



ISSN 1818-8575

1/2014

ВЕСЦІ БДУ



Серыя 3

ФІЗІКА

МАТЭМАТЫКА

ІНФАРМАТЫКА

БІЯЛОГІЯ

ГЕАГРАФІЯ

В.Ф. Кулеш,

доктор биологических наук,
профессор кафедры общей биологии БГПУ

ВЕЛИЧИНА ПИЩЕВОГО РАЦИОНА И ЕГО УСВОЯЕМОСТЬ У ДЕСЯТИНОГИХ РАКООБРАЗНЫХ

Введение. Десятиногие ракообразные (отряд Decapoda) являются важнейшими элементами пищевых цепей водных экосистем. Это ресурсные виды, которые традиционно ценятся на внутреннем и особенно мировом рынке как превосходный деликатесный продукт питания, а также сырье для легкой и фармацевтической промышленности.

Исследование закономерностей питания животных стало одной из важнейших задач современных трофологических исследований [1]. Подходы к изучению питания декапод отличаются большим разнообразием и зависят от особенностей самих животных и специфики их мест обитания. Достигнуты значительные успехи в исследовании состава пищевых спектров в естественных условиях обитания, разработки различного рода комбикормов и их усвояемости при ведении аквакультуры на всех этапах жизненного цикла. В подавляющем числе эти сведения касаются замены живых кормов или разработки разнообразных пищевых добавок к живым кормам при искусственном культивировании десятиногих ракообразных и особенно на начальных этапах онтогенеза [2–9].

В то же время необходимо отметить слабую изученность количественных закономерностей питания, хотя давно уже было признано, что низкая эффективность искусственных кормов обусловлена ограниченным знанием пищевых потребностей этих ракообразных [10–11]. В литературе имеются лишь отрывочные сведения по размеру суточного рациона, усвояемости при различной температуре для некоторых видов пресноводных креветок и речных раков [4–5; 12–18].

Прежде всего, возникает необходимость количественной оценки энергии, поступающей с пищей в организм, степени ее утилизации и дальнейшего распределения усвоенной энергии на энергетический обмен животных, их рост и другие физиологические процессы [1]. Ключевое значение этот аспект приобретает при энергетической оценке промысловых видов гидробионтов, их пищи и продуктов обмена, вы-

деляемых в окружающую среду, и особенно при оценке различных способов товарного культивирования. Оптимизация эффективности питания в аквакультуре зависит от оптимального размера рациона, адекватных физических особенностей пищи и возможности использовать местные, а следовательно, и более доступные корма. В этом отношении количественная оценка пищевых потребностей организма и усвояемости пищи помогает выявить не только наиболее существенные трофические связи в водных экосистемах, но и способствовать целенаправленному поиску в определении пищевых ресурсов при ведении аквакультуры.

Материалы и методика исследований.

По литературным данным приводится размер рациона и его усвояемость у представителей отряда десятиногих ракообразных со сравнительной оценкой собственных экспериментальных результатов. Анализировались данные в пределах оптимальных температур для различных видов декапод в интервале 15–25 °С. Объектом экспериментальных исследований явились два вида пресноводных креветок: восточная речная креветка, *Macrobrachium nipponense* (De Haan) (субтропический вид) и гигантская пресноводная креветка, *M. rosenbergii* (De Man) (тропический вид). Пищевые рационы определялись при температуре 25 °С у половозрелых особей. В качестве пищи креветкам предлагались естественные кормовые объекты из экосистемы водоема-охладителя Березовской ГРЭС. Это личинки хирономид, отловленные в земляных рыбоводных прудах, куда подавалась подогретая вода из теплового сбросного канала Березовской ГРЭС, брюхоногие моллюски из тех же прудов и отходы карпового комбикорма, которые осели на дно теплового сбросного канала при садковом содержании рыб.

Перед экспериментом креветки выдерживались без пищи одни сутки. Для проведения эксперимента креветок размещали индивидуально в аквариумах с аэрацией. Корм

предлагался в избытке. По разности между массой внесенного корма и его остатками в аквариумах определялся суточный рацион креветок.

Величина суточного рациона ($г$, $г$) определялась по уравнению, которое приводит Л.М. Сущенко [1], для расчета суточного рациона у фильтраторов, исключив в числителе величину объема пищевой взвеси:

$$r = \frac{(W_0 - W_1) \cdot 24}{nt}, \quad (1)$$

где W_0 – начальное количество корма, $г$; W_1 – количество корма в конце эксперимента, $г$; n – число животных; t – время экспозиции, час.

Измерения рационов креветок проводили в экспериментальных условиях. Для проведения экспериментов в специальные термостатированные установки с определенной температурой помещали кристаллизаторы. До начала опытов креветок выдерживали в них до полного освобождения содержимого желудков. Половозрелых особей содержали индивидуально, а молодь не более 10 экземпляров на 1 емкость. При этом отбирались животные приблизительно одного физиологического состояния (на середине межличиночного цикла).

Следует подчеркнуть, что корм вносился небольшими порциями несколько раз в течение времени экспозиции. Это давало возможность корректировать то количество корма, которое необходимо животному, и исключало его разложение, если корм находился в избытке и не потреблялся. Перед внесением в опытную емкость корм обсушивали на фильтровальной бумаге для удаления лишней влаги и взвешивали. Одновременно отбирали пробы корма на определение сухой массы и затем определяли его калорийность.

