

594.124

P 83

И. И. Руднева

# АРТЕМИЯ

Перспективы  
использования  
в народном  
хозяйстве



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

ПРОВ 98

ПРОВ 2010

И. ИРРУДНЕВА

АРТЕМИЯ.  
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Институт биологии  
Южных морей им. УССР

БИБЛИОТЕКА

№ 36956

Киев Наукова думка 1991

УДК 594.124. (262.5)

**АРТЕМИЯ. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ /**  
*Руднева И.И.; Отв. ред. Овен Л.С.; АН УССР. Ин-т биологии южных морей*  
 им. А.О.Ковалевского. -- Киев : Наук.думка, 1991. -- 144 с. -- ISBN 5-12-002527-7.

Монография посвящена жаброному рачку артемии, который находит все большее применение в хозяйственной деятельности человека. Представлены сведения о химическом составе рачка, а также влиянии различных факторов на его формирование. Приведены примеры эффективного использования артемии и ее продуктов в качестве корма для подращиваемых в искусственных условиях личинок рыб, крабов и креветок. Особое внимание уделено вопросам биотехники выращивания рачка. Рассмотрена возможность очистки сточных вод, утилизации сельскохозяйственных отходов, термальных вод энергетических объектов.

Для гидробиологов, экологов, специалистов по аквакультуре, работников рыбного хозяйства.

Ил. 14. Табл. 61. Библиогр.: с.132-139 (146 назв.).

Ответственный редактор Л.С.ОВЕН

*Утверждено к печати ученым советом  
 Института биологии южных морей им. А.О.Ковалевского АН УССР*

Редакция биологии

Редактор Т.Д. Станишевская

Р 1903040100-232 337-91  
 М221 (04) -91

ISBN 5-12-002527-7

© И.И.Руднева, 1991

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящее время для решения продовольственного вопроса основное внимание уделяется развитию интенсивных технологий, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов. Одной из наиболее перспективных отраслей является аквакультура, позволяющая в достаточно короткие сроки получать такие ценные продукты питания, как лососевые, сиговые, карповые и камбаловые рыбы, а также креветки и моллюски. В СССР аквакультура развивается в основном экстенсивно, т.е. за счет расширения площади прудов и морских акваторий, заселенных ценными видами рыб, ракообразных и моллюсков, а также ввода в строй новых рыбоводных предприятий. Наряду с этим существуют также интенсивные методы развития отрасли, основанные на разработке комплекса мероприятий, направленных на получение более дешевой продукции в достаточно короткие сроки. Кроме чисто технических разработок, связанных с совершенствованием систем аквакультурных хозяйств, способов сбора продукции, технологии ее обработки и хранения, особое значение приобретают эколого-физиологические исследования, направленные на создание оптимальных условий роста, развития и воспроизводства выращиваемых гидробионтов. Одним из ключевых моментов в решении этой задачи являются поиск и применение полноценных и эффективных кормов.

Известно, что наиболее благоприятны для роста и развития рыб и ракообразных, культивируемых в искусственных условиях, живые корма: одноклеточные водоросли, коловратки *Brachionus*, клadoцеры *Moina*, *Daphnia*, *Diaphanosoma*, копеподы *Eurytemora*, *Tigriopus*, *Tisbe*, а также жаброногий рачок *Artemia*. Последнему объекту уделяется все большее внимание, так как более 80 % гидробионтов, выращиваемых в мире, на одной из стадий развития используют его в качестве корма.

Уникальность артемии как кормового объекта объясняется ее неприхотливостью (рачок распространен в соленых водоемах всего мира), устойчивостью к действию неблагоприятных факторов (яйца не теряют жизнеспособность при  $-273^{\circ}\text{C}$  и  $100^{\circ}\text{C}$ , она может жить и размножаться в условиях низкого содержания кислорода, широких колебаний температуры, pH среды и солёности). Все это позволяет

получать биомассу артемии, ее цисты и науплиев, варьируя условия ее содержания и выращивания. Кроме того, цисты артемии могут храниться длительное время, при необходимости из них можно получить науплиев, используемых непосредственно в качестве корма для объектов аквакультуры. Полноценный биохимический состав артемии, неселективное питание, сравнительно малые размеры (0,3–0,5 мм у науплиев), мягкий наружный скелет, возможность культивирования при высокой влажности (10 000 и более экз/л), высокая плодовитость делают ее эффективным кормовым объектом. Пищевые достоинства артемии издавна привлекают к ней внимание аквариумистов, а с развитием маринкультуры — специалистов в этой области хозяйства. Более того, в настоящее время артемия также стала объектом интенсивного культивирования и потенциальным источником получения высококачественного белка, аминокислот, полиненасыщенных жирных кислот и биологически активных соединений. Артемия, являясь хорошим фильтратором, очищает воду, способствует улучшению процессов кристаллизации соли и образованию лечебных грязей в водоемах. Фильтрационная способность артемии используется в биологических системах очистки сточных вод, а также для анализа загрязненности водной среды, утилизации отходов сельскохозяйственной и пищевой промышленности, тепла энергетических объектов.

Уникальность артемии как объекта современной биотехнологии была оценена в 70–80-е годы. В результате был создан Референтный центр "Артемия" (Гент, Бельгия), который проводит большую координационную работу, а также фундаментальные и прикладные исследования различных рас артемии из известных в мире источников. Референтный центр "Артемия" активно распространяет и внедряет опыт выращивания ракообразных в естественных и искусственных условиях. В этом плане широкую известность приобрели успехи, достигнутые в области разведения артемии в странах Юго-Восточной Азии, Бразилии, США, Франции, Испании, где продукты, получаемые из артемии, экспортируются и могут использоваться не только как корм для рыб и креветок, но и после соответствующей обработки и в пищу человека.

В СССР также имеется много водоемов, где обитает артемия. Однако до настоящего времени сбор яиц и биомассы ракообразного налажен в производственных масштабах только в Алтайском крае и Казахстане. На некоторых рыбоводных заводах, в рыбколхозах артемию и ее науплиев используют в качестве живого корма для мальков осетровых и карповых рыб. При этом заготовка и очистка цист в малых количествах производятся в оз. Сиваш и Присивашских водоемах.

Крымская область, благодаря наличию множества соленых озер, и прежде всего такого уникального водоема, как Сиваш, обладает огромными запасами артемии. Кроме того, вегетационный период артемии в Крыму составляет 220–240 дней, в Сиваше — 2/3 года, в отличие от других районов обитания ракообразного в нашей стране. Это означает,

что практически в течение всего года в оз. Сиваш и других крымских соленых водоемах можно получать продукцию артемии в виде биомассы или цист. Реализация этой возможности облегчается тем, что в районе Сиваша и ряде других соленых озер функционируют предприятия химической промышленности, солезаводы и сольпромы, которые при минимальных затратах в качестве побочной продукции могут поставлять такой ценный продукт, как биомасса артемии и ее цисты, для нужд рыбоводства, а также ряда отраслей сельского хозяйства. Исследования, проведенные нами на различных расах артемии из крымских водоемов (озера Аджиголь, Чонгар, пруды-испарители Генического солезавода и бывшего Сивашского сольпрома), показали высокую кормовую ценность артемии и ее цист, характеристики выклева, не уступающие некоторым коммерческим расам, простоту культивирования и разведения в искусственных установках.

Все сказанное дает основание считать, что Крымская область обладает уникальными ресурсами в плане развития артемиеводства и его включения в хозяйственную структуру района с целью рационального использования биологических ресурсов соленых водоемов, и прежде всего Сиваша, обеспечения кормовой базой культивируемых объектов аква- и марикультуры, других сельскохозяйственных животных, а также разработки и внедрения биологических систем очистки.

Автор выражает благодарность за ценные замечания и советы при написании монографии докторам биологических наук Л.С.Овен, К.М.Хайлову, Е.Б.Маккавеевой, кандидатам биологических наук Л.И.Лебедевой и Л.В.Спекторовой, а также за помощь в проведении полевых и экспериментальных исследований — кандидату географических наук В.И.Тимошуку, старшим инженерам Л.М.Сергеевой и О.Б.Спиранди, за помощь в математической интерпретации результатов — кандидату биологических наук Д.С.Парчевской и В.А.Морочковскому.

## ГЛАВА 1. КОРМОВАЯ ЦЕННОСТЬ АРТЕМИИ

Ценность артемии определяется ее химическим составом, который характеризуется достаточно высоким содержанием белков, жиров, незаменимых аминокислот и жирных кислот, витаминов, гормонов, других биологически активных соединений. Состав и соотношения этих компонентов изменяются в процессе онтогенеза ракообразного, а также зависят от расы артемии. Будучи хорошим фильтратором, рачок способен накапливать в больших количествах токсичные вещества, попадающие во внешнюю среду в результате хозяйственной деятельности человека, что необходимо учитывать при использовании его в качестве корма для личинок рыб, крабов и креветок. Таким образом, на биохимический состав артемии существенное влияние оказывают абиотические и биотические факторы среды, подбор и сочетание которых дают возможность формировать качество ее биомассы в условиях искусственного выращивания.

### ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАЧКА

**Основные биогенные элементы.** Количественное содержание основных биогенных элементов и их соотношение заметно изменяются в процессе онтогенеза ракообразного (табл. 1) [110]. Особо следует отметить снижение содержания углерода у науплиев в период развития на стадиях 1—4, что объясняется процессами самопереваривания мандибул и спецификой механизмов пищеварения. Наши исследования, проведенные на артемии из водоемов Генического солезавода (Крым), показали, что содержание углеводов в процессе онтогенеза рачка увеличивается от 28,42 % в цистах до 39,92 — в науплиях и 35,99 % у взрослых особей. Количество азота изменяется в меньшей степени, имея тенденцию к увеличению: 6,51, 7,82 и 8,54 % соответственно. При этом азот, входящий в состав белков, составляет 32,69 — 45,10 % у взрослых и до 57,56 % у науплиев. Содержание азота в составе суммы небелковых соединений колеблется по данным различных авторов от 16 до 54,5 %, на долю хитина приходится 4 % [1].

Таблица 1. Содержание общего углерода, азота и фосфора, % к сухой массе, и соотношение С : N : P (дано в скобках) артемии, находящейся на различных стадиях развития (по [110])

Стадия развития	Углерод	Азот	Фосфор
Цисты	50,75 (100)	6,57 (12,95)	0,57 (1,13)
Наушнии, стадия			
1	55,60 (100)	9,21 (16,56)	13,4 (2,41)
2	27,50 (100)	8,09 (29,42)	1,24 (4,51)
4	9,70 —	9,05 —	1,59 —
8	45,10 (100)	8,76 (19,42)	1,42 (3,15)
11	44,40 (100)	8,41 (18,94)	1,37 (2,09)
Взрослые	42,90 (100)	5,23 (12,19)	1,15 (2,68)

Нами установлено, что соотношение С : N и процентное содержание азота и углерода отличаются в цистах артемии из различных природных источников (табл. 2). Из приведенных данных можно заключить, что наибольшее количество азота содержится в сивашских расах артемии. Однако соотношение С : N может изменяться в цистах, собранных в одном водоеме, но в разные периоды. Так, например, в яйцах артемии, собранных в водоемах Генического солезавода в 1985 г., содержится в 1,4 раза больше углерода и в 1,6 раза больше азота, чем в пробах, собранных в 1984 г. Таким образом, на всех стадиях развития артемия содержит достаточно высокое количество азота, что определяет ее значительную кормовую ценность.

Таблица 2. Содержание общего углерода и азота, % к сухой массе, и соотношение С : N в цистах артемии из различных природных источников (по [38])

Природный источник	Углерод	Азот	С : N
Пруды-испарители	28,60	5,09	100 : 17,79
Генического солезавода (Восточный Сиваш) **	40,71	8,37	100 : 20,56
Бассейны бывшего Сивашского сольпрома (Западный Сиваш)	43,17	9,76	100 : 22,84
Оз. Аджиголь	15,89	3,35	100 : 21,09
Оз. Чонгар	40,25	6,14	100 : 15,25
Восточная часть Каспийского моря (район г. Шевченко) *	43,84	7,44	100 : 16,98

\* Цисты для исследования были предоставлены старшим научным сотрудником кафедры гидробиологии МГУ Л.И. Лебедевой.

\*\* Исследования проводили в 1984 г., в остальных случаях — в 1985 г.

Вода. Количество воды значительно варьирует в процессе развития артемии: в покоящихся яйцах содержание воды составляет 60,0–78,2%, в наушниях — до 68, у взрослых особей достигает 83,8–90,0% [1, 19, 21, 47]. Наши данные также позволили установить, что содержание

воды в цистах рачка из оз. Аджиголь составляет 76,69 %, из водоемов Генического солезавода – 58,48, тогда как во взрослых особях – 61,5 %.

Различная степень гидратации цист артемии влияет на состояние обменных процессов и служит основным стимулирующим фактором метаболизма в развивающемся яйце [71]. Обнаружено, что только при содержании воды в цистах 65 % происходит активация метаболизма, обуславливающая вылупление эмбриона [70]. Благодаря уникальной способности цист артемии переходить в состояние гидратации – дегидратации они обладают повышенной устойчивостью к действию экстремальных температур: при высушивании яиц в атмосфере азота при  $-196^{\circ}\text{C}$  они не теряют способности к вылуплению [87]. Предполагают, что вода выполняет защитную функцию, способствуя сохранению жизнеспособности цист даже после воздействия на них высоких доз гамма-облучения.

**Металлы.** Изучение состава минеральных веществ артемии представляет особый интерес для анализа аккумулирующей способности этого ракообразного и его фильтрационных свойств. Металлы входят в состав некоторых белков – гемоглобина, гемоцианина, цитохромов, выполняющих важные биологические функции. Содержание металлов в артемии изменяется в процессе онтогенеза и во многом зависит от места обитания ракообразного (табл. 3).

