

ПРОВ 98

АКАДЕМИЯ НАУК УССР
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ
ИМ. АКАД. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

Океаногр.
И 889

ПРОВ 2010

ИССЛЕДОВАНИЯ
ЦЕНТРАЛЬНО-
АМЕРИКАНСКИХ
МОРЕЙ

Пров. 1934

(ПО МАТЕРИАЛАМ СОВЕТСКО-КУБИНСКОЙ
МОРСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ)

Выпуск I

Институт
биологии южных морей
Библиотека
№ 20418

«НАУКОВА ДУМКА» КИЕВ — 1966

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПИТАНИЯ И ИХ СВЯЗЬ С БАЛАНСОМ ЭНЕРГИИ У ПРОМЫСЛОВОГО КРАБА *MENIPPE MERCENARIA* (S A Y)

Л. М. СУЩЕНЯ, Р. КЛАРО

Институт биологии южных морей АН УССР
Институт океанологии АН Республики Куба

Изучение питания и основных параметров баланса энергии водных беспозвоночных представляет интерес как для выяснения роли отдельных видов в общем круговороте вещества и энергии в экосистемах, так и для решения ряда практически важных вопросов, связанных с вселением промысловых животных в новые районы, их разведением или массовым культивированием.

В отношении ракообразных за последние годы накоплен ряд данных такого рода, однако они касаются почти исключительно низших ракообразных (Richman, 1958; Corneg, 1961; Сушня, 1962). О количественных закономерностях питания и балансе энергии у высших раков, особенно у десятиногих, практически ничего не известно, хотя они часто играют большую роль в водных сообществах и являются важным объектом промысла.

В настоящей работе для изучения был взят промысловый краб *Menippe mercenaria*, общие сведения о котором приведены О. Г. Карандеевой и А. Сильва (см. статью в настоящем сборнике).

В результате проведенных исследований получены данные, характеризующие размеры суточных рационов и их зависимость от веса тела крабов и количества предлагаемой пищи, определены уровень среднего и максимального рационов у животных всех размерных групп, динамика рационов во времени при регулярном кормлении после периода голодания, степень усвояемости пищи, калорийность пищи и самих животных, а также ряд других показателей. По указанным данным и скорости потребления кислорода были рассчитаны для этого вида крабов основные элементы баланса энергии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Экспериментальный материал добывали в 1964 г. в бухте Буэна-Виста в районе Кайбарьена (северо-восточное побережье о. Куба). Крабов доставляли в Институт океанологии, где содержали в специальных бассейнах. Температура в бассейнах во время работы была в пределах 25—27° С. Животных помещали раздельно в садки, обтянутые капроновым газом. На дне каждого садка был расположен равный ему по диаметру стеклянный кристаллизатор для аккумуляции экскрементов. Последние собирали, довели до постоянного сухого веса и сжигали в калориметрической бомбе для учета энергии неусвоенной части пищи.

Животных кормили рыбьим мясом раз в три дня. В качестве корма использовали *Opisthonema oglinum*. Исключением были специальные опыты с голодными крабами, которым корм давали ежедневно. Рыбу перед внесе-

нием в садки освобождали от чешуи, промывали, обсушивали фильтровальной бумагой для устранения внешней воды и взвешивали. Кормление производилось вечером. Остатки пищи выбирали утром следующего дня, обсушивали и взвешивали. Одновременно с этим, а также и в промежуточные дни между кормлениями собирали фекалии.

Периодически в течение всего опыта крабов взвешивали и измеряли: определяли размеры карапакса (длину и ширину) и клешней (длину и высоту). Садки с подопытными животными содержали в течение всего времени в проточных бассейнах и вынимали только на непродолжительное время для взвешивания и промеров, внесения корма, сбора остатков пищи и экскрементов. Ежедневно измеряли температуру воды в бассейнах. Опыты длились от одной недели до месяца. Одновременно в опыте находилось 15 крабов — по 5 крабов трех размерных групп (весом до 100, 100—250 и 250—500 г). Всего за время работы проведены опыты с 24 животными (табл. 1).

Таблица 1
Размерно-весовая характеристика
и пол подопытных крабов

Номер краба	Карапакс		Большая клешня		Пол	Вес, г
	ширина, мм	длина, мм	длина, мм	высота, мм		
1A	65,7	44,4	30,6	23,5	♀	77,2
3A	67,0	47,2	35,6	28,8	♀	98,7
4A	71,2	48,4	39,2	31,4	♀	123,5
6A	69,2	59,3	38,5	29,2	♀	99,7
1B	87,4	59,8	52,0	41,7	♀	246,5
2B	89,4	60,6	50,1	41,9	♀	158,5
2C	104,3	70,2	69,2	54,8	♀	443,5
4C	97,2	65,3	60,0	50,6	♀	345,7
5C	104,0	70,8	59,5	49,0	♀	390,0
1	51,8	36,0	24,9	20,5	♀	38,5
2	73,0	48,9	39,8	33,0	♀	128,0
3	68,3	45,3	32,6	27,1	♀	88,0
4	68,8	45,9	33,1	26,4	♀	87,0
5	66,2	46,1	33,0	27,8	♀	91,5
6	66,0	47,0	33,6	28,6	♀	96,0
7	86,4	58,8	50,7	40,2	♀	220,0
8	81,2	55,0	43,5	35,8	♀	167,0
9	92,7	62,7	46,5	38,6	♀	223,5
10	76,6	58,0	37,4	31,4	♀	136,7
11	89,0	58,6	51,6	42,7	♀	236,0
12	96,7	65,5	60,0	47,8	♀	358,0
13	111,9	74,7	73,5	58,0	♀	520,0
14	110,7	75,4	70,4	56,9	♀	460,5
15	95,4	64,8	59,7	47,2	♂	357,0