Величину усвояемости различных видов корма в широком диапазоне температуры рассчитывали по разности между потребленной и неусвоенной пищей, которая оценивалась по количеству выделенных фекалий [1]:

$$U^{-1} = \frac{P - f}{P} \cdot 100, \quad (2)$$

где U^{-1} – усвояемость, %; P – количество потребленной пищи, кал; f – количество неусвоенной пищи, кал.

Сбор фекальных пеллет производили через каждые три часа в течение времени экспозиции в дневное время суток и через 8 часов рано утром. Собранный материал высушивали в термостате при температуре 60 °С.

Калорийность креветок, креветочного корма и фекальных пеллет определяли методом мокрого сжигания в модификации А.П. Остапни [19].

Результаты и их обсуждение. Между массой тела ракообразных и количеством потребляемой пищи существует зависимость, которая может быть выражена степенным уравнением типа [20]:

$$r = aW^b, \quad (3)$$

где r – суточный рацион, $г$ экз⁻¹ сырой массы пищи; W – масса животного; a – константа, определяющая уровень потребления пищи в единицу времени при данных условиях, когда $W = 1$; b – угловой коэффициент, отражающий изменение величины рациона при возрастании массы животного.

В таблице 1 приведены величины суточных рационов пресноводных креветок, полученных в эксперименте на сбросной подогретой воде ТЭС в сравнительном аспекте с другими представителями декапод.

У креветок различной экологической принадлежности величина суточного рациона в зависимости от массы тела колеблется в очень широких пределах и составляет от 50,0 % от массы тела у ювенильных особей (*Penaeus japonicus*) и до 1,4 % у половозрелых креветок (*Pandalus kessleri*). У крабов уровень потребления пищи по сравнению с креветками значительно ниже. Размер суточного рациона колеблется от 20 % у мальков камчатского краба (*Paralithoides camtschatica*) и до 0,7 % от массы тела у взрослых крабов (*Eriphia spinifrons*). У речных раков этот показатель для ювенильных и половозрелых особей составляет 38,5 % от массы тела (*Astacus leptodactylus*) и 0,7 % (*Pacifastacus leniusculus*) соответственно.

Таблица 1 – Величина суточного рациона у десятиногих ракообразных

Вид	Масса тела, г	t °C	Суточный рацион, % от массы тела	Корм	Источник сведений
Креветки					
<i>Leander adspersus</i> (Rathke)	0,26 0,26	16 23	9,0–10,0 16,0	Личинки хирономид -«-	[4]
<i>L. adspersus</i> (Rathke)	0,26–0,34	15	8,3–6,5	Мелкие моллюски, трубочник	[33]
	0,26–0,34	20	15,5–12,1	-«-	
<i>L. adspersus</i> (Rathke)	2,5	20	4,2	Личинки хирономид	[18]
<i>Pandalus kesslery</i> Czerniavsky	0,2–26,3	16	6,9–1,4	Мелкие моллюски, детрит	[10]
<i>Penaeus merquensis</i> (De Man)	0,5–1,3	25	10,0–7,0	Комбикорм	[45]
<i>P. japonicus</i> (Bate)	0,1–20,3	25	50,0–5,0	Рыба, моллюски	[3]
<i>Macrobrachium lanchestery</i> (De Man)	0,42	20	4,5	Tubefex sp.	[42]
	0,72	20	7,9	Tubefex sp.	
	0,72	20	4,0	Водоросли	
<i>M. lamarrei</i> (H. Milne Edwfrds)	0,46	25	10,0	Гамбузия	[35]
<i>M. lar</i> (Fabr.)	16,4	28±10	12,5	Водоросли	[39]
	16,4	28±10	9,2	Комбикорм	
<i>M. nipponense</i> (De Haan)	0,1	25	42,7	Личинки хирономид	Собственные данные
	6,2	25	5,0	Личинки хирономид	
	8,8	25	6,1	Брюхоногие моллюски	
	10,0	25	6,9	Отходы карпового комбикорма	
<i>M. rosenbergii</i> (De Man)	0,03	25	37,4	Личинки хирономид	Собственные данные
	19,0	25	4,7	Личинки хирономид	
	19,1	25	2,9	Брюхоногие моллюски	
	19,0	25	3,4	Отходы карпового комбикорма	
<i>M. rosenbergii</i> (De Man)	2,0–3,0	–	30,0–23,0	Личинки хирономид	[15]
	15,0–20,0		10,0–7,0		
	25,0–40,0		7,0–5,0		
<i>M. rosenbergii</i> (De Man)	20,0–40,0	28–30	2,0–15,0	Рыбный фарш, комбикорм	[5]
<i>Metapenaeus dobsoni</i> (Miers)	0,3–0,45	20–25	10,0–5,0	Мидии	[49]
<i>M. monoceros</i> (Fabr.)	0,54	26–28	5,2	Рыба	[44]
<i>Palaemonetes pugio</i> (Holthuis)	0,16	20	10,1	Диатомовые водоросли	[34]
Крабы					
<i>Carcinus maenas</i> (L.)	20,0–85,0	20	3,0–1,4	Ставрида	[1]
<i>Eriphia spinifrons</i> (Fors.)	111,0–229	20	0,8–0,7	Ставрида	[1]
<i>Menippe mercenaria</i> (Say)	50,0–500	25–27	3,6–1,7	Половые железы мидий	[17]
<i>Pachigrapsus marmoratus</i> (Fabr.)	1,8–13,6	20	4,1–1,7	Половые железы мидий	[1]

