

УДК 597.555.5(265.53):577.118

К.М. Горбатенко, А.Е. Лаженцев*

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4**БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И КАЛОРИЙНОСТЬ МИНТАЯ
THERAGRA CHALCOGRAMMA В ОХОТСКОМ МОРЕ**

В тканях минтая *Theragra chalcogramma* содержание сухого вещества составляет в среднем 18,5 %, липидов в сыром веществе — 0,7, белков — 15,3, углеводов — 0,6, золы — 1,3 %. Средняя калорийность — 940 кал/г в сыром веществе и 5080 кал/г в сухом. В гонадах минтая содержание сухого вещества у самок варьирует в пределах 14,9–28,0 %, у самцов — 14,5–17,0 %, липидов в сыром веществе у самок — 0,9–3,0 %, у самцов — от 1,3–1,8 %, белков — соответственно 10,2–21,5 и 10,7–13,4 %. Калорийность у самок в сыром веществе в пределах 702–1537 кал/г, в сухом — 4426–5482, у самцов — 760–960 кал/г в сыром веществе и 4952–5641 кал/г в сухом. В печени минтая содержание сухого вещества у самок варьирует в пределах 42,2–62,2 %, у самцов — 34,4–62,4 %, липидов в сыром веществе у самок 25,6–44,5 %, у самцов — 16,6–41,3 %, белков у самок — 6,3–9,8 %, у самцов — 8,1–12,3 %. Калорийность печени у самок в сыром веществе в пределах 2918–4601 кал/г, в сухом — 6370–7395, у самцов — 2291–4357 кал/г в сыром веществе и 6392–7492 кал/г в сухом. У ювенальных особей наблюдается минимальная калорийность печени — 963 кал/г в сыром веществе и 2045 кал/г в сухом. В фекалиях содержание сухого вещества у различных размерных групп минтая варьирует в пределах 15,0–18,4 %. Диапазон средних значений липидов в сыром веществе изменяется от 1,1 до 1,6 %, белков — 1,8–3,8, углеводов — от 0,9 до 1,4 %. Калорийность фекалий у разноразмерного минтая изменяется в узких пределах — от 308 до 362 кал/г в сыром веществе. Энергетический эквивалент изменяется в зависимости от размера минтая от 259 до 2377 кал. В соме (мышечной ткани) разноразмерного минтая в течение онтогенеза сосредоточено от 56,5 до 93,9 % энергии, в гонадах самок — от 0,9 до 26,6, в гонадах самцов — 0,4–7,3, в печени самок — 7,9–27,2, у самцов — 5,7–26,9 %. Количество энергии, которая сосредоточена в гонадах и печени самок, в среднем соответственно в 3,0 и 1,5 раза выше, чем у самцов. Максимальная суммарная потеря энергии (15–30 %) у разноразмерного половозрелого минтая происходит в период нереста, при переходе с 5-й на 6-ю стадию зрелости. Общее количество накопленной минтаем энергии в течение жизненного цикла от ювенальных особей (< 17 см) до сверхкрупных (> 60 см) у самок составляет в среднем 1964 ккал, у самцов — 1465 ккал, различие в количестве энергии обусловлено тем, что для обеспечения оогенеза требуется большее количество энергии, чем для сперматогенеза.

Ключевые слова: минтай, гонады, печень, сома, калорийность, энергетический эквивалент.

Gorbatenko K.M., Lazhentsev A.E. Biochemical composition and calorie content of pollock *Theragra chalcogramma* in the Okhotsk Sea // Izv. TINRO. — 2016. — Vol. 184. — P. 93–104.

* Горбатенко Константин Михайлович, кандидат биологических наук, заведующий сектором, e-mail: gorbatenko@tinro.ru; Лаженцев Артем Евгеньевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail: lagencev@mail.ru.

Gorbatenko Konstantin M., Ph.D., head of section, e-mail: gorbatenko@tinro.ru; Lazhentsev Artem E., Ph.D., senior researcher, e-mail: lagencev@mail.ru.

Walleye pollock tissues include 18.5 % of dry matter, on average. Lipids are 0.7 % of the pollock wet weight, proteins — 15.3 %, carbohydrates — 0.6 %, and ash — 1.3 %. Mean calorie content of its tissues is 940 cal/g for the raw material and 5080 cal/g for the dry matter. Portion of dry matter in its gonads is 14.9–28.0 % for females and 14.5–17.0 % for males; lipids content in the gonads is 0.9–3.0/1.3–1.8 % for females/males and proteins content is 10.7–13.4/10.2–21.5 %, respectively; calorie content of the gonads is 702–1537/4426–5482 cal/g for the raw/dry matter of females and 760–960/4952–5641 cal/g for the raw/dry matter of males. The pollock liver contains 42.2–62.2/34.4–62.4 % of dry matter for females/males, including 25.6–44.5/16.6–41.3 % of lipids and 6.3–9.8/8.1–12.3 % of proteins, respectively, with calorie content 2918–4601/6370–7395 cal/g for the raw/dry matter of females and 2291–4357/6392–7492 cal/g for the raw/dry matter of males. The calorie content of the liver tissue is much lower for the juveniles: 963/2045 cal/g for the raw/dry matter. The pollock faeces contain 15.0–18.4 % of dry matter, in dependence on the fish size, including 1.1–1.6 % of lipids, 1.8–3.8 % of proteins, and 0.9–1.4 % of carbohydrates; their calorie content is rather stable for the raw material (308–362 cal/g) but the calorie content of the dry faecal matter depends strongly on the fish size and varies from 259 to 2377 cal/g. The muscle tissue of pollock accumulates 56.5–93.9 % of the total energy content of its body, the gonads — 0.9–26.6 % for females and 0.4–7.3 % for males, the liver — 7.9–27.2 % for females and 5.7–26.9 % for males, i.e. energy accumulation in gonads and liver of females is higher than in these organs of males. Maximum loss of energy (15–30 %) is observed during the spawning, on the transition from stage 5 to stage 6 of maturity. The total accumulated energy during the pollock growth from juvenile fish (< 17 cm) to super-large size (> 60 cm) is on average 1964 kcal for females and 1465 kcal for males, the difference is caused by higher energy needs for oogenesis, as compared with spermatogenesis.