Таблица 2
Результаты опытов по питанию крабов

Номер краба	Дата	Продолжительность опыта, дни	Вес краба, г	Общее потребление пищи, г	Потребление пищи, г/экз в сутки	Потребление пищи, г на 1 г веса тела в сутки
1	5.XII	20	38,5	32,1	1,6	0,042
1A	20.XI	8	77,3	26,7	3,3	0,040
4	5.XII	20	87,0	47,9	3,0	0,028
3	5.XII	20	88,0	35,5	1,8	0,024
5	5.XII	20	91,5	38,6	1,9	0,027
6	5.XII	20	96,0	37,1	1,9	0,025
3A	20.XI	12	98,7	43,5	3,6	0,037
6A	20.XI	12	99,7	41,0	3,4	0,034
4A	20.XI	8	123,5	25,6	3,2	0,026
2	10.XII	15	128,0	45,8	3,0	0,024
10	17.XII	12	136,7	56,7	4,7	0,034
2C	20.XI	6	143,5	27,3	4,5	0,032
2B	20.XI	6	158,5	29,2	4,9	0,031
10C	5.XII	6	166,5	34,3	4,6	0,028
7	5.XI	20	220,0	107,9	5,4	0,025
9	5.XI	20	222,0	110,6	5,5	0,025
11	5.XI	20	236,0	120,3	6,0	0,025
1B	20.XI	8	246,5	36,2	4,5	0,018
4C	20.XI	8	345,8	48,0	6,0	0,017
15	9.XI	20	357,0	124,0	6,2	0,017
12	9.XI	20	357,0	174,0	7,4	0,024
5C	20.XI	6	390,0	60,6	7,8	0,021
14	9.XI	20	445,0	151,7	7,6	0,017
13	9.XI	20	520,0	159,8	8,0	0,015

После окончания опыта или гибели подопытных животных последних препарировали. Панцирь и все части интегумента тщательно отделяли от мягких тканей и взвешивали. Определяли относительный вес панциря вместе с интегументом, сырой и сухой вес мягких частей тела. Для последующих энергетических расчетов определяли калорийность пищи, экскрементов и тела крабов. Предварительно весь указанный материал доводили до постоян-

ного сухого веса в термостате при температуре $+105^{\circ}\text{C}$. Затем его растирали в ступе, брикетировали и сжигали в калориметрической бомбе. Определение калорийности было проведено при помощи калориметрической установки УК-2 с самоуплотняющейся бомбой.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЙ

Среднесуточный рацион. Определение количества пищи, потребляемой животными в единицу времени, представляет большой физиологический и практический интерес. Оно помогает оценить расход вещества

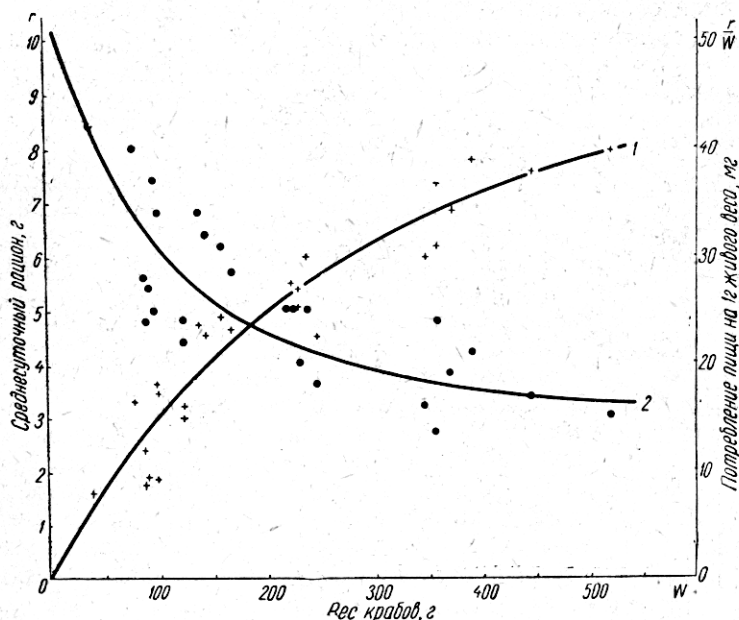


Рис. 1. Потребление пищи в г/экз в сутки (r , кривая 1) и на 1 г веса крабов ($\frac{r}{W}$, кривая 2) в зависимости от веса животных (W).

и энергии на все энергетические потребности организма и его рост. Установление средней величины суточного рациона желательно производить в длительных опытах, так как кратковременные определения дают менее показательные результаты. В связи с этим мы стремились к возможно более продолжительным опытам.