Вид	Масса тела, г	t °C	Суточный рацион, % от массы тела	Корм	Источник сведений
<i>Paralithoides camtschatica</i> (Til.)	~4(малек)	10–13	15–20	Мясо кальмара, креветки, мидии	[5]
<i>Xanto hydrophilus</i> (Herbst.)	0,6–6,4	20	6,0–1,3	Половые железы мидий	[1]
Речные раки					
<i>Astacus astacus</i> (L.)	0,1	20±0,3	25,2	Сухой форелевый комбикорм	[11]
<i>A. astacus</i> (L.)	1,0 10,0	20 20	7,5 4,7	– –	[14]
<i>A. astacus</i> (L.)	0,04–0,13		36,8–15,0	Дафнии, хара Фарш из рыбы и селезенки	[19]
<i>A. leptodactylus</i> (Esch.)	30,0–35,0	–	2,0	–	[6]
<i>A. leptodactylus</i> (Esch.)	0,03–31,9	18–20	38,5–2,01	Кормосмесь АД-1*	[25]
<i>A. leptodactylus</i> (Esch.)	0,2 1,0	20–23 20–23	5,0 2,0	Комбикорм Комбикорм	[8]
<i>Pontastacus cubanicus</i> (Birst. et Winogr.)	17,8	20	6,4	Сырой корм	[24]
<i>Pacifastacus leniusculus</i> (Dana)	0,03–1,1	20±1	15,0–4,0	Лососевый комбикорм** и науплиусы артемии	[31]
<i>P. leniusculus</i> (Dana)	30,0	17	2,1–1,0	–	[23]
<i>P. leniusculus</i> (Dana)	45,6–100,0	20	2,5–0,7	Фарш из рыбы и селезенки	[12]

Примечание : * АД-1 (20 % пшеничные отруби, 10 % ячмень, 20 % шрот подсолнечниковый, 5 % шрот соевый, 12 % рыбная мука); ** лососевый комбикорм (белок 54 %, липиды 18 %, целлюлоза 0,08 %, зола 12 %, фосфор 1,8 %, витамин А).

Из таблицы 1 видно, что величина суточного рациона восточной речной креветки более чем в два раза выше, чем у креветок близкого экологического статуса: *M. lancesteri* и *M. lamarrei*. Рацион гигантской тропической креветки *M. rosenbergii*, наоборот, на порядок ниже, чем у одновозрастных особей индийской тропической креветки *M. malcolmsonii*. В какой-то мере такое различие можно объяснить различным потреблением пищи в течение межлиночного периода, на протяжении которого величина рациона может изменяться более чем в 5 раз [21]. Близкие к нашим данным по уровню потребления личинок хирономид гигантской пресноводной креветкой были позже получены в Астраханской области. Так, суточный рацион ювенильных особей 2–3 г в лабораторных условиях составил 23,0–30,0 %, а половозрелых креветок 5,0–10,0 % от массы тела [22]. Такие же рационы присущи половозрелым особям гигантской пресноводной креветки при культивировании в пластиковых бассейнах (t – 27–29 °C) [3].

По сравнению с другими представителями десятиногих раков уровень потребления пищи гигантской пресноводной креветки близок

к крабам (*Menippe mercenaria*), широкопалому (*Astacus astacus*) и длиннопалому раку (*A. leptodactylus*) [1; 5; 12; 23–24]. А суточный рацион кубанского рака (*A. leptodactylus cubanicus*) который, по мнению крупнейшего знатока речных раков С.Я. Бродского (цит. по [4]), является типичной формой длиннопалого рака Азовского бассейна у особей массой от 0,034 г до 31,9 г, изменяется в пределах 38,5 % – 2,01 % от массы тела [4], что полностью соответствует суточным рационам гигантской пресноводной креветки. Для всех представителей декапод наблюдается обратно пропорциональная зависимость размера суточного рациона от массы тела (таблица 1). Опираясь на данную тенденцию и близкие значения количества потребленной пищи в пределах оптимальных температур, можно установить общую ориентировочную закономерность изменения величины суточного рациона от массы тела в целом для отряда Decapoda.

На рисунке 1 приводится общая линия регрессии (логарифмическая зависимость), рассчитанная на основании данных таблицы 1, которая указывает на закономерное снижение относительных размеров рациона с увеличе-

нием массы тела в пределах отряда Decapoda. В численном виде, согласно уравнению 3, эта закономерность для отряда десятиногих ракообразных описывается как:

$r = 0,0748 W^{0,658} \quad (R^2 = 0,83), \quad (4)$

где *r* – суточный рацион, г сырой массы пищи; *W* – сырая масса животного, г.

О репрезентативности приводимых данных свидетельствует коэффициент детерминации (*R*²), который имеет достаточно высокое значение.