Key words: pollock, gonad, liver, muscle tissue, calorie, energy equivalent.

Введение

При исследовании жизненных циклов рыб необходим анализ динамики их физиологического состояния (Шульман, 1972). Из физиологических методов наиболее результативным является исследование динамики депозитного жира в связи с биологическим состоянием рыб. У рыб, как и у большинства животных, запас энергии в теле аккумулируется в форме нейтральных (простых) жиров — триглицеридов. У минтая основная масса жирового резерва сосредоточена в печени (Кизеветтер, 1971), где триглицериды составляют основу общей суммы липидов (Сидоров, 1983). Исследования ТИНРО в дальневосточных морях в 1990-е гг. выявили зависимость массы печени и содержания жира в ней от биологического состояния минтая (Швыдкий, Вдовин, 1991; Швыдкий и др., 1994; Волков и др., 2003). Было установлено, что минтай, как и многие другие рыбы, во время нереста питается слабо, но почти сразу после его окончания начинается посленерестовый нагул, который характеризуется максимальной интенсивностью питания, при этом наполнение желудков в отдельных случаях может превышать 500 ‰. По мере накопления запасов жира, который депонируется у минтая в основном в печени, интенсивность питания снижается, и в зимний период режим питания оценивается как поддерживающий. Исследования также показали, что содержание жира в печени минтая не только связано с его биологическим состоянием, но также имеет четко выраженную пространственную и сезонную динамику (Швыдкий, Вдовин, 1991). При этом упитанность минтая, представленная Г.В. Швыдким, А.Н. Вдовиным (1991), характеризуется только одним показателем — процентным содержанием жира в печени, который был получен методом выпаривания (Лазаревский, 1955).

Цель настоящей работы — определение биохимического состава и калорийности мышечной ткани, печени и гонад минтая с учётом стадийной дифференциации и физиологического состояния, а также количества энергии (энергетический эквивалент), которая сосредоточена в соме, печени и гонадах минтая в зависимости от физиологического состояния. Под энергетическим эквивалентом подразумевается произведение массы (сомы, печени, гонад) на калорийность (кал/г).

Материалы и методы

Материал был собран в комплексных экспедициях ТИНРО-центра в Охотском море в 2003–2013 гг. В экспедиционных условиях проводилась первичная обработка и заготовка образцов для биохимических исследований. У минтая брали вырезки мышечных тканей, гонад и печени массой от 20 до 30 г. Пробы помещали в герметичный пакет и хранили при температуре не выше $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Определяли длину, пол, стадию зрелости особей и содержимое желудка. Для каждой особи производились замеры массы сомы, печени, гонад.

Энергетическую ценность устанавливали путем определения общего содержания белков, липидов, углеводов, золы и воды. Исследования калорийности гидробионтов по их химическому составу имеют некоторое преимущество перед другими методами (прямая калориметрия, иодатное и бихроматное окисление). При использовании указанных методов можно получить довольно точную калорийность организма, но без определения доли отдельных органических компонентов — липидов, белков, углеводов. Изучение химического состава позволяет выявить видовую биохимическую специфику на различных этапах жизненного цикла (Кизеветтер, 1971).

Массовую долю воды и золы устанавливали по стандартным методикам (Журавская и др., 1985). Содержания 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 Фольча (Folch et al., 1957). Калорийность (кал/г) и биохимический состав приведены в пересчете на сырое и сухое вещество. Под определением «сома» подразумевается мышечная ткань. Для исследования биохимического состава минтая были собраны и обработаны 163 пробы мышечной ткани, 112 проб гонад, 150 проб печени и 12 проб фекалий из кишечника.

Результаты и их обсуждение

Одним из показателей физиологического состояния минтая является масса сомы, печени и гонад. Исследования показали, что у самцов наблюдаются те же тенденции в динамике массы печени и гонад, что и у самок, но сами показатели ниже (табл. 1). Масса печени и гонад в зависимости от стадии зрелости в размерных группах половозрелого минтая в процессе генеративного роста изменяется циклично. Максимальные показатели массы печени имеют половозрелые разноразмерные особи на 3–4 и 4-й стадиях зрелости гонад, затем происходит их снижение. Гонады имеют максимальную массу у преднерестовых и нерестовых особей (стадия зрелости 4–5 и 5). Наиболее значительная разница в массе гонад (трёх-четырёхкратная) наблюдается между 3 и 4-й стадиями. По устному сообщению сотрудника ВНИРО А.М. Привалихина, у минтая длительность перехода с 3 на 4-ю стадию зрелости составляет около года. Самки на переходной стадии 3–4 в основном встречаются в осенний период, когда после интенсивного летнего откорма (Горбатенко, 1997) они, достигнув 4-й стадии зрелости, готовы к нересту, который в Охотском море происходит в зимне-весенний период. Минимальные значения массы печени и гонад имеют отнерестившиеся особи (стадии зрелости 6 и 6–2).

Сома. Достоверных различий между самцами и самками в биохимическом составе и калорийности мышечной ткани разноразмерного минтая не обнаружено, поэтому в табл. 2 представлены осредненные данные по биохимическому составу мышечной ткани по стадиям зрелости.