Средние результаты всех определений приведены в табл. 2. Пределы колебаний веса подопытных животных были от 38,5 до 520 г. Абсолютные величины среднесуточного рациона постепенно возрастали при увеличении веса крабов. Динамика среднесуточных рационов в зависимости от веса крабов хорошо видна из рис. 1. Легко заметить, что данная зависимость имеет форму параболы и может быть описана уравнением

$$r = aW^k, \quad (1)$$

где r — среднесуточный рацион, W — сырой вес животного (в г), a и k — коэффициенты. Решая это уравнение методом наименьших квадратов,

мы определили численное значение указанных коэффициентов. Подставляя их в уравнение, получаем:

$$r = 0,1377 \cdot W^{0,665} \quad (2)$$

Таким образом, по данному уравнению имеется возможность рассчитать среднесуточный рацион животных любого веса. Он будет выражен в граммах сырого веса пищи на одного краба в сутки. Если отнести среднесуточный рацион к единице веса животных, то в этом случае уравнение приобретает следующий вид:

$$r_1 = 0,1377 \cdot W^{-0,335} \quad (3)$$

где r_1 — количество пищи, потребленное животным в расчете на 1 г веса тела в сутки. Подтверждением того, что в данном случае справедливо уравнение параболы, является рис. 2, где экспериментальные

Таблица 3
Величины
среднесуточных
рационов * в
зависимости от
веса тела крабов

Вес кра- ба, г	Среднесуточ- ный рацион	
	г/экз	% к весу тела
50	1,81	3,6
100	2,89	2,9
150	3,81	2,5
200	4,58	2,3
250	5,38	2,2
300	5,90	2,0
350	6,62	1,9
400	7,26	1,8
450	7,78	1,7
500	8,53	1,7

* Рассчитаны по уравнению [3].

точки в логарифметической системе координат хорошо укладываются вокруг теоретической прямой.

Среднесуточный рацион крабов составлял 1,7—3,6% к весу тела; максимальным он был у малых крабов и закономерно снижался с увеличением их индивидуального веса (табл. 3).

Динамика суточных рационов. Приведенные выше среднесуточные рационы определены в процессе регулярного кормления крабов в опытных условиях. Эти величины рационов установлены не сразу.

С момента отлова крабов в море до начала опытов с ними обычно проходило около двух недель. Все это время крабов не кормили. Они могли также находиться какой-то срок без пищи и в море до отлова. Если после такого голодания крабы получают сравнительно небольшое количество пищи, они ее потребляют полностью. При ежедневном увеличении количества пищи, потребление ее закономерно возрастает до некоторого максимума, характерного для каждого данного веса крабов. При поддержании такого режима кормления этот максимум удерживается недолго (два-три дня), после чего рацион падает и стабилизируется на более низком уровне, тоже характерном для данного веса

животных. Ход этого процесса для примера показан на крабе № 1А весом 77 г (рис. 3). В связи с этим следует различать две величины: максимальный рацион (R) и средний рацион (r). Первый из них выявляется при внесении избыточного количества пищи после некоторого периода голодания, второй — при регулярном ежедневном кормлении.

Максимальные рационы. Величины максимальных и средних рационов даны в табл. 4. Соотношение между величинами этих рационов оказалось близким к 3, т. е. максимальный рацион у всех размерных групп крабов превышал средний рацион примерно в 3—3,5 раза. В связи с этим нами был изменен режим кормления крабов: вместо ежедневного кормления корм стали вносить раз в три дня. И крабы снова стали потреблять пищу в количестве, близком к максимальному рациону, что приблизительно равно сумме трех среднесуточных рационов для каждого данного краба. Соотношение между максимальными и средними рационами для всех подопытных крабов приведено графически на рис. 4.

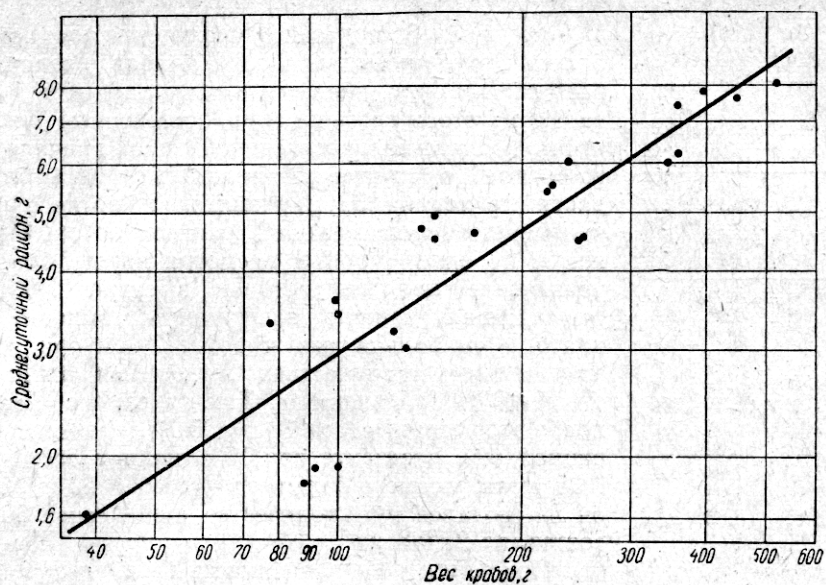


Рис. 2. Зависимость среднесуточного рациона крабов от их веса.

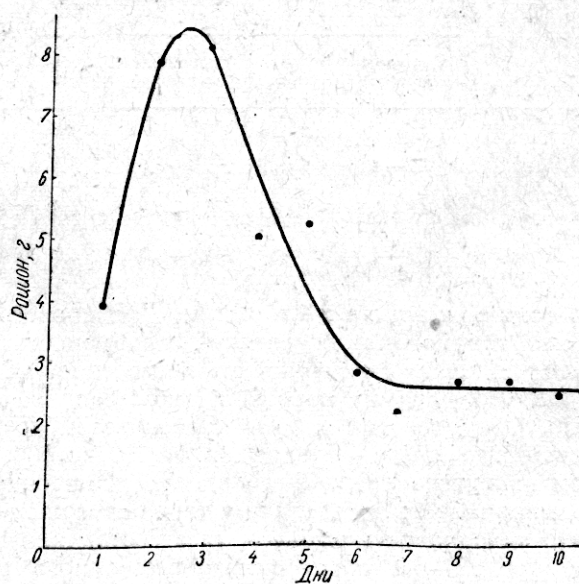


Рис. 3. Динамика суточного рациона крабов при ежедневном кормлении после периода голодания.

