

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

ПРОВ 98

БИОЛОГИЯ МОРЯ

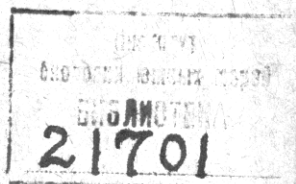
Вып. 15

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ
ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ
ВОДНЫХ ЖИВОТНЫХ

КИЕВ



1968



К АНАЛИЗУ КАЛОРИЙНОСТИ ТАЛИТРИД, ОБИТАЮЩИХ В БЕРЕГОВЫХ ВЫБРОСАХ ЧЕРНОГО МОРЯ

Л. М. СУЩЕНЯ, Г. И. АБОЛМАСОВА

Институт биологии южных морей АН УССР

На фитогенных пляжах Черного моря в скоплениях выброшенных водорослей обитает пять видов амфипод из семейства Talitridae (Булычева, 1957), которые в ряде мест достигают огромной численности. Особенно широко представлена *Orchestia bottae* M.-Edw.

Биомасса этих животных нередко составляет $\frac{1}{10}$ веса субстрата, численность — 10—15 тыс. экз. на 1 кг сырых выбросов. Эти и другие особенности указанного вида позволяют рассматривать его как перспективный объект массового культивирования в качестве живого корма для рыб. Авторами проведено всестороннее изучение естественных популяций этих животных в районе Севастополя с целью определить поток энергии в них в различные сезоны года. Одной из задач этих исследований было определение калорийности орхестий в течение полного годовичного цикла жизни популяций.

Сбор материала производили не реже двух раз в месяц. Перед определением пробы доводили до постоянного сухого веса. Определения проводили главным образом методом мокрого сжигания, широко применяемым в гидробиологии при изучении окисляемости органических взвесей и калорийности водных организмов (Винберг и др., 1934; Яблонская, 1935; Ивлев, 1939; Сущеня, 1961; Сущеня, Михалкович, 1961; Остапеня, Сергеев, 1963). Этот метод был использован в модификации Т. Н. Сивко (1960). В качестве окислителя был взят $K_2Cr_2O_7$, катализатора — $AgNO_3$. Ценность этого метода в простоте и возможности массовых определений за короткий срок. Однако специальными исследованиями было показано, что в процессе мокрого сжигания определенная часть органического вещества недоокисляется (Биргер, 1952; Остапеня, Сергеев, 1963). В последней работе установлено, что

величины калорийности, полученные с помощью этого метода, оказались значительно ниже величин, рассчитанных по химическому составу животных. Кроме того, как установлено нами, весьма важное значение имеет величина навески при сжигании. Количество кислорода, расходуемого на единицу органического вещества при его окислении, закономерно уменьшается с увеличением навески. Наиболее стабильные результаты получены в пределах навесок 4,5—5,5 мг сухого вещества. Очевидно, меньший расход кислорода на единицу веса при больших навесках объясняется возрастанием недоокисления органического вещества.

К сожалению, имеющиеся литературные данные не позволяют еще с уверенностью говорить о том, насколько результаты, полученные с помощью бихроматного метода отличаются от истинной калорийности исследуемого материала. В связи с этим мы в ряде случаев проводили параллельные контрольные определения калорийности методом прямой калориметрии. Для этого использовали калориметрическую установку УК-2 с самоуплотняющейся бомбой СКБ-52 (Дроздов, 1962). Был применен также расчет калорийности по химическому составу животных*. В целом проведено 740 определений калорийности и 130 анализов зольности у орхестий.

В табл. 1 приведена среднемесячная и среднегодовая калорий-

Таблица 1

Среднемесячная и среднегодовая калорийность орхестий в Голубой бухте (1962/63 г.), ккал/г сухого вещества