Содержание сухого вещества в мышечной ткани минтая на разных стадиях зрелости находилось в пределах 17,2–20,2 %. Более высокие значения сухого вещества наблюдались у молоди минтая. Содержание белков в сыром веществе варьировало от 13,9 до 16,8 %. Общее количество липидов в тканях минтая было подвержено наименьшим изменениям — от 0,6 до 1,1 %. Содержание углеводов у исследованных рыб

Таблица 1
 Масса сомы, печени и гонад у разноразмерного минтая по стадиям зрелости

Table 1

Weight of muscle tissue, liver, and gonads of pollock, by stages of maturity

Размерная группа, см	Ср. размер, см	Ср. масса сомы, г	Пол	Стадия зрелости гонад	Масса гонад, г	Масса печени, г	Объем материала, экз.
< 17	13,0	14	J	juv	–	2,1	235
17–30	23,7	76	F	2	–	3,2	387
			M	2	–	2,9	362
31–40	35,3	239	F	2	–	8,8	244
			F	2–3	7,0	10,1	30
			F	3	11,5	16,2	6
			F	3–4	25,4	22,4	6
			F	4	27,5	18,5	33
			F	4–5	37,8	17,5	44
			F	5	46,7	9,8	11
			F	6	9,3	10,3	12
			F	6–2	5,2	13,0	2
			M	2	0,0	7,0	57
			M	3	2,5	10,5	33
			M	4	17,1	14,1	36
			M	5	14,5	9,5	81
			M	6	5,5	7,5	16
40–50	44,8	455	M	6–2	2,2	9,9	3
			F	6–3	8,4	17,5	4
			F	3	12,8	27,1	4
			F	3–4	40,1	32,8	24
			F	4	64,7	28,9	57
			F	4–5	117,1	30,1	57
			F	5	151,1	21,5	12
			F	6	22,5	14,8	33
			F	6–2	8,2	12,9	3
			M	2	0,0	13,5	2
			M	3	8,1	17,3	1
			M	4	42,1	20,1	69
			M	5	43,6	18,9	35
			M	6	6,7	17,5	3
M	6–2	2,5	8,0	2			
50–60	53,9	787	F	3	50,7	47,7	3
			F	3–4	121,2	84,2	21
			F	4	144,1	82,5	56
			F	4–5	204,0	65,1	81
			F	5	217,2	52,4	24
			F	6	36,0	41,1	14
			F	6–2	17,1	21,5	2
			M	4	87,2	61,7	22
			M	5	77,2	39,1	35
			M	6	6,9	32,5	2
> 60	64,8	1445	F	3	70,0	78,0	2
			F	3–4	232,5	155,4	31
			F	4	310,3	152,3	33
			F	4–5	405,0	126,2	58
			F	5	432,5	102,5	13
			F	6	155,1	78,0	6
			F	6–2	18,7	39,8	2
			M	4	139,0	67,2	8
			M	5	143,5	69,8	6
			M	6	32,2	52,1	2

Биохимический состав и калорийность мышечной ткани минтая Охотского моря по стадиям зрелости

Table 2

Biochemical composition and calorie content of the pollock muscle tissue in the Okhotsk Sea, by stages of maturity

Стадия зрелости	Доля сухого вещ-ва, %	± SE	Липиды, %	± SE	Белок, %	± SE	Углеводы, %	± SE	Зола, %	± SE	Калорийность, кал/г (сырое вещ-во)	± SE	Кол-во проб
В сыром веществе													
juv	20,2	0,32	1,1	0,10	16,5	0,46	0,4	0,05	1,7	0,20	1041	28	12
2	18,9	0,20	0,7	0,03	15,9	0,27	0,6	0,03	1,3	0,05	970	16	34
2–3 (6–3)	19,1	0,39	0,7	0,08	16,8	0,34	0,4	0,01	1,1	0,08	1016	20	7
3	19,0	0,25	0,6	0,03	16,0	0,36	1,0	0,01	1,1	0,03	970	21	22
4	18,7	0,36	0,7	0,04	15,2	0,57	0,5	0,07	1,2	0,03	930	31	29
4–5	17,4	0,54	0,8	0,13	14,1	0,48	0,7	0,14	1,3	0,08	889	42	10
5	17,8	0,35	0,6	0,04	14,4	0,36	0,4	0,07	1,2	0,04	878	22	19
6	17,2	0,33	0,6	0,05	13,9	0,33	0,7	0,12	1,2	0,02	854	23	17
6–2	17,9	0,42	0,6	0,04	15,1	0,53	0,4	0,06	1,2	0,06	912	31	13
В сухом веществе													
juv	20,2	0,32	5,3	0,47	81,7	1,79	2,0	0,23	8,6	1,05	5143	101	12
2	18,9	0,20	3,7	0,16	84,2	0,86	3,2	0,19	6,8	0,22	5131	48	34
2–3 (6–3)	19,1	0,39	3,7	0,44	87,9	0,89	1,5	0,00	5,9	0,46	5322	43	7
3	19,0	0,25	3,3	0,16	84,4	1,20	5,1	0,18	5,9	0,21	5103	70	22
4	18,7	0,36	3,6	0,21	81,2	2,38	2,8	0,38	6,5	0,28	4959	125	29
4–5	17,4	0,54	4,5	0,59	81,1	1,12	3,8	0,73	7,4	0,51	5101	122	10
5	17,8	0,35	3,5	0,22	80,8	1,43	2,2	0,35	6,7	0,20	4921	85	19
6	17,2	0,33	3,7	0,26	80,7	0,94	3,7	0,57	6,9	0,19	4952	65	17
6–2	17,9	0,42	3,3	0,23	84,1	1,37	2,5	0,37	6,7	0,40	5087	88	13

было минимальным и варьировало от 0,4 до 1,0 %. Калорийность минтая изменялась в узких пределах: от 854 до 1041 кал/г сырого вещества и от 4921 до 5322 кал/г сухого вещества. Таким образом, динамика основных биохимических показателей и общей калорийности мышечной ткани минтая указывает, что изменения в процессе онтогенеза в них слабо выражены и находятся в пределах ошибки.

Гонады. Заметные половые различия, отмеченные при анализе массы гонад минтая (табл. 3), также выражены в их биохимическом составе и калорийности.

Содержание сухого вещества в гонадах самок варьировало в пределах 14,9–28,0 %, у самцов количество сухого вещества практически не изменялось — 14,5–17,0 %. Содержание золы в сыром веществе в гонадах колебалось от 1,0 до 1,6 %, у самцов — 1,2–1,5 %. Минимальное содержание золы наблюдалось у нерестовых самок — 1,0 %.

Содержание компонентов органического вещества в гонадах — липидов, белков и углеводов — также изменялось у самок в широком диапазоне: средние значения липидов в сыром веществе от 0,9 до 3,0 % (у самцов в молоках от 1,2 до 1,8 %). Минимальные значения наблюдались у посленерестовых особей. Наиболее высокое содержание липидов в гонадах у самок на 3–4 и 4-й стадии зрелости.