Таблица 4
Величины максимального и среднего рационов и соотношения между ними у различных размерных групп крабов

Вес краба, г	Максимальный рацион — R_1 , г	Средний рацион — R_2 , г	Соотношение R_1/R_2
50	4,4	1,86	2,4
100	9,7	2,89	3,4
150	12,7	3,81	3,3
200	15,4	4,58	3,4
250	17,9	5,38	3,3
300	20,3	5,90	3,4
350	22,4	6,62	3,4
400	24,6	7,26	3,4
450	26,6	7,78	3,4
500	28,5	8,53	3,3

На рис. 5 показано увеличение рационов, вплоть до максимального, у крабов различных размерных групп после периода голодания. Как видно из этого графика, при постепенном увеличении количества предлагаемой пищи вначале все животные практически полностью потребляют вносимые порции. Затем у каждого животного устанавливается максимальный рацион, который держится на одном уровне, несмотря на дальнейшее увеличение количества пищи в садке. Кривая, отражающая данную зависимость, выходит на плато. Чем больше вес животных, тем при более значительных количествах имеющейся пищи достигается этот максимум. Так, у самого малого краба этой серии весом 78 г (№ 1) максимальный рацион был достигнут при 10 г пищи и составлял 8,35 г/экз; у самого большого — весом 520 г (№ 7), он наблюдался при количестве пищи выше 30 г и составлял 27,9 г/экз.

Подобного рода зависимость была установлена ранее для рыб (Ивлев, 1955) и низших ракообразных (Сушеня, 1962, 1963). Характер ее во всех указанных случаях оказался аналогичным.

Таблица 5
Калорийность мяса *Opisthonema oglinum*

Размерная группа	Калорийность 1 г сухого вещества		Калорийность 1 г сухого беззольного вещества		Зольность, %
	пределы колебаний	средняя	пределы колебаний	средняя	
Мелкие (8—10 см)	4,7—4,9	4,8	5,0—5,3	5,1	6,6
Средние (10—12 см)	4,5—4,5	4,5	4,8—4,8	4,8	6,9
Крупные (12—14 см)	4,2—4,4	4,3	4,6—4,8	4,7	7,5

Определение калорийности. Для проведения энергетических расчетов необходимо было определить калорийность рыбьего мяса, служившего пищей для крабов, калорийность неусвоенной части пищи (экскрементов) и калорийность самих крабов. В табл. 5 приведены данные о калорийности рыб. Для удобства работы крабов весом до 100 г кормили мелкой рыбой, от 100 до 250 г — средней, а от 250 до 500 г — крупной, так как при этом на одного краба было вполне достаточно одной рыбы. В связи с этим и калорийность определяли у трех размерных групп рыб. Из табл. 5 видно, что калорийность рыбьего мяса составляла 4,3—4,8 ккал/г сухого вещества, или 4,7—5,1 ккал/г сухого беззольного вещества. Она несколько снижалась при увеличении размера рыб. Зольность рыбьего мяса была низкой (6,6—7,5% его сухого веса).

Сухие фекалии каждого краба, собранные за все время опыта, также были сожжены в калориметрической бомбе. Калорийность их составляла

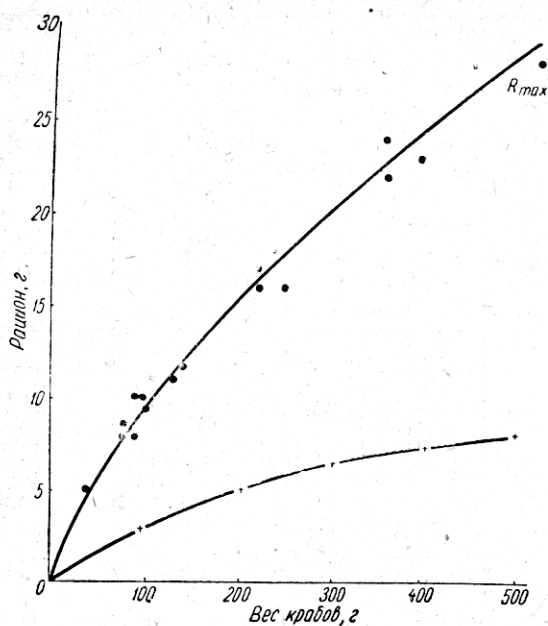


Рис. 4. Соотношение между максимальным (R) и среднесуточным рационом (r) у различных размерных групп крабов.