Месяц	Размерная группа, мм									Средняя по всем группам за месяц
	1—2	2—4	4—6	6—8	8—10	10—12	12—14	14—16	16—18	
Июнь	4,56	5,26	5,26	5,26	5,09	4,58	5,29	4,34	—	4,90
Июль	4,71	4,70	4,24	5,24	4,85	5,43	4,68	4,34	4,14	4,70
Август	—	4,40	4,94	4,20	4,40	5,01	4,19	—	—	4,51
Сентябрь	—	4,44	4,66	4,51	4,56	4,61	4,29	—	4,01	4,45
Октябрь	4,12	4,51	4,78	5,00	4,70	4,67	4,49	4,72	—	4,64
Ноябрь	—	4,92	5,20	—	5,20	4,95	4,95	—	—	4,54
Декабрь	—	4,05	4,77	4,75	4,74	4,61	—	4,52	5,03	4,64
Январь	—	5,06	5,01	4,18	5,70	4,72	—	5,72	—	5,06
Март	—	4,75	5,27	4,57	4,98	4,56	4,82	5,70	—	4,95
Апрель	—	4,91	4,43	4,69	4,39	4,92	4,36	5,01	—	4,66
Май	4,31	4,40	4,59	5,06	4,73	4,80	4,40	3,89	—	4,55
Средняя за год	4,44	4,67	4,84	4,79	4,90	4,80	4,75	4,80	4,40	4,70

* Определение химического состава проб и расчет калорийности орхестий по содержанию белков, жиров и углеводов проведены в лаборатории проф. З. А. Виноградовой Одесского отделения ИнБИОМ.

ность разных размерных групп рачков, а также средние величины для популяции в целом. В этих и последующих данных учтена поправка на недоокисление вещества при бихроматном методе в размере 20%. Из таблицы видно, что полученные величины близки между собой и их колебания по сезонам незакономерны. В течение года калорийность отдельных размерных групп орхестий не отклонялась от средней больше чем на 20%. В большинстве случаев эти отклонения не превышали 10%. Среднемесячная калорийность животных колебалась в пределах 4,51—5,06 ккал/г, средняя для популяции — 4,70 ккал/г сухого вещества. Незначительно изменялась калорийность в зависимости от размера животных, а следовательно, и от их возраста. Среднегодовая для разных размерных групп не выходила за пределы 4,40—4,90 ккал/г. Наименьшей она оказалась у молодежи (4,44—4,67 ккал/г) и у размерной группы 16—18 мм (4,40 ккал/г). Животные размером 4—16 мм имели несколько более высокую калорийность — до 4,9 ккал/г сухого веса.

Аналогичные результаты получены и для популяции в бухте Омега. Определения проводили с января по май включительно. Средняя калорийность для всей популяции здесь 4,69 против 4,83 ккал/г за эти же месяцы в Голубой бухте.

Большая стабильность калорийности орхестий была сопряжена с относительно постоянным содержанием золы в их теле. Как видно из табл. 2, зольность разных размерных групп рачков рав-

Таблица 2
Содержание золы в теле орхестий

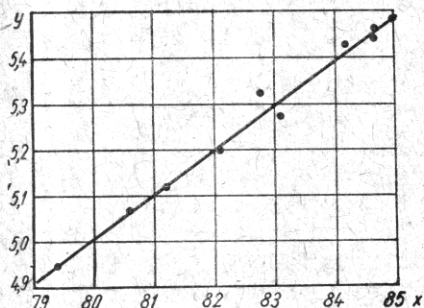
Размерная группа, мм	Период определения, месяцы	Количество определенных	Зольность, % сухого веса	
			Пределы	Средняя
1 —2	VI	3	18—32	24,3
2 —4	VIII—XI	8	12—32	21,2
4 —6	I—XII	19	14—28	19,1
6 —8	V—IX	15	17—26	21,1
8 —10	I—XII	25	13—26	18,5
10—12	I—XI	17	12—27	18,9
12—14	V—XII	9	18—23	21,6
14—16	I—XII	9	18—24	21,2
16—18	V и VII	4	15—19	17,4

на 18,5—25,7% сухого веса. В среднем за год для популяции зольность составляет около 20%. Эта величина получена при сжигании рачков в муфельной печи. При определении в калориметрической бомбе зольный остаток в ряде случаев был несколько меньшим. Как и следовало ожидать, относительно низкая кало-

рийность мелких животных была связана с высоким процентом зольности.

Калорийность беззольного органического вещества орхестий по данным бихроматного метода составляет 5,87 ккал/г сухого веса. Методом прямой калориметрии установлено, что калорийность единицы беззольного органического вещества закономерно повышается с увеличением процента его в теле животных. Эта зависимость является прямолинейной и выражается уравнением

$$Y = 0,0945X - 2,55,$$



Зависимость калорийности сухого беззольного органического вещества (Y , ккал/г) от содержания его в теле животных (X , % сухого веса).

где Y — калорийность сухого беззольного вещества, ккал/г; X — содержание беззольного органического вещества, % от общего сухого веса животных (см. рисунок).