Содержание белка в гонадах различных стадий зрелости изменялось у самок в сыром веществе от 10,2 до 21,5 %, у самцов в более узком диапазоне — в пределах 10,7–13,4 %. Наиболее высокое содержание белка, как и сухого вещества и липидов, у самок на стадии зрелости 3–4.

Результирующим показателем биохимического состава является энергетическая ценность (калорийность). У самок калорийность гонад изменялась в сыром веществе от 702 до 1537 кал/г, в сухом — от 4426 до 5482 кал/г, у самцов — от 760 до 960 кал/г в сыром веществе и от 4952 до 5641 кал/г в сухом веществе. Наиболее

Таблица 3

Биохимический состав и калорийность гонад минтая Охотского моря по стадиям зрелости

Table 3

Biochemical composition and calorie content of the pollock gonads in the Okhotsk Sea, by stages of maturity

Пол	Стадия зрелости	Доля сухого вещ-ва, %	± SE	Липиды, %	± SE	Белок, %	± SE	Углеводы, %	± SE	Зола, %	± SE	Калорийность, кал/г	± SE	Кол-во проб
В сыром веществе														
F	2	16,2	2,76	1,1	0,20	12,0	2,90	0,9	0,10	1,5	0,20	827	174	6
	2-3 (6-3)	17,8	0,45	1,5	0,30	13,5	0,60	0,7	0,10	1,6	0,10	933	120	7
	3	24,4	1,07	2,6	0,30	18,4	1,20	0,8	0,10	1,5	0,20	1321	90	6
	3-4	28,0	0,95	3,0	0,20	21,5	0,80	1,0	0,10	1,5	0,20	1537	68	8
	4	24,0	2,20	3,0	0,40	17,5	1,90	0,8	0,00	1,4	0,10	1307	136	12
	4-5	21,8	1,64	2,4	0,30	15,1	1,50	0,9	0,10	1,2	0,20	1114	112	8
	5	16,9	2,40	1,3	0,20	10,8	2,30	0,8	0,10	1,0	0,20	765	135	8
	6	14,9	0,56	1,0	0,10	10,2	0,50	0,8	0,00	1,5	0,10	702	34	9
	6-2	15,0	0,64	0,9	0,10	10,8	0,70	0,8	0,10	1,5	0,10	731	40	7
M	2	16,9	—	1,2	—	12,3	—	0,8	—	1,5	—	841	—	1
	3	15,9	0,50	1,6	0,10	12,0	0,60	0,9	0,10	1,5	0,10	868	33	14
	4	16,8	1,47	1,7	0,10	11,5	1,20	0,9	0,10	1,6	0,00	848	69	9
	5	15,5	0,54	1,7	0,20	11,0	0,40	0,8	0,10	1,4	0,10	820	26	8
	6	14,5	1,61	1,3	0,20	10,7	1,30	0,7	0,10	1,4	0,10	760	94	5
	6-2	17,0	0,31	1,8	0,20	13,4	0,20	0,8	0,10	1,3	0,10	960	20	4
В сухом веществе														
F	2	16,2	2,76	8,6	2,50	67,8	8,90	6,3	1,30	8,2	1,30	4899	323	6
	2-3 (6-3)	17,8	0,45	8,3	1,30	76,1	3,90	3,9	0,30	9,0	0,30	5248	550	6
	3	24,4	1,07	10,6	0,70	75,3	1,80	3,4	0,40	6,2	0,60	5394	150	6
	3-4	28,0	0,95	10,7	0,60	76,5	1,00	3,5	0,40	5,4	0,70	5482	107	8
	4	24,0	2,20	12,7	1,30	71,2	1,90	4,1	0,60	7,0	1,40	5387	181	12
	4-5	21,8	1,64	10,8	1,10	68,4	2,10	4,2	0,60	6,0	1,00	5056	208	8
	5	16,9	2,40	8,6	1,20	60,3	4,70	5,0	0,60	7,3	1,90	4426	260	8
	6	14,9	0,56	6,7	0,60	68,3	2,00	5,4	0,20	10,3	0,70	4672	144	9
	6-2	15,0	0,64	6,4	0,50	71,5	2,00	5,3	0,50	10,1	0,30	4865	98	7
M	2	16,9	—	7,1	—	72,4	—	4,7	—	9,0	—	4952	—	1
	3	15,9	0,50	10,3	0,50	75,2	2,00	5,6	0,80	9,5	0,70	5453	104	14
	4	16,8	1,47	10,4	0,80	68,4	2,20	5,4	0,50	10,0	0,80	5072	71	9
	5	15,5	0,54	11,3	1,30	71,1	1,40	5,1	0,50	9,3	0,30	5291	128	8
	6	14,5	1,61	9,0	0,70	73,4	1,40	5,4	1,10	9,9	0,80	5220	114	5
	6-2	17,0	0,31	10,4	1,10	79,0	1,70	4,8	0,40	7,4	0,90	5641	18	4

высокая калорийность наблюдалась у самок на стадии зрелости 3–4, затем происходило понижение общей калорийности гонад за счет гидратации икры, а минимальная наблюдалась у посленерестовых самок вследствие снижения количества как белков, так и липидов.

Печень. Данные по биохимическому составу печени и калорийности получены для самцов и самок на всех стадиях онтогенеза. Выявлены заметные половые различия, отмеченные при анализе массы печени (табл. 4). Половые различия в динамике жирности печени у минтая объясняются тем, что для обеспечения оогенеза требуется большее количество энергии, чем для сперматогенеза (Шульман, 1972).

Содержание сухого вещества в печени у самок варьировало от 42,2 до 62,2 %, у самцов — от 34,4 до 62,4 %, у ювенальных особей — 47,0 %. Содержание липидов в печени ювенальных особей минимально — 5,1 % в сыром веществе. Диапазон средних значений липидов в сыром веществе у самок изменялся от 25,6 до 44,5 %, у самцов — от 16,6 до 41,3 %. Минимальные значения липидов наблюдаются у посленерестовых особей — у самок на стадии 6–2, у самцов сразу после нереста — на стадии 6.