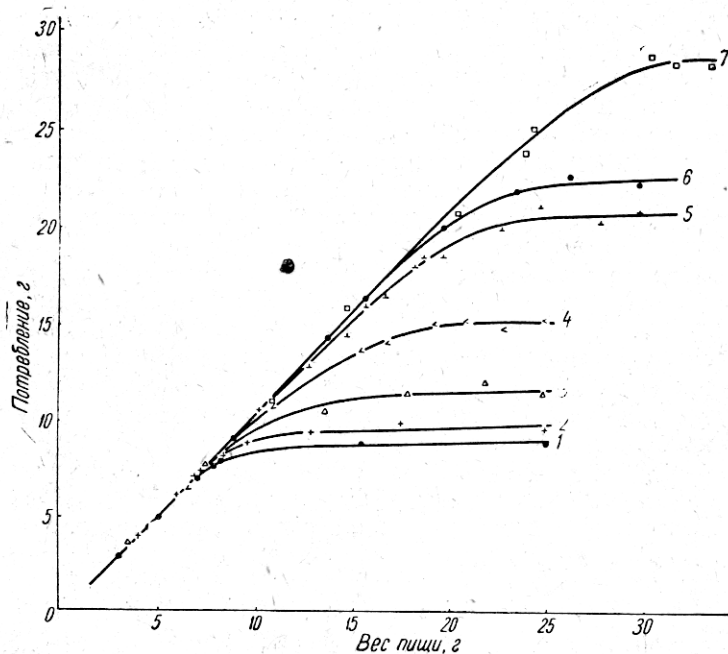


Рис. 5. Зависимость величины потребления от количества предлагаемой пищи при регулярном кормлении после периода голодания. Номера на кривых — крабы с различным индивидуальным весом: 1 — минимальный (78 г), 7 — максимальный (520 г).

2,5—2,7 ккал/г сухого веса, или 3,9—4,0 ккал/г сухого беззольного вещества. Зольность была соответственно 33,9—30,8% сухого веса.

Таблица 6

Соотношение карапакса, сырого и сухого веса
мягких частей и общего веса крабов

Вес, г	Пол	Вес карапакса		Мягкие части тела			Сухой вес мягких частей, % к общему весу краба
		г	% к весу тела	сырой вес, г	сухой вес, г	сухой вес, % к сы- рому	
38,5	♂	14,3	37,0	24,2	3,3	13,6	8,6
91,5	♂	35,1	34,4	56,4	8,0	14,2	8,7
120,0	♂	42,0	35,0	78,0	13,3	17,0	11,1
136,7	♂	47,0	34,0	89,6	16,5	18,4	12,1
223,5	♂	73,8	33,0	149,7	31,1	20,8	13,9
236,0	♂	96,5	40,0	180,5	35,1	19,5	14,9
255,0	♂	112,9	44,2	142,1	28,4	20,0	10,7
357,0	♂	142,0	39,3	215,0	42,6	19,8	11,9
460,5	♂	177,1	38,5	214,8	55,0	19,4	11,9
490,0	♂	200,6	41,0	289,4	59,3	20,5	12,1

Калорийность крабьего мяса из клешней, по нашим предварительным данным, составляет около 4,5 ккал/г сухого веса, или около 5 ккал/г сухого беззольного вещества.

Отношение веса карапакса, сырого и сухого веса мягких частей к общему весу тела крабов. Соответствующие данные для 10 крабов разного веса приведены в табл. 6. Среди отпрепарированных животных было четыре самки и шесть самцов. Обращает на себя внимание высокий относительный вес карапакса вместе с интегументом. У самок он составляет 34—37% общего веса (в среднем 35%), у самцов он колебался в пределах 33—44% (в среднем 39,3%).

Большой интерес представляет относительный вес сухого органического вещества в теле крабов, так как это характеризует пищевую ценность их для человека. Из табл. 6 видно, что сухой вес мягких частей тела составляет 8,6—13,9% общего сырого веса крабов. В среднем можно считать, что у крабов промыслового размера сухой вес мяса составляет 12—13% общего веса тела.

Зольность высушенных мягких частей тела, по предварительным данным, близка к 10%. Следовательно, для определения сухого веса чистого органического вещества (без золы), указанный в таблице вес необходимо уменьшить на 0,1. При этом относительный вес сухого беззольного вещества составит 10—13% (в среднем 11,2%) общего веса тела. Как указывалось выше, калорийность сухого органического вещества крабов близка к 4,5 ккал/г. Исходя из всех этих величин, легко составить простейшее равенство для ориентировочного расчета калорийности тела крабов промысловых размеров:

$$K = 0,55 \cdot W, \quad (4)$$

где W — тотальный сырой вес краба (в г), K — калорийность мягких частей тела (органического вещества) в ккал/экз. Для грубой оценки калорийности крабов промысловых размеров достаточно их общий вес поделить на 2:

$$K = \frac{W}{2} \text{ (в ккал)}. \quad (5)$$

НЕКОТОРЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

Для последующих энергетических расчетов были использованы величины среднесуточных рационов, калорийность пищи и экскрементов, коэффициент усвояемости пищи и данные по дыханию крабов. Для удобства сравнения все эти величины были выражены в калориях. Калорийность пищи и фекалий была определена непосредственно, а перевод кислорода, потребленного животными, в калории производили с помощью соответствующего коэффициента. Известно, что 1 мг O_2 соответствует 3,38 кал, а 1 мл O_2 — 4,83 кал.

Для определения общего количества кислорода при 26° С, потребленного крабами в процессе дыхания, была использована формула, полученная О. Г. Карандеевой и Альфонсо Сильва (см. статью в настоящем сборнике).

$$Q = 0,534 \cdot W^{0,695}, \quad (6)$$

где Q — количество потребленного O_2 (в мг/экз · час), W — сырой вес краба (в г).