Ранее подобная зависимость была установлена при изучении калорийности тотального планктона Мексиканского залива (Остапеня, 1966). Скорее всего такая зависимость объясняется тем, что при увеличении удельного веса органической фракции в теле животных возрастает ее жирность

и это приводит к повышению калорийности беззольного органического вещества. Правильность такого предположения подтверждается следующим расчетом. На рисунке видно, что при увеличении содержания органического вещества с 79 до 85% (на 6%), калорийность последнего возросла на 0,6 ккал/г. Если допустить, что указанный прирост произошел только за счет жира, то при его калорийности 9,5 ккал/г шесть процентов, или 60 мг, должны дать увеличение калорийности на 0,57 ккал/г. Следовательно, экспериментальные данные и результаты этого расчета хорошо совпадают.

У орхестий калорийность биомассы увеличивалась с возрастом животных. При прямой калориметрии материала, собранного в начале зимы, максимальный процент зольности (минимум органического вещества) отмечен у мелких рачков. По мере увеличения размера животных возрастало относительное содержание в них органического вещества и повышалась калорийная ценность последнего.

Как указывалось выше, поправка на недоокисление при бихроматном методе принята равной 20%. Она получена на основании параллельных определений калорийности методами прямой

калориметрии и бихроматной окисляемости. В табл. 3 приведены результаты такого анализа для шести размерных групп орхестий, собранных в октябре. Из нее видно, что недоокисление при бихроматном методе было от 10 до 25%. В табл. 4 сравниваются ре-

Таблица 3

Сравнительное определение калорийности разных размерных групп орхестий методами прямой калориметрии и бихроматного окисления

Размерная группа, мм	Средний сухой вес одного животного, мг	Содержание золы, % сухого веса	Калорийность, ккал/г		Недоокисление при бихроматном методе, %
			Прямая калориметрия	Бихроматное окисление	
2,0	0,29	20,61	3,93	3,21	18,4
2—4	0,61	20,53	3,80	3,42	10,0
4—6	1,17	19,40	4,08	3,42	16,5
6—8	3,26	17,05	4,41	3,61	18,2
10,0	8,10	16,00	4,45	3,33	25,1
14—16	16,90	18,35	4,22	3,36	20,4

Таблица 4

Сравнение результатов определения калорийности тремя методами, ккал/г сухого веса (ноябрь 1962 г.)

Размерная группа, мм	Средний сухой вес одного животного, мг	Метод определения	Количество определений	Средняя калорийность	Среднеквадратическое отклонение	Коэффициент вариации, %
9—10	7,55	Прямая калориметрия	10	$4,64 \pm 0,0095$	0,030	0,65
		По химическому * составу	7	$4,53 \pm 0,0223$	0,069	1,52
		Бихроматное окисление	20	$3,78 \pm 0,0521$	0,233	6,20
12—13	14,00	Прямая калориметрия	3	$4,52 \pm 0,0352$	0,061	1,35
		По химическому * составу	3	$4,50 \pm 0,0358$	0,062	1,38
		Бихроматное окисление	11	$3,71 \pm 0,0986$	0,327	8,84

* Содержание белков в теле животных составляло в среднем 42,8%, жиров — 21,5%, углеводов — 18,8%.

зультаты определения калорийности орхестий тремя методами. Статистическая обработка этих данных показала, что величины калорийности при сжигании в бомбе и расчете по химическому составу животных очень близки между собой. Разница для

двух взятых групп орхестий не превышала 2,4%. В то же время отклонение данных бихроматного метода составляет в среднем 18 и 18,5%. Из таблицы видно также, что бихроматный метод дает неустойчивые результаты при определении стандартного материала. Коэффициент вариации в этом случае равен 6,2—8,8%.

Биргер (1952), Остапеня, Сергеев (1963) считают, что получение бихроматным методом более низких величин калорийности объясняется неполным окислением белков. На основании приведенных данных о калорийности и химическом составе животных можно рассчитать, какой процент белков соответствует данной величине недоокисления. В нашем случае содержание белков в сухом веществе составляет в среднем 42,8%. При средней калорийности вещества 4,6 ккал/г (сжигание в бомбе) на долю белков приходится 1,93 ккал; 20% недоокисления, выраженные в калориях, составляют при этом 0,86 ккал/г. Отнеся эту величину к удельной калорийности белков получаем, что при бихроматном методе белки недоокисляются на 44,6%. По-видимому, это слишком высокий процент для белков и неполнота окисления может быть связана с другими соединениями. В последнее время А. П. Остапеня (1965) установил, что при данной модификации бихроматного метода неполнота окисления материала животного происхождения может определяться также недоокислением липидной фракции. Было показано, в частности, что жировой экстракт орхестий недоокисляется на 37%.

