотный состав (% суммы ЖК \pm std) фосфолипидов в теле азовской хамсы в октябре – ноябре 2006, 2008 – 2011 гг. В скобках указано число траловых сборов
Table 2 Fatty acid composition (as % of sum \pm std) in phospholipids of the Azov Sea anchovy body in October – November 2006, 2008 – 2011. Trawl numbers are between brackets

Жирные кислоты (%)	2006 (3)	2008 (3)	2009 (3)	2010 (2)	2011 (3)	Средняя за период
C14:0*	2.85 \pm 0.14 ^a	3.25 \pm 1.06 ^a	3.64 \pm 0.45 ^a	3.69	3.01 \pm 0.36 ^a	3.26 \pm 0.69 ^a
C16:0*	26.94 \pm 2.30 ^a	27.38 \pm 0.66 ^a	29.90 \pm 0.80 ^b	26.91	30.45 \pm 0.84 ^b	28.42 \pm 1.38
C18:0*	6.53 \pm 0.56 ^a	7.77 \pm 0.28 ^b	7.53 \pm 0.68 ^b	6.61	7.90 \pm 0.19 ^b	7.32 \pm 0.70
Σ НЖК	36.33 \pm 2.77^a	38.40 \pm 1.54^a	41.07 \pm 0.90^b	37.21	41.35 \pm 1.08^b	38.99 \pm 2.96
C14:1	0.61 \pm 0.09	0.33 \pm 0.09	0.45 \pm 0.10	0.35	0.41 \pm 0.07	0.43 \pm 0.13
C16:1*	5.76 \pm 0.60 ^a	5.41 \pm 0.60 ^a	5.96 \pm 0.84 ^a	5.35	5.35 \pm 0.16 ^a	5.58 \pm 0.58
C18:1*	19.46 \pm 2.07 ^a	16.91 \pm 0.83 ^b	18.52 \pm 0.33 ^a	19.79	20.03 \pm 0.64 ^a	18.88 \pm 1.53
C20:1	1.06 \pm 0.10	1.08 \pm 0.05	1.70 \pm 0.17	1.13	1.17 \pm 0.06	1.23 \pm 0.10
Σ МНЖК	28.89 \pm 3.25^a	23.73 \pm 0.84^b	26.62 \pm 1.41^a	26.62	26.96 \pm 0.55^a	26.56 \pm 2.36
C16:2n7	1.65 \pm 0.33	1.35 \pm 0.06	1.78 \pm 0.11	1.75	1.51 \pm 0.09	1.60 \pm 0.22
C18:2n6	1.74 \pm 0.83	1.30 \pm 0.05	1.38 \pm 0.13	1.59	1.92 \pm 0.09	1.58 \pm 0.42
C18:3n3	0.23 \pm 0.04	0.24 \pm 0.01	0.63 \pm 0.07	1.29	0.87 \pm 0.12	0.61 \pm 0.21
C18:4n3	1.28 \pm 0.60	0.54 \pm 0.02	1.07 \pm 0.21	0.47	0.47 \pm 0.02	0.79 \pm 0.24
C20:3n6	0.50 \pm 0.20	0.50 \pm 0.04	0.51 \pm 0.04	0.32	0.55 \pm 0.03	0.39 \pm 0.22
C20:4n6 (АК)*	2.96 \pm 0.25 ^a	2.30 \pm 0.42 ^a	2.57 \pm 0.39 ^a	2.11	2.41 \pm 0.29 ^a	2.49 \pm 0.41
C20:4n3	0.33 \pm 0.15	0.42 \pm 0.13	0.29 \pm 0.05	0.60	1.00 \pm 0.34	0.52 \pm 0.33
C20:5n3 (ЭПК)*	8.32 \pm 1.02 ^a	9.37 \pm 1.63 ^a	6.83 \pm 0.65 ^b	7.19	7.49 \pm 0.42 ^{ab}	7.89 \pm 1.48
C22:4n3	1.22 \pm 0.01	1.30 \pm 0.05	0.79 \pm 0.13	0.90	0.34 \pm 0.03	0.91 \pm 0.38
C22:4n6	0.89 \pm 0.27	1.41 \pm 0.06	0.84 \pm 0.09	1.38	0.41 \pm 0.03	0.95 \pm 0.42
C22:5n6	0.68 \pm 0.18	1.52 \pm 0.06	0.39 \pm 0.04	1.46	0.47 \pm 0.04	0.86 \pm 0.51
C22:5n3	0.65 \pm 0.21	1.04 \pm 0.59	0.45 \pm 0.05	0.83	1.25 \pm 0.06	1.06 \pm 0.35
C22:6n3 (ДГК)*	14.32 \pm 1.97 ^a	15.37 \pm 2.94 ^a	14.49 \pm 0.32 ^a	15.82	12.48 \pm 1.06 ^b	14.40 \pm 2.12
Σ ПНЖК	34.78 \pm 2.15^a	37.86 \pm 2.04^b	32.31 \pm 1.37^a	36.16	31.69 \pm 1.50^a	34.45 \pm 2.96
Σ n3	26.36 \pm 1.15 ^a	29.28 \pm 1.13 ^b	24.55 \pm 1.03 ^a	27.11	23.89 \pm 1.56 ^b	26.17 \pm 2.52
Σ n6	6.76 \pm 1.11 ^a	6.57 \pm 0.30 ^a	5.68 \pm 0.41 ^a	6.87	5.75 \pm 0.34 ^a	6.29 \pm 0.73
Σ n3/ Σ n6	3.95 \pm 0.46 ^a	4.47 \pm 0.33 ^a	4.33 \pm 0.28 ^a	3.97	4.17 \pm 0.48 ^a	4.19 \pm 0.43
ДГК / ЭПК	1.72	1.64	2.19	2.0	1.67	1.82