Biochemical composition and calorie content of the pollock liver in the Okhotsk Sea, by stages of maturity

Пол	Стадия зрелости	Доля сухого вещ-ва, %	± SE	Липиды, %	± SE	Белок, %	± SE	Углеводы, %	± SE	Зола, %	± SE	Калорийность, кал/г	± SE	Кол-во проб
В сыром веществе														
j	juv	47,0	–	5,1	–	8,0	–	0,7	–	1,9	–	961	–	1
F	2	51,8	3,9	32,9	3,0	8,3	1,0	0,7	0,1	0,9	0,1	3655	286	18
	2–3 (6–3)	62,2	3,7	44,5	3,9	6,4	1,0	0,7	0,1	0,6	0,1	4601	324	7
	3	54,6	5,4	34,4	6,0	8,5	0,7	0,8	0,2	1,0	0,2	3763	531	7
	3–4	58,1	3,5	39,1	2,3	6,5	0,7	0,7	0,1	0,8	0,1	4094	196	9
	4	51,4	3,0	29,4	3,6	8,4	1,0	1,0	0,3	1,1	0,1	3297	319	13
	4–5	48,4	3,7	32,8	4,2	8,9	1,0	0,6	0,1	1,0	0,1	3628	346	10
	5	48,5	5,3	26,3	4,2	9,8	1,7	0,7	0,1	1,2	0,1	3071	312	9
	6	54,1	4,2	38,4	4,6	6,3	1,2	0,8	0,1	0,9	0,1	4022	383	10
M	6–2	42,2	2,8	25,6	3,7	8,4	0,7	0,6	0,1	1,1	0,1	2918	328	8
	2	50,5	5,4	31,5	3,8	8,8	0,9	0,7	0,1	0,8	0,1	3502	443	12
	3	62,4	3,3	40,2	3,7	8,2	0,8	0,6	0,0	0,7	0,1	4289	303	14
	4	61,1	3,1	41,3	3,7	7,6	1,4	0,8	0,1	0,9	0,1	4357	285	10
	5	53,4	3,7	37,1	3,4	8,1	0,7	0,7	0,1	0,8	0,1	3992	292	10
	6	34,4	4,6	16,6	5,4	12,3	1,7	0,7	0,1	1,1	0,1	2291	422	7
6–2	50,9	5,1	28,9	4,9	9,0	1,1	1,7	1,1	0,9	0,1	3305	441	5	
В сухом веществе														
j	juv	47,0	–	10,8	–	17,0	–	1,5	–	4,0	–	2045	–	1
F	2	51,8	3,9	62,5	3,2	19,3	3,7	1,5	0,2	2,0	0,2	7060	208	18
	2–3 (6–3)	62,2	3,7	71,0	4,0	11,2	2,7	1,1	0,1	1,1	0,2	7383	507	7
	3	54,6	5,4	59,3	7,3	17,4	3,0	1,9	0,9	2,3	0,8	6664	285	7
	3–4	58,1	3,5	67,5	1,4	11,9	1,7	1,3	0,2	1,5	0,2	7103	191	9
	4	51,4	3,0	55,8	4,8	17,9	2,7	2,1	0,7	2,3	0,3	6370	423	13
	4–5	48,4	3,7	64,8	5,6	21,4	4,9	1,5	0,3	2,3	0,5	7395	291	10
	5	48,5	5,3	52,0	4,5	24,9	6,0	1,6	0,3	3,0	0,6	6391	237	9
	6	54,1	4,2	67,9	7,1	14,6	4,7	1,5	0,3	2,0	0,6	7299	468	10
M	6–2	42,2	2,8	58,1	7,0	20,9	2,6	1,5	0,1	2,9	0,8	6739	513	8
	2	50,5	5,4	60,3	4,5	19,4	3,5	1,5	0,2	1,8	0,3	6859	314	12
	3	62,4	3,3	62,9	3,5	15,1	3,2	1,1	0,1	1,4	0,3	6846	244	14
	4	61,1	3,1	66,5	3,6	13,7	3,1	1,2	0,2	1,6	0,2	7107	242	10
	5	53,4	3,7	68,9	2,5	16,4	2,3	1,3	0,3	1,7	0,4	7492	219	10
	6	34,4	4,6	41,2	9,9	42,8	9,4	2,2	0,3	3,9	0,8	6400	434	7
6–2	50,9	5,1	54,9	4,5	18,9	4,0	3,2	1,9	2,0	0,3	6392	294	5	

Максимальное содержание депозитного жира у рыб, имеющих половые продукты на 2–3-й (6–3-й) стадии зрелости, основу которых составляют особи, уже участвовавшие в нересте (стадия 6–3). В сборах особи на этой стадии зрелости встречались в сентябре-ноябре, когда после интенсивного летнего откорма произошло восстановление жировых запасов печени. На 6-й стадии зрелости количество липидов в сыром веществе составило 16,6%, а на стадии 2–3(6–3) — 44,2%, т.е. фактически утроилось.

На 3-й стадии зрелости гонад минтай находится довольно продолжительное время (с апреля-июня до августа-сентября), и хотя содержание липидов в печени снижается, масса депозитного жира за счет увеличения массы печени возрастает на треть (см. табл. 1). На стадии 3–4 содержание депозитного жира повышается и наблюдается максимальная концентрация энергии в печени за весь период онтогенеза. На 4-й стадии зрелости происходит резкое снижение жирового запаса, что однозначно свидетельствует о больших энергетических затратах на созревание гонад, так как ин-

тенсивность питания минтая на данной стадии зрелости не изменяется (Волков и др., 2003). При увеличении в 1,5 раза массы гонад у самок на 4-й на стадии зрелости (табл. 1) и достижении ооцитами дефинитивного размера содержание депозитного жира в печени снижается также в 1,5 раза.

Значительное понижение жирности и калорийности печени минтая у самок также наблюдается на 5-й стадии зрелости, когда гонады имеют максимальные весовые показатели (табл. 1) и происходит процесс гидратации икры (Швыдкий и др., 1994). Процесс гидратации икры протекает в условиях плотных нерестовых скоплений, когда минтай практически прекращает питаться (Волков и др., 2003), т.е. поступление энергии с пищей существенно сокращается либо временно прекращается.

