

УДК 664(265.53)

К.М. Горбатенко, И.В. Мельников, Е.Е. Овсянников, С.Л. Овсянникова*
Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И КАЛОРИЙНОСТЬ ПЕЛАГИЧЕСКИХ РЫБ И КАЛЬМАРОВ ОХОТСКОГО МОРЯ

Дана оценка основных биоэнергетических параметров для 14 видов пелагических рыб и кальмаров Охотского моря, а также более подробно приводятся результаты исследований по двум массовым видам нектона — минтаю и сельди. Обобщенные данные по их биохимическому составу показали, что калорийность в мышечных тканях находится в пределах от 867 (кальмары) до 2062 кал/г (чавыча) сырого вещества и от 5151 до 6484 кал/г сухого. Для большинства исследованных видов нектона характерна высокая калорийность мышечных тканей, за исключением минтая и кальмаров, у которых она ниже 1000 кал/г сырого вещества. Общее количество накопленной минтаем энергии в течение жизненного цикла от ювенальных (< 17 см) до сверхкрупных (> 60 см) особей для самок составило в среднем 1964 ккал, для самцов — 1465 ккал, а сельди — соответственно 542 и 476 ккал.

Ключевые слова: Охотское море, нектон, минтай, сельдь, калорийность, жиры, белки, углеводы.

DOI: 10.26428/1606-9919-2018-195-74-91.

Gorbatenko K.M., Melnikov I.V., Ovsyannikov E.E., Ovsyannikova S.L. Biochemical composition and caloric value of pelagic fish and squids from the Okhotsk Sea // *Izv. TINRO*. — 2018. — Vol. 195. — P. 74–91.

Main bioenergetic parameters are evaluated for 14 species of pelagic fish and squids from the Okhotsk Sea, with special attention to walleye pollock and pacific herring. Caloric value of the muscle tissues varies from 867 cal g⁻¹ (squid) to 2062 cal g⁻¹ (chinook salmon) in wet weight and from 5151 to 6484 cal/g in dry weight. The studied nekton species are mostly distinguished by high caloric value of the muscle tissue, with exception for pollock and squids with the value < 1000 cal/g WW. Lipid fraction in the pollock tissues varies from 0.7 to 1.1 %, proteins are 15.5–17.9 %, and carbohydrates — 0.6–0.7 % in wet weight, the average caloric value is 979–1131 cal g⁻¹ WW or 5154–5264 cal g⁻¹ DW. Dynamics of the main biochemical parameters and the total caloric value shows weak ontogenetic changes for the pollock muscles, without significant difference between different stages of gonad maturity both for males and females. During maturation, amount of accumulated energy remains constant in soma, but changes in

* Горбатенко Константин Михайлович, кандидат биологических наук, заведующий сектором, e-mail: konstantin.gorbatenko@tinro-center.ru; Мельников Игорь Владимирович, кандидат биологических наук, заместитель директора, e-mail: igor.melnikov@tinro-center.ru; Овсянников Евгений Евгеньевич, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией, e-mail: evgeniy.ovsyannikov@tinro-center.ru; Овсянникова Светлана Леонидовна, научный сотрудник, e-mail: svetlana.ovsyannikova@tinro-center.ru.

Gorbatenko Konstantin M., Ph.D., head of section, e-mail: konstantin.gorbatenko@tinro-center.ru; Melnikov Igor V., Ph.D., deputy director, e-mail: igor.melnikov@tinro-center.ru; Ovsyannikov Evgeniy E., Ph.D., head of laboratory, evgeniy.ovsyannikov@tinro-center.ru; Ovsyannikova Svetlana L., researcher, e-mail: svetlana.ovsyannikova@tinro-center.ru.

liver and gonads of pollock, and their energy content is noticeably higher for females than for males: on average in 3 times in gonads and in 1.5 times in liver. The total amount of energy accumulated by pollock during its life cycle from juvenile (< 17 cm) to extra large individuals (> 60 cm) is estimated as 1964 kcal for females and 1465 kcal for males. Caloric value for the muscle tissue of mature herring is lower in spring (on average 1498 cal·g⁻¹ WW) than in autumn (1676 cal·g⁻¹ WW), and for the whole body (mince) is in 1.2 times higher for juveniles, in 1.7–1.8 times higher for adults in spring, and in 2.1–2.2 times higher for adults in autumn after fattening, with average exceeding in 20–40 %. Lipid fraction in the herring tissues is on average 6.2 % in spring and 6.6 % in autumn. In spring, the maximum values of biochemical parameters are registered for the herring with gonad maturity at stage III. Later, during transition to the stage IV, and especially to the stage V, the fat decreasing and proteins watering is observed in its muscles. On opposite, the post-spawning herring at stage VI–II has the minimum parameters and caloric value in spring but enhances them to autumn, after intensive fattening, when caloric value of its mince becomes twice higher than for muscle tissue because of lipids accumulation in the subcutaneous tissue. The main energy parameters of the mature herring tissues in autumn are close to those in spring (by maturity stages), with only slight increase of fatness and caloric value, which are the maximum in autumn for mince, mostly because of fat accumulation in viscera and subcutaneous tissue. Caloric value of the herring gonads varies from 1330 to 1714 cal·g⁻¹ WW, 4809–5894 cal·g⁻¹ DW for females and from 1155 to 1604 cal·g⁻¹ WW, 4809–5894 cal·g⁻¹ DW for males, with the maximum at the maturity stage IV (the same as fat content), both for males and females. The gonads caloric value is higher in spring, immediately before spawning. For herring, the major amount of energy is concentrated in soma, and its portion increases during the life cycle from 55.0 to 72.1 %, on average. Males and females of herring have common patterns of this value dynamics in the process of ontogenesis, though females have higher percentage for gonads. In annual cycle, the maximum portion of energy concentrates in the herring gonads in spring (16.7–22.1 % for females and 13.1 % for males) and decreases to autumn. The total amount of energy accumulated by herring during its life cycle is estimated as 542 kcal for females and 476 kcal for males. Females accumulate more because the oogenesis requires more energy than spermatogenesis.

Key words: Okhotsk Sea, nekton, walleye pollock, pacific herring, energy content, lipid, protein, carbohydrate.

Введение

Калорийность рыб в основном связана с их физиологическим состоянием на различных этапах жизненного цикла. Наиболее результативным из физиологических методов является исследование динамики депозитного жира рыб в связи с их биологическим состоянием. Как показали исследования И.В. Кизеветтера (1971), рыбы четко различаются на уровне семейств по характеру распределения суммарных липидов между органами и тканями. Для тресковых рыб характерно максимальное накопление суммарных липидов в печени, для сельдевых и лососевых более типично концентрирование суммарных липидов в мышечной ткани и подкожной клетчатке (Кизеветтер, 1971; Шульман, 1972; Шатуновский, 1980; Сидоров, 1983).

У нектона, который в основном представлен длинноцикловыми гидробионтами, изменения биохимического состава и калорийности в большей степени связаны с возрастом и физиологическим состоянием организма, поэтому ранжирование данных по сезонам, за исключением отдельных случаев (например, по сельди), нами не приводится.

Цель настоящей работы — оценить калорийность рыб и головоногих моллюсков Охотского моря и выявить особенности динамики биохимического состава доминирующих видов нектона в процессе онтогенеза.

Материалы и методы

Сбор материалов для биохимических исследований был проведен в научных экспедициях ТИНРО-центра в Охотском море в 2003–2015 гг. (рис. 1). Для расчётов калорийности рыб и кальмаров были собраны пробы для определения их биохимического состава. У всех видов брались вырезки мышечных тканей (у половозрелых особей также гонады, а у минтая *Theragra chalcogramma* — печень) массой от 20 до 30 г дорзальной мускулатуры позади головы. Пробы помещали в герметичный пакет и

хранили при температуре не выше минус 18 °С. Для каждой особи нектона отмечались вид, длина, пол, стадия зрелости, место сбора пробы (широта и долгота) и содержимое желудка. У сельди *Clupea pallasii*, кроме проб с дорзальной стороны, для оценки общего содержания жира каждую особь перемалывали в мясорубке (без содержимого желудка и кишечника), перемешивали, помещали в герметичный пакет и замораживали для дальнейшей обработки.