При ведении интенсивной, индустриальной аквакультуры крайне важно знать усвоенную часть рациона, то есть величину ассимиляции

потребленной пищи. Величина усвояемости подвержена воздействию ряда факторов: температуры, физиологического состояния, возраста животных и в известной степени зависит от типа питания. Величины усвояемости корма для отряда десятиногих ракообразных приводятся в таблице 2.

Наши экспериментальные данные показывают, что усвояемость различных видов массовых кормов из водоема-охладителя Березовской ГРЭС у восточной речной креветки и гигантской пресноводной креветки превышает 90 %.

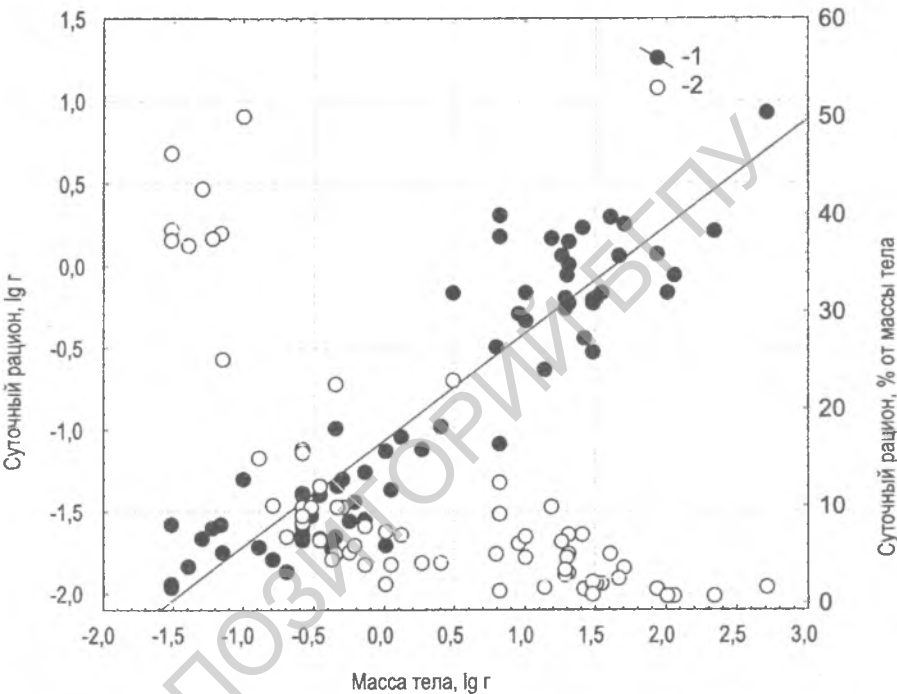


Рисунок 1 – Общая величина суточного рациона (*r*) в зависимости от массы тела (*W*) в пределах отряда Decapoda: прямая – общая линия регрессии величины суточного рациона от массы тела в логарифмической форме; 1 – суточный рацион, lg г; 2 – суточный рацион, % от массы тела

Таблица 2 – Усвояемость пищи (U-1) у десятиногих ракообразных

Вид	Масса тела, г	t °C	U-1, %	Вид корма	Источник сведений
Креветки					
<i>Caridina veberi</i> (De Man)	0,1	25	75,2	Малощетинковые черви (<i>Tubefex</i> sp.)	[43]
<i>Macrobrachium lar</i> (Fabr.)	16,4	28±10	97,0	Водоросли	[39]
			79,0	Свиной комбикорм	
<i>M. lanchesteri</i> (De Man)	0,53	25	73,0	<i>Tubefex</i> sp.	[42]
	0,42	27	79,0	<i>Tubefex</i> sp.	
<i>M. nipponense</i> (De Haan)	1,12±0,1	25	95,1±2,5	Личинки хирономид	Собственные данные
	3,15±0,15	25	96,8±1,5	Личинки хирономид	
	2,50±0,94	25	91,7±2,4	Брюхоногие моллюски	
	1,70±0,57	25	89,6±4,2	Отходы комбикорма	

Вид	Масса тела, г	t °C	U ⁻¹ , %	Вид корма	Источник сведений
<i>M. rosenbergii</i> (De Man)	12,46±3,35	25	96,1±3,9	Личинки хирономид	Собствен- ные данные
	13,20±3,35	25	94,6±5,2	Брюхоногие моллюски	
	13,15±3,35	25	90,6±4,9	Отходы комбикорма	
<i>M. rosenbergii</i> (De Man)	55,56±21,75	26–28	82,5±5,2	Креветочный комбикорм	[30]
<i>Metapenaeus monoceros</i> (Fabr.)	0,1	27	89,9	Науплиусы артемии	[44]
<i>M. monoceros</i> (Fabr.)	0,1	20–25	92,6	Свежие листья мангров	[47]
<i>M. monoceros</i> (Fabr.)	0,2	27	87,1	Комбикорм	[44]
	0,5	27	93,3	Рыбный фарш	
Крабы					
<i>Carcinus maenas</i> (L.)	44,1	20	98,7	Ставрида	[1]
<i>Eriphia spinifrons</i> (Fors.)	150,0	20	92,9	Ставрида	[1]
<i>Menippe mercenaria</i> (Say)	280,0	25–27	97,8	<i>Opisthonema oglinum</i>	[17]
<i>Pachigrapsus marmoratus</i> (Fabr.)	3,9	20	98,0	Половые железы мидий	[1]
<i>Rhithropanopeus harrisi</i> (Gould)	2,5	20–22	95,0	<i>Jdotea baltika</i>	[22]
<i>Xanto hydrophilus</i> (Herbst.)	4,5	20	97,0	Половые железы мидий	[1]
Речные раки					
<i>Astacus leptodactylus</i> (Esch.)	20–50	17–20	44,0– 64,0	—	[13]
<i>Pontastacus cubanicus</i> (Birst. et Winogr.)	30–40	18–20	60,0	Кормосмесь АД-1	[24]