*Жирные кислоты, которые использовались для сравнительного анализа

**Средние величины, обозначенные разными буквами в одном ряду – достоверно различаются ($P < 0.05$)

Суммарное содержание НЖК в ФЛ азовской хамсы варьировало в отдельные годы от 36.33 до 41.35 %, составляя в среднем за



межгодовой период 38.99% суммы ЖК. Среди НЖК доминировала 16:0 кислота (средняя за период величина – 28.42 %). Содержания двух других НЖК – 14:0 и 18:0 – составляли 3.26 и 7.32 %, соответственно. В ФЛ черноморской хамсы суммарное содержание и содержание каждой из основных НЖК достоверно не отличалось от этих показателей у азовской хамсы ($P > 0.05$).

Рис. 2 Среднее за межгодовой период содержание основных жирных кислот (% суммы ЖК \pm std) в фосфолипидах азовской и черноморской хамсы
Fig. 2 Mean inter-annual content of main fatty acids (as % of sum \pm std) in phospholipids of the Sea of Azov and Black Sea anchovy

Табл. 3 Жи́рноки́слотный состав (% суммы ЖК ± std) фосфолипидов в теле черноморской хамсы в ноябре 2007 – 2010 гг. В скобках указано число траловых сборов
Table 3 Fatty acid composition (as % of sum ± std) in phospholipids of the Black Sea anchovy body in November 2007 – 2010. Trawl numbers are between brackets