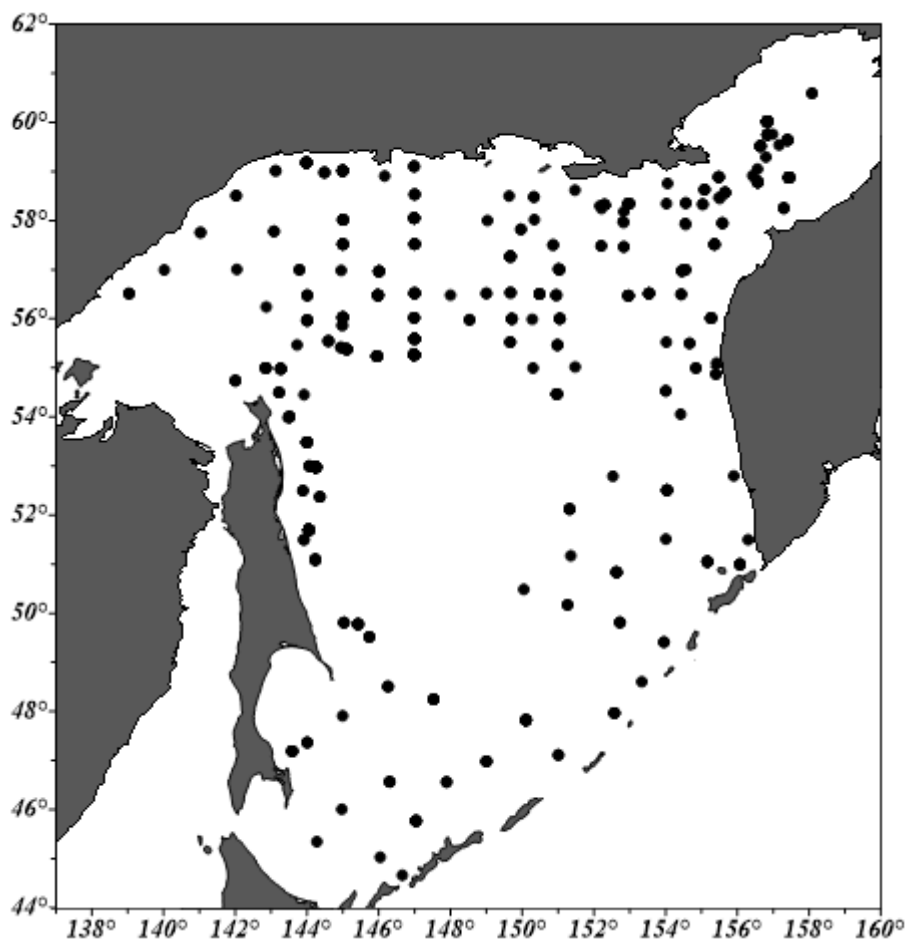


Рис. 1. Схема станций, на которых брались пробы рыб и кальмаров на биохимический анализ нектона в 2003–2015 гг.

Fig. 1. Scheme of sampling of fish and squids for biochemical analysis in 2003–2015

Энергетическую ценность гидробионтов устанавливали путем определения общего содержания белков, липидов, углеводов, золы, воды. Массовую долю воды и золы устанавливали по стандартным методикам (Журавская и др., 1985). Содержание белков определяли методом Кьельдаля по количеству азота белковых соединений с использованием анализатора азота «Kjeltec 2300» (Япония), углеводов — фотоколориметрически с использованием антронового реагента (Крылова, Лясковская, 1965), липидов — гравиметрически после их выделения из ткани методом Фолча (Folch et al., 1957).

В общей сложности в 2003–2015 гг. был исследован биохимический состав у 14 многочисленных видов пелагических рыб и кальмаров. За весь период исследования было обработано 915 проб (включая 189 проб гонад минтая и сельди и 150 проб печени минтая).

Калорийность (кал/г), а также энергетический эквивалент (произведение массы тела рыбы на калорийность, ккал) рассчитывались в пересчете на сырое и сухое вещество, что было необходимо при сопоставлении наших данных с данными других исследований, а также для количественных расчетов потоков энергии на разных трофических уровнях.

Результаты и их обсуждение

Обобщенные данные по биохимическому составу нектона в Охотском море представлены в табл. 1, 2. В связи со значительными различиями в биологии исследованных видов их биохимические показатели варьируют в широких пределах.

Содержание сухого вещества в мышечных тканях у 15 видов пелагических рыб и кальмаров находится в пределах от 16,7 до 31,6 % (в целом организме — от 20,6 до 34,3 %) (табл. 1). Содержание золы в сухом веществе у нектона варьирует от 1,7 до 15,2 %.

Диапазон средних значений содержания липидов в сухом веществе разных видов нектона изменяется в широких пределах и различается почти на порядок. Минимальное их значение в мышечной ткани у минтая — 3,6 %, максимальное у крупной чавычи *Oncorhynchus tshawytscha* — 28,4 % (табл. 1). В целом организме (фарше) предельное значение липидов наблюдается у осенней половозрелой сельди — 40,4 %. В общем для исследованных видов нектона характерно высокое содержание липидов в сухом веществе. Лишь у десятой части исследованных видов (минтай, мантии кальмаров, молодь некоторых лососей в период интенсивного роста) количество липидов в сухом веществе мышечных тканей не превышало 10 %.

Содержание белка в мышечной ткани в сухом веществе у исследованных видов изменяется от 60,4 до 90,6 %. В целом организме (фарше) наиболее низкое значение содержания белка (47,3 %) наблюдается у осенней сельди, у которой содержание липидов максимальное (табл. 1).

Калорийность в мышечных тканях у исследованных видов нектона изменяется в относительно узких пределах — от 5151 до 6484 кал/г сухого вещества (табл. 1). Минимальная калорийность наблюдается в тканях минтая и кальмаров (менее 5300 кал/г), а максимальная (более 6000 кал/г) — у крупной кеты *Oncorhynchus keta*, нерки *Oncorhynchus nerka*, кижуча *Oncorhynchus kisutch*, чавычи, мальмы *Salvelinus malma* и осенней сельди.

Представленные в табл. 2 данные по биохимическому составу и калорийности в сыром веществе дают возможность прямого перевода биомасс в калории, которые необходимы для определения энергетического потенциала отдельных популяций нектона. Полученные данные по биохимическому составу мышечной ткани нектона в сыром веществе показали, что содержание белков в сыром веществе исследованных видов изменяется от 13,1 до 21,9 %, липидов — от 0,7 до 9,0, углеводов — от 0,2 до 1,2 %.

Энергетическая ценность мышечных тканей нектона варьирует от 867 (кальмары) до 2062 кал/г (чавыча) сырого вещества (табл. 2). Во всем организме (фарше) у крупной осенней сельди наблюдаются максимальные количество липидов (13,8 %) и калорийность (более 2255 кал/г).

В целом калорийность в сырой массе, как и в сухой, в значительной степени определяется долей липидов в мышечной ткани и в общей массе организма. Для исследованных видов нектона характерна высокая калорийность. Лишь у минтая и кальмаров этот показатель ниже 1000 кал/г сырого вещества (табл. 2). Сопоставление данных по калорийности отдельных видов нектона всего организма и только его мышечной ткани (табл. 1, 2) показывает, что у молоди минтая наблюдается большее сходство в этих показателях, а у сельди обнаружены существенные различия, в основном связанные с содержанием липидов.

Минтай и сельдь, являясь массовыми пелагическими видами, играют существенную роль в трофодинамических процессах, происходящих в Охотском море, поэтому биохимический состав данных видов исследовался более подробно, в том числе с учетом их физиологического состояния.

Запасы энергии в теле *минтая* аккумулируются в форме нейтральных (простых) жиров — триглицеридов, а основная масса жирового резерва сосредоточена в печени (Кизеветтер, 1971), где триглицериды составляют основу общей суммы липидов (Сидоров, 1983).

Биохимический состав и калорийность сухого вещества мышечной ткани рыб и кальмаров Охотского моря

Table 1

Biochemical composition and caloric value for dry muscular tissue of pelagic fish and squids in the Okhotsk Sea