Таблица 3. Содержание металлов в цистах, науплиях и взрослых особях артемии из различных источников, мкг/г сухой массы (по [19], [109])

Металл	Бразилия		Австралия		Италия		США, Юта		США, Калифорния		СССР, оз. Карачи, Новосибирск
	Цисты	Науплии	Цисты	Цисты	Науплии	Цисты	Науплии	Цисты	Науплии	Взрослые	
Fe	804	62	820	1860	70	800	47	1380	46	1846	
Zn	59	82	144	125	104	81	102	78	98	0	
Pb	8,9	0	2,1	17	3,0	5,0	6,2	6,6	3,8	0	
Cu	4,7	6,3	4,6	14,0	9,2	42,0	8,2	10,2	10,8	0	
Cd	0,02	0,15	0,15	0,09	0,12	0,28	0,14	0,26	0,10	0	
Cr	0	1,4	1,8	3,7	0,66	2,0	1,1	4,4	0,48	0	
Ni	0,23	0,29	0,50	4,0	0,09	2,9	0,70	6,6	0,12	0	
Co	0,35	0,38	0,20	1,6	0,14	0,34	0	1,9	0	0	
Sc	0,02	0	0,01	0,41	0	0,03	0	0,31	0	0	
Sb	0,53	0	0,53	0	0	0	0	0	0	0	
Cs	1,4	0	1,2	1,2	1,0	1,5	2,1	2,3	0,83	0	
Rb	6,5	1,2	0	0	7,5	23,0	23,0	9,1	6,5	0	
Ca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2272	
Mg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2802	
Si	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4211	
Al	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6066	

**Таблица 4. Содержание металлов в цистах, наушниках и взрослых особях артемии из соленых водоемов Крыма и Каспия, мкг/г сухой массы**

Источник	Год	Металл							
		Cd	Pb	Sn	Cu	Zn	Fe	Sr	Hg
<b>Водоемы Генического солезавода</b>									
цисты	1984	0	1,26	192,55	61,06	159,38	2813,25	0	0
	1985	1,56	1,18	147,95	9,02	343,59	860,70	0	0
	1986	0	2,21	283,27	41,35	233,60	2966,96	116,43	0,06
наушники	1986	0	11,56	559,52	43,93	0	314,09	0	0
взрослые из природной среды	1986	0	9,40	85,91	24,17	0	2119,47	130,20	0
взрослые, выращенные в культиваторе	1986	0	6,36	218,22	61,44	97,46	362,28	0	0
<b>Водоемы бывшего Сивашского соляпрома</b>									
цисты	1985	0	2,85	27,3	26,49	288,86	864,86	0	0,05
Оз. Аджиголь									
цисты	1985	1,78	2,04	43,78	49,78	181,49	3720,69	94,31	0
Оз. Чонгар									
цисты	1985	0	0	43,80	44,80	340,35	1708,26	0	0
<b>Восточное побережье Каспийского моря</b>									
цисты	1985	0	4,65	29,8	40,89	384,77	1228,66	44,17	0,04

Из представленных данных можно видеть, что цисты артемии в большом количестве содержат железо, связанное с хорионом. У наупليه этот показатель снижается. Наибольшее содержание металлов, в том числе свинца, обнаружено в цистах из Италии.

Нами также было изучено содержание некоторых металлов в цистах, науплиях и взрослых особях артемии из различных водоемов Крыма и Каспийского моря (табл. 4). Из приведенных данных следует, что содержание металлов варьирует в зависимости от водоема, времени сбора и стадии развития артемии. В качестве общей тенденции можно отметить значительное снижение концентрации железа у наупليه по сравнению с соответствующими показателями в цистах, что характерно и для артемии из других источников (табл. 4). У взрослых рачков из природной среды содержание железа вновь увеличивается и остается почти на одном уровне у особей, выращенных в культиваторе.

Следует отметить также, что содержание свинца, меди и цинка изменяется в довольно широких пределах и соизмеримо с соответствующими показателями, полученными для цист и наупليه из других природных источников. Особенностью цист из водоемов Генического солезавода является значительное содержание олова, которое увеличивается у наупليه. Наличие ртути, кадмия и стронция отмечено в единичных пробах, полученных на побережье Каспийского моря, оз. Аджиголь, водоемах Генического солезавода и Сивашского сольпрома. Таким образом, можно заключить, что науплии артемии и взрослые особи, фильтруя воду, способны поглощать тяжелые металлы и органические соединения и тем самым могут служить видами-индикаторами для оценки степени загрязнения водоемов, о чем подробно изложено в гл. 4. Однако для анализа кормовой ценности артемии необходимо учитывать загрязненность ее металлами, высокое содержание которых может быть губительно для развивающихся личинок и мальков рыб, крабов и креветок.

**Аминокислотный состав.** В белках артемии обнаружено 18 аминокислот, относительное содержание которых изменяется в процессе развития (табл. 5). Количество свободных аминокислот уменьшается у наупليه в период развития 34–142 ч. Такие аминокислоты, как пролин, аланин, глицин, серин, остаются в неизменном количестве. Отмечено также, что содержание свободных аминокислот в науплиях, инкубированных в дистиллированной воде, в 3–4 раза выше, чем у вылупляемых в растворах хлорида натрия [74]. Обращает на себя внимание высокое содержание незаменимых аминокислот: треонина, валина, метионина, изолейцина, лейцина, фенилаланина, лизина и гистидина. Как известно, эти аминокислоты имеют большую биологическую ценность, так как они необходимы для полноценного питания организмов и синтеза белков в них. Вместе с тем наибольшее содержание эссенциальных аминокислот отмечено в науплиях по сравнению с соответствующими

щими показателями в цистах и взрослых особях, что определяет достоинства личинок артемии в качестве эффективного корма.

**Белки.** Артемия характеризуется высоким содержанием белка. Однако этот показатель варьирует в зависимости от стадии развития ракообразного, расы артемии и ее пищи (табл. 6). При этом доля растворимых белков составляет 29 %, нерастворимых — 71, соотношение высокомолекулярных белков к низкомолекулярным — 43 и 57 % [46]. Содержание

Таблица 5. Содержание общих аминокислот в артемии на разных стадиях ее развития, % (по [69, 74, 122, 129])

Аминокислота	Цисты	Науплии	Взрослые
Цистин	1,6—1,8	1,0—3,4	2,3
Аспарагиновая	10,6—22,8	4,7—14,2	9,3
Треонин	0,0—1,9	4,2—9,5	4,1
Серин	5,8—8,6	3,9—13,1	4,8
Глютаминная	15,2—19,5	5,9—14,8	14,4
Пролин	4,9—5,9	4,2—11,2	5,3
Глицин	4,9—6,0	5,2—13,5	5,5
Аланин	13,7—16,3	3,6—24,0	7,0
Изолейцин	0,0—0,5	0,7—6,5	5,8
Лейцин	0,6—1,4	1,5—9,5	8,2
Тирозин	1,9—8,5	2,6—9,1	4,5
Гистидин	0,8—1,8	0,8—4,2	1,8
Лизин	1,8—2,6	1,8—10,1	7,7
Аргинин	3,2—6,3	1,8—9,9	6,6
Валин	0,0—2,0	2,3—8,3	5,6
Фенилаланин	0,0—0,2	1,7—8,9	4,7
Метионин	—	1,5—3,2	2,7
Таурин	0,0—27,0	0,0—19,8	—

белка в цистах артемии может изменяться в разные годы. Так, например, в наших исследованиях было обнаружено, что в яйцах артемии, собранных в водоемах Генического солезавода в 1984 г., содержание белка составляет 31,81 % сухой массы, тогда как в 1985 г. этот показатель увеличился до 52,35 %. Нами было показано также, что в процессе онтогенеза происходит качественные изменения белков артемии [37, 116]. С помощью метода электрофореза в полиакриламидном геле установлено, что в ходе развития артемии происходит увеличение числа белковых компонентов: 25 — у взрослых особей по сравнению с 22—23 у науплиев и цист (рис. 1). Динамика гликопротеидов имеет противоположный характер: количество фракций снижается с 22 у яиц до 19 у науплиев и 16 у половозрелых особей. У взрослых раков в электрофоретических спектрах белков обнаружены 7 липопротеидных полос, 2 железосодержащих компонента и 1 медьсодержащая фракция. Эти комплексные белки с помощью данного метода не выявлены в экстрактах цист и науплиев артемии. Последующий анализ электрофоретических спектров белков экстрактов исследуемых онтогенетических стадий артемии по значениям коэффициента относительной электрофоретической подвижности показал, что большая часть белковых (48,6—51,4 %) и гликопротеидных компонентов (45,6—56,1 %) постоянно встречается у науплиев, яиц и половозрелых раков, тогда как 15,8—17,1 % фракций различается (табл. 7). При этом если в электрофоретических спектрах число общих фракций белков в основном одинаково на трех ста-

Таблица 6. Содержание белка в артемии на разных стадиях ее развития, % к сухой массе

Природный источник	Цисты	Декапсулированные цисты	Наушлии	Взрослые	Лигературный источник
<b>СССР</b>					
водоемы Генического солезавода	52,35		48,25	29,87	[38]
водоемы бывшего Сивашского сольпрома	60,91				[38]
оз. Чонгар	38,09				[38]
оз. Аджиголь	20,94				[38]
восточное побережье Каспийского моря	46,50				[38]
оз. Соленое (Алтай)				42,80-48,40	[11]
оз. Бурлю (Казахстан)	34,00				[31]
<b>Индия</b>					
оз. Тугикоин	58,00	61,14	51,98-58,00	51,47	[115]
<b>США</b>					
бухта Сан-Франциско	48,13		47,24-64,99	58,00	[2]
оз. Моно Лейк				58,50	Цит. по [84]
оз. Сан-Диего				64,00	То же
<b>Кипр</b>					
<b>Бразилия</b>					
оз. Макау				52,77	[135]
<b>Италия</b>					
оз. Маргарита ди Савойя				52,03-49,73	[135]
<b>Испания</b>					
дельта дель Эдро				54,50-74,04	[84]
оз. Ламата				52,90	[84]
оз. Сан Педро дель Пинатар				59,85	[84]
<b>Шри-Ланка</b>					
				67,00	[84]

диях развития артемии, то количество общих углеводсодержащих компонентов убывает при сравнении показателей яиц, наушлий и половозрелых особей. Таким образом, для каждой стадии артемии характерны специфические белки, идентификация которых представляет большой интерес для выяснения их биологической роли и физиологической активности, а также для решения некоторых вопросов эволюционной биохимии и систематики. Так, например, у ракообразного отмечен полиморфизм некоторых белков и ферментов, который позволяет определить популяции артемии, что важно для анализа и выделения наиболее перспективных по продукционным и кормовым качествам рас с целью их использования в аквакультуре и возможности гибридизации природного материала [102, 122].

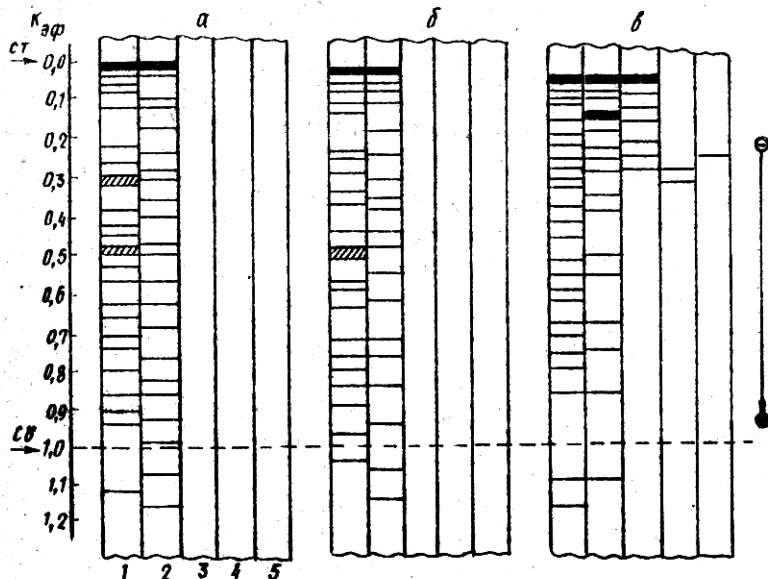


Рис. 1. Электрофоретические спектры белков артемии на разных стадиях развития (по [37]):

а – цисты, б – науплии, в – половозрелые особи; 1 – общие белки, 2 – гликопротеиды, 3 – липопротеиды, 4, 5 – железо- и медьсодержащие белки;  $K_{эф}$  – коэффициент относительной электрофоретической подвижности; ст. – старт, св. – свидетель

С помощью электрофоретических методов исследования, примененных для решения вопросов систематики данного вида, определения различий между бисексуальными и партеногенетическими формами, а также для установления генетических отношений между различными биотипами артемии, было показано, что ни одна из пяти исследуемых рас артемии из Калифорнии, Юты (США), Бразилии, Италии и Австралии, а также Китая и Франции не имеет идентичного белкового спектра. Однако науплии из Калифорнии и Юты имели 81 % общих фракций белков, тогда как ракообразные из Австралии и Бразилии – только 31 % [138].

Таблица 7. Соотношение общих и различных фракций белков (числитель) и гликопротеидов (знаменатель) экстрактов артемии на разных стадиях развития, % (по [37])

Различные фракции	Общие фракции		
	Яйца	Науплии	Половозрелые особи
Яйца		48,6 36,1	51,4 49,1
Науплии	15,7 15,8		51,4 45,6
Половозрелые особи	17,1 17,5	17,1 15,8	

Таблица 8. Содержание липидов в артемии на разных стадиях развития, % к сухой массе

Природный источник	Цис- ты	Декаксу- лиро- ванные цис- ты	Наушлии	Взрос- лые	Литератур- ный источ- ник
<b>СССР</b>					
водоемы Генического солезавода	2,96		15,25	7,64	[38]
водоемы бывшего Си- вашского сольпрома	2,23				[41]
оз. Чонгар	3,98				[41]
оз. Аджиголь	2,37				[41]
восточное побережье Каспийского моря	1,78				[41]
оз. Соленое (Алтай)				12,3— 14,8	[1]
Куяльницкий лиман	8,72— 13,30			17,85— 26,39	[28]
<b>Индия</b>					
оз. Тутикоин	25,64	25,57	23,3—20,9		[115]
<b>США</b>					
бухта Сан-Франциско	13,4— 18,4		15,9—23,5	2,40— 19,30	[21]
Большое соленое озеро	13,6		18,5—20,8		[69]
оз. Моно Лейк				10,60	Цит. по [84]
оз. Сан Диего				12,00	То же
<b>Бразилия</b>					
оз. Макау	13,4		20,2		[121]
<b>Италия</b>					
оз. Маргарита ди Савоя	9,1		15,6		[121]
<b>Австралия</b>					
бухта Шарк Бей	15,7		18,5		[121]
<b>Испания</b>					
дельга дель Эдро				4,70— 10,14	[84]
оз. Ламата				4,90	
оз. Сан Педро дель Пинатар				16,33	[84]

Исследование белков артемии показало наличие полиморфизма по следующим локусам: лейцинамидопептидаза, фосфоглюкомутаза, фосфогликоизомераза, малатдегидрогеназа, лактатдегидрогеназа, б-фосфоглюконатдегидрогеназа, изоцитратдегидрогеназа, эстераза, пептидаза, малик-энзим, тетразолиевая оксидаза, каталаза, гемоглобин [61, 122]. В наших исследованиях установлен полиморфизм гликопротеидов, железо- и медьсодержащих белков. Таким образом, на основании анализа полиморфизма белков были выделены три большие ветви артемии: аргентинская форма, остальные американские ра-

сы вместе с австралийской группой и европейские популяции, бисексуальные и партеногенетические формы, которые генетически близки, но различаются по кормовым и продукционным свойствам.