Жи́рные кислоты (%)	2007 (3)	2008 (3)	2009 (4)	2010 (7)	Средняя за период
C14:0*	2.85 ± 0.18 ^a	2.67 ± 0.22 ^a	2.59 ± 0.44 ^a	1.85 ± 0.29 ^b	2.49 ± 0.52
C16:0*	30.43 ± 0.62 ^a	25.96 ± 1.40 ^b	29.02 ± 0.82 ^a	25.37 ± 1.45 ^b	27.69 ± 2.92
C18:0*	6.38 ± 0.45 ^a	5.69 ± 0.43 ^b	6.81 ± 0.39 ^a	5.53 ± 0.27 ^b	6.10 ± 0.61
Σ НЖК	39.66 ± 0.61^a	34.31 ± 1.17^b	38.43 ± 0.96^a	32.75 ± 1.24^b	36.29 ± 3.55
C14:1	0.58 ± 0.10	0.54 ± 0.05	0.49 ± 0.12	0.30 ± 0.02	0.48 ± 0.13
C16:1*	4.15 ± 0.45 ^a	3.54 ± 0.28 ^b	3.78 ± 0.76 ^b	3.25 ± 0.33 ^b	3.68 ± 0.62
C18:1*	14.86 ± 0.75 ^a	12.87 ± 0.05 ^b	14.23 ± 0.52 ^a	12.36 ± 1.55 ^b	13.58 ± 1.33
C20:1n7	0.85 ± 0.25	1.18 ± 0.07	1.42 ± 0.62	1.50 ± 0.23	1.24 ± 0.44
Σ МНЖК	20.45 ± 0.89^a	18.13 ± 0.23^b	19.95 ± 1.32^a	17.41 ± 1.67^b	18.99 ± 1.70
C16:2n7	1.54 ± 0.17	1.00 ± 0.16	1.37 ± 0.25	1.31 ± 0.26	1.31 ± 0.26
C18:2n6	1.18 ± 0.20	1.60 ± 0.03	1.74 ± 0.28	1.63 ± 0.40	1.54 ± 0.32
C18:3n3	0.30 ± 0.13	0.44 ± 0.03	0.49 ± 0.13	0.66 ± 0.32	0.47 ± 0.32
C18:4n3	0.38 ± 0.12	0.53 ± 0.22	0.63 ± 0.26	0.53 ± 0.12	0.52 ± 0.19
C20:3n6	0.22 ± 0.09	0.25 ± 0.22	0.22 ± 0.05	0.58 ± 0.27	0.32 ± 0.21
C20:4n6 (АК)*	2.13 ± 0.42 ^a	2.66 ± 0.27 ^a	2.18 ± 0.21 ^a	2.62 ± 0.51 ^a	2.40 ± 0.39
C20:4n3	0.30 ± 0.03	0.69 ± 0.28	0.46 ± 0.14	1.22 ± 0.46	0.66 ± 0.41
C20:5n3 (ЭПК)*	7.59 ± 0.34 ^a	10.12 ± 1.29 ^b	7.52 ± 0.31 ^a	10.85 ± 0.65 ^b	9.02 ± 1.55
C22:4n3	1.35 ± 0.22	0.66 ± 0.05	1.37 ± 0.07	1.24 ± 0.20	1.15 ± 0.36
C22:4n6	1.46 ± 0.25	0.93 ± 0.32	0.75 ± 0.04	0.84 ± 0.33	0.99 ± 0.42
C22:5n6	0.64 ± 0.12	1.00 ± 0.35	0.87 ± 0.04	1.38 ± 0.05	0.97 ± 0.41
C22:5n3	0.69 ± 0.41	0.82 ± 0.06	0.60 ± 0.03	0.67 ± 0.05	0.69 ± 0.23
C22:6n3 (ДГК)*	22.14 ± 1.44 ^a	26.85 ± 0.36 ^b	22.87 ± 1.43 ^a	25.89 ± 0.78 ^b	24.44 ± 2.73
Σ ПНЖК	39.89 ± 1.05^a	47.55 ± 1.37^b	41.66 ± 1.44^a	49.83 ± 1.35^b	44.73 ± 4.49
Σ n-3	32.74 ± 0.89^a	40.11 ± 1.20^b	33.94 ± 1.46^a	41.05 ± 1.44^b	36.96 ± 3.99
Σ n-6	5.62 ± 0.78^a	6.44 ± 0.25^a	5.77 ± 0.35^a	7.05 ± 0.92^a	6.22 ± 0.89
Σ n3/ Σ n6	5.90 ± 0.82^a	6.23 ± 0.08^a	5.90 ± 0.41^a	5.90 ± 0.80^a	5.98
ДГК / ЭПК	2.91	2.63	3.05	2.39	2.71

*Обозначения как в табл.2

Суммарное содержание МНЖК в ФЛ азовской хамсы варьировало в отдельные годы от 23.73 до 28.89 % и среднемноголетняя величина составляла 26.56%. Доминирующей МНЖК была олеиновая (18:1) кислота: её минимальное содержание составляло 16.91 %, максимальное – 20.03 %. Среднемноголетняя величина содержания 18:1 кислоты у азовской хамсы составляла 18.88 %. Содержание 16:1 кислоты варьировало в разные годы незначительно: от 5.35 до 5.96%. В ФЛ черноморской хамсы суммарное содержание МНЖК и каждой из основных МНЖК было на 40 – 50% (в основном за счёт олеиновой кислоты 18:1) ниже, чем у азовской хамсы (P < 0.05).

В ФЛ азовской хамсы суммарное содержание ПНЖК варьировало в отдельные Морський екологічний журнал, № 2, Т. XII. 2013

годы от 31.69 до 37.86% со средней за многолетний период величиной – 34.45%. Доминирующей ПНЖК в ФЛ была докозагексаеновая кислота (ДГК, 22:6n3), содержание которой у азовской хамсы варьировало в отдельные годы от 12.48 до 15.37 %. Средняя за период величина составляла 14.40%. Содержание эйкозапентаеновой кислоты (ЭПК, 20:5n3) менялось в отдельные годы от 6.83 до 9.37 % и её среднемноголетняя величина составляла 7.89 %. Содержание арахидоновой (АК, 20:4 n6) кислоты составляло в среднем 2.49 %. Суммарное содержание ПНЖК в ФЛ черноморской хамсы варьировало в отдельные годы от 39.89 до 49.83%, и среднемноголетняя величина была на 30 % выше по сравнению с азовской хамсой (P < 0.05). Содержание доминирующей ДГК у

черноморской хамсы варьировало в отдельные годы 22.14 – 25.85%, и среднемноголетняя величина составляла 24.44%, что на 70% выше, чем у азовской хамсы. Среднемноголетние величины содержания ЭПК и АК у азовской и черноморской хамсы достоверно не отличались.