Вид	Подгруппа (длина, см)	Содержание сухого в-ва, %	Доля, % сух. в-ва			Калорийность, кал/г сух. в-ва	Кол-во проб	
			Белки	Липиды	Углеводы			Зола
<i>Theragra chalcogramma</i>	Молодь (8–17 см)	20,2	81,3	5,4	3,0	10,3	5229	11
<i>Th. chalcogramma</i> *	Молодь (8–17 см)	21,3	84,3	3,9	3,3	8,5	5264	3
<i>Th. chalcogramma</i>	Неполовозрелые (18–30 см)	18,8	82,6	3,7	3,3	10,4	5151	27
<i>Th. chalcogramma</i>	Половозрелые (31–60 см)	18,3	82,7	3,6	3,4	10,3	5154	126
<i>Clupea pallasii</i> (весна)	Молодь (7–13 см)	20,8	68,5	13,4	3,0	15,1	5256	3
<i>C. pallasii</i> (весна)	Неполовозрелые (14–19 см)	23,1	65,2	17,7	2,2	14,9	5451	10
<i>C. pallasii</i> (весна)*	Неполовозрелые (14–19 см)	24,1	57,3	28,7	2,3	11,7	6040	2
<i>C. pallasii</i> (весна)	Половозрелые (20–36 см)	25,7	60,4	24,3	2,1	13,2	5799	112
<i>C. pallasii</i> (весна)*	Половозрелые (20–36 см)	32,0	52,8	34,0	1,8	11,4	6266	6
<i>C. pallasii</i> (осень)	Молодь (4–9 см)	27,1	66,8	24,0	1,8	7,4	6117	7
<i>C. pallasii</i> (осень)*	Молодь (4–9 см)	28,6	55,5	27,5	1,7	15,3	5803	2
<i>C. pallasii</i> (осень)	Неполовозрелые (12–20 см)	26,1	67,3	21,4	2,2	9,1	5916	20
<i>C. pallasii</i> (осень)*	Неполовозрелые (12–20 см)	33,2	47,7	37,4	1,7	13,2	6301	5
<i>C. pallasii</i> (осень)	Половозрелые (21–35 см)	27,4	66,1	24,0	1,9	8,0	6079	29
<i>C. pallasii</i> (осень)*	Половозрелые (21–35 см)	34,3	47,3	40,4	1,7	10,6	6553	27
<i>Oncorhynchus gorbuscha</i>	Молодь (10–20 см)	22,9	83,4	6,1	3,4	7,1	5426	8
<i>O. gorbuscha</i>	Молодь (20–30 см)	25,1	77,7	12,4	3,3	6,6	5692	20
<i>O. gorbuscha</i>	Половозрелые (стадии III, III–IV)	25,0	81,8	12,8	2,7	2,7	5943	31
<i>O. gorbuscha</i>	Половозрелые (стадия IV)	24,0	86,3	7,5	2,9	3,3	5704	2
<i>Oncorhynchus keta</i>	Молодь (10–20 см)	22,3	86,6	4,7	2,5	6,2	5440	2
<i>O. keta</i>	Молодь (20–30 см)	25,3	78,4	11,8	2,9	6,9	5667	14
<i>O. keta</i>	Неполовозрелые (35–55 см)	26,7	77,5	15,7	2,5	4,3	5970	13
<i>O. keta</i>	Половозрелые (стадии III, III–IV)	26,4	79,2	16,7	1,7	2,4	6118	28
<i>O. keta</i>	Половозрелые (стадия IV)	25,7	85,4	7,6	1,6	5,4	5605	11
<i>Oncorhynchus kisutch</i>	Молодь (20–30 см)	25,2	84,3	9,6	1,6	4,5	5740	2
<i>O. kisutch</i>	Неполовозрелые (30–40 см)	25,8	81,7	13,2	2,3	2,8	5955	2
<i>O. kisutch</i>	Половозрелые (стадии III и III–IV)	27,1	80,3	15,5	2,1	2,1	6085	2
<i>O. kisutch</i>	Половозрелые (стадия IV)	25,9	81,9	10,0	1,2	6,9	5621	2

<i>Oncorhynchus masou</i>	Молодь (20–30 см)	24,5	89,3	6,3	2,5	1,9	5746	2
<i>O. masou</i>	Неполовозрелые (30–40 см)	25,3	78,7	13,2	2,8	5,3	5803	5
<i>Oncorhynchus nerka</i>	Молодь (10–20 см)	23,2	90,6	3,0	2,2	4,2	5493	2
<i>O. nerka</i>	Молодь (20–30 см)	23,8	84,7	7,5	3,1	4,7	5625	3
<i>O. nerka</i>	Неполовозрелые (30–40 см)	27,2	74,9	13,9	2,6	8,6	5653	2
<i>O. nerka</i>	Неполовозрелые (50–60 см)	27,1	76,4	18,1	2,2	3,3	6113	2
<i>O. nerka</i>	Половозрелые (стадии III и III–IV)	27,0	75,6	20,0	1,1	3,3	6204	4
<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>	Молодь (10–20 см)	22,7	90,1	3,4	1,1	5,4	5458	2
<i>O. tshawytscha</i>	Молодь (20–30 см)	23,6	86,9	7,6	4,0	1,5	5794	4
<i>O. tshawytscha</i>	Неполовозрелые (35–50 см)	25,8	79,1	16,3	0,8	3,8	6038	2
<i>O. tshawytscha</i>	Неполовозрелые (50–60 см)	27,2	75,4	19,1	2,9	2,6	6185	2
<i>O. tshawytscha</i>	Неполовозрелые (60–82 см)	31,6	65,0	28,4	3,2	3,4	6484	3
<i>Salvelinus malma</i>	30–40 см	26,4	78,8	14,6	4,5	2,1	6022	2
<i>Engraulis japonicus</i>	30–40 см	22,5	77,5	10,2	2,7	9,6	5457	2
<i>Leuroglossus schmidti</i>	9–12 см	20,6	63,6	16,5	3,9	16,0	5312	3
<i>Mallotus villosus</i>	10–18 см	20,6	72,8	16,0	2,8	8,4	5743	2
<i>Voreotheuthis borealis</i>	10–12 см (мангрия)	18,1	78,4	7,3	2,0	12,3	5204	3
<i>Verrutheuthis magister</i>	16–23 см (мангрия)	16,7	79,6	5,9	2,4	12,1	5154	2

* Средняя калорийность целого организма.

Таблица 2

Биохимический состав и калорийность сырого вещества мышечной ткани нектона Охотского моря

Table 2

Biochemical composition and caloric value for wet muscular tissue of pelagic fish and squids in the Okhotsk Sea

Вид	Подгруппа (длина, см)	Доля, % сыр. в-ва					Калорийность, кал/г сыр в-ва	Кол-во проб
		Вода	Белки	Липиды	Углеводы	Зола		
<i>Theragra chalcogramma</i>	Молодь (8–17 см)	79,8	16,4	1,1	0,6	2,1	1065	11
<i>Th. chalcogramma</i> *	Молодь (8–17 см)	78,7	17,9	0,8	0,7	1,9	1131	3
<i>Th. chalcogramma</i>	Неполовозрелые (18–30 см)	81,2	15,5	0,7	0,6	2,0	979	27
<i>Th. chalcogramma</i>	Половозрелые (31–60 см)	81,7	15,1	0,7	0,6	1,9	951	126
<i>Clupea pallasii</i> (весна)	Молодь (7–13 см)	79,2	14,3	2,8	0,6	3,1	1105	3
<i>C. pallasii</i> (весна)	Неполовозрелые (14–19 см)	76,9	15,1	4,1	0,5	3,4	1266	10
<i>C. pallasii</i> (весна)*	Неполовозрелые (14–19 см)	75,9	13,8	6,9	0,6	2,8	1464	2
<i>C. pallasii</i> (весна)	Половозрелые (20–36 см)	74,3	15,5	6,2	0,5	3,5	1498	112

Окончание табл. 2
Table 2 finished

Вид	Подгруппа (длина, см)	Доля, % сыр. в-ва					Калорийность, кал/г сыр в-ва	Кол-во проб
		Вода	Белки	Липиды	Углеводы	Зола		
<i>C. pallasi</i> (весна)*	Половозрелые (20–36 см)	68,0	16,9	10,9	0,6	3,6	2017	6
<i>C. pallasi</i> (осень)	Молодь (4–9 см)	72,9	18,1	6,5	0,5	2,0	1666	7
<i>C. pallasi</i> (осень)*	Молодь (4–9 см)	71,4	15,9	7,9	0,5	4,3	1668	2
<i>C. pallasi</i> (осень)	Неполовозрелые (12–20 см)	73,9	17,6	5,6	0,6	2,3	1552	20
<i>C. pallasi</i> (осень)*	Неполовозрелые (12–20 см)	66,8	15,8	12,4	0,6	4,4	2099	5
<i>C. pallasi</i> (осень)	Половозрелые (21–35 см)	72,6	18,1	6,6	0,5	2,2	1676	29
<i>C. pallasi</i> (осень)*	Половозрелые (21–35 см)	65,7	16,2	13,8	0,6	3,7	2255	27
<i>Oncorhynchus gorbuscha</i>	Молодь (10–20 см)	77,1	19,1	1,4	0,8	1,6	1255	8
<i>O. gorbuscha</i>	Молодь (20–30 см)	74,9	19,5	3,1	0,8	1,7	1439	20
<i>O. gorbuscha</i>	Половозрелые (стадии III, III–IV)	75,0	20,5	3,2	0,7	0,6	1499	31
<i>O. gorbuscha</i>	Половозрелые (стадия IV)	76,0	20,7	1,8	0,7	0,8	1379	2
<i>Oncorhynchus keta</i>	Молодь (10–20 см)	77,7	19,3	1,1	0,6	1,3	1223	2
<i>O. keta</i>	Молодь (20–30 см)	74,7	19,9	3,0	0,7	1,7	1448	14
<i>O. keta</i>	Неполовозрелые (35–55 см)	73,3	20,7	4,2	0,7	1,1	1604	13
<i>O. keta</i>	Половозрелые (стадии III, III–IV)	73,6	20,9	4,4	0,5	0,6	1622	28
<i>O. keta</i>	Половозрелые (стадия IV)	74,3	21,9	1,9	0,4	1,5	1444	11
<i>Oncorhynchus kisutch</i>	Молодь (20–30 см)	74,8	21,3	2,4	0,4	1,1	1455	2
<i>O. kisutch</i>	Неполовозрелые (30–40 см)	74,2	21,1	3,4	0,6	0,7	1547	2
<i>O. kisutch</i>	Половозрелые (стадии III и III–IV)	72,9	21,8	4,2	0,6	0,5	1658	2
<i>O. kisutch</i>	Половозрелые (стадия IV)	74,1	21,2	2,6	0,3	1,8	1460	2
<i>Oncorhynchus masou</i>	Молодь (20–30 см)	75,5	21,9	1,5	0,6	0,5	1416	2
<i>O. masou</i>	Неполовозрелые (30–40 см)	74,7	19,9	3,3	0,7	1,4	1480	5
<i>Oncorhynchus nerka</i>	Молодь (10–20 см)	76,8	21,0	0,7	0,5	1,0	1282	2
<i>O. nerka</i>	Молодь (20–30 см)	76,2	20,2	1,8	0,7	1,1	1353	3
<i>O. nerka</i>	Неполовозрелые (30–40 см)	72,8	20,4	3,8	0,7	2,3	1551	2
<i>O. nerka</i>	Неполовозрелые (50–60 см)	72,9	20,7	4,9	0,6	0,9	1667	2
<i>O. nerka</i>	Половозрелые (стадии III и III–IV)	73,0	20,4	5,4	0,3	0,9	1680	4
<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>	Молодь (10–20 см)	77,3	20,5	0,8	0,3	1,1	1245	2
<i>O. tshawytscha</i>	Молодь (20–30 см)	76,4	20,5	1,8	1,0	0,3	1382	4