**Липиды.** Содержание липидов в цистах, науплиях и взрослых особях артемии из различных природных источников представлено в табл.8. В период интенсивного роста, особенно в первые сутки, концентрация липидов снижается в пределах 10–20 % [128]. При этом существенную роль в липидном обмене науплиев играет хорион, который обеспечивает развивающиеся личинки резервными липидами и жирными кислотами [121]. Количество жиров в цистах артемии может меняться в зависимости от времени сбора. Так, например, в цистах, собранных нами в водоемах Генического солезавода в 1984 г., содержание жира составило 1,264–1,980 % к сухой массе, в 1985 г. – 2,140–2,960 %. Состав жиров также различается у разных рас артемии и претерпевает изменения в процессе онтогенеза ракообразного. Из анализа липидного состава цист артемии из различных районов, определенного нами совместно с А.М.Щепкиной (табл. 9), видно, что основными компонентами липидов цист артемии являются триглицериды. Количество фосфолипидов

**Таблица 9.** Липидный состав цист артемии из различных соленых водоемов СССР, % к общему содержанию липидов (по [41])

Природный источник	Фосфолипиды	Холестерин	Свободные жирные кислоты	Триглицериды	Эфиры холестерина
Водоемы Генического солезавода*	9,6	10,6	3,8	70,2	5,8
Водоемы бывшего Сивашского соляпрома	13,8	8,5	2,0	69,0	6,7
Оз. Аджиголь	12,3	3,3	0,8	80,6	3,0
Оз. Цонгар	14,6	10,6	3,0	59,8	12,0
Оз. Цонгар	13,5	3,3	0,1	77,5	5,6
Восточное побережье Каспийского моря	13,7	2,3	0,08	81,0	2,9

\* Исследования проводили в 1984 г., в остальных случаях – в 1985 г.

незначительно варьирует у исследуемых популяций. Значительно большим колебаниям подвержены показатели холестерина и его эфиров, максимальное содержание которых отмечено в цистах из оз. Аджиголь, минимальное – в цистах из Каспийского моря. В достаточно широких пределах изменяется содержание свободных жирных кислот в цистах из различных природных источников. Из литературных данных известно, что в цистах артемии из водоемов Италии также содержится значительное количество триглицеридов, а в цистах из Большого Соленого озера (Юта, США) в больших количествах обнаружены фосфолипиды и липиды стерольной природы [87, 121].

Науплии артемии характеризуются высоким содержанием стеролов, имеющих различный состав, который зависит от места обитания [146]. У взрослых особей артемии из оз. Соленого (Алтай) обнаружено в составе жира 28,3–30,0 % диглицеридов, 65,0–66,6 – триглицеридов и 5 % моноглицеридов [1], а также незначительные количества фосфолипидов. Липиды артемии из Куяльницкого лимана (Одесса) содержат 9,9 % стеролов, 0,85 – холестерина, 0,77 % метастенолов и быстро движущихся стеролов [92].

Особое значение имеют жирные кислоты артемии, входящие в состав липидов и определяющие их свойства. Общее содержание жирных кислот увеличивается в процессе развития ракообразного: в яйцах арте-

Таблица 10. Жирнокислотный состав артемии на различных стадиях развития, % (по [69, 93, 98, 117, 121, 128, 129])

Жирные кислоты	Цисты	Науплии	Взрослые особи
<b>Ненасыщенные</b>			
C12:0	–	0,00–0,38	–
C14:0	0,60–3,80	0,43–1,80	1,4
C15:0	0,14–1,02	0,11–1,50	0,7
C16:0	9,80–20,40	5,90–17,33	13,5
C17:0	0,00–0,80	0,30–5,76	1,3
C18:0	1,70–6,00	1,60–14,54	5,9
C19:0	–	0,48–1,78	–
C20:0	–	0,10–15,69	2,0
C21:0	–	0,26–0,90	–
C24:0	0,00–0,02	–	–
<b>Мононенасыщенные</b>			
C14:1	1,03–3,55	0,74–3,30	2,3
C15:1	0,44–0,56	0,13–1,40	0,8
C16:1 ω7	6,00–23,50	1,91–21,90	13,8
C17:1	0,00–1,10	0,45–2,12	0,9
C18:1 ω7/ω9	18,00–33,50	19,23–42,66	35,6
C20:1 ω7/ω9	0,21–0,49	0,35–7,32	–
C22:1	–	0,10–0,90	–
C24:1	–	0,00–0,20	–
<b>Полиненасыщенные</b>			
C14:2	–	0,10–0,30	–
C16:2 ω7	0,58–2,10	0,30–2,97	–
C17:2	–	0,42–0,57	–
C18:2 ω6	3,60–11,80	3,40–15,00	6,2
C20:2	0,08–0,62	0,06–1,13	–
C16:3	1,47–3,98	0,70–4,70	–
C18:3 ω3	2,50–29,00	2,20–33,59	–
C20:3 ω3	0,04–2,30	0,05–5,82	–
C18:4 ω3	0,97–5,15	0,40–7,00	–
C20:4 ω3/ω6	0,20–0,70	0,20–4,80	2,2
C20:5 ω3	0,20–12,66	0,20–15,35	12,00
C22:4	–	0,10–0,20	–
C22:6 ω3	0,11–0,26	0,10–0,60	–

мин содержится 490–704 мг жирных кислот на 1 г липидов, у науплиев этот показатель возрастает до 602–854 мг/г [121]. Данные о качественном изменении жирнокислотного состава артемии в процессе онтогенеза представлены в табл. 10. В процессе развития артемии происходит увеличение абсолютного содержания полиненасыщенных жирных кислот, имеющих важное биологическое значение, за исключением C18:3 $\omega$ 3, концентрация которой снижается с 27,4 % у науплиев до 2,2–4,5 % у взрослых особей [146]. В состав полиненасыщенных жирных кислот входят соединения с пятью и шестью двойными связями – эйкозапентаеновая и докозагексаеновая кислоты, которые обладают биологической активностью. В цистах, науплиях и взрослых рачках в относительно больших количествах содержатся незаменимые жирные кислоты – C18:2 $\omega$ 6 (линолевая), C18:3 $\omega$ 3 (линоленовая) и C20:4 (арахидоновая). Из ненасыщенных жирных кислот у артемии превалирует пальмитиновая (C16:0), стеариновая (C18:0) кислоты, из мононенасыщенных – олеиновая (C18:1 $\omega$ 9) и пальмитоолеиновая (C16:1 $\omega$ 7), из полиненасыщенных – эйкозапентаеновая (C20:5 $\omega$ 3), а у науплиев и цист – линоленовая (C18:3 $\omega$ 3).

Важнейшими жирными кислотами артемии, определяющими ее кормовую ценность для гидробионтов, являются линоленовая и эйкозапентаеновая [81]. По этому признаку расы артемии могут быть разделены на два класса: I – ракообразные, содержащие большое количество линоленовой кислоты, необходимой для развития и роста пресноводных рыб, и II – ракообразные, содержащие большое количество эйкозапентаеновой кислоты, необходимой для роста и развития морских организмов. Состав и концентрация этих жирных кислот в артемии могут изменяться в зависимости от места обитания рачка, времени года, пищи, условий содержания в аквакультуре. В результате действия этих факторов одна и та же раса артемии может быть огнесена либо к "пресноводному", либо к "морскому" типу. Вместе с тем, выращивая артемию в искусственных условиях на определенных пищевых рационах, можно формировать тот или иной ее жирнокислотный состав в соответствии с поставленными задачами, о чем будет сказано ниже. Однако следует отметить, что есть универсальные расы артемии, содержащие в достаточном количестве указанные жирные кислоты и широко используемые в качестве корма для пресноводных и морских объектов аква- и марикультуры. В частности, к таким расам относятся ракообразные из водоемов Франции, Бразилии, Италии, Австралии, бухты Сан-Франциско (США), Центра данных по артемии (Бельгия).

Таким образом, состав и соотношение липидов, и прежде всего жирных кислот, характеризует это ракообразное как ценный корм для выращиваемых в искусственных условиях рыб, крабов и креветок.

Углеводы. Содержание углеводов в тканях артемии в процессе ее развития в морях Ан УССР

БИБЛИОТЕКА

№ 36956

Таблица 11. Содержание углеводов в артемии на различных стадиях развития, % к сухой массе

Природный источник	Цисты	Декапсулированные цисты	Науплии	Взрослые	Литературный источник
<b>СССР</b>					
водоемы Генгического солезавода	2,0		3,50	5,50	[38]
водоемы бывшего Сивашского соляпрома	1,65				[38]
оз. Чонгар	1,75				[38]
оз. Аджиголь	5,30				[38]
восточное побережье Каспийского моря	6,40				[38]
оз. Соленое (Алтай)				19,2–20,2	[1]
<b>Индия</b>					
ов. Тутиконн	7,76	11,05	10,41–12,80		[115]
<b>США</b>					
бухта Сан-Франциско	14,00		1,54–12,50		[21,47,69]
<b>Испания</b>					
Дельта дель Эдро			6,83–16,73		[84]
оз. Ламата			6,66		[84]
оз. Сан Педро дель Пинатар			7,45		[84]

развития (табл. 11) значительно изменяется. Так, например, у развивающихся эмбрионов происходит резкое снижение концентрации углеводов перед вылуплением и при последующем развитии личинки в течение 24 ч [71]. Около 98 % общего количества углеводов цист, включая хитин, составляют трегалоза, глицерин и полисахарид, похожий на гликоген. Трегалоза — нередуцированный дисахарид глюкозы, составляет 17 % массы цист. Трегалоза является важнейшим дыхательным субстратом, а также источником для синтеза глицерина и гликогена, других метаболитов [62]. Обмен трегалозы обуславливает включение ферментов, обеспечивающих последующие стадии развития артемии. Как видно из табл. 12, содержание трегалозы снижается в процессе инкубации цист и увеличения содержания воды в них до 0,65 г на 1 г цист. Одновременно со снижением количества трегалозы происходит увеличение содержания другого важного дисахарида — глицерина, который синтезируется из трегалозы. Глицерин играет важную роль в обеспечении градиента осмотического давления внутри цисты и внешней средой, что способствует разрыву оболочки яйца и вылуплению эмбриона. При увеличении внешнего осмотического давления в цистах артемии повышается содержание свободного глицерина за счет уменьшения окисления трегалозы. Аккумуляция свобод-

ного глицерина способствует повышению внутреннего осмотического давления в цистах, увеличивает их способность впитывать воду и тем самым продолжать развитие [112]. Этот процесс имеет большое экологическое значение, так как при высокой раз-

Таблица 12. Содержание трегалозы и гликогена в артемии на разных стадиях ее развития, мкг/г сухой массы (по [62])

Стадия развития	Трегалоза	Гликоген
Покоящиеся цисты	107,5±2,3	19,8±0,2
Развивающиеся цисты	0,56±0,14	11,0±1,5
6 ч после гидратации	67,6±2,3	8,2±0,38
12 ч после гидратации	57,6±4,9	5,8±0,03
24 ч после гидратации	29,5±2,1	12,0±0,51
Взрослые	0,6±0,2	5,3±0,8

нице внутреннего и внешнего осмотического давления развитие цист артемии невозможно, и они пребывают в состоянии покоя. При помещении яиц в раствор с соответствующей соленостью происходит их гидратация с последующим выравниваем осмотического градиента и развитием эмбриона. Наличие у артемии механизмов регуляции осмотического давления отражает своеобразную адаптацию, которая обеспечивает нормальное существование этого ракообразного как в разбавленной морской воде, так и в соленых озерах и прудах.

Другим важнейшим углеводом артемии служит полисахарид гликоген, источником для синтеза которого также является трегалоза. Содержание гликогена увеличивается в период развития, но у взрослых особей он составляет 20 % по отношению к соответствующим показателям науплиев.

В цистах артемии в небольших количествах обнаружена глюкоза, содержание которой составляет менее 1 мкг/г сухой массы. Этот показатель увеличивается в период вылупления [62]. В низких концентрациях отмечена молочная кислота (менее 0,3 мкг/г сухой массы), содержание которой не изменяется в процессе развития; 4,7–5,4 % сухой массы взрослой артемии составляет хитин [1].

В наших исследованиях обнаружено, что в цистах и науплиях артемии содержится значительное количество гликопротеидов, но у взрослых особей содержание этих компонентов уменьшается (рис. 1). Это может быть следствием того, что метаболические процессы, связанные с образованием углевод-белковых комплексов, активно протекают на ранних этапах развития артемии и обусловлены интенсивными морфогенезом и дифференциацией тканей [112].

Таким образом, исследование углеводов артемии и их обмена представляет большой интерес для решения вопросов биохимической адаптации ракообразных и возможности их акклимации к условиям искусственного выращивания.

Каротиноиды, витамины, гормоны, биологически активные соединения. У артемии обнаружены значительные количества различных гормонов [131]. Среди них наиболее изучены экдистероиды и поли-

гидроксистеролы, регулирующие рост, развитие и репродукцию у ракообразных и других беспозвоночных. Эти гормоны находятся в цистах, а затем обнаруживаются у науплиев и взрослых особей, причем содержание их изменяется. Так, у самок уровень эдисона и 20-ОН-эдисона составляет 120 нг-экв/г сырой массы, в цистах и науплиях — 50–300 нг-экв/г [145]. Эти соотношения могут изменяться в пределах 3–20 нг-экв/г в процессе репродуктивного цикла у самок и самцов.

Цисты артемии богаты витаминами группы В, в частности В<sub>12</sub> содержится в количестве 7,2 мкг/г [21]. Из биологически активных соединений интерес представляет эйкозапентаеновая кислота (20:5 $\omega$ 5), содержание которой составляет 8,45 мкг/г сухой массы науплиев, и докозагексаеновая кислота (22:6 $\omega$ 3) [99].

Особое место в биохимическом составе артемии занимают каротиноиды, формирование которых обусловлено питанием ракообразного [127]. Общее содержание каротиноидов составляет 168–218 мкг/г сухой массы науплиев [146], из них 1–2 % неидентифицированные соединения, а большая часть приходится на эхиненон и кантоксантин. Концентрация эхиненона в цистах варьирует в пределах 0,5–4,0 %, а у науплиев увеличивается до 0,8–5,5 % общего содержания каротиноидов. Кантоксантин — доминирующее соединение, его количество составляет 96,0–99,5 % в цистах и 94,6–99,2 % в науплиях [124]. В гидратированных цистах средний уровень *цис-транс*-кантоксантина составляет 153±50 и 135±41 мкг/г соответственно, в гидратированных цистах эти величины равны соответственно 178±55 и 112±34 мкг/г [97]. Кантоксантин может образовывать комплекс с белком липовителлином и таким образом аккумулироваться в хорионе.