В целом содержание ПНЖК n3 семейства у азовской хамсы было ниже, чем у черноморской – 26.17 и 36.96 %, соответственно, тогда как суммарное содержание ПНЖК n6 семейства выражалось близкими величинами, составляя в среднем около 6% суммы ЖК. Соотношение n3/n6 кислот в ФЛ у азовской хамсы, обитающей в опреснённом Азовском море, варьировало в отдельные годы от 3.95 до 4.47, составляя в среднем за период 4.19. Соотношение n3/n6 кислот в ФЛ у черноморской хамсы было примерно на 40% выше и составляло в среднем 5.98.

Таким образом, было показано, что содержание ЖК в ФЛ как у азовской, так и у черноморской хамсы в начале зимовки на протяжении ряда лет характеризовалось определённым постоянством и было специфичным для каждого подвида. Ежегодно и в среднем за исследуемый период суммарное содержание МНЖК преимущественно за счёт олеиновой (18:1) кислоты было достоверно выше у азовской хамсы, тогда как содержание ПНЖК, за счёт докозагексаеновой (22:6n3) кислоты, напротив, было выше у черноморской хамсы (табл. 2, 3, рис. 2). Соотношение n3/n6 кислот также было выше у черноморской хамсы (табл. 2, 3).

Обсуждение. Исследования ЖК состава липидов рыб, начатые в 1960-х годах, развивались во многих направлениях. Детально изучен метаболизм ЖК у рыб и беспозвоночных как в отдельных тканях, так и в организме в целом (27, 29), показано влияние биотических (пища) и абиотических (температура, солёность) факторов на ЖК состав резервных (ТАГ), и структурных (ФЛ) липидов [17, 27 и др.], выявлена их

роль в адаптациях организмов к изменению окружающей среды и т.д. [29]. Определение коммерческой ценности рыбьего жира и роли незаменимых полиненасыщенных ЖК в его составе нашли практическое применение в аквакультуре и медицине [9].

С начала 1980-х гг. ЖК состав липидов используют в качестве индикаторов и/или маркёров [18]. Известные представления о том, что ЖК липидов пищи включаются в резервные липиды (ТАГ) потребителей без изменений или с предсказуемыми изменениями, позволили использовать некоторые из них в качестве маркёров для оценки состава пищи у представителей различных таксономических групп водных организмов – от беспозвоночных до млекопитающих и птиц [18].

В отличие от ТАГ, содержание и ЖК состав которых в теле большинства видов рыб умеренных широт характеризуются значительной вариабельностью в зависимости от количества и качественного состава потребляемой пищи, стадии жизненного цикла, физиологического состояния организмов и т.д. [27], содержание и ЖК состав фосфолипидов (ФЛ) изменяются в меньшей степени. На примере многих видов рыб показано, что содержание ФЛ в тканях практически всех видов рыб составляет около 1% сырой массы тела [29]. ЖК в ФЛ могут использоваться в качестве источника энергии, но, как правило, только в период эмбрионального и раннего личиночного развития. В то время как у личинок и молоди изменения в ЖК составе ФЛ под влиянием диеты могут быть значительными, у взрослых рыб ЖК состав ФЛ мало зависит от потреблённой пищи. Постоянство содержания и ЖК состава ФЛ сохраняется во время миграционных перемещений взрослых рыб и даже при

продолжительном голодании. Эти процессы обеспечиваются утилизацией ЖК в резервних (ТАГ), а не в структурных липидах (ФЛ) [27, 29].

Основными факторами внешней среды, влияющими на ЖК состав ФЛ рыб, является температура и солёность. В многочисленных экспериментальных исследованиях показано, что при снижении температуры степень ненасыщенности ФЛ клеточных мембран и соответственно их жидкость увеличиваются. Ранее считалось, что поддержание жидкости клеточных мембран при адаптациях к низкой температуре происходит за счёт увеличения доли в ФЛ наиболее ненасыщенной докозагексаеновой (22:6n3) кислоты. Тем не менее, обилие 22:6n3 у тропических видов, таких как теплокровные тунцы, и, напротив, их низкое содержание в теле полярных видов, таких как треска, опровергает это мнение. Изменение жидкости мембран в целом определяется относительно простым механизмом – изменением соотношения мононенасыщенных и насыщенных ЖК, которое увеличивается или уменьшается соответственно в ответ на снижение или повышение температуры воды [14, 17]. Роль докозагексаеновой кислоты, имеющей специфические конформационные свойства, сводится в данном случае к образованию липидного окружения встроенных в мембраны ферментов, что делает этот комплекс устойчивым и практически независимым от изменений параметров окружающей среды [29]. Таким образом, не температура определяет различия в ЖК составе ФЛ в тканях у близкородственных видов, подвидов и популяций, обитающих в водоемах со сходным температурным режимом.