<i>O. ischawyitscha</i>	Неполовозрелые (35–50 см)	74,2	20,4	4,2	0,2	1,0	1561	2
<i>O. ischawyitscha</i>	Неполовозрелые (50–60 см)	72,8	20,5	5,2	0,8	0,7	1695	2
<i>O. ischawyitscha</i>	Неполовозрелые (60–82 см)	68,4	20,5	9,0	1,0	1,1	2062	3
<i>Salvelinus malma</i>	30–40 см	73,6	20,8	3,9	1,2	0,5	1608	2
<i>Engraulis japonicus*</i>	30–40 см	77,5	17,4	2,3	0,6	2,2	1237	2
<i>Leuroglossus schmidti*</i>	9–12 см	81,4	13,1	3,4	0,8	1,3	1107	3
<i>Mallotus villosus*</i>	10–18 см	79,4	15,0	3,3	0,6	1,7	1192	2
<i>Boreoheuthis borealis</i>	10–12 см	82,0	14,2	1,3	0,4	2,1	945	3
<i>Berytheuthis magister</i>	16–23 см (мантя)	83,3	13,3	1,0	0,4	2,0	867	2

* Средняя калорийность целого организма.

Исследования, проведенные в ТИНРО-центре в 2003–2013 гг. по биохимическому составу и калорийности минтая, позволили выявить разницу в составе тела, печени и гонад по размерно-возрастным и физиологическим категориям, а также определить количество энергии (энергетический эквивалент), которое сосредоточено в соме, печени и гонадах в зависимости от физиологического состояния (Горбатенко, Лаженцев, 2016).

Достоверных различий между самцами и самками в биохимическом составе и калорийности мышечной ткани у минтая с различной зрелостью гонад не было обнаружено, поэтому в табл. 1, 2 представлены осредненные данные биохимического состава мышечной ткани разноразмерного минтая, без ранжирования по полу и стадиям зрелости. В тканях разноразмерного минтая содержание липидов в сыром веществе изменялось от 0,7 до 1,1 %, белков — 15,5–17,9, углеводов — 0,6–0,7 %, а калорийность — от 979 до 1131 кал/г, в сухом веществе — от 5154 до 5264 кал/г. Таким образом, динамика основных биохимических показателей и общая калорийность мышц у разноразмерного минтая указывают, что изменения в процессе онтогенеза в них выражены слабо.

Кроме того исследования калорийности гонад и печени минтая (Горбатенко, Лаженцев, 2016) показали, что для самцов характерны те же тенденции в динамике массы печени и гонад, что и у самок, но сами показатели несколько ниже. Динамика депозитного жира в печени охотоморского минтая имеет выраженный циклический характер и сопряжена с процессами генеративного роста (Швыдкий, Вдовин, 1991).

Рассчитанный энергетический эквивалент сомы в течение онтогенеза у половозрелого минтая размерной группы 40–50 см остается практически на одном уровне, а в печени и гонадах, напротив, наблюдаются значительные изменения (рис. 2).

Таким образом, величина аккумулированной энергии в соме в течение онтогенеза остается величиной постоянной в отдельно взятой размерно-возрастной группе, а в печени и гонадах — переменной. Причем, несмотря на общие закономерности в процессе развития, энергетический эквивалент печени и гонад у самок заметно выше (рис. 2). Общее количество энергии (ккал), которая сосредоточена в гонадах и печени самок, в среднем соответственно в 3,0 и 1,5 раза выше, чем у самцов.

Как видно на рис. 2, максимальная суммарная потеря энергии, сосредоточенной в соме, гонадах и печени, у половозрелого минтая происходит при переходе с V на VI стадию зрелости гонад (на 15–30 %).

На рис. 3 представлены осредненные данные накопления и распределения энергии в соме, печени и гонадах у различных размерных групп минтая, без ранжирования по стадиям зрелости.

Общее количество энергии у самок в соме, гонадах и печени у всех размерных групп минтая выше, чем у сам-

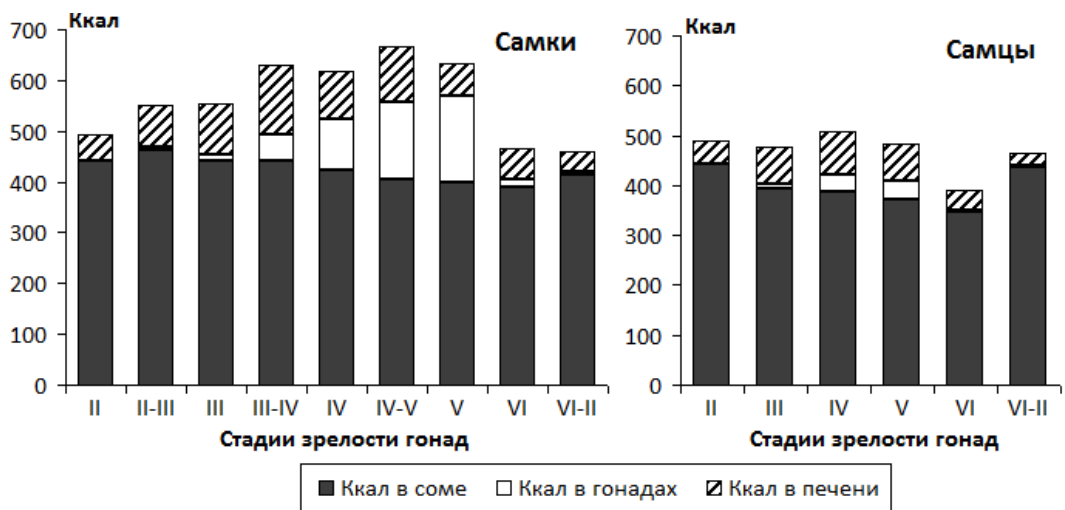


Рис. 2. Распределение энергии (энергетического эквивалента, ккал) в соме, печени и гонадах у минтая (40–50 см) по стадиям зрелости

Fig. 2. Energy accumulation (energy equivalent, kcal) in soma, liver and gonads of pollock (40–50 cm), by stages of gonad maturity. **Left panel** — females, **right panel** — males