Артемия усваивает каротиноиды из водорослей и не может сама синтезировать эти пигменты. Однако ракообразное способно превращать  $\beta$ -каротин водорослей в эхиненон и кантоксантин [75]. В целом биологически активные вещества артемии изучены недостаточно и требуют дальнейшего тщательного анализа.

Контаминанты антропогенного происхождения, токсиканты. Артемия в процессе постоянной фильтрации воды способна накапливать различные токсиканты, попадающие в среду в результате хозяйственной деятельности человека. Состав и концентрация некоторых тяжелых металлов (табл. 3) значительно варьируют и зависят от мест обитания ракообразного. В цистах, науплиях и взрослых особях артемии обнаружены полихлорбифенилы (ПХБ) — токсичные соединения, попадающие во внешнюю среду со сбросами отходов деревообрабатывающей, лакокрасочной промышленности, а также путем внесения в почву с пестицидами. Содержание ПХБ (табл. 13) в цистах артемии из различных источников весьма значительно варьирует. Так, например, в яйцах артемии, собранных в водоемах бывшего Сиваиского сольпрома, оз. Чонгар и в Каспийском море, эти вещества либо отсутствуют, либо

Таблица 13. Содержание полихлорбифенилов в артемии на различных стадиях развития, мкг/кг сухой массы

Природный источник	Цисты	Науплии	Взрослые	Литературный источник
<b>СССР</b>				
водоемы Генического соле- завода	118		200	[40]
водоемы бывшего Сивашско- го сольпрома	89			[40]
оз. Чонгар	0			[40]
оз. Аджиголь	250			[40]
восточное побережье Кас- пийского моря	0			[40]
<b>Бельгия</b>				
Референтный центр "Артемия"	7			[109]
<b>США</b>				
бухта Сан-Франциско	42-268	94-137		[98]
бухта Сан-Пабло	66-105	141		[98]
Большое Соленое озеро		15		[98]
<b>Бразилия</b>				
оз. Макау		6,9		[109]
<b>Австралия</b>				
бухта Шарк Бей		2,9		[109]
<b>Италия</b>				
оз. Маргарита ди Савойя		32,0		[109]

количество их невелико. Высокое содержание ПХБ отмечено для цист артемии, собранных в оз. Аджиголь и в водоемах Генического соле-завода. Следует отметить, что концентрация этих загрязнителей во взрослых особях превышают соответствующие значения содержания ПХБ в цистах (200 и 118 мкг/кг сухой массы соответственно), что, вероятно, связано с интенсивной фильтрационной способностью взрослых рачков. Обращает на себя внимание значительное содержание ПХБ в цистах и взрослых особях, собранных в водоемах Генического солезавода, куда эти вещества поступают с орошаемых полей юга Украины и предприятий химической промышленности севера Крыма. Высокое содержание ПХБ в цистах из оз. Аджиголь также обусловлено попаданием их с бытовыми стоками в этот водоем. Из других природных источников наиболее загрязнены ПХБ артемии из водоемов США и Италии по сравнению с соответствующими показателями для ракообразных из водоемов Австралии и Бразилии [99, 109]. Высокое содержание пестицидов и ПХБ отмечено для артемии из КНР, где концентрация этих соединений в 5 раз выше, чем у науплиих из США [128]. Ракообразные с высоким содержанием ПХБ токсичны для объектов аква- и марикультуры, тогда, как показали исследования, науплии из бухт Сан-Пабло и Сан-Франциско не влияют на выживаемость мальков и личинок рыб, крабов и креветок [93].

Артемия способна накапливать яды и токсичные вещества (алкалоиды), секретируемые водорослями, которыми питается ракообразное [128]. Артемия аккумулирует радионуклиды, что используется для оценки степени загрязнения ими водоемов [94]. У артемии существуют ферментные системы, которые способны обезвреживать токсичные продукты, попадающие в организм. Так, например, эфиры фталиевой кислоты, обладающие выраженной тератогенностью, способны гидролизываться в организме науплиев до нетоксичных соединений, причем эта способность увеличивается по мере их роста и развития за счет усиления действия трипсиновых и химотрипсиновых протеаз. Таким образом, содержание токсичных веществ и контаминантов в артемии имеет важное значение для оценки пригодности использования ее в качестве корма для объектов марикультуры и анализа загрязнения окружающей среды.

**Энергетическая ценность.** Одним из важнейших критериев ценности артемии как корма для выращиваемых в искусственных условиях личинок и мальков рыб, крабов и креветок является содержащаяся в ней энергия. Этот показатель различается у разных рас ракообразного (табл. 14). Из представленных данных можно видеть, что содержание энергии в науплиях незначительно различается по сравнению с этим показателем в цистах. Следует отметить, что часть энергии тратится науплием на разрыв оболочки яйца и выход из нее. В этом случае с целью уменьшения энергетических затрат науплия на процесс вылупления применяется в искусственных условиях выращивания

Таблица 14. Содержание энергии в артемии на разных стадиях ее развития, 10<sup>3</sup> Дж/г сухой массы

Природный источник	Цисты	Науплии	Взрос- лые	Литературный источник
<b>СССР</b>				
водоемы Генического соле- завода	13,92	14,20	10,81	[41]
водоемы бывшего Сиваш- ского сольпрома	15,59			[41]
оз. Чонгар	11,01			[41]
оз. Аджиголь	5,59			[41]
восточное побережье Кас- пийского моря	12,99			[41]
оз. Соленое (Алтай)			18,22	
<b>США</b>				
бухта Сан-Франциско	23,25	22,48		[140]
бухта Сан-Пабло	23,16	22,33		[142]
Большое Соленое озеро	22,90	22,35		[142]
<b>Бразилия</b>				
оз. Макау	22,65	22,52		[142]
<b>Филиппины</b>				
оз. Баротак Нуево	23,37	22,74		[142]
<b>Австралия</b>				
бухта Шарк Бей	23,05	22,33		[142]

Природный источник	Цисты	Науплии	Взрос- лые	Литературный источник
Канада оз. Чаплин-Лейк	23,01	21,94		[142]
Аргентина оз. Буэнос Айрес	22,29	22,02		[142]
Франция оз. Лавальдук	21,89	21,76		[142]
КНР оз. Тиенсин	21,74	22,05		[142]
Италия оз. Маргарита ди Савойя	21,38	21,76		[142]

техника декапсулирования, т.е. химического растворения оболочек яйца, о которой подробно будет изложено в гл. 3. В целом науплии и взрослые особи артемии содержат значительное количество энергии, что определяет эффективность их использования в качестве корма для объектов культивирования.

#### ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА АРТЕМИИ И ФАКТОРЫ, ЕЕ ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ

Приведенные выше данные свидетельствуют о том, что химический состав рачка изменяется в процессе онтогенеза, а также зависит от расы, качества и количества корма, условий обитания. Известно, что артемия является весьма пластичным видом, способным жить в достаточно широком диапазоне солености (5–34,0%), температуры (6–40 °С, дегидратированные цисты сохраняют жизнеспособность при температуре –273 и 100 °С), концентрации кислорода в среде менее 0,745 мг/л и 150 %-ном насыщении, значительных колебаниях pH среды и ионного состава [128]. Очевидно, существование рачка в условиях, экстремальных для многих видов живых существ, обусловлено высокой устойчивостью его метаболизма и наличием механизмов, обеспечивающих эту устойчивость. В связи с этим представляло интерес оценить вариабельность признаков, характеризующих химический состав артемии как отношение максимальных значений к минимальным (табл. 15–19). Кроме того, оценка вариабельности признаков, имеющих важное практическое значение (содержание белков, жиров, углеводов, незаменимых жирных и аминокислот, витаминов, биологически активных соединений), может дать возможность выяснить процессы их формирования и управления ими при сочетании действия различных факторов. В табл. 15 представлена вариабельность данных по содержанию различных элементов в цистах и науплиях. Из представленных данных можно заключить, что вариабельность содержания биогенных элементов не-

Таблица 15. Вариабельность ( $\frac{\max}{\min}$ ) содержания различных элементов в цистах, науплиях и взрослых особях артемии (показатели рассчитаны на основании данных, приведенных в табл. 1-4)

Элемент	Цисты	Элемент	Науплии	Элемент	Взрослые
Hg	1,20				
Cs	1,92	N	1,25	C	1,41
Fe	2,32	Zn	1,26	N	1,63
Cr	2,44	Cu	1,32		
Zn	2,44	Fe	1,52		
N	2,91	Cd	1,67		
C	3,19	Pb	2,07		
Rb	3,54	Cs	2,53		
Co	7,60	Co	2,71		
Pb	8,10	Cr	2,91		
Cu	8,94	C	5,23		
Sn	10,38	Ni	7,78		
Sr	13,80				
Ni	28,69	P	9,29		
Sc	41,00	Rb	19,17		
Cd	89,00				

значительна, в меньшей степени выражена у взрослых особей, в большей — у науплиев и цист. Вероятно, изменчивость этого признака определяется генетическими особенностями расы, а также стадиями онтогенеза рачка. Анализ показал, что вариабельность содержания различных металлов в артемии также невелика, за исключением Cd, Ni и Sc в цистах и Rb в науплиях. В целом можно предположить, что в цистах и науплиях артемии существуют определенные механизмы, лимитирующие избыточное накопление токсичных металлов в рачке.

Таблица 16. Вариабельность содержания влаги, белков, липидов, углеводов и энергии в цистах, науплиях и взрослых особях артемии (показатели рассчитаны на основании данных, приведенных в табл. 6, 8, 11, 14) *в каких единицах?*

Компонент	Цисты	Компонент	Науплии	Компонент	Взрослые
Вода	1,30	Белки	1,38	Вода	1,07
Белки	2,91	Липиды	1,54	Энергия	1,69
Энергия	4,18	Энергия	1,62	Белки	1,96
Углеводы	8,48	Углеводы	3,66	Липиды	3,45
Липиды	15,08			Углеводы	3,67

При изучении вариабельности белков, липидов, углеводов и содержания энергии в артемии (табл. 16) наиболее высокие показатели отмечены в цистах артемии, тогда как содержание белков, липидов и углеводов в науплиях и взрослых особях варьирует в меньшей степени. Следует отметить, что состав цист во многом зависит от питания рачков, откладывающих их, так как именно в цистах накапливаются

питательные вещества. В связи с этим вариabельность содержания липидов в цистах может определяться качеством пищи взрослых особей перед откладкой цист. Некоторая вариabельность отмечена также для отдельных липидных фракций цист артемии: триацилглицерины — 1,35, фосфолипиды — 1,51, эфиры холестерина — 4,14, свободные жирные кислоты — 4,63, холестерин — 5,25. Из приведенных данных видно, что в наименьшей степени варьируют триацилглицерины, являющиеся основными источниками энергии в цистах. Липидные фракции, выполняющие пластическую функцию, варьируют в большей степени.

Особый интерес представляет анализ вариabельности аминокислот и жирных кислот артемии, так как эти показатели непосредственно определяют кормовую ценность рачка при использовании его в качестве пищи для молодых рыб, крабов и креветок (табл. 17, 18). Из приведенных данных можно заключить, что в цистах артемии нет существенных колебаний в содержании аминокислот. В науплиях этот показатель варьирует в большей степени. При этом увеличение вариabельности незаменимых аминокислот, таких, как аргинин, валин, фенилаланин, гистидин, лейцин, изолейцин, может являться следствием генетических особенностей рас артемии, а также зависимости от состава пищи. В обоих случаях увеличение вариabельности незаменимых аминокислот по отношению к остальным следует учитывать при проведении селекционных работ, а также подборе кормов при выращивании биомассы рачка с целью получения его полноценного биохимического состава.

Другим важнейшим показателем кормовой ценности артемии являются состав и содержание жирных кислот, вариabельность которого приведена в табл. 18. Следует отметить, что вариabельность содержания большей части жирных кислот невелика как в цистах, так и в науплиях. Однако в этом случае, так же как в случае аминокислот, значительные различия отмечены для незаменимых жирных кислот, таких, как линолевая C18:3, эйкозапентаеновая C20:5, а в науплиях — эйкозеновая C20:1 и эйкозатриеновая C20:3. Вероятно, вариabельность этих показателей также обусловлена генетическими различиями рас артемии и составом потребляемой пищи.

Таблица 17. Вариabельность содержания аминокислот в цистах, науплиях и взрослых особях артемии (показатели рассчитаны на основании данных, приведенных в табл. 5)

Аминокислота	Цисты	Аминокислота	Науплии
Цистин	1,13	Метионин	2,13
Аланин	1,19	Треонин	2,26
Пролин	1,20	Глютаминсовая	2,51
Глицин	1,22	Глицин	2,59
Глютаминсовая	1,28	Пролин	2,67
Лизин	1,44	Аспарагиновая	3,13
Серин	1,48	Серин	3,35
Аргинин	1,97	Цистин	3,40
Аспарагиновая	2,15	Тирозин	3,50
Гистидин	2,25	Аргинин	3,50
Лейцин	2,33	Валин	3,61
Тирозин	4,47	Фенилаланин	5,24
		Гистидин	5,25
		Лизин	5,61
		Лейцин	6,33
		Аланин	6,67
		Изолейцин	9,29

**Таблица 18.** Варибельность содержания жирных кислот в цистах и науплиях артемии (показатели рассчитаны на основании данных, приведенных в табл. 10)

Жирная кислота	Цисты	Жирная кислота	Науплии
C15:1	1,27	C15:1	1,08
C18:1 $\omega$ 7/ $\omega$ 9	1,86	C16:1 $\omega$ 7	1,15
C16:0	2,08	C17:2	1,36
C20:1 $\omega$ 7/ $\omega$ 9	2,33	C15:0	1,50
C22:6 $\omega$ 3	2,33	C16:0	2,22
C16:3	2,84	C18:1 $\omega$ 7/ $\omega$ 9	2,22
C18:2 $\omega$ 6	3,28	C18:4 $\omega$ 3	2,43
C14:1	3,45	C22:6 $\omega$ 3	3,00
C20:4 $\omega$ 3/ $\omega$ 6	3,50	C21:0	3,46
C18:0	3,53	C14:0	3,65
C16:2 $\omega$ 7	3,62	C19:0	3,71
C16:1 $\omega$ 7	3,92	C18:2 $\omega$ 6	4,41
C18:4 $\omega$ 3	5,31	C14:1	4,46
C20:3 $\omega$ 3	5,75	C17:1	4,71
C14:0	6,33	C16:2 $\omega$ 7	4,95
C20:2	7,75	C18:0	5,19
C15:0	11,57	C20:0	5,60
C18:3 $\omega$ 3	11,60	C16:3	7,69
C20:5 $\omega$ 3	60,33	C22:1	8,00
		C17:0	8,23
		C20:2	8,33
		C20:4 $\omega$ 3/ $\omega$ 6	11,50
		C18:3 $\omega$ 3	15,27
		C20:1 $\omega$ 7/ $\omega$ 9	20,91
		C20:5 $\omega$ 3	46,00
		C20:3 $\omega$ 3	55,20

Определенный интерес представляет анализ варибельности каротиноидов и некоторых биологически активных соединений, содержащихся в цистах и науплиях артемии (табл. 19). Из приведенных данных можно видеть, что содержание каротиноидов достаточно стабильно и определяется главным образом возможностями организма накапливать их из пищи. Содержание гормонов варьирует в достаточно широких пределах по отношению к каротиноидам, что определяется стадией развития рачка и его генетическими особенностями.