Солёность водоемов, одновременно с пищей оказывает прямое влияние на формирование клеточных мембран гидробионтов в раннем онтогенезе [29]. Показаны существенные различия в ЖК составе ФЛ в различных тканях

рыб, в том числе близкородственных, обитающих в водоёмах с различной солёностью [17]. В целом пресноводные рыбы отличаются от морских более высоким содержанием мононенасыщенных ЖК, повышенным содержанием ПНЖК n6 семейства по сравнению с n3, относительно низким содержанием докозагексаеновой (22:6n3) кислоты [17, 29].

В относительно недавних исследованиях было показано, что ЖК состав ФЛ в целом является генетически детерминированным [26]. Именно генетически детерминированными («врождёнными») особенностями метаболизма объясняли устойчивые различия в ЖК составе ФЛ у двух популяций атлантической трески [21], анадромной и жилой форм лососей [24], которые сохранялись при экспериментальном содержании рыб в идентичных условиях от нескольких месяцев до нескольких лет. Генетическая детерминированность ЖК состава ФЛ, предсказуемые изменения, обусловленные влиянием факторов среды, позволили использовать их в качестве маркёров для идентификации близкородственных видов, подвидов и популяций рыб, часто имеющих общий ареал [15, 30]. При идентификации рыб чаще используют такие ткани, как сердечная мышца, икра, жабры, в липидах которых содержится до 90% ФЛ, что позволяет при анализе образцов исключить достаточно громоздкую процедуру по разделению липидов на классы и выделению ФЛ. Вместе с тем анализ ЖК состава ФЛ мышц и всего тела также успешно применялся при идентификации личинок и молоди, взрослых (в том числе мелких пелагических) рыб [20, 24, 25, 28].

Мы сравнивали содержание ЖК в ФЛ азовской хамсы, выловленной во время зимовальной миграции через Керченский пролив во второй половине октября, и черноморской хамсы, выловленной в начале зимовки в ноябре у берегов Турции, полагая, что энерготраты, связанные с миграционными перемещениями рыб, обеспечиваются за счёт использования резервных липидов и не затрагивают ФЛ. Для анализа

использовали рыб сходных размерных и, вероятнее всего, близких возрастных групп, выловленных при одинаковой температуре воды в море (около 14 – 16°C), практически не питающихся, судя по отсутствию в большинстве случаев пищи в желудках. Рыб для анализа использовали целиком, исключая тем самым тканевую специфичность ЖК состава ФЛ, без разделения полов, предполагая, что в период полового покоя ЖК состав ФЛ тела рыб не зависит от половой принадлежности. Исследование проводили на протяжении нескольких лет (с 2006 по 2011 гг.), для того чтобы показать, что несмотря на определённую внутригодовую и межгодовую вариабельность, содержание основных ЖК в ФЛ хамсы является типичным для каждого подвида/популяции и достоверные различия между ними сохраняются во времени.

Отличительной особенностью азовской хамсы по сравнению с черноморской является более высокий уровень накопления липидов в период завершения нагула к началу зимовальной миграции [8]. В 2006 – 2011 гг. средняя жирность азовской хамсы составляла 17.35% сырой массы, черноморской – 14.33 % (табл.1). В то время как содержание суммарных липидов (за счёт резервных липидов, ТАГ) в теле как азовской, так и черноморской хамсы характеризовалось значительной межгодовой вариабельностью, содержание структурных липидов (ФЛ) на протяжении исследуемого периода оставалось постоянным и составляло в среднем 1.3% сырой массы тела (табл.1, рис.1). ЖК состав ФЛ как у азовской, так и у черноморской хамсы на протяжении всего исследуемого периода сохранял специфические свойства, свойственные каждому подвиду. Так, при близком содержании НЖК, среднегодовые и средне-многолетние величины МНЖК, в основном за счёт олеиновой (18:1) кислоты, были на 40 % выше у азовской хамсы, а содержание полиненасыщенных жирных кислот в основном за счёт докозагексаеновой кислоты (ДГК, 22:6n3), напротив, – в 1.7 раза выше у черноморской хамсы ($P < 0,01$). Среднее за период содержа-

ние ДГК у азовской хамсы составляло 14.40 ± 2.12 , а у черноморской – 24.44 ± 2.73 % суммы жирных кислот. При близком суммарном содержании жирных кислот пб семейства у обоих подвигов соотношение n3 и n6 (n3/n6) жирных кислот в ФЛ азовской хамсы было в 1.5 раза ниже по сравнению с черноморской.