Для суточного периода эта формула будет иметь следующее выражение:

$$Q = 12,816 \cdot W^{0,695}. \quad (7)$$

Приведем простейшее равенство, отражающее баланс энергии у животных:

$$P = T + П + Н, \quad (8)$$

где P — рацион, или общее количество потребленной пищи, T — энергия дыхания, $П$ — энергия прироста, или пластического обмена, и $Н$ — неусвоенная часть энергии пищи (экскременты). Все величины выражаются в калориях.

В табл. 7 приведены данные по дыханию экспериментальных крабов (в мг O_2) и по расходу энергии на дыхание (в ккал/экз в сутки). Эти данные были использованы для составления балансовой табл. 8. В ней обращают на себя внимание следующие моменты.

Во-первых, приведенные величины указывают на высокую степень ассимиляции потребленной пищи. Усвоенная пища составляет 96,9—99,3%; неусвоенная часть — всего 0,7—3,11%. Энергия, идущая на дыхание в течение опыта, составляет от 18 до 55% энергии усвоенной пищи (в среднем 29,1%). Таким образом, значительная часть энергии ассимилированной пищи остается на процессы роста (накопление веществ в межлиночный период), размножения и другие физиологические нужды. Во-вторых, эти данные свидетельствуют о том, что коэффициент использования энергии

Таблица 7

Потребление кислорода * крабами
Menippe mercenaria

Номер краба	Вес, г	Потребление кислорода		Затраты энергии на дыхание, ккал/сутки
		мг/час	мг/сутки	
1	38,5	6,75	162,0	0,55
4	87,0	11,80	283,2	0,96
3	88,0	12,00	288,0	0,97
5	91,5	12,32	295,7	1,00
6	96,0	12,73	305,5	1,03
2	128,0	15,55	373,2	1,26
10	136,7	16,30	391,2	1,32
8	167,0	18,70	448,8	1,52
7	220,0	22,65	543,6	1,81
9	220,0	22,65	543,6	1,84
11	236,0	23,80	571,2	1,93
15	357,0	31,70	760,8	2,57
12	358,0	31,80	763,2	2,58
14	445,0	37,00	888,0	3,00
15	520,0	41,20	988,8	3,34

* Рассчитано по уравнениям 6 и 7.

на рост (K_2) высок и практически у всех возрастных групп близок к 0,7. В среднем его величина составляет 0,71 или 71%.

Таблица 8

Некоторые элементы баланса энергии у краба *Menippe mercenaria*

Номер краба	Пол	Вес, г	Длительность опыта, дни	Количество потребленной пищи, ккал	Неусвоенная часть пищи, ккал	Усвоенное количество пищи		Расход энергии на дыхание, ккал	Энергия, идущая на прирост, ккал	Коэффициент использования ассимилированной энергии на рост, K_2
						ккал	%			
1	♀	38,5	30	65,6	1,5	64,1	97,7	16,4	47,7	0,74
4	♀	87,0	30	128,4	3,7	124,7	97,1	28,7	96,0	0,77
3	♀	88,0	24	71,0	2,1	68,9	97,9	25,4	45,5	0,66
5	♀	91,5	27	72,0	0,9	71,1	98,7	27,0	44,1	0,62
6	♀	96,0	30	109,8	3,0	106,8	97,3	31,0	75,8	0,71
2	♀	128,0	24	82,2	1,8	80,4	97,8	30,3	50,1	0,62
10	♀	136,7	30	222,7	2,4	220,3	99,0	39,7	180,6	0,82
8	♂	167,0	13	11,8	0,2	11,6	98,3	19,7	—	—
7	♂	220,0	30	278,5	7,1	271,4	97,5	55,1	216,3	0,80
9	♂	220,0	30	184,9	1,2	183,7	99,3	55,1	128,6	0,70
11	♂	236,0	20	192,6	3,7	188,9	98,1	38,6	150,3	0,80
15	♂	357,0	25	120,8	3,8	117,0	96,9	64,3	52,7	0,45
12	♂	358,0	30	350,7	9,3	341,4	97,4	77,4	264,0	0,77
14	♂	445,0	30	359,4	7,7	351,8	97,9	90,0	261,8	0,74
13	♂	520,0	20	246,4	7,4	239,0	97,0	66,8	172,2	0,72

Интересным является опыт с крабом № 8, который по каким-то причинам очень плохо питался. За 13 дней он усвоил с пищей всего 11,6 ккал. За это же время на дыхание было израсходовано 19,7 ккал, т. е. отмечался четко выраженный отрицательный баланс энергии (голодание). В связи с этим животное через 13 дней погибло.

К сожалению, полученные здесь величины баланса энергии не удалось непосредственно сопоставить с приростом животных, так как к началу работ линочный период у крабов закончился. В течение наших исследований зарегистрирована линька только у одного краба. Результаты наблюдений за его весом характеризуются следующими данными. Исходный вес в начале линьки был 152,5 г. После освобождения от старого панциря краб весил 92,1 г, т. е. вес старого панциря составлял 60,4 г (40% веса тела). Через 2 час после линьки краб достиг исходного веса (152,6 г). В последующие часы его вес несколько снизился и перед гибелью (через двое суток после линьки) был 148,5 г. После гибели краба молодой панцирь и интегумент были отпрепарированы и взвешены. Их вес составлял 16,6 г, т. е. 11,2% веса тела. Таким образом, прирост веса мягких частей и жидкой фракции тела увеличился в целом на 40 г, или на 43,5% первоначального веса мягких частей.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В жизни *M. mercenaria*, по-видимому, важное значение имеет величина максимального рациона (R). Несомненно, что этот вид крабов в естественных условиях находит себе пищу нерегулярно. Иногда крабы длительное время могут обходиться без пищи, иногда имеют ее в избытке. В последнем случае животные потребляют максимально возможное количество пищи

и за счет этого, вероятно, могут затем длительное время существовать без особого ущерба для себя, пока не будет найден новый источник питания. В связи с этим большой интерес представляет определение времени, в течение которого данный вид крабов может поддерживать свое существование за счет максимального рациона, не расходуя при этом накопленные ранее энергетические запасы своего тела.