**Таблица 19.** Варибельность содержания каротиноидов и биологически активных соединений в цистах и науплиях артемии (показатели рассчитаны на основании данных, приведенных на с. 20)

Компонент	Цисты	Компонент	Науплии
Кантоксантин	1,04	Кантоксантин	1,05
Цис-транс-ксантин	1,13	Экдисон-20-ОН-эксдисон	6,00
Эксдисон-20-ОН-эксдисон	6,00	Эхиненон	6,87
Эхиненон	8,00		

Таким образом, приведенные данные по вариабельности химического состава артемии показали, что соответствующие показатели для цист, науплиев и взрослых особей ракообразного варьируют в значительной степени, несмотря на то что данный вид обитает в достаточно широких пределах действия экологических факторов. Относительное постоянство химического состава артемии свидетельствует о наличии адаптационных механизмов, позволяющих рачку существовать, нормально функционировать и размножаться даже в самых неблагоприятных условиях, а также занимать те экологические ниши, которые недоступны другим видам вследствие выраженных неблагоприятных условий. Это имеет большое практическое значение, так как позволяет выращивать артемию в сильно засоленных водоемах, на бросовых землях и искусственно культивировать этот ценный кормовой объект в относительно простых установках с целью получения полноценной в биохимическом отношении биомассы продукции.

Вместе с тем известно, что такие важнейшие показатели кормовой ценности, как содержание белков, липидов, незаменимых жирных и аминокислот, во многом определяются качеством и количеством корма, потребляемого рачком, что дает возможность направленно формировать его химический состав за счет подбора кормов, а также сочетания абиотических факторов, о чем будет сказано ниже.

**Сезонные изменения химического состава.** Исследования показали, что значительное влияние на морфологические и физиологические показатели артемии оказывают сезонные ритмы факторов. Предполагают, что сезонные факторы включают совместное действие температуры и (или) солнечной инсоляции. Сезонность проявляется даже в лабораторных условиях: выпушение и развитие артемии с мая по июнь увеличиваются более чем в 6 раз.

Химический состав артемии также подвержен действию сезонных факторов. Так, например, содержание липидов в яйцах артемии зимой составило 8,72 % сухой массы, летом — 13,30. У взрослых особей этот показатель летом был 26,39 %, зимой снижался до 17,85 % [28]. Отмечены сезонные колебания в содержании отдельных элементов у половозрелых особей: концентрация фосфора и железа у летних рачков была значительно выше, чем у осенних [19]. В целом природа сезонных факторов, действующих на артемию и ее биохимический состав, еще недостаточно изучена и требует дальнейшего исследования.

**Изменения химического состава и метаболизма под влиянием экологических факторов. Температура.** Изменения температуры оказывают существенное влияние на метаболические процессы артемии. Так, в начале инкубации цист при 18 и 20 °C содержание воды в них было одинаковым, но через 24 ч этот показатель у науплиев, выдерживаемых при 28 °C, составил 90 %, а у личинок, инкубированных при 18 °C, 87 %-ное содержание воды было отмечено через 48 ч. В процессе

развития личинок концентрация липидов и углеводов снижается более интенсивно, чем при 18 °С. У артемии, инкубированной при 28 °С, уровень белка почти не изменяется, но резко колеблется, проявляя тенденцию к уменьшению при 18 °С [70]. Исследования, проведенные на некоторых ракообразных, показали, что с понижением температуры происходит увеличение содержания моно- и полиненасыщенных жирных кислот [67]. Однако для артемии эта закономерность не была подтверждена. Вместе с тем отмечено некоторое увеличение концентрации ненасыщенных жирных кислот в цистах и науплиях при выращивании рачков при низких температурах, что обусловлено снижением метаболической активности в цистах и науплиях.

Таким образом, приведенные данные свидетельствуют о том, что температура оказывает влияние на уровень метаболических процессов в артемии, но не на качественный состав компонентов и их синтез.

**С о л е н о с т ь.** Способность артемии существовать в широких диапазонах солёности обусловлена приспособленностью ее ферментных систем, осуществляющих осморегуляцию. При увеличении солёности от 100 до 300 ‰ содержание воды в теле артемии уменьшается с 84 до 75,4 %. При увеличении солёности от 25 до 200 ‰ содержание ионов хлора возрастает в организме артемии с 0,88–1,04 до 1,00–1,12 ммоль Cl/г сухой массы [72]. Установлено, что при адаптации артемии к различной солёности происходят изменения в углеводном обмене, это приводит к перераспределению содержания основных углеводных компонентов: трегалозы, гликогена, лактата и др. [62].

**С о д е р ж а н и е к и с л о р о д а.** Несмотря на то что артемия малочувствительна к содержанию кислорода, может существовать даже при концентрации 2 мл O<sub>2</sub>/л, у нее имеются механизмы, способные регулировать метаболизм по аэробным и анаэробным путям. При анаэробных условиях обмен направлен на образование лактата, а также аланина, сукцината, пропионата и бутирата. Накопление этих конечных продуктов анаэробного обмена может быть следствием кратковременного или стрессового ответа организма, который не акклимирован к условиям гипоксии [77].

При изменении насыщения кислородом среды обитания у артемии меняется соотношение типов гемоглобина. При этом преобладает тип гемоглобина, наиболее адаптированный к действию высоких температур и к низким концентрациям кислорода в воде, насыщенной углекислотой [60].

**О с м о т и ч е с к о е д а в л е н и е.** Осмотическое давление оказывает определенное влияние на метаболические процессы развивающихся цист и науплиев артемии. Как было показано ранее, с увеличением осмотического давления синтез трегалозы резко снижается и увеличивается образование глицерола, играющего важную роль в регуляции и

поддержании градиента осмотического давления между эмбрионом и внешней средой [71].

**рН среды.** Ферментативные реакции, обеспечивающие выклев науплиев артемии, могут протекать только при определенных значениях рН среды. Максимальная активность этих процессов наблюдается при рН 8–9, что соответствует оптимальным условиям вылупления [66]. Обнаружено также, что при этих значениях рН происходит активация двух форм трегалозы, играющей ключевую роль в раннем развитии эмбриона. Однако снижение рН до 7,4 замедляет метаболизм и дыхание эмбриона в период покоя.

**Освещенность.** Существует гипотеза о пусковой роли света (триггерный эффект), необходимого для начала метаболических процессов в цистах, и в частности для реализации энергетических запасов в момент выклева, так как именно в этот период расходуется почти 20 % общих энергетических резервов организма. Предполагают, что с увеличением освещенности повышается скорость вылупления науплиев [128]. Установлено также, что для максимального выклева науплиев необходима энергия света  $2100 \text{ лк/м}^2$  (для цист, собранных в бухте Сан-Франциско, США). При этом наиболее оптимальная длина волны 400–600 нм.

Исследования показали также, что 45 % цист способны вылупляться в темноте, 33 % – не способны, а 27 % вылупились только после их освещения. При инкубации цист в темноте интенсивность дыхания и уровень АТФ снижались, содержание трегалозы не изменялось, синтез глицерина не происходил. После освещения цист в течение 30 мин светом интенсивностью  $30 \text{ лк/см}^2$  уровень дыхания возрастал в 10 раз, концентрация АТФ – на 60 %. В течение последующих 12 ч содержание трегалозы снижалось с 2,2 до 1,4 мкмоль/мг белка, а количество глицерина возрастало в 2 раза [100].

**Формирование химического состава в зависимости от спектра питания.** Артемия имеет достаточно широкий спектр питания, включающий одноклеточные водоросли, бактерии, простейших, взвешенное органическое вещество [128]. В процессе постоянной фильтрации рачок улавливает эти компоненты из воды и в зависимости от качества потребляемой пищи формируется его биохимический состав. Следовательно, кормовая ценность артемии в основном определяется качеством используемого ею корма.

**Спектр питания и его химический состав.** Основной пищей артемии в естественных условиях служат одноклеточные водоросли, видовой и биохимический состав которых приведен в табл. 20. В искусственных условиях выращивания артемии в качестве корма применяют отходы сельскохозяйственной, пищевой промышленности, а также высушенные и измельченные макроводоросли (табл. 20).

Из приведенных данных можно видеть, что состав живых и инерт-

Таблица 20. Химический состав водорослей и инертных кормов, служащих пищей артемии, % к сухой массе

Корм	Белок	Липиды	Углеводы	N	C	Литературный источник
<i>Chlamydomonas</i> sp.	27,69	12,21	4,70	4,43	27,86	[39]
<i>Chlamydomonas</i> spagnicolo	20,94	43,44	20,62	3,35	29,50	[123]
<i>Gimnodinium</i> sp.	25,87	4,00	3,40	4,14	26,26	[39]
<i>Phaeodactylum</i> tricoratum	29,75	6,96	5,00	4,76	23,43	[39]
<i>Nitzschia</i> closterium	14,88	11,09	31,15	3,20	22,45	[123]
<i>Dunaliella</i> salina	20,63	8,83	1,80	3,30	21,50	[39]
<i>D. tertiolecta</i>	38,0	21,00	18,20	—	6,60	[133]
<i>D. viridis</i>	27,81	28,69	28,41	4,45	31,50	[123]
<i>Scenedesmus</i> sp.	54,16	14,72	4,55			[123]
<i>Spirulina</i> sp.	71,76	13,14	5,62			[69]
<i>Enteromorpha</i> sp.	31,1	2,20	49,20			[69]
<i>Tetraselmis</i> sp.		14,60				[89]
<i>Isochrysis</i> sp.		21,56				[80]
<i>Isochrysis</i> galbana	34,9	20,10	11,00			[80]
<i>Platymonas</i> elliptica	24,66	27,71	36,83	3,94	27,60	[123]
<i>Chlorella</i> sp.	40,00	20,10	15,00			[123]
<i>Ch. conductrix</i>	20,00	15,09	47,50	3,28	23,47	[123]
<i>Ch. stigmatophora</i>	30,9	20,10	20,60			[123]
<i>Chaetoceros</i> gracilis	36,1	20,70	49,20			[123]
<i>Nauphochloropsis</i> salina	23,3	14,50	24,40			[123]
Рисовые отруби	13,40	16,70	51,80			[79]
Пшеничные отруби	23,13	4,25	9,00	3,70	43,20	[39]
Дрожжи						
<i>Sacharomyces cerevisiae</i>	55,40	4,50	28,00			[89]
<i>Rhodotorula</i>	27,0	5,00	29,00			[89]

ных кормов характеризуется значительной разнокачественностью. Следует отметить, что качество живых кормов зависит от условий их выращивания, которые оказывают действие на формирование их химического состава. В наших исследованиях, проведенных совместно с Л.М.Сергеевой, показано, что одноклеточные водоросли *Chlamydomonas* sp. и *D.salina*, а также их смесь, выращиваемые в среде Голдберга [22, 82], основой которой служила морская вода холестатической части зоны Черного моря или 10-мильной зоны, и в той же среде, но основой которой служила вода после культивирования артемии в течение 3—4 недель, имеют различный биохимический состав. Во втором случае в водорослях было значительно выше содержание основных биохимических компонентов и, следовательно, их энергетическое содержание также возросло (табл. 21). Из приведенных в таблице данных можно заключить, что при добавлении в среду воды, в которой выращивали артемию, происходит обогащение водорослей важнейшими компонентами и содержание энергии в них увеличивается в 1,5—4 раза. Особое значение для роста и развития ракообразных имеет содержание в корме аминокислот, прежде всего незамени-

Таблица 21. Химический состав (% к сухой массе) и содержание энергии ( $10^3$  Дж/г сухой массы) водорослей, выращиваемых на различных средах

Водоросль	Среда Гольдберга на основе морской воды				Среда Гольдберга на основе воды после культивирования артемии			
	Белок	Липиды	Углеводы	Энергия	Белок	Липиды	Углеводы	Энергия
<i>Chlamydomonas</i> sp.	6,25	3,89	2,30	3,12	27,69	12,21	4,70	12,28
<i>Dunaliella salina</i>	9,19	3,50	2,00	3,90	20,63	8,83	1,80	8,72
Смесь <i>Chlamydomonas</i> sp. + <i>Gymnodinium</i> sp. + <i>Phaeodactylum tricornutum</i>	16,13	9,13	4,00	8,12	43,87	8,50	4,50	14,52

мых. Состав аминокислот в некоторых живых и инертных кормах артемии представлен в табл. 22.

Полноценный аминокислотный состав имеют рисовые отруби по сравнению с двумя видами водорослей, однако в последних содержится больше таких незаменимых аминокислот, как валин и лейцин. На аминокислотный состав водорослей, выращиваемых в искусственных условиях, также значительное влияние оказывает среда культивирования [129].

Другим важнейшим показателем корма артемии является его жирнокислотный состав, представленный в табл. 23 и 24. Из приведенных данных видно, что содержание и состав жирных кислот в различных живых и инертных кормах различаются, вследствие чего для формирования полноценного жирнокислотного состава у артемии используются смеси как живых, так и инертных компонентов, о чем будет сказано ниже.