Выявленные различия в ЖК составе ФЛ у азовской и черноморской хамсы могут быть интерпретированы по-разному. Одна из гипотез хорошо согласуется с имеющимися представлениями о ЖК составе ФЛ у рыб, обитающих в водоёмах с различным солёностным режимом [17]. Действительно, Азовское море, где в весенне-летний период происходит размножение, развитие и рост личинок и молоди, рост и нагул взрослой азовской хамсы, отличается от Чёрного более низкой солёностью (средняя солёность Азовского моря составляет 11 – 13, Чёрного – 17 – 18 ‰) [2]. Определённую специфичность имеет и состав пищи, потребляемой хамсой в этих морях на ранних стадиях развития [6], когда влияние факторов среды на формирование клеточных мембран наиболее выражено [27]. Можно высказать и другие гипотезы о причинах полученных различий. Отчасти они могут быть связаны с неодинаковыми температурами в Азовском и Чёрном морях. В первом из них с апреля по октябрь (в период нагула хамсы) температура выше, чем во втором [2]. Принимая во внимание вышесказанное, можно предположить, что ЖК состав ФЛ азовской и черноморской хамсы, сформированный под влиянием специфических условий соответственно в Азовском и Чёрном морях, и определил в определенной степени генетически закреплённые различия между ними.

В целом, выявленные специфические для каждого подвида особенности ЖК состава ФЛ были устойчивы во времени (сохранялись на протяжении исследуемого периода), что позволяет рассматривать этот показатель как потенциальный индикатор для идентификации смешанных популяций азовской и черноморской хамсы на зимовке во время промысла

в Чёрном море.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке программы о научном сотрудничестве между Национальной Академией наук Украины и Советом по научным и техническим исследованиям Турции «Перераспределение промысловых запасов хамсы в Черном море под влиянием

обеспеченности пищей и природно-климатических факторов среды» № 105У341 и проекту Perseus (FP7-287600). Авторы выражают глубокую благодарность рыбакам промысловых судов Украины и Турции за помощь в получении материала.

1. Алтухов Ю.П., Лиманский В.В., Паюсова А.Н., Трувелер К.А. Иммуногенетический анализ внутривидовой дифференциации европейского анчоуса, обитающего в Черном и Азовском морях. 1. Группы крови анчоуса и возможный механизм генного контроля // Генетика. – 1969. – 5, №4. – С. 50 – 64.
2. Добровольский А. Д., Залогин Б. С. Моря СССР. – М.: Изд-во МГУ, 1982. – 192 с.
3. Зуев Г. В., Гуцал Д. К. К вопросу о структуре промыслового запаса хамсы, зимующей у черноморского побережья Крыма, и экологически оптимальном режиме его использования // Рыбне господарство України. – 2011. – №1. – С. 19 – 22.
4. Калнин В. В., Калнина О. В. Генетическая дифференциация и репродуктивные взаимоотношения азовской и черноморской рас европейского анчоуса. Сообщение II. Генетические отличия и внутренняя гетерогенность Азовской и Черноморской рас анчоуса // Генетика. – 1984. – 20, № 2. – С. 309 – 313.
5. Кейтс М. Липидология. Выделение, анализ и идентификация липидов – М: Изд-во Мир, 1975. – 305 с.
6. Световидов А. Н. Рыбы Черного моря. – М.: Наука, 1964. – 550 с.
7. Сказкина Е.П. Различия азовской и черноморской хамсы *Engraulis encrasicolus maeoticus Pusanov*, *Engraulis encrasicolus ponticus Alexandrov* по отолитам // Вопр. ихтиологии. – 1965. – 5, вып. 4. – С. 600 – 605.
8. Шульман Г. Е. Физиолого-биохимические особенности годовых циклов рыб. – М.: Изд-во Пищевая промышленность, 1972. – 365 с.
9. Arts M. T., Ackman R., Holub B. J. “Essential fatty acids” in aquatic ecosystems: a crucial link between diet and human health and evolution // Can. J. Aquat. Sci. – 2001. – 58. – P. 122 – 137.
10. Begg G. A., Waldman J. R. An holistic approach to fish stock identification // Fisheries Research. – 1999. – 43 – P. 35 – 44
11. Chashchin A. K. The Black Sea populations of anchovy // Sci. Mar. – 1996. – 60 (Supl. 2). – P. 219 – 225.
12. Czesny S., Dabrowski K., Christensen J. E., Van Eenennaam J., Doroshov S. Discrimination of wild and domestic origin of sturgeon ova based on lipids and fatty acid analysis // Aquaculture. – 2000. – 189. – P. 145 – 153
13. Erdoğan Z., Turan C., Koç H.T. Morphologic and Allozyme Analyses of European anchovy (*Engraulis encrasicolus* (L. 1758)) in the Black, Marmara and Aegean Seas // Acta Adriat. – 2009. – 50 (1). – P. 77 – 90.
14. Farcas T., Fodor E., Kitajka K., Halver J.E. Response of fish membranes to environmental temperature // Aquat. Res. – 2001. – 32. – P. 645 – 655.
15. Grahl-Nielsen O., Barnung T. N. Variations in the fatty acid profile of marine animals caused by environmental and developmental changes // Mar. Environ. Res. – 1985. – 17. – P. 218 – 221.
16. Grahl-Nielsen O., Mjaavatten O. Discrimination of striped bass stocks: a new method based on chemometry of the fatty acid profile in heart tissue // Trans. Am. Fish. Soc. – 1992. – 121. – P. 307 – 314.
17. Henderson R. J., Tocher D. The lipid composition and biochemistry of freshwater fish // Progress in lipid research. – 1987. – 26. – P. 281 – 347.
18. Iverson S. Tracing aquatic food webs using fatty acids: from qualitative indicators to quantitative determination / M.T. Arts, M.T. Brett, M.J. Kainz (eds). Lipids in Aquatic Ecosystems. – New York: Springer, 2009. – P. 28 – 307
19. Joensen H., Grahl-Nielsen O. Discrimination of *Sebastes viviparus*, *S. marinus* and *S. mentella* from Faroe Islands by chemometry of the fatty acid profile in heart and gill tissues and in the skull oil // Comp. Biochem. Physiol. Part B, 2000. – 126. – P. 69 – 79.
20. Joensen H.; Grahl-Nielsen O. Discrimination among species and stocks of redfish (*Sebastes viviparus*, *S. marinus*, *S. mentella*), cod (*Gadus morhua*) and herring (*Clupea harengus*) by chemometry of the fatty acid profile in selected tissues // ICES CM (International Council for the Exploration of the Sea. Theme Session on the Life History, Dynamics and Exploitation of Living Marine Resources: Advances in Knowledge and Methodology). – 2001. – 22. – P. 1 – 28.
21. Joensen H., Steingrund P., Fjallstein I., Grahl-Nielsen O. Discrimination between two reared stocks of cod (*Gadus morhua*) from the Faroe Islands by chemometry of the fatty acid composition