Для первого вида этот показатель колеблется в пределах 89,6±4,18 и 96,8±1,51 %. Усвояемость личинок хирономид достоверно выше U⁻¹ брюхоногих моллюсков и отходов карпового комбикорма (t = 3,128; p = 0,005) и (t = 3,187; p = 0,005) соответственно. Достоверных различий в величине усвояемости двух последних видов корма не обнаружено (t = 1,855; p = 0,081).

Ближние значения величины усвояемости характерны и для гигантской пресноводной креветки. Достоверные отличия отмечены только между усвояемостью личинок хирономид и отходов комбикорма (t = 3,108; p = 0,038). Если сравнить между двумя видами креветок величину усвояемости различных видов кормов (то есть один вид корма с таким же), то статистически достоверных различий не установлено (p > 0,05).

По сравнению с другими видами пресноводных креветок ближе всего к нашим данным величина ассимиляции потребленной пищи у *Macrobrachium lar*, которая составляет 97 % [16]. Однако эти данные вызывают некоторое сомнение, поскольку речь идет о растительном корме, усвояемость которого никак не может быть выше животного. Ниже уровень усвояемости корма у *Caridina veberi* и *M. lanchesteri* при потреблении тубифицид [18]. Очень близка к нашим данным величина ас-

симиляции пищи морской креветкой *Metapenaeus monoceros*. Независимо от массы тела и вида корма (науплиусы артемии, листья мангров, рыба, комбикорм) U⁻¹ находится в пределах 89,9–93,3 % [25–26].

В отличие от креветок у других представителей десятиногих ракообразных – крабов, особенно с хищным типом питания, – величина ассимиляции пищи достигает еще большей величины – 93–99 % [1; 27]. Такой высокий уровень эффективности ассимиляции у десятиногих ракообразных Л.М. Суцены [1] объясняет способностью в большой мере регулировать процесс питания и поддерживать достаточно стабильный уровень усвояемости.

Немногочисленные данные, приведенные в таблице 2, показывают, что самые низкие показатели усвояемости пищи характерны для речных раков. Для двух видов *Astacus leptodactylus* и *Pontastacus cubanicus* величина ассимиляции потребленной пищи колеблется в пределах 44–66 %. Очевидно, эти данные требуют серьезной экспериментальной проработки и уточнения.

Чрезвычайно мало сведений о воздействии абиотических и биотических факторов среды на величину U⁻¹ у десятиногих ракообразных; к тому же они довольно противоречивы. Влияние одного из ключевых факторов при ведении аквакультуры – плотности на

усвояемость тубифицид индийскими пресноводными креветками *Caridina veberi* и *Macrobrachium lanchesteri* – приводит Р. Понничейм с соавторами [18]. Для этих видов прослеживается четкая тенденция увеличения U^{-1} с возрастанием плотности, причем величина эффективности ассимиляции для *Caridina veberi* с возрастанием плотности от 7 до 167 экз./м² возрастает почти в два раза.

Большинство исследователей отмечают постоянство эффективности ассимиляции пищи в широком спектре температур. Например, по данным Г.А. Финенко [28], для *Idotea baltika* в весьма широком температурном интервале, от 5 до 28 °С, характерна постоянная величина усвояемости пищи. Аналогичная закономерность прослеживается для планктонных и донных беспозвоночных, личинок стрекоз [29–31].

Экспериментальные данные по усвояемости предпочитаемого вида корма (личинки хирономид) *M. nipponense* (рисунок 2) позволяют сделать вывод об относительном постоянстве этого показателя при различной температуре и независимо от возраста. Средняя величина усвояемости личинок хирономид для трех возрастных групп восточной речной креветки: а – масса тела $0,226 \pm 0,019$ г (s. d.); б – $1,120 \pm 0,101$ г; в – $3,158 \pm 0,153$ г изменяется в температурном интервале 10–35 °С совершенно незначительно, от $91,7 \pm 4,58$ % (s. d.) до $96,9 \pm 1,97$ %.