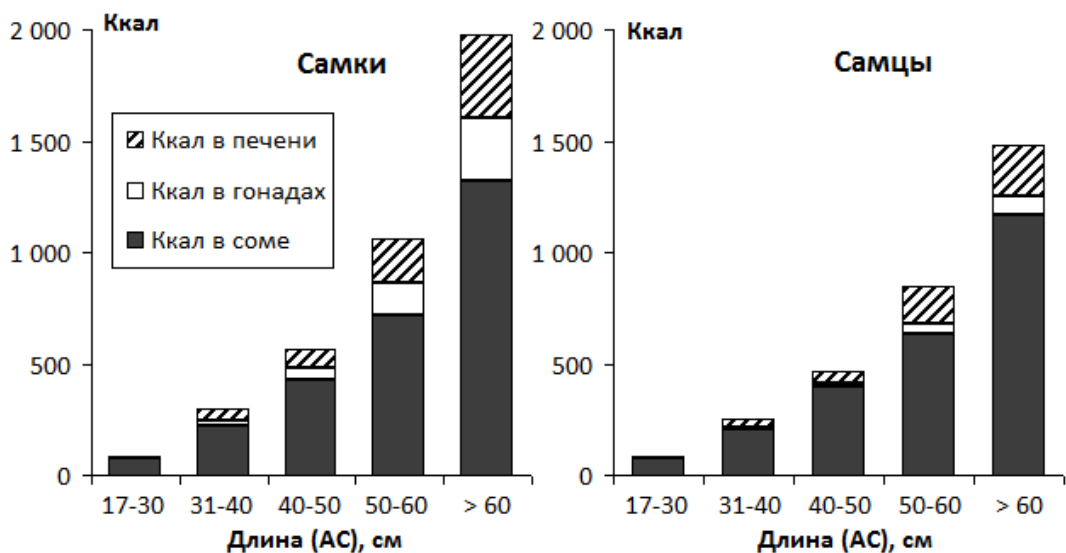


Рис. 3. Распределение энергии (энергетического эквивалента, ккал) в соме, печени и гонадах у разноразмерного минтая без ранжирования по стадиям зрелости

Fig. 3. Energy accumulation (energy equivalent, kcal) in soma, liver and gonads of pollock (all sizes, all stages). **Left panel** — females, **right panel** — males

цов (рис. 3), что связано с более высокими энергозатратами для обеспечения оогенеза, чем для сперматогенеза (Шульман, 1972).

Общее количество накопленной минтаем в течение жизненного цикла энергии, от ювенальных особей (< 17 см) до сверхкрупных (> 60 см), у самок составляет в среднем 1964 ккал, у самцов — 1465 ккал (Горбатенко, Лаженцев, 2016).

Для *сельди*, в отличие от минтая, характерно концентрирование суммарных липидов в мышечной ткани и подкожной клетчатке (Сидоров, 1983). Известно, что темп роста самцов и самок у тихоокеанской сельди существенно не различается и достоверных различий в химическом составе и калорийности мышечной ткани между полами не обнаружено (Науменко, 2001; Смирнов, 2009; Горбатенко и др., 2010). Это позволяет анализировать все данные по энергетическим показателям сельди без разделения по полу.

Тихоокеанская сельдь представлена в северной части Охотского моря двумя крупными популяциями, охотской и гижигинско-камчатской, занимающими соответственно северо-западную и северо-восточную части моря. Данные по калорийности этих популяций подробно представлены нами ранее (Горбатенко и др., 2010). Выяснено, что у двух популяций сельди, несмотря на некоторые различия, наблюдается схожая динамика энергетических показателей в процессе онтогенеза, поэтому в табл. 1 и 2 представлены осредненные данные по сельди в Охотском море, без ранжирования на отдельные популяции и стадии зрелости.

Весной годовики сельди имеют длину 7–11 см (ср. 8–9 см) и интенсивно питаются. Содержание сухого вещества в теле составляет 20,8 % (табл. 1), липидов в сыром веществе 2,8, белков — 14,3, углеводов — 0,6, золы — 3,2 % (табл. 2). Калорийность сырого вещества составляет 1105 кал/г, сухого — 5256 кал/г (табл. 1, 2). Осенью у молоди сельди (1+) длиной 9–13 см (ср. 10–11 см) энергетические показатели существенно возрастают, особенно это касается липидов, значение которых в сыром веществе увеличивается более чем в 2 раза — с 2,8 % весной до 6,5 % осенью. Повышение жирности и общей калорийности у молоди сельди в период интенсивного роста связано с ее высокой пищевой активностью в летне-осенний период (Горбатенко и др., 2004). По-видимому, кормовая база молоди сельди зимой менее благоприятна, чем летом, а линейный прирост в осенне-зимний период у нее высок (Мельников, Воробьев, 2001). Таким образом, зимой количество энергии, приходящей с пищей, ниже затрат на рост и обмен веществ, что приводит к расходованию накопленных жировых запасов.

Средняя калорийность мышечной ткани половозрелой сельди весной ниже, чем осенью, — соответственно 1498 и 1676 кал/г в сыром веществе (табл. 2). Содержание липидов в тканях весной составляет 6,2 %, а осенью — до 6,6 %. Более низкие средние показатели липидов в тканях весной связаны с тем, что в период зимовки липиды у сельди используются прежде всего на поддержание энергетического обмена и созревание гонад (весовой рост у половозрелых рыб зимой существенно замедляется).

Калорийность целого организма (фарша) выше на 20–40 %, чем в тканях (табл. 1, 2). Суммарное количество липидов в фарше выше у молоди в 1,2 раза, у взрослой сельди весной — в 1,7–1,8 раза, а осенью после нагула — в 2,1–2,2 раза. Разница в калорийности и количестве липидов в тканях и фарше у сельди в первую очередь связана с концентрацией жира в подкожной клетчатке и полости тела.

В табл. 3 представлены осредненные данные биохимического состава сельди в Охотском море на разных стадиях зрелости гонад. Очевидны существенные различия в содержании основных биохимических компонентов в тканях и фарше между особями, находящимися на разных стадиях зрелости гонад.

В мае в северной части Охотского моря у крупной сельди встречаются питающиеся особи на II, III, IV и VI–II стадиях зрелости гонад, с явным доминированием особей на IV стадии зрелости (Горбатенко и др., 2010). Содержание сухого вещества в теле половозрелых рыб, в зависимости от физиологического состояния, изменяется от 19,8 до 27,7 % (табл. 3). Содержание липидов в сыром веществе варьирует в пределах 1,2–7,0 %, белков — 14,3–16,9, углеводов — 0,6–0,8 и золы — 2,9–3,1 %. Общая калорийность изменяется от 997 до 1616 кал/г сырого вещества и от 4988 до 5991 кал/г сухого вещества.

Весной максимальные значения общих биохимических параметров, как и ранее (Горбатенко и др., 2010), наблюдаются у сельди, находящейся на III стадии зрелости (табл. 3). При переходе на IV и особенно V стадию зрелости в мышцах происходит снижение содержания жира и обводнение белков, в результате наблюдается общее снижение калорийности. Причиной уменьшения содержания жира во время размножения являются повышение мышечной активности сельди, а также повышенный расход энергии в период выметывания половых продуктов. Кроме того, нерестующие рыбы полностью прекращают питаться, т.е. поступление энергии с пищей временно прекращается или замедляется. Посленерестовая сельдь (стадия VI–II) весной имеет минимальные значения энергетических показателей и калорийности (рис. 4).

Биохимический состав и калорийность мышечной ткани сельди Охотского моря по стадиям зрелости гонад

Table 3

Biochemical composition and caloric value for wet muscular tissue of herring in the Okhotsk Sea, by stages of gonad maturity

Сезон	Стадия	Сухое в-во, %	±SE	Липиды, %	±SE	Белок, %	±SE	Углеводы, %	±SE	Зола, %	±SE	Калорийность, ккал/г	±SE	Кол-во проб
<i>В сыром веществе</i>														
Весна	Juv.	20,8	1,6	2,8	0,6	14,3	0,8	0,7	0,1	3,1	0,1	1 108	24	3
	II	24,7	0,5	5,5	0,6	15,6	0,2	0,8	0,1	2,8	0,1	1 445	57	59
	III	26,8	1,3	7,0	1,6	16,2	0,2	0,7	0,1	2,9	0,1	1 616	115	8
	IV	26,4	0,6	6,3	0,6	16,8	0,2	0,6	0,1	2,8	0,1	1 578	56	46
	V	24,5	0,6	3,3	0,7	16,9	0,3	0,8	0,1	3,6	0,1	1 310	81	2
Лето	VI-I	19,8	0,8	1,2	0,3	15,0	0,7	0,7	0,1	2,9	0,1	997	75	8
	VI-II	29,1	0,8	6,5	0,6	18,6	0,8	0,7	0,1	3,3	0,1	1 705	19	2
Осень	Juv.	27,1	1,0	6,5	1,0	18,1	0,3	0,6	0,1	1,9	0,1	1 668	158	7
	II	25,9	0,6	5,6	0,5	17,5	0,3	0,6	0,1	2,3	0,1	1 550	22	28
	II-III	29,0	0,6	6,2	0,6	20,0	0,2	0,5	0,1	2,3	0,1	1 747	197	2
	III	27,2	1,6	6,2	1,2	18,3	0,6	0,5	0,1	2,0	0,1	1 648	18	7
	III-IV	29,5	0,9	8,1	0,6	18,1	0,5	0,4	0,1	2,9	0,1	1 814	202	7
	IV	27,7	0,9	8,0	0,7	17,6	0,5	0,5	0,1	2,0	0,1	1 777	18	6
<i>В сухом веществе</i>														
Весна	Juv.	20,8	1,6	13,4	2,0	68,5	2,5	3,3	0,1	14,9	0,1	5 267	82	3
	II	24,7	0,5	22,3	1,8	63,1	1,4	3,2	0,1	11,4	0,2	5 803	129	59
	III	26,8	1,3	26,1	4,8	60,4	3,3	2,6	0,1	10,8	0,5	5 991	323	8
	IV	26,4	0,6	23,8	1,6	63,5	1,7	2,3	0,1	10,6	0,2	5 933	88	46
	V	24,5	0,6	13,4	2,0	69,0	2,6	3,2	0,2	14,7	0,4	5 298	30	2
Лето	VI-I	19,8	0,8	6,0	1,4	75,7	1,9	3,5	0,3	14,7	0,1	4 988	196	8
	VI-II	29,1		22,3		63,9		2,4		11,3		5 821	83	2
Осень	Juv.	27,1	1,0	24,0	3,0	66,8	2,6	2,0	0,1	7,2	0,3	6 125	282	7
	II	25,9	0,6	21,6	1,4	67,6	1,3	2,2	0,1	8,7	0,1	5 951	76	28
	II-III	29,0	0,6	21,4	2,2	68,9	1,1	1,8	0,2	7,8	0,6	5 990	167	2
	III	27,2	1,6	22,8	3,0	67,4	3,4	1,8	0,1	7,4	0,4	6 035	146	7
	III-IV	29,5	0,9	27,6	1,4	61,4	1,4	1,4	0,2	9,7	0,2	6 134	84	7
	IV	27,7	0,9	28,9	1,7	63,3	1,5	1,8	0,3	7,2	0,2	6 379	96	6