- in the heart tissue // *Marine Biol.* – 2000. – **136**. – P. 573 – 580.
22. Kwetegyeka J., Mpango G., Grahl-Nielsen O. Variation in fatty acid composition in muscle and heart tissues among species and populations of tropical fish in Lakes Victoria and Kyoga // *Lipids.* – 2008. – **43** (11). – P. 1017 – 1029.
23. Mjaavatten O., Levings C. D., Poon P. Variation in the fatty acid composition of juvenile chinook and coho salmon from Fraser river estuary determined by multivariate analysis; role of environment and genetic origin // *Comp. Biochem. Physiol. Part B.* – 1998. – **120**. – P. 291 – 309.
24. Peng J., Larondelle Y., Pham D., Ackman R., Rollin X. Polyunsaturated fatty acid profiles of whole body phospholipids and triacylglycerols in anadromous and landlocked atlantic salmon (*Salmo salar L.*) fry // *Comp. Biochem. Physiol.* – 2003. – **134B**. – P. 335 – 348.
25. Pinela S. Quintella B., De Almeida P. R., Lanca M.J. Comparison of the fatty acid profile of muscle neutral lipids and phospholipids of up-river anadromous sea lamprey (*Petromyzon marinus L.*) from three Portuguese river basins // *Scientia Marina.* – 2009. – **73** (4). – P. 785 – 795.
26. Rollin, X., Peng J., Pham D., Ackman R.G., Larondelle Y. The effects of dietary lipid and strain difference on polyunsaturated fatty acid composition and conversion in anadromous and landlocked salmon // *Comp. Biochem. Physiol. Part B.* – 2003. – **134**. – P. 349 – 366.
27. Sargent J. R., Tocher D. R., Bell J. G. The lipids / J. E. Halver, R. W. Hardy (eds.). Fish nutrition. – New York: Academic Press, 2002. – P. 181 – 257.
28. Serot T., Gandemer G., Demaimay M. Lipid and fatty acid compositions of muscle from farmed and wild adult turbot // *Aquacult. Int.* – 1998. – **6**. – P. 331 – 343.
29. Tocher D. R., Bendiksen E. Å., Campbell P. J., Bell J. G. The role of phospholipids in nutrition and metabolism of teleost fish // *Aquaculture.* – 2008. – **280**. – P. 21 – 34.
30. Ulvund K. A., Grahl-Nielsen O. Fatty acid composition in eggs of Atlantic cod (*Gadus morhua*) // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* – 1988. – **45**. – P. 898 – 901.
31. Yuneva T. V., Svetlichny L. S., Yunev O. A., Romanova Z. A., Kideys A. E., Bingel F., Uysal Z., Yilmaz A., Shulman G. E. Nutritional condition of female *Calanus euxinus* from cyclonic and anticyclonic regions of the Black Sea // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* – 1999. – **189**. – P. 195 – 204.