У посленерестовых самок минтая на стадии 6 наблюдается незначительное повышение жирности и калорийности печени (см. табл. 4). Возможно, это обусловлено резорбцией остаточных половых продуктов, следствием чего является повышение количества липидов в печени (личное сообщение сотрудника лаборатории минтая и сельди С.С. Пономарева). Минимальное содержание липидов в печени, несмотря на интенсивный посленерестовый откорм, имеют самки минтая, находящиеся на стадии 6–2, сборы которых производились в основном непосредственно после нереста (апрель–июнь). Поэтому можно предположить, что жиронакопление в печени происходит довольно продолжительное время — судя по всему от 1 до 2 мес., в зависимости от интенсивности питания. Это подтверждается существенным увеличением содержания депозитного жира в печени минтая на ранней стадии вителлогенеза (6–3). Полученные данные по динамике жирности печени у самок охотоморского минтая согласуются по основным показателям с данными для япономорского минтая (Швыдкий и др., 1994).

Динамика жирности печени самцов, в отличие от самок, ранее отдельно не рассматривалась. Увеличение содержания жира в печени во время созревания (развития) гонад наблюдается при переходе со 2-й на 3-ю стадию зрелости, с максимумом жирности и калорийности на 4-й стадии зрелости. У нерестовых самцов на 5-й стадии зрелости происходит уменьшение жирности и калорийности. Минимальные значения всех исследованных показателей печени имели только что отнерестившиеся самцы (6-я стадия), затем происходит активное восстановление энергетического запаса (6–2-я стадия) — повышение жирности и калорийности в 1,5 раза.

Содержание белка в печени минтая различных стадий зрелости изменяется у самок в сыром веществе от 6,3 до 9,8 %, у самцов — от 8,1 до 12,3 % (табл. 4). Наиболее высокое содержание белка наблюдается у посленерестовых самцов 6-й стадии зрелости, когда количество сухого вещества и липидов было минимально.

Количество углеводов в печени минтая низкое и варьирует в сыром веществе от 0,7 до 1,7 %.

У самок калорийность печени изменяется в сыром веществе от 2918 до 4601 кал/г, в сухом — от 6370 до 7395 кал/г, у самцов — от 2291 до 4357 кал/г сырого вещества и от 6392 до 7492 кал/г сухого вещества. Наиболее высокая калорийность наблюдается у самок на стадии 2–3 (6–3), у самцов — на 4-й стадии зрелости. У ювенальных особей минимальная калорийность печени — 963 кал/г в сыром веществе и 2045 кал/г в сухом веществе.

Исходя из вышеизложенного можно заключить, что динамика депозитного жира в печени охотоморского минтая имеет выраженный циклический характер и сопряжена с процессами генеративного роста.

Фекалии. Для определения количества энергии непереваренной пищи проводилось определение биохимического состава и калорийности остатков в кишечнике (фекалий). Содержание сухого вещества в фекалиях различных размерных групп минтая варьировало от 15,0 до 18,4 % (табл. 5). Диапазон средних значений липидов в сыром веществе изменялся от 1,1 до 1,6 %, белков — 1,8–3,8, углеводов — от 0,9 до 1,4 %.

Калорийность фекалий у разноразмерного минтая была низкой и изменялась в узких пределах от 308 до 362 кал/г в сыром веществе. Для определения потери энергии (доли неувоенной пищи) посредством утилизации непереваренных остатков у всех

Биохимический состав, калорийность и энергетический эквивалент фекалий минтая
Охотского моря (сырое вещество)

Таблица 5

Table 5
Biochemical composition, calorie content (wet weight) and energy equivalent of the pollock faeces
in the Okhotsk Sea

Размер особей, см	Доля сухого вещ-ва, %	Липиды, %	± SE	Белок, %	± SE	Углеводы, %	± SE	Зола, %	± SE	Калорийность, кал/г (сырое вещ-во)	Масса фекалий, г	Энергетический эквивалент, кал	Кол-во проб
< 17	18,4	1,1	0,1	3,8	0,2	1,1	0,1	1,4	0,1	362	0,7	259	3
17–30	18,1	1,2	0,3	3,6	0,4	1,0	0,1	1,5	0,2	356	1,2	427	3
30–60	17,7	1,3	0,5	3,3	0,6	0,9	0,1	1,6	0,3	350	3,1	1072	3
60–80	15,0	1,6	0,3	1,8	0,9	1,4	0,1	1,4	0,2	308	7,7	2377	3

размерно-возрастных групп минтая был рассчитан энергетический эквивалент, который изменялся в зависимости от размера минтая от 259 до 2377 кал.

Энергетический эквивалент. Накопление энергии (энергетического эквивалента) в течение жизненного цикла животных является показателем для оценки эффективности функционирования организма, так как в нем учтены все параметры исследуемого объекта.

Рассчитанный энергетический эквивалент сомы в течение жизненного цикла у разноразмерных групп минтая практически остаётся на одном уровне, а печени и гонад существенно изменяется (табл. 6). Таким образом, количество энергии в соме в течение онтогенеза является постоянной величиной 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 выше.

У ювенального (< 17 см) и неполовозрелого (17–30 см) минтая в соме сосредоточено соответственно 87,8 и 86,3 % энергии. Гонады в таком возрасте не развиты, поэтому оставшаяся энергия сосредоточена в печени: у ювенальных — 12,2 %, у неполовозрелых — 13,7 % (табл. 6). У взрослого минтая на 2-й стадии зрелости энергия также сосредоточена в соме и печени — у самок соответственно 87,8–89,5 и 10,5–12,2 %, у самцов — 90,3–90,5 и 9,6–9,7 %.

В соме со стадии 2–3 (6–3) до стадии 4–5 количество энергии у разноразмерного минтая понижается от 84,1 до 56,5 % за счет повышения энергии в гонадах и печени. Затем количество энергии в соме увеличивается с максимумом на стадии 6–2.