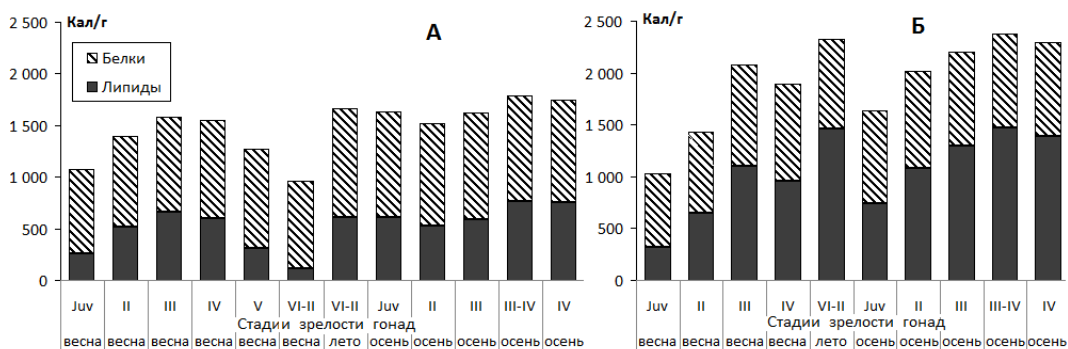


Рис. 4. Изменение основных энергетических показателей сельди в мышечных тканях (А) и в фарше (Б) на разных стадиях зрелости гонад

Fig. 4. Main bioenergetic parameters for muscular tissue (А) and minced meat (Б) of herring at certain stages of gonad maturity

Летом после интенсивного откорма у посленерестовой сельди наблюдается высокое содержание жира в тканях и максимальное — в целом организме (фарше) (рис. 4). Следует подчеркнуть, что вследствие посленерестового интенсивного откорма и быстрого накопления запасов жира он откладывается преимущественно под кожей и в полости тела, поэтому энергетические показатели липидов в фарше превышают их количество в мышечных тканях в 2 раза.

В осенний период (октябрь–декабрь) у сельди встречаются особи на II, III, III–IV и реже IV стадиях зрелости, так как созревание гонад в основном происходит в зимний период. Интенсивность питания сельди в это время высокая и не зависит от физиологического состояния.

Осенью основные энергетические показатели в тканях сельди тем более выше, чем весной. Доля сухого вещества в теле половозрелых особей зависит от физиологического состояния и изменяется от 25,9 до 29,5 %. Содержание липидов в сыром веществе варьирует в пределах 5,6–8,1 %, белков — 17,5–20,0, углеводов — 0,4–0,6 % (табл. 3). Общая калорийность изменяется от 1550 до 1814 кал/г сырого вещества и от 5951 до 6379 кал/г сухого вещества. Максимальные значения биохимических параметров и калорийности наблюдаются у сельди на III–IV и IV стадиях зрелости гонад.

Основные энергетические показатели тканей у осенней половозрелой сельди по стадиям зрелости близки к весенней, хотя и отмечается некоторое повышение жиров и общей калорийности (рис. 4). Представленные данные по количеству основных энергетических показателей в фарше половозрелой сельди показывают более высокие значения, чем в тканях. Суммарное количество липидов в фарше выше у молодежи в 1,2 раза, у взрослой сельди по стадиям в 1,5–1,7 раза. Разница в калорийности и количестве липидов в тканях и фарше у сельди в первую очередь связана с максимальной концентрацией жира в подкожной клетчатке и полости тела.

Однако учитывая интенсивное питания сельди на всех стадиях зрелости в осенний период (Горбатенко и др., 2010), можно заключить, что оптимального количества энергии, необходимой для зимовки, при которой происходит созревание гонад, и для дальнейшего успешного нереста весной, осенняя сельдь в период проведения съемок еще не набрала.

В *гонадах* сельди содержание сухого вещества у самок варьирует в пределах 23,9–30,2 %, у самцов — 22,0–27,7, липидов в сыром веществе у самок 1,4–3,2, у самцов 1,3–3,2 %, белков соответственно 20,5–25,5 и 13,3–22,7 % (табл. 4).

Калорийность гонад у самок в сыром веществе варьирует в пределах 1330–1714 кал/г, в сухом веществе — 4809–5894 кал/г, а у самцов — 1155–1604 кал/г в сыром и 5067–5744 кал/г в сухом веществе. Максимальная калорийность и жирность гонад у самцов и самок наблюдается на III–IV стадиях зрелости, причем калорийность гонад выше весной, непосредственно перед нерестом.

Biochemical composition and caloric value of herring in the Okhotsk Sea, by stages of gonad maturity

Сезон	Пол	Стадия	Сухое в-во, %	±SE	Липиды, %	±SE	Белок, %	±SE	Углеводы, %	±SE	Зола, %	±SE	Калорийность, ккал/г	±SE	Кол-во проб
<i>В сыром веществе</i>															
Зима- весна	Самки	II	25,5	0,8	2,5	0,1	20,5	1,1	0,7	0,1	1,8	0,3	1 436	73	2
		III	27,0	1,6	2,7	0,4	22,7	1,4	0,8	0,1	0,8	0,1	1 583	106	2
		IV	30,2	0,5	3,2	0,3	25,5	0,3	0,9	0,1	0,6	0,1	1 794	194	8
		V	23,9	1,8	2,2	0,4	20,8	0,1	0,4	0,1	0,5	0,1	1 406	38	2
		VI-II	27,5	1,5	1,4	0,1	20,7	0,5	0,5	0,1	4,9	1,0	1 330	11	2
	Самцы	II	24,5	1,1	1,5	0,4	19,8	1,4	0,8	0,1	2,4	0,5	1 308	117	2
		III	26,6	0,5	2,3	0,3	22,6	0,1	0,9	0,2	0,8	0,1	1 542	31	2
		IV	27,7	0,7	2,7	0,3	22,7	1,0	1,2	0,4	1,1	0,2	1 604	200	5
		VI-II	22,0	2,4	1,5	0,2	18,1	1,4	0,7	0,1	1,7	0,3	1 204	148	2
		II	26,8	0,2	2,9	0,1	20,9	0,2	0,7	0,1	2,3	0,1	1 500	8	2
Лето- осень	Самки	III	27,3	0,9	2,8	0,3	21,3	0,6	0,9	0,1	2,3	0,2	1 516	30	5
		II-III	27,7	0,1	3,0	0,1	21,9	0,1	1,0	0,1	1,8	0,1	1 577	5	2
		III-IV	27,8	1,3	3,0	0,4	22,0	1,2	1,1	0,1	1,7	0,1	1 587	63	4
		IV	30,0	3,5	3,1	0,1	24,3	0,3	0,9	0,2	1,7	0,3	1 714	271	2
		II	23,0	0,9	2,4	0,1	16,3	1,6	0,5	0,1	3,8	0,7	1 171	98	2
	Самцы	III	24,7	0,8	2,4	0,3	19,5	0,5	0,7	0,1	2,1	0,1	1 366	75	5
		II-III	27,1	0,1	2,9	0,1	21,3	0,1	0,7	0,1	2,2	0,1	1 517	5	2
		III-IV	27,2	0,3	3,1	0,1	21,1	0,5	0,8	0,1	2,3	0,1	1 527	23	2
		IV	27,7	0,8	3,2	0,2	22,0	0,9	0,5	0,1	2,0	0,3	1 574	210	5
		VI-II	22,1	2,8	1,3	0,2	17,6	2,2	0,7	0,1	2,5	0,3	1 155	210	2
<i>В сухом веществе</i>															
Зима- весна	Самки	II	25,5	0,8	9,9	0,1	80,4	1,8	2,7	0,1	7,0	1,3	5 589	114	2
		III	27,0	1,6	10,0	0,3	84,1	0,2	3,0	0,1	3,0	0,5	5 817	39	2
		IV	30,2	0,5	10,6	0,8	84,4	0,5	3,0	0,1	2,0	0,1	5 894	92	8
		V	23,9	1,8	9,2	2,1	87,0	5,9	1,7	0,1	2,1	0,4	5 856	524	2
		VI-II	27,5	1,5	5,1	0,6	75,3	2,8	1,8	0,3	17,8	3,1	4 809	240	2