Поступила 22 ноября 2012 г.
После доработки 15 марта 2013 г.

Жирнокислотний склад фосфоліпідів азовської камси *Engraulis encrasicolus maeoticus* Pusanov та чорноморської камси *Engraulis encrasicolus ponticus* Alexandrov у промисловий період 2006 – 2011 років Т. В. Юнєва, А. М. Щепкина, С. А. Забелинский, В. Н. Никольский, Л. Бат, Я. Кая, К. Сейхан, Г. Е. Шульман. Загальноприйнятими методами, включаючи тонкошарову і газожидкісну хроматографію, визначали вміст сумарних ліпідів (СЛ), резервних ліпідів (тріацилгліцеринів, ТАГ), структурних ліпідів (фосфоліпідів, ФЛ) і жирнокислотний (ЖК) склад ФЛ в тілі хамси, виловленої в Азовському морі (азовської) і біля берегів Туреччини (чорноморської) у жовтні – листопаді 2006 – 2011 рр. Вміст СЛ у азовської камси варіював в окремі роки від 15.10 до 18.63 % сирої маси тіла, у чорноморської – від 12.98 до 15.24 %. Вміст ФЛ практично не змінювався у різні роки і дорівнював у середньому близько 1.3% у обох підвидів. ЖК склад ФЛ істотно розрізнявся. У азовської хамси вміст мононенасичених ЖК за рахунок домінуючої олеїнової (18:1) кислоти, становив у середньому для досліджуваного періоду 26.56 % суми ЖК, що на 40 – 50% вище, ніж у чорноморської. Навпаки, вміст поліненасичених ЖК у азовської хамси за рахунок докозагексаєнової (22:6 n3) був нижчий, ніж у чорноморської – 4.45% і 44.73%, відповідно. Вміст 22:6 n3 кислоти у ФЛ азовської хамси становив 14.4%, у чорноморської – 24.4% суми ЖК. Відмінності в співвідношенні поліненасичених ЖК n3 і n6 сімейств (n3/n6) в ФЛ азовської і чорноморської камси (4.19 і 5.98, відповідно) зумовлено тим що ранній онтогенез і значна частина річного циклу дорослих риб проходить у водоймах з різною солоністю. Специфічні для азовської і чорноморської камси особливості ЖК складу ФЛ зберігалися протягом декількох років, що дозволяє розглядати цей показник як потенційний індикатор для ідентифікації цих риб під час промислу.

Ключові слова: азовська камса, чорноморська камса, фосфоліпідів, жирнокислотний склад

Phospholipid fatty acid content of the Sea of Azov anchovy *Engraulis encrasicolus maeoticus* Pusanov and Black Sea anchovy *Engraulis encrasicolus ponticus* Alexandrov during fishing period 2006 – 2011. T. V. Yuneva, A. M. Shechepkina, S. A. Zabelinsky, V. N. Nikolsky, L. Bat, Ya. Kaya, K. Seyhan, G. E. Shulman. Using generally accepted methods, including thin-layer and gas-liquid chromatography, the content of total lipids (SL), reserve lipids (triacylglycerols, TAG), structural lipids (phospholipids, PL) and fatty acid (FA)

composition of the PL in the body of anchovy which was caught in October – November, 2006 – 2011 in the Sea of Azov, and in Southern Black Sea (off the coast of Turkey) were determined. TL in Azov anchovy varied in different years from 15.10 to 18.63%, in Black Sea anchovy – from 12.98 to 15.24%. Unlike TL, PL content characterized by low annual and inter-annual variability, and averaged 1.3% in both subspecies. In contrast, PL fatty acid composition of the Sea of Azov, and Black Sea anchovy differed significantly. In the Azov anchovy content of monounsaturated FA in PL due to oleic (18:1) acid was 40 – 50% higher than that of the Black Sea anchovy, and polyunsaturated FA, on contrary was less. The content of the docosahexaenic (22:6n3) acid which dominated among polyunsaturated FA and the ratio of fatty acids n3 and n6 families were 70 % and 50 % less, accordingly, compare with the Black Sea anchovy. The specific features of each subspecies and differences between them during studied years, allowed considering PL fatty acid composition as a potential indicator for identification Azov and Black Sea anchovy in the wintering areas during fishing season.

Keywords: Azov anchovy, Black Sea anchovy, phospholipids, fatty acid composition