В гонадах самок в течение онтогенеза происходит постепенное накопление энергии, максимальное количество энергии (17,6–26,3 %) наблюдается у нерестовых самок на 5-й стадии зрелости. После нереста на 6-й стадии зрелости количество энергии снижается многократно (2,7–6,8 %). Общее количество энергии, сосредоточенной в гонадах самок, в 3–5 раз выше, чем у самцов.

В печени накопление энергии (в основном депозитного жира — триглицеридов) зависит от интенсивности потребления пищи и развития гонад. Увеличение содержания жира и энергии в печени происходит во время созревания гонад.

У самок минтая максимальная концентрации энергии в печени наблюдается на стадии 3–4 (21,4–27,2 %), что, как указывалось выше, связано с интенсивным откормом, благодаря чему синтез жира в печени превышает его мобилизацию на созревание гонад (табл. 6). Начиная со стадии 4 у самок происходит снижение количества жира в печени, что связано с интенсивным расходом энергии на созревание гонад. Минимальные энергетические показатели печени наблюдаются у посленерестовых самок на стадии 6–2.

У самцов энергетические показатели печени на всех стадиях зрелости выше, чем гонад, а максимальное количество энергии наблюдается на 4-й стадии. С переходом с 3-й стадии на 4-ю калорийность печени практически не изменяется (см. табл. 4), однако значительно увеличивается её масса (см. табл. 1). Таким образом, в этот период

Таблица 6

Распределение энергии (энергетического эквивалента) в соме, печени и гонадах у разновозрастного минтая по стадиям зрелости, ккал

Table 6

Calorie content (dry weight) in the pollock muscle tissue, liver, and gonads in dependence on its maturity, kcal

Пол	Размерная группа, см	Стадия зрелости гонад	Энергия в соме, ккал	Энергия в гонадах, ккал	Энергия в печени, ккал	Сумма	Доля, %		
							В том числе		
							В соме	В гонадах	В печени
juv	< 17	juv	14,6	–	2,0	16,6	87,8	–	12,2
F	17–30	2	73,7	–	11,7	85,4	86,3	–	13,7
	31–40	2	231,8	–	32,2	264,0	87,8	–	12,2
		2–3	242,8	5,8	46,5	295,1	82,3	2,0	15,7
		3–0	231,8	10,7	61,0	303,5	76,4	3,5	20,1
		3–4	231,8	30,7	86,8	349,3	66,3	8,8	24,9
		4	222,3	42,3	61,0	325,5	68,3	13,0	18,7
		4–5	212,5	49,4	63,5	325,4	65,3	15,2	19,5
		5	209,8	52,0	30,1	292,0	71,9	17,8	10,3
		6	204,1	7,1	41,4	252,6	80,8	2,8	16,4
	6–2	218,0	3,7	37,9	259,6	84,0	1,4	14,6	
	40–50	2	441,4	–	51,9	493,3	89,5	–	10,5
		2–3 (6–3)	462,3	7,0	80,5	549,7	84,1	1,3	14,6
		3	441,4	11,9	102,0	555,3	79,4	2,2	18,4
		3–4	441,4	53,0	134,3	628,6	70,2	8,4	21,4
		4	423,2	99,5	95,3	617,9	68,5	16,1	15,4
		4–5	404,5	153,0	109,2	666,7	60,6	23,0	16,4
		5	399,5	168,3	66,0	633,8	63,0	26,6	10,4
		6	388,6	17,2	59,5	465,3	83,5	3,7	12,8
	6–2	415,0	5,8	37,6	458,4	90,5	1,3	8,2	
	50–60	3	763,4	46,9	179,5	989,8	77,2	4,7	18,1
		3–4	763,4	160,1	344,8	1268,3	60,2	12,6	27,2
		4	731,9	221,5	272,0	1225,4	59,7	18,1	22,2
		4–5	699,6	266,6	236,2	1202,4	58,2	22,2	19,6
		5	691,0	241,9	160,9	1093,8	63,2	22,1	14,7
		6	672,1	27,5	165,3	864,9	77,7	3,2	19,1
		6–2	717,7	12,0	62,7	792,5	90,6	1,5	7,9
	> 60	3	1401,7	51,1	293,5	1746,2	80,3	2,9	16,8
		3–4	1401,7	307,2	636,3	2345,1	59,8	13,1	27,1
		4	1343,9	477,0	502,1	2322,9	57,9	20,5	21,6
		4–5	1284,6	529,2	457,8	2271,7	56,5	23,3	20,2
5		1268,7	481,8	314,7	2065,2	61,5	23,3	15,2	
6		1234,0	118,6	313,7	1666,3	74,1	7,1	18,8	
6–2		1317,8	13,1	116,1	1447,1	91,1	0,9	8,0	
M	17–30	2	73,7	0,0	10,6	84,3	87,4	0,0	12,6
	31–40	2	232,2	0,0	24,5	256,8	90,5	0,0	9,5
		3	207,4	2,3	45,0	254,7	81,4	0,9	17,7
		4	202,7	14,3	61,4	278,5	72,8	5,1	22,1
		5	195,9	11,9	37,9	245,8	79,7	4,9	15,4
		6	181,5	4,0	17,2	202,7	89,5	2,0	8,5
		6–2	229,4	2,0	32,7	264,1	86,8	0,8	12,4
	40–50	2	442,1	0,0	47,3	489,4	90,3	0,0	9,7
		3	394,8	7,6	74,2	476,6	82,8	1,6	15,6
		4	385,9	35,3	87,6	508,7	75,9	6,9	17,2
		5	373,0	35,9	75,4	484,3	77,0	7,4	15,6
		6	345,6	5,4	40,1	391,1	88,3	1,4	10,3
		6–2	436,7	1,8	26,4	465,0	93,9	0,4	5,7
		4	667,4	63,8	268,8	1000,0	66,7	6,4	26,9
	50–60	5	645,2	63,5	156,1	864,8	74,7	7,3	18,0
		6	597,8	5,5	74,5	677,8	88,2	0,8	11,0
		4	1225,4	101,7	292,8	1619,9	75,6	6,3	18,1
	> 60	5	1184,7	118,0	278,6	1581,3	74,9	7,5	17,6
6		1097,6	25,8	119,4	1242,8	88,3	2,1	9,6	

онтогенеза происходит интенсивное накопление энергии в печени, которая будет потрачена на созревание гонад и нерест.