	II	24,5	1,1	6,2	1,1	80,8	2,1	3,3	0,1	9,7	1,7	5 289	227	2
Самцы	III	26,6	0,5	8,5	0,6	85,0	1,5	3,4	0,5	3,1	0,4	5 744	9	2
	IV	27,7	0,7	9,6	1,0	82,0	3,5	4,4	0,6	3,9	0,8	5 725	126	5
	VI-II	22,0	2,4	6,8	1,2	82,3	2,1	3,2	0,3	7,7	0,4	5 423	63	2
	II	26,8	0,2	10,9	0,4	78,0	0,1	2,6	0,3	8,4	0,1	5 549	21	2
Самки	III	27,3	0,9	10,1	0,9	78,1	1,4	3,3	0,2	8,4	1,0	5 507	86	5
	II-III	27,7	0,1	10,7	0,1	79,2	0,1	3,6	0,2	6,5	0,1	5 634	6	2
	III-IV	27,8	1,3	10,8	0,8	79,0	0,9	4,0	0,5	6,2	0,5	5 647	101	4
	IV	30,0	3,5	10,3	0,2	80,9	5,1	3,0	0,4	5,8	1,1	5 669	41	2
Лето-осень	II	23,0	0,9	10,4	0,4	70,8	4,2	2,2	0,3	16,7	3,2	5 067	216	2
	III	24,7	0,8	9,6	1,1	79,2	1,5	2,8	0,1	8,4	0,3	5 499	20	5
	II-III	27,1	0,1	10,7	0,3	78,5	0,5	2,7	0,1	8,0	0,1	5 563	5	2
	III-IV	27,2	0,3	11,4	0,1	77,6	0,9	2,8	0,5	8,3	0,5	5 573	40	2
	IV	27,7	0,8	11,6	0,7	79,4	2,1	1,8	0,3	7,2	1,1	5 653	91	5
	VI-II	22,1	2,8	5,9	1,0	79,5	0,1	3,2	0,6	11,5	2,1	5 175	239	2

Данные по массе (табл. 5) и калорийности в сыром веществе сомы, гонад и целого организма (см. табл. 2, 3) позволили рассчитать *энергетический эквивалент* сельди в течение её жизненного цикла.

Рассчитанный энергетический эквивалент сомы в течение жизненного цикла у разноразмерных групп сельди практически не изменяется, а в гонадах наблюдаются существенные изменения на разных стадиях зрелости (табл. 5).

В соме сельди сосредоточено основное количество энергии, доля которой в течение жизненного цикла варьирует от 55,1 до 72,1 % (табл. 5) и напрямую зависит от количества энергии в гонадах и энергетического остатка — энергии, сосредоточенной во внутренних органах (без гонад), подкожной клетчатке и полостном жире.

Таким образом, сосредоточение энергии в соме в течение онтогенеза остается постоянной величиной в отдельно взятой размерно-возрастной группе, а в гонадах и энергетическом остатке — переменной.

Несмотря на общие закономерности в процессе развития, энергетический эквивалент гонад у самок выше. В гонадах самок в течение онтогенеза происходит постепенное накопление энергии, максимальное количество которой (16,7–22,1 %) наблюдается у крупных (25–30 см) преднерестовых и нерестовых рыб на IV и V стадиях зрелости гонад в весенний период. У преднерестовых самцов (IV стадия зрелости) максимальное количество энергии наблюдается весной и составляет 13,6 % от общих энергетических показателей особи. У самцов осенней сельди доля энергии в гонадах всегда была ниже, чем весной, что связано с более низкой калорийностью и массой (см. выше).

Неучтенная энергия (остаток), которая была получена путем вычитания из энергии в целом организме энергии, сосредоточенной в соме и гонадах, сильно варьировала (табл. 5). Максимальная энергия в остатке наблюдалась в осенний период, когда в полости тела и подкожной клетчатке сосредоточено максимальное количество липидов.

Общее количество энергии у самок выше, чем у самцов (табл. 5), что связано с более высокими энергозатратами для обеспечения оогенеза, чем для сперматогенеза

Таблица 5

Распределение энергии (энергетического эквивалента) в соме, гонадах и суммарно в целом организме у разновозрастной сельди по стадиям зрелости гонад
Table 5

Energy accumulation (energy equivalent, kcal) in soma and gonads of herring and total amount of energy accumulated in its body, by stages of gonad maturity

Размерная группа, см	Пол	Стадия зрелости гонад		Масса, г		Энергия, ккал		Доля энергии, %		Всего	
		Сомы	Гонады	Общая	Сомы	Гонады	Остаток*	Сомы	Гонады		Остаток
<i>Весна</i>											
14–20	Самки	III	2	64	84	3	46	133	2,4	34,4	100
		IV	4	65	87	7	29	123	5,8	23,6	100
	Самцы	III	2	61	86	3	38	127	2,4	30,0	100
		IV	4	67	90	6	30	126	5,0	24,0	100
20–25	Самки	III	6	114	158	9	69	236	4,0	29,3	100
		IV	19	134	169	35	49	253	67,0	13,8	100
	Самцы	III	8	110	131	12	86	229	57,1	5,3	100
		IV	14	122	163	22	46	231	70,5	9,7	100
25–30	Самки	II	35	189	245	50	45	340	72,1	14,8	100
		III	37	220	302	59	96	457	66,1	12,8	100
	Самцы	IV	42	237	290	75	83	448	64,9	16,7	100
		V	65	230	248	91	75	414	59,8	22,1	100
Самцы	III	16	191	278	25	95	398	70,0	6,2	100	
	IV	30	208	268	53	72	393	68,0	13,6	100	
<i>Осень</i>											
14–20	Самки	III	2	64	86	3	52	141	2,3	36,8	100
		IV	4	65	98	7	44	149	65,7	4,8	100
	Самцы	III	2	61	87	3	44	134	65,2	2,3	100
		IV	4	67	101	6	46	153	66,0	4,2	100
20–25	Самки	III	5	114	162	8	82	252	64,3	3,2	100
		IV	17	134	191	30	85	306	62,3	10,0	100
	Самцы	III	6	110	133	9	99	241	55,1	3,8	100
		IV	12	122	183	19	77	279	65,6	6,9	100
25–30	Самки	II	31	189	263	45	74	382	68,9	11,7	100
		III	33	220	308	52	123	483	63,8	10,8	100
	Самцы	IV	39	237	327	70	145	542	60,4	12,9	100
		III	14	191	283	22	115	420	67,4	5,3	100
IV	28	208	302	50	124	476	63,4	10,5	100		

* Внутренние органы (без гонад), подкожная клетчатка и полостной жир.

(Шульман, 1972). Общее количество накопленной энергии в течение жизненного цикла у самок составляло в среднем 542 ккал, у самцов — 476 ккал.

Выводы

В тканях разноразмерного минтая содержание липидов в сыром веществе изменялось от 0,7 до 1,1 %, белков — 15,5–17,9, углеводов — 0,6–0,7 %, а калорийность — от 979 до 1131 кал/г и в сухом веществе от 5154 до 5264 кал/г. Динамика основных биохимических показателей и общая калорийность мышц у разноразмерного минтая указывают, что изменения в процессе онтогенеза в них слабо выражены.

Достоверных различий между самцами и самками в биохимическом составе и калорийности мышечной ткани у минтая с различной зрелостью гонад не обнаружено.

Величина аккумулированной энергии у минтая в соме в течение онтогенеза остается величиной постоянной в отдельно взятой размерно-возрастной группе, а в печени и гонадах — переменной. Несмотря на общие закономерности в процессе развития, энергетический эквивалент печени и гонад у самок минтая заметно выше. Общее количество энергии, которая сосредоточена в гонадах и печени самок минтая, в среднем соответственно в 3,0 и 1,5 раза выше, чем у самцов.