Особый интерес представляют корма, содержащие такие ценные жирные кислоты, как C20:5 $\omega$ 3 и C22:6 $\omega$ 3, которые не синтезируются в организме артемии и попадают в него только с пищей. Таким образом, из приведенных в таблицах данных можно заключить, что для формирования полноценного жирнокислотного состава артемии необходимо сочетание живых и инертных кормов, содержащих все нужные

Таблица 22. Содержание общих аминокислот в корме артемии, % (по [69, 129])

Аминокислота	<i>Spirulina</i>	<i>Scenedesmus</i>	Рисовые отруби
Аспарагиновая	12,2	12,2	8,5
Треонин	4,6	5,5	3,4
Серин	5,0	4,0	5,1
Глютаминовая	20,9	15,2	15,5
Глицин	9,5	16,6	5,4
Аланин	10,6	16,4	6,8
Валин	8,7	8,8	6,5
Метионин	2,2	0,3	2,5
Изолейцин	5,6	4,1	4,7
Лейцин	10,2	9,9	8,3
Тирозин	5,8	3,8	4,3
Фенилаланин	4,8	4,7	5,4
Гистидин	1,8	1,5	2,4
Лизин	—	—	4,6
Аргинин	—	—	7,8
Пролин	—	—	4,9
Цистин	—	—	1,9

Таблица 23. Жирнокислотный состав живых кормов артемии, % (по [69, 79, 80, 89, 140])

Жирная кислота	Spirulina	Scene-desmus	Chaetoceros gracilis	Ch. curvius	Ch. calcitrans	Chlorella stigmatopora	Isochrysis galbana	Nannochloropsis salina	Phaeodactylum tricornutum	Tetraselmis suecica	Dunaliella salina
C12:0											7,79
C14:0			7,30	41,70	27,12	0,80	22,00	4,30	7,20	0,50	0,84
C15:0					2,37						0,50
C16:0	21,26	12,69	34,50	11,80	14,84	16,30	9,40	25,20	17,60	32,10	18,20
C17:0		5,53	0,70								
C18:0	10,6		2,20		7,47	22,70	10,70	13,50	4,70	0,70	1,98
C19:0		24,42									13,35
C20:0	46,77	2,84									
C14:1											
C16:1ω7	5,35		39,30	28,00	19,80	13,50	4,90	32,80	32,30	3,50	3,02
C18:1ω7/ω9	1,96	12,57	0,90		4,48	29,20	20,20	4,80	2,00	43,60	11,64
C20:1ω7/ω9	13,52					0,50				2,20	
C16:2ω7											
C18:2ω6	9,85	7,46	0,60	13,50	1,37	2,60	19,80		1,10	2,20	12,34
C20:2ω6/ω9						0,90					
C18:3ω3/ω6		40,89	0,80		0,58	5,10	4,60	1,20	1,30	10,50	18,68
C18:4ω3			0,80				3,10	0,50	1,30		3,61
C20:4ω3/ω6			1,40	7,60	3,29			0,80		2,20	0,78
C20:5ω3			4,10	45,90	18,68	1,30		14,80	14,70	5,90	3,31
C22:6ω3							3,40		0,30		

Таблица 24. Жирнокислотный состав дрожжей и inertных кормов артемии, % (по [69, 79, 89])

Жирная кислота	Saccharomyces cerevisiae	Рисовые отруби	Соевая мука	Копра	Зерно	Жир печени трески	Мышцы моллюсков
C10:0				4,38			
C12:0				37,09			
C14:0	1,0	0,27	0,08	24,53		8,1	3,4
C16:0	13,1	19,32	11,20	14,34	14,48	15,3	25,9
C17:0	0,7						
C18:0	5,5	2,27	3,85	4,42	3,00	2,6	5,9
C22:0		0,25	0,41	0,07	0,13		
C14:1							
C16:1ω7						14,3	7,6
C18:1ω7/ω9	40,4	35,35	37,96	11,76	35,77	2,0	6,8
C18:2ω6		38,89	40,03	3,42	44,16	1,8	0,5
C18:3ω3/ω6		2,91	5,55	0,06	2,13	0,2	0,9
C18:4ω3							
C20:4ω3/ω6							3,3
C20:5ω3						10,9	13,6
C22:6ω3		7,83	0,32		0,32	2,2	13,2

компоненты. Ниже будут приведены данные по влиянию химического состава различных кормов на химический состав потребляющей их артемии.

Химический состав артемии при питании различными кормами. В ряде работ было показано, что при кормлении артемии различными видами водорослей ракообразное неодинаково усваивает содержащееся в них органическое вещество [123]. Так, например, лучше всего рачок усваивает *Chlamydomonas sphagnicola*, *Dunaliella viridis* и *Platymonas elliptica*. Использование этих водорослей способствует увеличению содержания азота в ракообразном, а также белка и других биохимических компонентов.

Изучение формирования химического состава науплиев артемии в зависимости от вида пищи (табл. 25) показало, что питающиеся науплии

Таблица 25. Химический состав науплиев артемии в условиях голодания и питания различными видами водорослей, % к сухой массе (по [69])

Биохимический компонент	Выключившиеся науплии	Метод Науплии через 48 ч		
		голодающие	питающиеся <i>Spirulina</i>	питающиеся <i>Scenedesmus</i>
Сухой остаток	8,17-9,52	19,97-13,29	10,15-10,79	8,67-9,85
Белок	47,26-47,24	48,88-64,99	61,59-59,90	59,61-59,77
Углеводы	11,24-10,54	10,37-8,33	12,08-19,39	10,38-11,05
Липиды	23,53-20,84	21,95-18,51	22,25-25,00	20,99-28,46
Жирные кислоты	4,04-5,97	4,01-5,16	4,71-6,54	5,44-6,43

содержат относительно большие количества белков, липидов и жирных кислот по отношению к голодающим. Отмечено также, что особи, питающиеся *Spirulina*, содержат больше углеводов, чем науплии, питающиеся *Scenedesmus*. В наших исследованиях также установлено, что химический состав артемии определяется качеством используемой пищи (табл. 26).

Три вида корма, используемые нами при выращивании артемии, оказали различное влияние на формирование ее химического состава по сравнению с биомассой рачка, собранной в природных условиях (водоемы Генического солезавода). Так, например, наибольшее содержание белка отмечено при кормлении артемии смесью водорослей, состоящей из *Chlamydomonas*, *Gimnodinium* и *Phytocornutum*, однако в этом случае животные не доживали до взрослой стадии. Наиболее оптимальным кормом служила смесь, состоящая из перечисленных выше водорослей, взвеси пшеничных отрубей и бактериопланктона. Артемия, выращенная в этих условиях, содержала на 25,7 % больше белка, на 69,2 % — липидов и на 32,7 % углеводов, а также на 41,1 % больше энергии по сравнению с соответствующими показателями биомассы рачка, изъятая из природных условий. На этом основании можно заключить, что количество белков, липидов и углеводов в артемии зависит

Таблица 26. Химический состав (% к сухой массе) и энергетическое содержание ( $10^3$  Дж/г) биомассы артемии из природной популяции и выращенной в искусственных условиях

Артемия	Белок	Липиды	Углеводы	N	C	C:N	Энергетическое содержание
Природная популяция	29,87	7,64	5,50	4,78	23,25	100:20,5	10,80
Выращенная в искусственных условиях при кормлении							
D.salina	33,38			5,34	28,87	100:18,6	
смесью водорослей: Chlamydomonas + Gymnodinium + Ph.tricornutum	57,00			9,12	37,68	100:24,2	
смесью водорослей + взвесь пшеничных отрубей + бактериопланктон	37,56	12,93	7,30	6,01	41,91	100:14,4	15,25

от содержания этих компонентов в потребляемом корме и подчиняется определенным закономерностям, которые могут быть описаны уравнением

$$y = \frac{i}{a + b \cdot \exp(-x)}$$

где  $y$  – содержание соответствующего компонента в артемии;  $x$  – содержание в корме;  $a$  и  $b$  – соответствующие коэффициенты. Кривые, отражающие эту зависимость, представлены на рис. 2. В табл. 27 приведены уравнения зависимости содержания белков, липидов и углеводов в артемии и в корме.

Общим свойством всех трех кривых является существенный подъем в начале координат, после чего при достижении определенных значений кривая выходит на плато. Так, например, при увеличении содержания белка в корме от 20 до 50 % в артемии этот показатель повышается от 34 до 61 %. При дальнейшем увеличении концентрации белка в корме, потребляемом артемией, содержание его в рачке остается на уровне 59–61 %. Отсюда следует, что наиболее оптимальная концентрация белка в корме составляет 45–50 %, что обеспечивает максимальное содержание этого компонента в артемии.

Из рис. 2 можно видеть, что при увеличении содержания липидов в корме от 5 до 12 % концентрация в артемии возрастает от 7 до 26 %, при дальнейшем увеличении концентрации липидов в корме этот показатель в рачке почти не изменяется. Установлено также резкое возрастание содержания углеводов в артемии при кормлении ее водорослями, содержащими 4–6 % углеводов, тогда как при последующем увеличении количества этих компонентов в корме изменение их концентрации в рачке происходит менее интенсивно.

Таким образом, полученные уравнения зависимости содержания основных биохимических компонентов в артемии от концентрации их в потребляемом корме могут служить для расчета качества получаемой продукции рачка, исходя из качества компонентов, используемых при кормлении артемии, выращиваемой в искусственных условиях.

Далее нами было показано, что качество кормов влияет на электрофоретический состав белков и белковых комплексов артемии (рис. 3). Для фракционного состава белков артемии, выращиваемой в искусственных условиях при кормлении смесью водорослей, бактериопланктона и взвесью пшеничных отрубей, характерна большая гетерогенность как белков (24 фракции по сравнению с 19 в белковом спектре артемии из природной популяции), так и их комплексов (19 и 17 фракций гликопротеидов, 7 и 5 фракций липопротеидов соответственно).

Таблица 27. Уравнения зависимости содержания белков, липидов и углеводов в артемии и в корме и коэффициенты корреляции  $r$

Компонент	Вид зависимости	$r$
Белки	$y = \frac{1}{0,0178 + 1,1018 \exp(-x)}$	0,952
Липиды	$y = \frac{1}{0,0748 + 40,4791 \exp(-x)}$	0,841
Углеводы	$y = \frac{1}{0,0546 + 5,1334 \exp(-x)}$	0,946

Таким образом, состав кормов оказывает значительное влияние на качественные и количественные биохимические показатели биомассы артемии. Применяя различные корма, а также их сочетание, можно сформировать у ракообразных различные ценные компоненты, прежде всего незаменимые аминокислоты и жирные кислоты. Анализ формирования аминокислотного состава артемии в зависимости от качества пищи (табл. 28) позволяет заключить, что метионин, являющийся незаменимой аминокислотой, не синтезируется у голодающих паузилов,

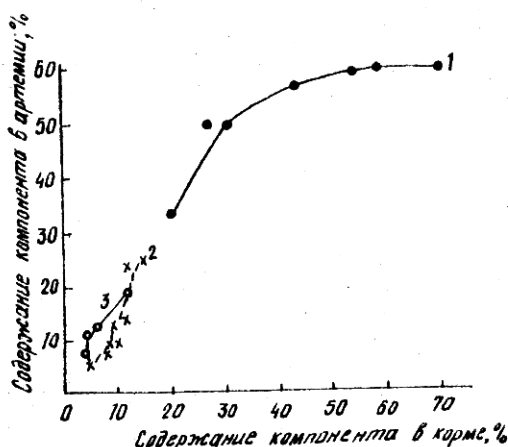


Рис. 2. Зависимость содержания белка (1), липидов (2) и углеводов (3) в артемии и в потребляемом ею корме

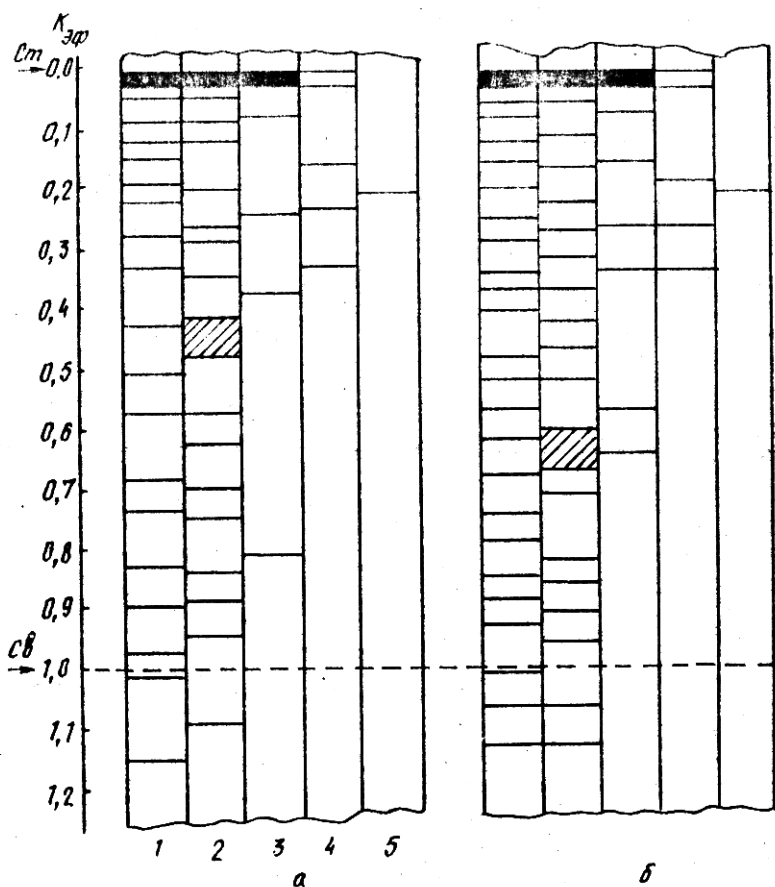


Рис. 3. Электрофоретические спектры белков и белковых комплексов артемии из природной популяции (а) и выращенной в искусственных условиях (б). Обозначения те же, что и на рис. 1

а образуется только у питающихся личинок. Установлено также, что артемия способна поглощать растворимые в воде аминокислоты, являющиеся продуктами метаболизма других организмов. Наиболее интенсивно процесс адсорбции аминокислот идет в первые часы после начала развития, когда они участвуют в анаболических и дыхательных процессах [129]. Из табл. 28 видно, что в целом аминокислотный состав науплиев, питающихся *Spirulina* и *Scenedesmus*, одинаков. Однако содержание глютаминной кислоты и глицина у науплиев, питающихся *Scenedesmus*, несколько выше, чем у личинок, использующих в качестве корма *Spirulina*, тогда как гистидин пре-

Таблица 28. Аминокислотный состав артемии в условиях голодания и питания различными кормами, % (по [69, 129])

Аминокислота	Науплии через 48 ч			Взрослые	
	голодающие	питающиеся Spirulina	питающиеся Scenedesmus	из природной среды	питающиеся рисовыми отрубями
Аспарагиновая	12,4–13,8	13,2–15,6	12,2–13,2	9,3	8,9
Треонин	6,6–5,9	5,9	5,2–6,2	4,1	4,9
Серин	6,4–6,7	5,7–6,0	3,9–5,9	4,8	4,9
Глютаминовая	13,1–14,6	12,2–13,1	16,3–16,9	14,4	12,5
Глицин	15,5–14,0	11,3–11,7	13,7–14,0	5,5	5,1
Аланин	11,2–12,7	10,7–12,2	12,1–10,4	7,0	6,8
Валин	8,0–8,1	8,3–8,4	8,8–5,9	5,6	4,8
Метионин	0,0	2,2–2,3	0,8–2,6	2,7	2,6
Изолейцин	6,3–6,2	6,6–5,4	5,5–6,6	5,8	4,8
Лейцин	8,9–8,2	8,9–9,9	6,2–9,8	8,2	6,5
Тирозин	2,9	3,1–4,2	2,5–5,8	4,5	5,3
Фенилаланин	5,6–4,3	4,9–5,2	4,6–5,7	4,7	5,5
Лизин	—	—	—	7,7	7,8
Аргинин	—	—	—	6,6	7,9
Пролин	—	—	—	5,3	7,8
Цистин	—	—	—	2,3	1,6
Гистидин	2,5–3,2	2,3–4,8	1,7–2,5	1,8	2,3

обладает у науплиев, питающихся *Scenedesmus*. Относительная концентрация аминокислот у взрослых артемий из природной среды и питающихся рисовыми отрубями в искусственных условиях выращивания почти идентична, что может служить подтверждением эффективности использования рисовых отрубей в качестве корма для артемии.