У разноразмерного половозрелого минтая максимальная суммарная потеря энергии (15–30 %), сосредоточенной в соме, гонадах и печени, происходит при переходе с 5-й стадии зрелости на 6-ю.

В табл. 7 представлены осредненные данные накопления и распределения энергии в соме, печени и гонадах у различных размерных групп минтая без ранжирования по стадиям зрелости.

Таблица 7

Распределение энергии (энергетического эквивалента) в соме, печени и гонадах у разноразмерного минтая, ккал

Table 7

Calorie content (dry weight) in the pollock muscle tissue, liver, and gonads in dependence on its size, kcal

Пол	Размерная группа, см	Энергия в соме, ккал	Энергия в гонадах, ккал	Энергия в печени, ккал	Общая энергия, ккал	Доля, %		
						В соме	В гонадах	В печени
juv	< 17	14,6	0,0	2,0	16,6	87,8	0,0	12,2
F	17–30	73,7	0,0	11,7	85,4	86,3	0,0	13,7
	31–40	222,8	22,4	51,1	296,3	75,9	7,2	16,9
	40–50	424,1	57,3	81,8	563,2	76,6	9,2	14,2
	50–60	719,9	139,5	203,0	1062,4	69,5	12,1	18,4
	> 60	1321,8	282,6	376,3	1980,7	68,7	13,0	18,3
M	17–30	73,7	0,0	10,6	84,3	87,4	0,0	12,6
	31–40	208,2	5,8	36,5	250,4	83,4	2,3	14,3
	40–50	396,3	14,3	58,5	469,2	84,7	3,0	12,3
	50–60	636,8	44,3	166,5	847,5	76,6	4,8	18,6
	> 60	1169,2	81,8	230,3	1481,3	79,6	5,3	15,1

Общее количество энергии у самок в соме, гонадах и печени у всех размерных групп минтая выше, чем у самцов, что связано с более высокими энергозатратами на обеспечение оогенеза, чем на сперматогенез (Шульман, 1972). Общее количество накопленной минтаем энергии в течение жизненного цикла от ювенальных особей (< 17 см) до сверхкрупных (> 60 см) у самок составляет в среднем 1964 ккал, у самцов — 1465 ккал.

Заключение

Динамика основных биохимических показателей и общей калорийности мышечной ткани минтая указывает, что изменения в процессе онтогенеза в них выражены незначительно и находятся в пределах ошибки.

Компоненты органического вещества в гонадах — липиды, белки и углеводы — у самок в процессе созревания варьируют в широком диапазоне, у самцов динамика биохимического состава гонад в процессе онтогенеза выражена в существенно меньшей степени. Наиболее высокое содержание липидов и белка в гонадах наблюдается у самок на стадии зрелости 3–4.

По биохимическому составу и калорийности печени выявлены заметные межполовые различия, отмеченные при анализе массы печени и возникающие вследствие того, что для обеспечения оогенеза требуется больше энергии, чем для сперматогенеза. У самок максимальное содержание депозитного жира наблюдается у рыб, имеющих половые продукты на 2–3-й (6–3-й) стадии зрелости, когда после интенсивного летнего откорма произошло восстановление жировых запасов печени. На 4-й стадии зрелости происходит резкое снижение жирового запаса, что однозначно свидетельствует о больших энергетических затратах на созревание гонад. Значительное снижение жирности печени у самок минтая также наблюдается на 5-й стадии зрелости, когда гонады имеют максимальные весовые показатели, завершается процесс гидратации икры и происхо-

дит нерест. Минимальное содержание липидов в печени у самок минтая имеют особи, находящиеся на стадии 6–2.

Расчитанный энергетический эквивалент сомы в течение жизненного цикла у разновозрастных групп минтая практически остаётся на одном уровне, а печени и гонад существенно изменяется. Таким образом, количество энергии в соме в течение онтогенеза является постоянной величиной 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 выше. Максимальная суммарная потеря энергии (15–30 %) у разновозрастного половозрелого минтая, сосредоточенной в соме, гонадах и печени, происходит при переходе с 5-й стадии зрелости на 6-ю.

Список литературы

Волков А.Ф., Горбатенко К.М., Мерзляков А.Ю. Планктон, состояние кормовой базы и питание массовых рыб эпи- и мезопелагиали Охотского моря в зимне-весенний период // Изв. ТИНРО. — 2003. — Т. 133 — С. 169–235.

Горбатенко К.М. Состав, структура и динамика планктона Охотского моря : дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток : ТИНРО-центр, 1997. — 255 с.

Журавская Н.К., Алехина Л.Т., Отряшенкова Л.М. Исследования и контроль качества мяса и мясопродуктов : моногр. — М. : Агропромиздат, 1985. — 294 с.

Кизеветтер И.В. Технологическая и химическая характеристика промысловых рыб тихоокеанского бассейна : моногр. — Владивосток : Дальиздат, 1971. — 297 с.

Крылова Н.Н., Ляковская Ю.Н. Физико-химические методы исследования продуктов животного происхождения : моногр. — М. : Пищепромиздат, 1965. — 233 с.

Лазаревский А.А. Технологический контроль в рыбодобывающей промышленности : моногр. — М. : Пищепромиздат, 1955. — 519 с.

Сидоров В.С. Экологическая биохимия рыб. Липиды : моногр. — Л. : Наука, 1983. — 240 с.

Швыдкий Г.В., Вдовин А.Н. Распределение охотоморского минтая различной упитанности в летний период // Рыб. хоз-во. — 1991. — № 9. — С. 33–34.

Швыдкий Г.В., Вдовин А.Н., Горбатенко К.М. Динамика упитанности минтая в дальневосточных морях // Изв. ТИНРО. — 1994. — Т. 116. — С. 178–192.

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 lipids from animal tissues // J. Biol. Chem. — 1957. — Vol. 226(1). — P. 497–509.

Поступила в редакцию 16.11.15 г.