Средняя калорийность мышечной ткани половозрелой сельди (без ранжирования на стадии зрелости гонад) весной ниже, чем осенью — соответственно 1498 и 1676 кал/г в сыром веществе. Содержание липидов в тканях весной составляет 6,2 %, осенью возрастает до 6,6 %. Калорийность всего организма (фарша) сельди выше на 20–40 %, чем тканей. Суммарное количество липидов в фарше выше у молоди в 1,2 раза, у взрослой сельди весной в 1,7–1,8 раза, а осенью после откорма — в 2,1–2,2 раза.

Весной у сельди максимальные значения общих биохимических параметров наблюдаются у особей на III стадии зрелости гонад. При переходе рыб на IV и особенно V стадию зрелости в мышцах происходит снижение содержания жира и обводнение белков. Посленерестовая сельдь (стадия VI–II) весной имеет минимальные значения энергетических показателей и калорийности.

Осенью после интенсивного откорма у посленерестовой сельди наблюдается высокое содержание жира в тканях и максимальное в целом организме (фарше). Энергетические показатели липидов в фарше превышают их количество в мышечных тканях в 2 раза, что связано с максимальной концентрацией липидов в подкожной клетчатке.

Основные энергетические показатели тканей у осенней половозрелой сельди по стадиям зрелости близки к весенней, хотя и наблюдается некоторое повышение содержания жиров и общей калорийности. В фарше осенней сельди наблюдается максимальная жирность. Разница в калорийности и количестве липидов в тканях и фарше у осенней сельди связана в первую очередь с максимальной концентрацией жира в подкожной клетчатке и полости тела.

Калорийность гонад у самок в сыром веществе варьирует в пределах 1330–1714 кал/г, в сухом веществе — 4809–5894 кал/г, а у самцов — 1155–1604 кал/г в сыром веществе и 5067–5744 кал/г в сухом. Максимальная калорийность и жирность гонад у самцов и самок наблюдается на III–IV стадиях зрелости, причем калорийность гонад выше весной, непосредственно перед нерестом.

В соме сосредоточено основное количество энергии сельди, доля которой в течение жизненного цикла варьирует от 55,0 до 72,1 %.

У самцов и самок наблюдаются общие закономерности в процессе онтогенеза, однако энергетический эквивалент гонад у самок выше. Максимальная концентрация энергии в гонадах самок весной составляет 16,7–22,1 %, у самцов — 13,6 %. У осенней сельди доля энергии в гонадах всегда ниже, чем у весенней.

Общее количество накопленной сельдью энергии в течение жизненного цикла у самок составляет в среднем 542 ккал, у самцов — 476 ккал. Разница в количестве энергии обусловлена тем, что для обеспечения оогенеза требуется большее количество энергии, чем для сперматогенеза.

Список литературы

- Горбатенко К.М., Лаженцев А.Е.** Биохимический состав и калорийность минтая *Theragra chalcogramma* в Охотском море // Изв. ТИНРО. — 2016. — Т. 184. — С. 93–104.
- Горбатенко К.М., Лаженцев А.Е., Лобода С.В.** Распределение, питание и некоторые физиологические показатели тихоокеанской сельди гижигинского и охотского стад северной части Охотского моря в весенний период // Биол. моря. — 2004. — Т. 30, № 5. — С. 352–358.
- Горбатенко К.М., Мельников И.В., Лаженцев А.Е., Павловский А.М.** Распределение, питание и некоторые биохимические показатели тихоокеанской сельди северной части Охотского моря на разных этапах онтогенеза // Изв. ТИНРО. — 2010. — Т. 162. — С. 77–91.
- Журавская Н.К., Алехина Л.Т., Отряшенкова Л.М.** Исследование и контроль качества мяса и мясopодуктов : учеб. пособие. — М. : Агропромиздат, 1985 — 296 с.
- Кизеветтер И.В.** Технологическая и химическая характеристика промысловых рыб тихоокеанского бассейна : моногр. — Владивосток : Дальиздат, 1971. — 297 с.
- Крылова Н.Н., Лясковская Ю.Н.** Физико-химические методы исследования продуктов животного происхождения : моногр. — М. : Пищ. пром-сть, 1965. — 316 с.
- Мельников И.В., Воробьев П.В.** Распределение и миграции неполовозрелой сельди в северной части Охотского моря // Вопр. рыб-ва. — 2001. — Т. 2, № 3(7). — С. 403–421.
- Науменко Н.И.** Динамика запасов и уловов сельди в дальневосточных морях // Рыб. хоз-во. — 2001. — № 6. — С. 20–21.
- Сидоров В.С.** Экологическая биохимия рыб: липиды : моногр. — Л. : Наука, 1983. — 240 с.
- Смирнов А.А.** Гижигинско-камчатская сельдь : моногр. — Магадан : МагаданНИРО, 2009. — 149 с.
- Шатуновский М.И.** Экологические закономерности обмена веществ морских рыб : моногр. — М. : Наука, 1980. — 283 с.
- Швыдкий Г.В., Вдовин А.Н.** Распределение охотоморского минтая различной упитанности в летний период // Рыб. хоз-во. — 1991. — № 9. — С. 33–34.
- Шульман Г.Е.** Физиолого-биохимические особенности годовых циклов рыб : моногр. — М. : Пищ. пром-сть, 1972. — 368 с.
- Folch J., Lees M., Sloane-Stanley G.H.** A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues // J. Biol. Chem. — 1957. — Vol. 226(1). — P. 497–509.

References

- Gorbatenko, K.M. and Lazhentsev, A.E.,** Biochemical composition and calorie content of pollock *Theragra chalcogramma* in the Okhotsk Sea, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2016, vol. 184, pp. 93–104.
- Gorbatenko, K.M., Lazhentsev, A.E., and Loboda, S.V.,** Distribution, feeding, and some physiological parameters of the Pacific herring from the Gizhigin and Okhotsk populations in the north part of the Sea of Okhotsk in the Spring Season, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2004, vol. 30, no. 5, pp. 298–305.
- Gorbatenko, K.M., Melnikov, I.V., Lazhentsev, A.E., and Pavlovsky, A.M.,** Distribution, feeding and some biochemical parameters of Pacific herring from the northern Okhotsk Sea at certain stages of its ontogenesis, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2010, vol. 162, pp. 77–91.
- Zhuravskaya, N.K., Alekhina, L.T., and Otryashenkova, L.M.,** *Issledovanie i kontrol' kachestva myasa i myasoproduktov* (Analysis and Quality Control of Meat and Meat Products), Moscow: Agropromizdat, 1985.
- Kizevetter, I.V.,** *Tekhnologicheskaya i khimicheskaya kharakteristika promyslovykh ryb tikhookeanskogo basseina* (Technological and Chemical Characteristics of Commercial Fish from the Pacific Basin), Vladivostok: Dal'izdat, 1971.
- Krylova, N.N. and Lyaskovskaya, Yu.N.,** *Fiziko-khimicheskie metody issledovaniya produktov zhivotnogo proiskhozhdeniya* (Physico-Chemical Methods of Analysis of Animal-Derived Products), Moscow: Pishchevaya promyshlennost', 1965.
- Mel'nikov, I.V. and Vorobyev, P.V.,** Distribution and migration of immature herring in the northern Sea of Okhotsk, *Vopr. Rybolov.*, 2001, vol. 2, no. 3(7), pp. 403–421.
- Naumenko, N.I.,** Dynamics of herring stocks and catches in the Far Eastern seas, *Rybn. Khoz.*, 2001, no. 6, pp. 20–21.
- Sidorov, V.S.,** *Ekologicheskaya biokhimiya ryb: lipidy* (Ecological Biochemistry of Fish: Lipids), Leningrad: Nauka, 1983.
- Smirnov, A.A.,** *Gizhiginsko-kamchatskaya sel'd'* (Gizhigin-Kamchatka Herring) Magadan: MagadanNIRO, 2009.

Shatunovsky, M.I., *Ekologicheskie zakonomernosti obmena veshchestv morskikh ryb* (The Ecological Pattern of Metabolism in Marine Fishes), Moscow: Nauka, 1980.

Shvydkii, G.V. and Vdovin, A.N., Distribution of Sea of Okhotsk walleye pollock of various body conditions in summer, *Rybn. Khoz.*, 1991, no. 9, pp. 33–34.

Shul'man, G.E., *Fiziologo-biokhimicheskie osobennosti godovykh tsiklov ryb* (Physiological and Biochemical Characteristics of the Annual Cycles of Fish), Moscow: Pishchevaya promyshlennost', 1972.

Folch, J., Lees, M., and Sloane-Stanley, G.H., A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues, *J. Biol. Chem.*, 1957, vol. 226, no. 1, pp. 497–509.

Поступила в редакцию 15.08.2018 г.

После доработки 22.08.2018 г.

Принята к публикации 11.10.2018 г.