Очевидно, что для поддержания жизни животному прежде всего необходимо обеспечить расход энергии на все энергетические процессы, которые могут быть учтены по дыханию. В табл. 9 мы рассчитали время, в течение которого максимальный рацион при данном весе крабов удовлетворяет расходы энергии на дыхание. Как видно из полученных результатов, крабы всех возрастов могут в течение двух недель полностью обеспечивать расход

энергии на дыхание за счет однократного потребленного максимального количества пищи. Для таких животных, которые не имеют в природе постоянного источника пищи, это обстоятельство имеет чрезвычайно важное значение. Аналогичным образом следует оценивать и высокую степень ассимиляции потребленной пищи.

Действительно, если животные хотя бы раз в неделю находят необходимое количество пищи, этого оказывается достаточно, чтобы полностью удовлетворить потребности энергии на дыхание и около 50 % энергии, потребленной с пищей, расходовать на процессы роста и размножения. При этом будет происходить довольно высокое накопление веществ, обеспечивающее пластические процессы в организме.

Здесь не представляется возможным на конкретном материале рассмотреть с энергетической точки зрения процесс роста и размножения у краба *M. mercenaria*. Для этого необходимы дальнейшие исследования, однако следует сделать несколько общих замечаний. Хорошо известно, что весовой рост у крабов имеет прерывистый характер. Вес животного быстро увеличивается во время линьки и в первое время после нее, а затем остается стабильным на протяжении сравнительно длительного межлиночного периода.

В настоящее время в физиологии ракообразных весь цикл от линьки до линьки животного разделяется на четыре фазы (Drach, 1939; Scheer, 1957): *A* — первый период после линьки (после сбрасывания старого панциря) — период поглощения воды через кишечник и увеличения размеров и веса тела; *B* — период укрепления интегумента, в том числе и карапакса; *C* — период полного формирования интегумента, образования тканей и накопления резервов; *D* — период подготовки к новой линьке.

В ряде работ было показано, что в межлиночный период происходит значительное уплотнение внутренних тканей, относительный вес жидкой

Таблица 9
Время, в течение которого у крабов *M. mercenaria* могут быть удовлетворены расходы энергии на дыхание за счет максимального рациона

Вес, г	Максималь- ный рацион		Количество ус- военной энергии при максимальном рационе, ккал	Суточный расход энергии на дыха- ние, ккал	Сутки
	г/экз	ккал/экз			
38,5	4,40	7,05	6,87	0,55	12,5
87,0	8,65	13,87	13,44	0,96	14,0
88,0	8,70	13,92	13,63	0,97	14,1
91,5	9,00	14,41	14,21	1,00	14,2
96,0	9,40	15,06	14,64	1,03	14,2
128,0	11,40	18,24	18,00	1,26	14,3
136,0	12,00	19,22	19,03	1,32	14,4
167,0	13,60	23,79	21,52	1,52	14,1
220,0	16,40	26,23	25,60	1,84	13,9
236,0	17,00	27,20	26,63	1,93	13,8
357,0	22,40	35,87	34,80	2,57	13,5
358,0	22,60	36,20	35,25	2,58	13,7
445,0	25,85	41,40	40,50	3,00	13,5
520,0	28,6	45,8	44,40	3,34	13,0

части тела сильно снижается, накапливается целый ряд важных соединений, которые и служат затем энергетической и пластической основой новой линьки и роста животного (Smith, 1915; Renaud, 1949; Schwabe, Scheer, а. Scheer, 1952; Neiland, Scheer, 1953; Travis, 1955). Иначе говоря, хотя между линьками вес животных длительное время остается постоянным, внутри их тела идут процессы метаболизма, биохимических превращений, которые создают определенные резервы и повышают энергетическую ценность тела. На эти процессы и используется, очевидно, та энергия пищи, которая остается после удовлетворения расходов энергии на дыхание. В наших опытах величина ее составляла 41—82% (в среднем 71%) общего количества ассимилированной энергии.

ВЫВОДЫ

1. Показано, что величина среднесуточных рационов краба *M. mercenaria* находится в степенной зависимости от веса тела этих животных.

2. При кормлении крабов после длительного периода голодания выявляется максимально возможная величина потребления пищи, которая рассматривается как максимальный рацион.

3. Отношение среднесуточного рациона к максимальному близко к 3.

4. Усвояемость пищи при питании рыбой у данного краба очень велика и колеблется в пределах 96,9—99,0%.

5. Калорийность сухого беззольного органического вещества тела крабов равна 5 ккал/г.

6. Энергия, расходуемая крабами на дыхание (энергетический обмен), составляет 18—55% (в среднем 29,1%) общего количества энергии потребленной пищи.

7. За счет энергии пищи при максимальном рационе животные могут в течение двух недель полностью удовлетворять потребности энергетического обмена, что имеет чрезвычайно важное экологическое значение для данного вида животных. По-видимому, это является приспособительной особенностью, связанной с нерегулярным характером питания.