ВЫВОДЫ

1. Калорийность всех размерных групп *Orchestia bottae* изменяется в течение года в относительно узких пределах. Среднегодовая калорийность рачков из смешанной популяции составляет 4,7 ккал/г сухого вещества или 5,87 ккал/г сухого беззольного вещества.

2. Этот вид животных характеризуется сравнительно высоким процентом минеральной фракции. Зольность рачков колеблется в пределах 12—32% и в среднем составляет около 20% сухого веса. Как правило, максимальная зольность отмечается у молодежи.

3. Выявлена прямолинейная зависимость между содержанием беззольного органического вещества в теле орхестий (X) и его калорийностью (Y), которая выражается уравнением

$$Y=0,0945X-2,55.$$

Повышение калорийности органической фракции связано с накоплением в ней жиров.

4. В результате сравнительного анализа установлено, что калорийность, определенная методом бихроматного окисления, в среднем на 20% ниже данных прямого определения в калориметрической бомбе.

ЛИТЕРАТУРА

Биргер Т. И. Калорийность водных организмов и ее изменения в зависимости от эколого-физиологических факторов.— Тр. Ин-та гидробиологии АН УССР, 27, 1952.

Булычева А. П. Морские блохи морей СССР и сопредельных вод. Изд-во АН СССР, М.—Л., 1957.

Винберг Г. И., Ивлев В. С., Платова Т. Н., Россолимо Л. Л. Методика определения органического вещества и опыт пилорической оценки кормовых запасов водоема.— Тр. лимнол. ст. в Косине, 18, 1934.

Дроздов Б. Н. Калориметр для определения теплоты сгорания топлива. Учпедгиз, М., 1962.

Ивлев В. С. Метод определения калорийности гидробиологических проб.— Научно-метод. зап. главн. управл. по заповедникам, 5, 1935.

Остапеня А. П., Сергеев А. И. Калорийность сухого вещества кормовых водных беспозвоночных.— Вopr. ихтиологии, 3, 1 (26), 1963.

Остапеня А. П. Полнота окисления органического вещества водных беспозвоночных методом бихроматного окисления.— ДАН БССР, 9, 4, 1965.

Остапеня А. П. Калорийность тотального планктона Мексиканского залива и кубинской платформы в зоне «С».— В кн.: Исследования центрально-американских морей, вып. 1. «Наукова думка», Киев, 1966.

Сивко Т. Н. К методике определения бихроматной окисляемости чистых и загрязненных вод.— Гидрохим. мат-лы, 30, 1960.

Сущеня Л. М. Некоторые данные о количестве сестона в водах Эгейского, Ионического и Адриатического морей.— Океанология, 4, 1961.

Сущеня Л. М., Михалкович В. И. Количество сестона в восточной части Рижского залива.— Тр. Ин-та рыбн. х-ва ЛатвССР, 3, 1961.

Яблонская Е. А. К познанию рыбной продуктивности водоемов. Сообщение V. Усвоение естественных кормов зеркальным карпом и оценка с этой точки зрения кормности водоемов.— Тр. лимнол. ст. в Косине, 20, 1935.

CALORIC VALUE OF THE TALITROIDEA INHABITING THE COASTLINE OF THE BLACK SEA

L. M. SUSHCHENYA, G. I. ABOLMASOVA

Summary

On the phytogenous beaches of the Black Sea the most abundant species of Amphipoda-Talitroidea are *Orchestia bottae* M.-Edw. The maximum biomass of these animals reaches from 1/8 to 1/10 part of the total weight of substratum. The caloric value of *Orchestia* was determined simultaneously with a bomb calorimeter and chemical method of combustion. The variability in caloric content within the size group of *Orchestia* from 1 to 120 mg was relatively constant during the year. Mean annual caloric value of dry matter have been equal 4.7 Kcal/g. Between the caloricity of unit of ash-free weight (y) and content of organic matter in the animals in percent (x) a straight line relation was found: $y=0,0945x-2,55$. An increase of caloricity is connected with accumulation of the fat in the body and growth with age of animals.