Однако в условиях низкой температуры – 10 °С – наблюдается некоторое снижение U^{-1} . Наиболее четко эти различия, которые статистически достоверны ($P < 0,05$), прослеживаются для ювенильных особей (рисунок 2а). Для двух групп половозрелых креветок статистически значимые различия

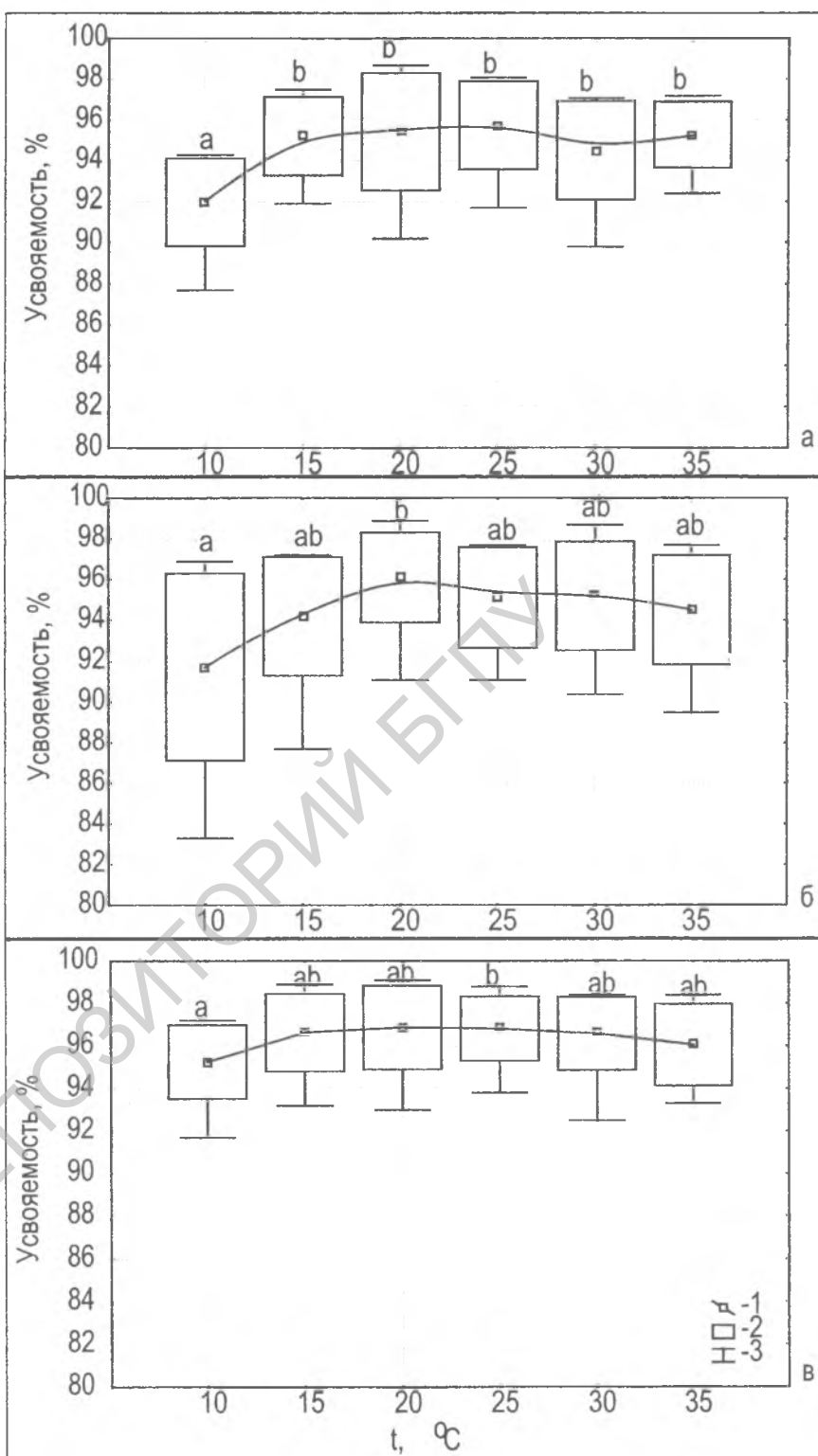


Рисунок 2 – Усвояемость пищи ювенильными (а) и половозрелыми (б, в) особями восточной речной креветки в зависимости от температуры: 1 – среднее значение; 2 – стандартное отклонение; 3 – минимальное и максимальное значения; различные буквы указывают на статистически значимые различия

($P < 0,05$) величины усвояемости от температуры характерны при 10 и 20 °С (рисунок 2б), при 10 и 25 °С (рисунок 2в). Очевидно, при низкой, несвойственной субтропическому виду, температуре происходит замедление ферментативных реакций, обеспечивающих эф-

фективность усвоения пищи. Идентичные данные были получены ранее И.Н. Солдатовой и др. [32] для краба *Rhithropanopeus harrisi*. Было показано, что при возрастании температуры от 18 до 28 °C U^{-1} равна 92 и 96 % соответственно.

Вместе с тем нельзя не обратить внимание на многие случаи незакономерных колебаний усвояемости у одних и тех же видов животных. Причины таких колебаний, как правило, установить невозможно. Они могут быть вызваны как действительными различиями, так и чисто экспериментальными ошибками [1].

Так, в исследовании Эчитау и Кука [33] было показано, что с повышением температуры от 15 до 25 °C усвояемость пищи теплолюбивой креветкой *Palaemon pacificus* резко понижается от 88,5 до 48,5 % соответственно. Обращает на себя внимание и то, что U^{-1} определялась непрямым методом, а как разность между величиной потребленной и ассимилированной энергии, что само по себе во многих случаях приводит к несходимости энергобаланса. Более того, энергобаланс составлен некорректно, поскольку в величину ассимилированной энергии была включена неусвоенная часть рациона (жидкая экскреция и т. д.). Вследствие этого и усвояемость пищи *P. pacificus* при высокой температуре явно занижена.