8. На основании сопоставления рассчитанных параметров баланса энергии *Menippe mercenaria* показано, что у этих животных на процессы роста и размножения тратится от 45 до 82% энергии усвоенной пищи. В среднем коэффициент использования усвоенной энергии на рост (K_2) близок к 71%.

Литература

- И в л е в В. С. 1955. Экспериментальная экология питания рыб. Пищепромиздат, М.
- С у щ е н я Л. М. 1962. Количественные данные о питании и баланс энергии *Artemia salina* (L.).— ДАН СССР, 143, 5.
- С у щ е н я Л. М. 1963. Эколого-физиологические особенности фильтрационного типа питания планктонных ракообразных.— В кн.: Тр. Севаст. биол. ст., 16.
- C o r n e r E. D. S. 1961. On the nutrition and metabolism of zooplankton. I. Preliminary observations on the feeding of the marine copepod *Calanus helgolandicus* (C l a u s).— J. Mar. Biol. Ass. U. K., 41, 1.
- D r a c h P. 1939. Mue et cycle d'intermue chez les crustacés décapodes.— Ann. Inst. Oceanogr., n. s., 19.
- N e i l a n d K. A., S c h e e r B. T. 1953. The influence of fasting and of sinus gland removal on body composition of *Hemigrapsus nudus*. Part V of the hormonal regulation of metabolism in Crustaceans.— Physiol. Comp., Oecol., 3.
- R e n a u d L. 1949. Le cycle des réserves organiques chez les crustacés décapodes.— Ann. Inst. Oceanogr., 24.

Richman S. 1958. The transformation of energy by *Daphnia pulex*.— In.: Ecol. Monogr., 28.

Scheer B. T. 1957. The hormonal control of metabolism in Decapod Crustaceans. — Trans. Symposium «Recent Advances in Invertebrate Physiology», Oregon.

Schwabe C. W., Scheer B. T. a. Scheer M. A. R. 1952. The molt cycle in *Panulirus japonicus*. Part II of the hormonal regulation of metabolism in Crustaceans.— Physiol. Comp. Oecol., 2.

Smith G. 1915. The life of Cladocera, with remarks on the physiology of growth and reproduction in Crustacea. — Proc. Roy. Soc., 88, London.

Travis D. F. 1955. The molting cycle of the spiny lobster *Panulirus argus* Latreille. II. Pre-ecdysial histological and histochemical changes in the hepatopancreas and integumental tissues.— Biol. Bull., 108.

ALGUNAS LEYES CUANTITATIVAS SOBRE NUTRICION Y SU CONEXION CON EL BALANCE ENERGICO DE CANGREJO COMERCIAL MENIPPE MERCENARIA (S A Y)

L. M. SUSCHENIA, R. CLARO

Instituto Biológico de los mares del Sur, AC de la RSS de Ucrania
Instituto de Oceanología, AC de la República de Cuba

Resumen

En este artículo se muestra que la dimensión de las raciones en término medio diario del cangrejo *Menippe mercenaria* se encuentra en la dependencia gradual del peso del cuerpo de estos animales y puede ser descripta por una ecuación parabólica. Fueron determinadas las raciones máximas de los cangrejos. La relación entre la ración máxima por un día y la media es aproximadamente 3. La asimilación de la alimentación con pescado (*Opisthonema oglinum*) en este cangrejo es muy grande y oscila entre 96,9—99,0%. La caloricidad de la sustancia orgánica seca sin ceniza del cuerpo del cangrejo es igual a 5 Kcal/gr. La energía gastada en respiración por los cangrejos (intercambio energético) constituye 18—55% (término medio 29,1%) de la cantidad general de energía de alimentación consumida.

A cuenta de la energía del alimento en su ración máxima los animales durante dos semanas pueden satisfacer completamente sus necesidades de intercambio energético, lo que tiene un extraordinario significado ecológico para esta especie de animales y tiene un carácter de adaptación con relación a la alimentación irregular. Fue mostrado que en estos animales durante el proceso de crecimiento y reproducción se gasta de 45 a 82% de energía del alimento asimilado. Por término medio el coeficiente de utilización de la energía asimilada para el crecimiento (K_2) es cerca a 71%.

QUANTITATIVE REGULARITIES OF FEEDING AND THEIR CONNECTION WITH THE BALANCE OF ENERGY OF THE COMMERCIAL CRAB *MENIPPE MERCENARIA* (S A Y)

L. M. SUSHCHENYA, R. CLARO

Institute of Biology of Southern Seas, Academy of Sciences, Ukrainian SSR
Institute of Oceanology, Academy of Sciences, Cuban Republic

Summary

It is shown that the average daily diet values of the crab *Menippe mercenaria* depend on the power of the body weight of these animals and can be described by a parabolic equation. The maximum crab diet value is determined. The ratio of the maximum daily diet value

to the average is approximately 3. When the crab feeds on fish (*Opisthonema oglinum*), assimilation is very high and fluctuates within limits of 96.9 to 99.0. The calorific value of the dry ashless organic matter of the crab is 5 Kcal/g. The energy expended by crabs for respiration (energetic metabolism) is 18—55% (average 29.1%) of the total energy of the consumed food. When the diet is maximum the animals can satisfy fully the needs of the energetic metabolism in two weeks at the expense of the food energy, which is of great ecological significance for this animal species and has an adaptive character in connection with irregular feeding. On the strength of comparing calculated energetic balance parameters it is shown that these animals expend from 45 to 82% of assimilated food energy for the processes of growth and reproduction. The average coefficient of assimilated energy utilization for growth (K_2) is approximately 71%.