Для полноценного питания артемии и формирования ее аминокислотного состава большое значение имеет добавление в культуральную среду органического вещества и бактериопланктона. Наблюдались значительные различия содержания аминокислот в артемии, питающейся водорослями *Tetraselmis*, выращенной в искусственных условиях в среде f/2 и в той же среде, к которой добавлен свиной и овечий помет (табл. 29).

Из представленных данных можно видеть, что содержание важнейших аминокислот варьирует в артемии и зависит от среды, на которой выращивали водоросли. Так, например, количество аргинина выше в артемии, питающейся водорослями, культивируемыми на среде f/2, тогда как содержание лейцина значительно увеличено в рачках, использующих в качестве корма водоросли, выращиваемые на среде с добавлением свиного помета.

Таким образом, можно заключить, что качественный состав аминокислот артемии зависит от аминокислотного состава потребляемого

Таблица 29. Содержание важнейших аминокислот в артемии, питающейся Tetra-seimis, выращенной в среде f/2 и в той же среде с добавлением свиного и овечьего помета, % (по [101])

Аминокислота	Свиной помет	Овечий помет	Среда f/2
Валин	25,6±1,7	26,9±1,8	24,3±1,7
Метионин	11,6±3,6	11,2±5,5	11,3±4,2
Изолейцин	15,9±3,2	18,0±1,9	15,8±5,3
Лейцин	23,5±9,2	16,9±3,8	13,2±5,2
Фенилаланин	2,4±1,3	2,8±1,5	5,6±2,7
Гистидин	6,4±2,8	8,2±2,4	8,4±1,7
Аргинин	14,6±2,1	16,0±3,3	21,5±3,8

корма. Из этого следует, что для формирования полноценного аминокислотного состава рачка в его корм необходимо включать компоненты, содержащие все необходимые аминокислоты. На рис. 4 приведены соотношения содержания основных аминокислот в артемии и в потребляемом ею корме.

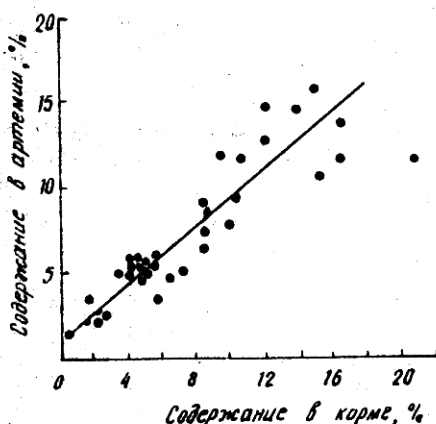


Рис. 4. Зависимость содержания аминокислот в артемии от содержания их в потребляемом корме

Для большинства аминокислот не существует односторонней зависимости их содержания в организме и в потребляемом корме. Вместе с тем для отдельных аминокислот эту зависимость можно выразить в виде уравнения  $y = bx + a$ . В частности, такой тип зависимости может быть применен для аспарагиновой кислоты ( $y = 1,26x - 1,78$ ), глицина ( $y = 0,72x + 2,50$ ), аланина ( $y = 0,43x + 5,04$ ).

Для остальных аминокислот, содержащихся в артемии, области значений их концентраций в зависимости от содержания в корме группируются в узких пределах, что, вероятно, является следствием обычной вариабельности признаков. Вместе с тем обобщенный анализ данных по содержанию аминокислот в потребляемом корме и в артемии позволяет выразить эту зависимость общим уравнением  $y = 0,72x + 1,77$  (рис. 4) при  $r = 0,914$ . В данном случае интерес представляет биологический смысл коэффициента  $a = 1,77$ . Расчеты, проведенные для каждой аминокислоты на основании зависимости  $y = bx + a$ , показали, что значение  $a$  колеблется в пределах 1,57–20,25 %. В то же вре-

Таблица 30. Жирнокислотный состав науплиев артемии в условиях голодания и питающихся различными водорослями, % (по [69, 79, 80, 89, 140])

Жирная кислота	Выключенные науплии	Голодающие науплии	Питающиеся науплии			
			Spirulina	Scenedesmus	Ch. cal-citrans	Dunaliella sp.
C12:0	0,40	7,85				
C14:0		0,89			10,29	0,34
C15:0						0,27
C16:0	11,40–15,49	11,98–15,06	17,30–21,60	13,90–16,20	11,70	14,20
C17:0	0,80–4,13	1,91	1,50	2,90–5,80		
C18:0	4,20–5,66	4,63–15,29	14,00–14,50	8,70–12,30	8,69	10,59
C19:0	0,48–1,15	–	–	1,50–1,80		
C20:0	0,64–5,87	2,54–4,30	2,50–15,70	0,30–2,70		
C16:1 $\omega$ 7	3,66–8,42	1,90–7,26	5,60–9,80	6,00–6,50	22,51	2,46
C17:1	0,60–2,12	1,91	0,80–1,80	0,50–1,50		
C18:1 $\omega$ 7/ $\omega$ 9	23,32–38,42	29,95–48,30	19,20–24,40	22,50–24,70	17,25	27,32
C20:1 $\omega$ 7/ $\omega$ 9			7,20–7,30	0,60–0,50		
C16:2 $\omega$ 7	0,60–2,97	0,79–1,27	2,80–2,90	1,30–1,50		
C18:2 $\omega$ 6	6,05–8,81	4,57–6,69	9,80	4,20–6,10	5,04	13,43
C18:3 $\omega$ 3/ $\omega$ 6	19,70–25,23	8,26–28,27	5,46–7,10	1,30–1,50	0,94	20,16
C18:4 $\omega$ 3	0,48–1,15	3,82		4,20–6,10		3,94
C20:4 $\omega$ 3/ $\omega$ 6	3,4	0,61–4,50		23,40	2,54	2,03
C20:5 $\omega$ 3	1,0	1,40–1,77			18,68	4,72

ма содержание аминокислот у голодающих науплиев артемии (т.е. при  $x = 0$ ) составляет 2,5–15,5 %. Аналогично среднее значение  $a$ , полученное при суммировании всех теоретически рассчитанных показателей  $a$  кривых зависимости содержания аминокислот в корме ( $x$ ) и в артемии ( $y$ ), дало величину  $a_{cp} = 2,60$ , т.е. близкую к общей 1,77. На основании сказанного можно предположить, что биологический смысл коэффициента  $a$  выражает не зависящий от корма, собственный синтез и аминокислотный резерв организма. В большей степени качество пищи артемии влияет на жирнокислотный состав ракообразного (табл.30,31).

У голодающих науплиев отмечено снижение содержания пальмитиновой (C16:0), линолевой (C18:2 $\omega$ 6) и линоленовой (C18:3 $\omega$ 3) кислот, тогда как относительная концентрация стеариновой (C18:0), олеиновой (C18:1 $\omega$ 7) и арахидоновой (C20:4 $\omega$ 3) увеличена [69].

Артемия способна ассимилировать липиды, содержащиеся в водорослях. Так, например, водоросли Spirulina и Scenedesmus богаты пальмитиновой кислотой, и при кормлении ими рачка содержание пальмитата составляет 16–22 % общего содержания жирных кислот в артемии. Вместе с тем стеариновой кислоты почти нет в водорослях и концентрация ее в науплиях артемии значительно снижена [146]. При питании рисовыми отрубями концентрация олеиновой и линолевой кислот увеличивается у взрослых особей, а содержание линоленовой кислоты уменьшается по сравнению с науплиями, что может

Таблица 31. Жирнокислотный состав науплиев и взрослых особей артемии, питающихся инертными кормами, % (по [69, 79, 89])

Жирная кислота	Питающиеся науплии				Взрослые		
	Зерно	Соевая мука	Кэпра	Рисовые отруби	Природные условия	Рисовые отруби	Соевая мука
C12:0	0,09		8,54				
C14:0			11,39	2,51	1,40	0,74	
C15:0					0,70	0,23	
C16:0	10,62	8,97	14,10	11,91	13,50	12,20	
C17:0					1,30	0,03	
C18:0	6,19	6,71	8,60	6,38	5,90	5,69	
C20:0					2,00		
C21:0						1,62	
C14:1	1,85	2,29			2,30	0,68	
C15:1					0,80		
C16:1 $\omega$ 7	5,87	4,29		6,76	13,80	5,30-6,60	
C17:1					0,90		10,70
C18:1 $\omega$ 7/ $\omega$ 9	39,54	37,30	32,93	39,17	35,60	41,70-47,00	33,50
C18:2 $\omega$ 6	32,03	33,12	8,02	29,08	6,20	25,40	17,80
C18:3 $\omega$ 3/ $\omega$ 6	1,63	3,47	0,93	1,90	-	2,50-3,60	4,50
C20:4 $\omega$ 3/ $\omega$ 6	1,01	0,86	1,71	1,15	2,20		
C20:5 $\omega$ 3	2,18	0,98	1,34	1,19	12,00		

быть следствием низкого содержания ее в пище (в *Spirulina* обнаружены следы, в рисовых отрубях — 1,2 %, в соевой муке — 6,4 %). Однако для соевой муки характерен высокий уровень линолевой кислоты (56,6 %), но в организме артемии эта жирная кислота метаболизирует в другие соединения [129].

При выращивании артемии в искусственных условиях с целью получения наиболее полноценного биохимического состава используют комплексные рационы кормления. Так, при кормлении артемии в течение 14 сут взвесью рисовых отрубей, затем 3 сут — суспензией *Spirulina* обнаружили снижение концентрации олеиновой кислоты с 55 до 35 %, что является результатом различного содержания этого компонента в рисовых отрубях (45 %) и в *Spirulina* (3 %). Следует отметить также, что артемия может синтезировать жирные кислоты, в частности линоленовую [79].

Как было сказано выше, важнейшими показателями кормовой ценности артемии являются содержащиеся в ней полиненасыщенные жирные кислоты, необходимые для роста и развития выращиваемых в искусственных условиях объектов аква- и марикультуры. С помощью различных добавок к корму у артемии можно формировать необходимый жирнокислотный состав. При этом такие ценные жирные кислоты, как C20:5 $\omega$ 3 и C22:6 $\omega$ 3, которых в основном нет в цистах, могут содержаться в науплиях и взрослых особях при включении в их рацион соответствующих добавок, имеющих в своем соста-

Таблица 32. Уравнения зависимости содержания некоторых жирных кислот в артемии и в корме и коэффициенты корреляции  $r$

Жирная кислота	Вид зависимости	$r$
C14:0	$y = \frac{x}{0,2255 + 0,0862x}$	0,973
C16:0	$y = \frac{x}{0,1790 + 0,0576x}$	0,671
C18:0	$y = \frac{x}{0,1256 + 0,0916x}$	0,824
C20:0	$y = \frac{x}{6,6519 \lg x - 5,4833}$	0,945
C16:1 $\omega$ 7	$y = \frac{x}{0,1406x - 4,7096e^{-0,3}}$	0,905
C18:1 $\omega$ 7/ $\omega$ 9	$y = \frac{x}{0,1343 + 0,0211x}$	0,961
C18:2 $\omega$ 6	$y = \frac{x}{5,007 + 0,0156 \exp(-x)}$	0,836
C18:3 $\omega$ 3/ $\omega$ 6	$y = 1,5608 + 0,5276x$	0,989
C20:5 $\omega$ 3	$y = \frac{x}{0,0160 - 0,1161x}$	0,999

ве эти компоненты [98]. Так, например, при добавлении к корму науплиев артемии жира печени трески и гребешков, которые содержат в достаточных количествах эти жирные кислоты, количество их значительно повышается в науплиях и взрослых рачках. Более того, артемия не может синтезировать кислоту C22:6 и получает ее только с кормом [117]. Таким образом, с помощью подбора живых и инертных кормов можно сформировать жирнокислотный состав артемии, содержащий все необходимые компоненты.

В табл. 32 представлены рассчитанные нами уравнения зависимости содержания некоторых жирных кислот в рачке и в корме, который он потребляет. Как можно видеть, для большинства представленных жирных кислот вид зависимости выражается уравнением

$$y = \frac{x}{a + bx}$$

где  $x$  — содержание жирной кислоты в корме;  $y$  — содержание в артемии;  $a$  и  $b$  — коэффициенты. Для C20:0 уравнение зависимости  $y = b \lg x$ , C18:3 $\omega$ 3  $y = a + bx$ .

На рис. 5 представлены графики зависимости содержания насыщенных и ненасыщенных жирных кислот в корме и в артемии. Интерес представляло выяснить биологический смысл коэффициента  $a$ . С этой целью нами был проведен сравнительный анализ содержания жирных кислот у голодающих и вылушившихся науплиев (на основе средних значений данных, представленных в табл. 30), а также в рачках, питающихся кормом, не содержащим данных жирных кислот. Результаты представлены в табл. 33.

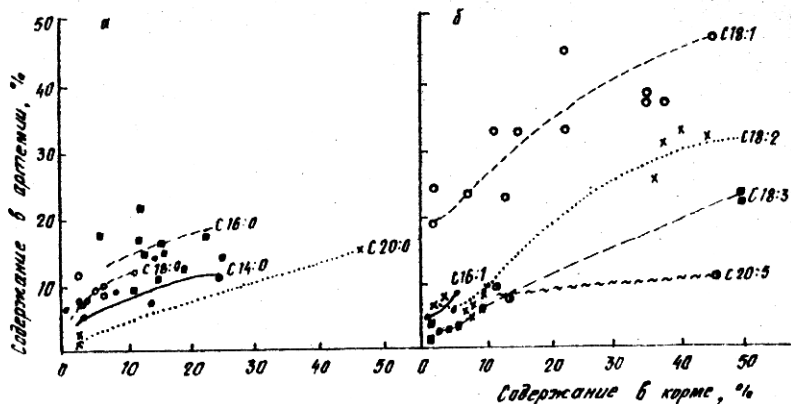


Рис. 5. Зависимость содержания насыщенных (а) и ненасыщенных (б) жирных кислот в артемии от содержания их в потребляемом корме

Как можно видеть из приведенных данных, значения коэффициента  $a$  для жирных кислот C14:0, C20:0 и C18:2 $\omega$ 6 близки к соответствующим значениям содержания этих компонентов у вылупившихся и голодающих науплиев. Однако при отсутствии данных жирных кислот в корме они не обнаружены и в питающихся им рачках. Отсюда можно заключить, что биологический смысл коэффициента  $a$  отражает начальные собственные резервы организма, содержащего C14:0, C18:2 $\omega$ 6 и C20:0.