Способность животных поддерживать постоянный уровень ассимилированной пищи в широком интервале температур имеет вполне объяснимый экологический смысл, который может быть обусловлен несколькими факторами. Во-первых, постоянство усвояемости обусловлено изменением концентрации ферментов и появлением новых при адаптации к низким температурам [34]. Во-вторых, как полагают некоторые авторы [35], уменьшение скорости переваривания пищи по мере снижения температуры приводит к более длительному пребыванию ее в кишечнике, что позволяет ферментативным реакциям переваривания и адсорбции экстрагировать примерно ту же часть энергии, что и при более высокой температуре.

Заключение. На основании собственных экспериментальных исследований и анализа литературы рассчитана обратно пропорциональная зависимость величины пищевого суточного рациона от массы тела в пределах отряда Decapoda, которая репрезентативно описывается степенным уравнением. Установленная зависимость позволяет ориентировочно оценить уровень потребления пищи десятиногими ракообразными при питании различными видами корма в температурном

интервале 15–25 °C в естественных условиях и при ведении индустриальной аквакультуры.

Величина усвояемости пищи десятиногими ракообразными находится на высоком уровне и в большинстве случаев превышает 90 %. Экспериментальные данные по усвояемости предпочитаемого вида корма (личинки хирономид) восточной речной креветкой *M. nipponense* позволяют сделать вывод об относительном постоянстве этого показателя при различной температуре и независимо от возраста животных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сушеня, Л.М. Количественные закономерности питания ракообразных / Л.М. Сушеня. – Минск: Наука и техника, 1975. – 208 с.
2. Алехнович, А.В. Особенности питания и значение растительной и животной пищи в рационе речных раков / А.В. Алехнович // Природные ресурсы. – 2009. – № 1. – С. 62–74.
3. Ковачева, Н.П. Воспроизводство и культивирование морских и пресноводных ракообразных отряда Decapoda: автореф. ... дис. д-ра биол. наук: 03.00.18 / Н.П. Ковачева; Всерос. науч.-исслед. ин-т рыбн. хоз-ва и океанографии (ВНИРО). – М., 2006. – 55 с.
4. Черкашина, Н.Я. Динамика популяций раков родов *Pontastacus* и *Caspiastacus* (Crustacea, Decapoda, Astacidae) и пути их увеличения / Н.Я. Черкашина. – М.: ФГУИП «Нацрыбресурс», 2002. – 257 с.
5. Черкашина, Н.Я. Сборник инструкций по культивированию раков и динамике их популяций / Н.Я. Черкашина. – Ростов н/Д.: ФГУП «АзНИИРХ», 2007. – 118 с.
6. Goddard, J.S. Food and feeding / J.S. Goddard // Freshwater crayfish: biology, management and exploitation / ed. D.M. Holdich and R.S. Lowery, Croom-Helm, London. – 1988. – P. 145–166.
7. A successful microbound diet for the larval culture of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* / E.E. Kovalenko [edc.] Buddington // Aquaculture. – 2002. – Vol. 210. – P. 385–395.
8. New, M.B. Farming freshwater prawns: a manual for the culture of the giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) / M.B. New // Rome: FAO, Fisheries Techn. Pap. Food and agriculture organization of the united nations. – 2002. – № 428. – 212 p.
9. Effects of larval stocking density and feeding regime on larval rearing of giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) / D.T. Nhan [edc.] // Aquaculture. – 2010. – Vol. 300. – P. 80–86.
10. Harms, J. Larval development and survival in seven decapod species (Crustacea) in relation to laboratory diet / J. Harms, B. Seeger // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. – 1989. – Vol. 133. – P. 129–139.
11. Sorgeloos, P. Improved larviculture outputs of marine fish, shrimp and prawn / P. Sorgeloos, P. Leger // J. of World Aquac. Soc. – 1992. – Vol. 23. – P. 251–264.
12. Раководство и раководство на водоемах европейской части России: справочник / О.И. Мицкевич (общая ред.) [и др.]. – СПб.: ФГНУ ГосНИОРХ, 2006. – 207 с.
13. Araujo, M.C. Feeding habit of the Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum* larvae / M.C. Araujo, W.C. Valenti // Aquaculture, 2007. – Vol. 265. – P. 187–193.

14. *Gomes, S.Z.* Dieta referencia para estudo de nutricao com a camarao de agua doce (*Macrobrachium rosenbergii*) / S.Z. Gomes, P. M. C. Gonzalez // *Rev. Soc. Bras. Zootecn.* – 1997. – Vol. 26, № 5. – P. 853–857.
15. *Katre, S.* Effects of different feeding levels on molting, growth and conversion efficiency of *Macrobrachium lamarrei* / S. Katre, R.S. Reddy // *Hydrobiologia.* – 1976. – Vol. 50, № 3. – P. 239–243.
16. *Nelson, S.G.* Ammonia excretion and nitrogen assimilation by the tropical freshwater prawn *Macrobrachium* lar (Crustacea, Palaemonidae) / S.G. Nelson, R.K. Kropp // *Comp. Biochem. and Physiol.* – 1985. – Vol. A 81, № 3. – P. 699–704.
17. *Ponnuchamy, R.* Effects of quality of food on the ammonia excretion of a freshwater prawn, *Macrobrachium lanchestery* (De Man) / R. Ponnuchamy, R.S. Reddy, S. Katre // *Hydrobiologia.* – 1981. – Vol. 77, № 1. – P. 77–80.
18. *Ponnuchamy, R.* Comparative studies on the effects of population density on moult production food conversion in the freshwater prawns / R. Ponnuchamy, R.S. Reddy, S. Katre // *Proc. Indian Acad. Sci. (Anim. Sci.).* – 1984. – Vol. 93, № 6. – P. 517–525.
19. Методы определения продукции водных животных: метод. рук. и материалы / ред. Г.Г. Винберг. – Минск: Вышэйш. шк., 1968. – 245 с.
20. *Сущенко, Л.М.* Потребление пищи как функция веса тела у ракообразных / Л.М. Сущенко, Н.Н. Хмелева // *Докл. АН СССР.* – 1967. – Т. 176. – № 6. – С. 1428–1436.
21. *Кулеш, В.Ф.* Биология культивирования промысловых видов пресноводных креветок и речных раков на теплых водах / В.Ф. Кулеш. – М.: Новое знание, 2012. – 328 с.
22. *Сальников, Н.Е.* Некоторые особенности питания гигантской пресноводной креветки (*Macrobrachium rosenbergii*) / Н.Е. Сальников, М.Э. Суханова // *Вест. Астрахан. гос. техн. ун-та. Серия «Рыбное хозяйство»:* сб. науч. тр. – Астрахань, 2000. – С. 139–144.
23. Методические указания по культивированию посадочного материала раков в заводских условиях и увеличению ракопродуктивности естественных водоемов путем вселения молоди раков / Е.Н. Александрова, Р.И. Балашов, С.И. Веселовзоров [и др.]. – М.: Россельхозакадемия, 1994. – 68 с.
24. *Цукерзис, Я.М.* Речные раки / Я.М. Цукерзис. – Вильнюс: Мокслас, 1989. – 140 с.
25. *Royan, J.P.* Food conversion efficiency in the shrimp *Metapenaeus monoceros* (Fabr.) fed on different foods / J.P. Royan, V. Sumitra, M.V. Wafar // *Indian J. Mar. Sci.* – 1977. – Vol. 6, № 6. – P. 100–102.
26. *Sumitra, V.* Conversion efficiency in the shrimp, *Metapenaeus monoceros* (Fabr.), fed decomposed mangrove leaves / V. Sumitra, V. Ramadhas // *Indian J. Mar. Sci.* – 1980. – Vol. 9, № 2. – P. 123–125.
27. *Аболмасова, Г.И.* Питание и анализ некоторых элементов баланса энергии у черноморских крабов / Г.И. Аболмасова // *Гидробиологический журнал.* – 1970. – Т. 6. – № 6. – С. 62–70.
28. *Финенко, Г.А.* Действие температуры на основные трофические характеристики *Jdotea baltica* (Pallas) / Г.А. Финенко // *Экология.* – 1980. – № 6. – С. 53–60.
29. *Dagg, N.J.* Complete carbon and nitrogen budgets for the carnivorous amphipod *Calliopius lacvisculus* (Kroyer) / N.J. Dagg // *Hydrobiologia.* – 1976. – Vol. 61, № 3. – P. 297–354.
30. *Kibby, H.V.* Energetics and population dynamics of *Diaptomus gracilis* / H.V. Kibby // *Ecol. Monogr.* – 1971. – Vol. 41. – P. 311–327.
31. *Lawton, J.H.* Feeding and food energy assimilation in larvae of the damselfly *Pyrrocoma nymphula* (Suls.) (Odonata, Zygoptera) / J.H. Lawton // *J. Animal. Ecol.* – 1970. – Vol. 39. – P. 676–680.
32. Усвояемость растительной и животной пищи высшими ракообразными в различных условиях среды / И.Н. Солдатов [и др.] // *ДАН СССР.* – 1969. – Т. 184. – № 6. – С. 1425–1428.
33. *Achituv, Y.* The influence of temperature variations and thermal pollution on various aspects of the biology of the prawn *Palaemon pacificus* (Stimpson) / Y. Achituv, P.A. Cook // *J. Exp. Mar. Biol. and Ecol.* – 1984. – Vol. 74. – P. 291–302.
34. *Хочачка, П.* Стратегия биохимической адаптации / П. Хочачка, Дж. Сомеро. – М.: Мир, 1977. – 398 с.
35. *Targett, T.E.* The effect of temperature and size on digestive efficiency in *Fundulus heteroclitus* (L.) / T.E. Targett // *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* – 1979. – Vol. 36, № 2. – P. 179–186.

SUMMARY

The dependence of the volume of daily food ration of body weight within the squad Decapoda was calculated, which is representatively described by the order of equation. This allows to estimate approximately food consumption decapod crustaceans with different types of food nutrition in the temperature range 15–25 °C in vivo and after conduction of the industrial aquaculture. The value of the digestibility of decapod crustaceans is high and in most cases exceeds 90 %. This figure is relatively constant at different temperatures and does not depend on the age of the animals.

Поступила в редакцию 15.01.2014 г.