Таблица 33. Значение коэффициента  $a$  и средних показателей содержания жирных кислот у вылупившихся, голодающих и питающихся рачков, %

Жирная кислота	Вылупившиеся	Голодающие	Питающиеся кормом, не содержащим жирной кислоты	$a$
C14:0		0,89	—	0,23
C16:0	14,35	13,60	В корме есть всегда	0,18
C18:0	9,94	4,88	9,59 (7,80–12,33)	0,13
C20:0	3,26	3,42	—	5,48
C16:1 $\omega$ 7	6,10	5,67	7,35 (4,29–11,38)	4,71 $e^{0,3}$
C18:1 $\omega$ 7/ $\omega$ 9	31,83	30,21	25,20	0,13
C18:2 $\omega$ 6	7,17	5,35	—	5,01
C18:3 $\omega$ 3/ $\omega$ 6	16,50	22,40	5,48 (3,90–7,11)	1,56
C20:5 $\omega$ 3	1,00	1,59	1,82 (0,98–3,40)	0,02

В остальных случаях существует четкая корреляция зависимости содержания жирной кислоты в корме и в питающемся рачке. При этом величины содержания компонентов C18:0, C16:1 $\omega$ 7, C18:1 $\omega$ 7, C20:5 $\omega$ 3 у вылупившихся и голодающих науплиев близки соответствующим показателям у рачков, питающихся кормом, не содержащим данной

жирной кислоты. В связи с этим низкие значения  $a$  могут свидетельствовать о доминировании собственного синтеза этих жирных кислот в организме над тем количеством, которое поступает с кормом. Таким образом, полученные уравнения могут быть использованы для прогнозирования содержания некоторых жирных кислот в артемии при известных концентрациях их в потребляемом корме.

Состав каротиноидов ракообразного полностью зависит от питания водорослями. Артемия усваивает ксантофилы, которые не образуются в ее организме. При кормлении артемии дрожжами *Rhodotorula* в рачке обнаружили их пигменты — эхиненон, кантоксантин, торуларходин, при кормлении *Spirulina* — каротин, эхиненон, кантоксантин, зеаксантин [75].

На основании приведенных данных можно заключить, что питание оказывает определяющее влияние на состав и соотношение различных биохимических компонентов в артемии, что имеет важное значение при выращивании ее в искусственных условиях и дает возможность целенаправленного формирования ее состава, повышения кормовой ценности.

\* \* \*

Итак, приведенные многочисленные данные по биохимическому составу артемии свидетельствуют о том, что это ракообразное является ценным кормом, не уступающим, а в некоторых случаях превосходящим традиционные объекты питания культивируемых организмов. Ниже приводятся сравнительные данные по содержанию различных веществ в артемии и других кормовых беспозвоночных (табл. 34).

Таблица 34. Биохимический состав различных организмов, % к сухой массе

Продукт	Белок	Липиды	Углеводы	Литературный источник
Дафния	29,4–61,0	1,6–7,3	20,0–31,2	[3]
Криль	55,6–60,7	2,5–26,0	6,0–28,4	[27]
Личинки хирономид	60,0	3,6	28,0	[3, 15]
Черноморская мидия	45,4–67,1	4,7–14,2	13,5–32,5	[16, 23]
Коловратки	28,1–55,4	7,4–21,6	7,0–44,9	[80]
Артемия	38,9–65,0	2,1–28,5	6,0–20,2	[84]

Существенным преимуществом артемии как кормового объекта является высокое содержание белка, богатого незаменимыми аминокислотами (табл. 35).

Большую ценность представляют липиды артемии, в которых содержится значительное количество незаменимых жирных кислот, имеющих важное биологическое значение. Так, например, сумма лино-

Таблица 35. Содержание незаменимых аминокислот в различных морских организмах, %

Продукт	Лизин	Валин	Лейцин + +изолейцин	Треонин	Фенил- аланин	Метионин	Лигературный источник
Криль	12,8	9,4	16,0	7,0	6,8	3,8	[27]
Треска	9,4	5,6	12,5	5,6	5,0	3,1	[23]
Циклопы	5,5	3,3	6,9	2,8	2,9	1,1	[74]
Коловратки	5,4	4,5	7,8	2,8	4,1	1,5	[74]
Дафния	3,3	2,4	4,5	2,6	2,3	0,9	[74]
Копепода	5,3	3,5	7,5	2,5	2,3	1,5	[74]
Артемия	10,1	9,5	15,0	9,5	8,9	2,7	[69]

левой и арахидоновой жирных кислот соответствует у артемии 3,6–17,2 %, тогда как у криля – 2,0–5,3 % [27], у коловраток – 5,4–18,1 % [80]. Кроме того, ракообразные содержат высокие концентрации полиненасыщенных жирных кислот, необходимых для нормализации липидного обмена, роста и развития объектов аква- и марикультуры на ранних стадиях онтогенеза [56].

Биохимический состав артемии, вследствие пластичности этого вида, можно направленно формировать с помощью создания определенных условий выращивания и рационов питания, в качестве которого используются одноклеточные водоросли, дешевые отходы сельского хозяйства и другие продукты. Отбор рас артемии по продукционным признакам и биохимическому составу и возможность их селекции позволяют получить особо продуктивные и ценные в кормовом отношении популяции ракообразного. Все это делает артемию важным и перспективным объектом культивирования, используемого в качестве корма для выращиваемых в искусственных условиях личинок крабов, креветок и рыб, а также с целью получения дешевого полноценного белка, жира и биологически активных соединений, применяемых в хозяйственной деятельности человека.

## ГЛАВА 2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АРТЕМИИ В КАЧЕСТВЕ КОРМОВОГО ОБЪЕКТА

Артемия как кормовой объект обладает исключительными свойствами, среди которых выделяются следующие: 1) сухие цисты артемии можно транспортировать в любые районы и получать из них живых науплиев с помощью простых методов; 2) науплии и взрослые особи артемии медленно плавают; 3) артемия имеет мягкие ткани; 4) артемия может быть использована для кормления как морских, так и пресноводных объектов, так как ее науплии в течение нескольких часов способны жить в пресной воде; 5) артемия обладает высокой скоростью роста и размножения; 6) артемия обладает полноценным химическим составом, имеет высокое содержание незаменимых аминокислот, белка, витаминов, гормонов, а также полиненасыщенных жирных кислот, необходимых для роста и развития объектов аква- и марикультуры.

В настоящее время артемией кормят личинок более 70 видов гидробионтов, что составляет 85 % организмов, выращиваемых в искусственных условиях [132]. В зависимости от условий культивирования и технологических задач в качестве корма могут быть использованы декапсулированные цисты, выклюнувшиеся науплии и взрослые особи артемии. Так, например, науплиев, которых можно хранить относительно долгое время при пониженных температурах, применяют как стартовые корма для личинок пресноводных и морских рыб, креветок и крабов. Вместе с тем, учитывая простоту разведения артемии и возможность получения биомассы за короткий срок при высокой плотности с использованием дешевых отходов сельского хозяйства в качестве пищи, в рыбоводстве все более широкое применение находит биомасса рачка, так как он в 20 раз крупнее и в 500 раз превышает по массе выклюнувшихся науплиев. Половозрелые артемии содержат в своем составе большие количества незаменимых аминокислот, жирных кислот и биологически активных соединений [128]. В последнее время все большее применение находит высушенная и замороженная биомасса артемии, преимущества которой заключаются в возможности длительного хранения, более высокой кормовой ценности и чистоте [18, 132]. Критериями эффективности использования артемии как кормового объекта служат показатели роста, развития, выживаемости и биохимического состава различных гидробионтов, выращиваемых в искусственных условиях, о чем будет сказано ниже.

Артемия как корм для циклопов. Науплии артемии эффективно

используются в качестве пищи для циклопов, выращиваемых как в пресной, так и в соленой воде. Экспериментально было показано, что пресноводный циклоп *Mesocyclops leukarti* интенсивно питается артемией при содержании в искусственных условиях. При этом его основные жизненные функции (дыхание, поглощение пищи, ее переваривание, продуктивность и продолжительность жизни) не отличаются от показателей, характерных для этих организмов, живущих в естественных водоемах и питающихся естественной пищей [83].

**Артемия как корм для креветок.** Артемия широко применяется в качестве корма для креветок, выращиваемых в промышленных масштабах. Кроме того, креветки, мизиды служат тест-объектами для оценки кормовой ценности артемии, полученной из разных источников. В частности, для этого используют ювенильных особей *Mysidopsis bahia* Malenock, а в качестве корма для них — метанауплийев и двухдневных голодающих артемий [99]. Изучали выживаемость, рост и репродуктивную способность мизид, питающихся науплиями артемии, полученными из оз. Макау (Бразилия), Маргарита ди Савойя (Италия), бухты Шарк Бей (Австралия), бухты Сан-Пабло (США, штат Калифорния) и Большого Соленого озера (США, штат Юта) [91]. Результаты показали, что выживаемость мизид, питающихся науплиями из перечисленных источников, существенно не различается, за исключением особей, питающихся науплиями из бухты Сан-Пабло. В этом случае выживаемость мизид достоверно снижается ( $p < 0,05$ ). В последующие 25 дней этот показатель для всех групп составил 80 %, а для мизид, питающихся науплиями из бухты Сан-Пабло, 43 %. Вместе с тем мизиды последней группы росли значительно быстрее, чем особи, питающиеся науплиями из остальных источников, между которыми различий не обнаружено. Исследования, проведенные на мизидах, питающихся науплиями из бухты Сан-Франциско (США), оз. Мундро (Индия), оз. Яро (Филиппины), оз. Баротик-Нуево (Филиппины) и оз. Бангкок (Таиланд), представлены в табл. 36.

Наилучшие показатели выживаемости отмечены для мизид, питающихся науплиями из оз. Баротик-Нуево и бухты Сан-Франциско. Та же тенденция отмечена для показателей созревания и плодовитости мизид.

При исследовании репродуктивной способности мизид через 10 дней кормления их науплиями, полученными из цист Большого Соленого озера, наблюдалось наибольшее количество самок, имеющих яйцевой мешок (78 %) и наибольшее количество яиц в нем ( $19 \pm 5$ ). Наименьшее число репродуктивных самок обнаружено в группе, питающейся науплиями из бухт Шарк Бей и Сан-Пабло. Этот факт объясняется тем, что артемии из названных источников загрязнены полихлорбифенилами, что отрицательно влияет на выживаемость и созревание мизид, питающихся ими. Кроме того, в науплиях этого штам-

Таблица 36. Развитие *Mysis* bahia *Malenock*, питающихся науплиями артемии из различных источников (по [91])

Показатель	Бухта Сан-Франциско	Оз. Мундро	Оз. Баротик-Нуэво	Оз. Яро	Оз. Бангкок
Выживаемость, %	93,3 ± 5,2	86,7 ± 13,8	94,0 ± 5,5	75,0 ± 10,6	90,0 ± 8,9
Сухая масса, мг	318,1 ± 44,1	371,9 ± 47,9	385,8 ± 48,2	264,0 ± 11,8	311,1 ± 23,7
Длина, мм	478 ± 145	4479 ± 181	4369 ± 170	3192 ± 193	4758 ± 145
<u>Неполовозрелые ♂</u>					
Общее число ♂	4,6	0	0	0	0
<u>Неполовозрелые ♀</u>					
Общее число ♀	56,6	13,3	8,0	48,2	30,3
<u>♀ с яйцами в сумке</u>					
Общее число ♀	49,4	73,5	76,0	51,9	51,5
<u>♀ с яйцами</u>					
Общее число ♀	0	13,3	16,0	0	18,2

ма содержатся незначительные количества жирной кислоты 20:5 $\omega$ 3, что также снижает показатели роста и развития креветок. Было отмечено также, что биомасса мизид положительно коррелирует с содержанием в артемии жирной кислоты C20:5 $\omega$ 3 и отрицательно — с концентрацией C12 : 2  $\omega$  6, C18 : 3  $\omega$  3 и C18 : 4 $\omega$  3 [99].

Науплии артемии представляют собой наиболее полноценную пищу для креветки *Macrobrachium*, выращиваемой на фермах в промышленных условиях. Этот корм обеспечивает ее высокую выживаемость (на 13–19 % выше по сравнению с контролем), большую продуктивность и быстрое развитие [128]. Для интенсивного развития креветок достаточны очень небольшие количества науплий артемии; на ранних стадиях для них необходимо 2–4 науплия/мл в день (в культиваторе объемом 75 л), на более поздних стадиях — 5 в течение 3–4 дней до достижения ими стадии VIII. При необходимости получения высокой продукции креветок на постларвальной стадии (81,1 %, или

Таблица 37. Развитие креветки *Metapenaeus monocerogus*, питающейся артемией, находящейся на различных стадиях развития (по [115])

Показатель для креветки	Стадия артемии, используемая в качестве корма			
	Декапсулированные яйца	Выклюнувшиеся науплии	Ювенильные особи	Взрослые особи
Коэффициент усвояемости, %	88,15	92,28	89,32	70,10
Коэффициент общего прироста, %	45,90	37,09	26,67	30,00
Коэффициент абсолютного прироста, %	52,07	40,19	20,86	37,00
Относительная скорость роста, мг/(масса·сут)	62,30	80,30	62,60	39,00

61 креветка/л) давали 8–10 науплиев артемии/мл в день в сочетании с рыбной мукой [103]. Приведенные данные свидетельствуют о высокой экономичности и хорошей усвояемости науплиев артемии личинками креветки *Macrobrachium*. Эффективность потребления науплиев при концентрации их 5 экз/мл для личинок креветки *Palaemon serratus* Pennat составляет 25 % [146]. При выращивании личинок креветки *Penaeus japonicus* на третьей мизидной стадии требовалось 50–80 науплиев артемии на личинку в день, на III стадии зоэа этот показатель увеличился в 1,6 раза [99]. Вместе с тем было обнаружено, что в науплиях артемии имеются многочисленные паразиты (грибы, инфузории), которые попадают в организм креветки и могут служить причиной ее заболеваний и гибели.

В других исследованиях было показано, что использование ракообразного в качестве корма значительно улучшает физиологические показатели развивающихся креветок (табл. 37). На основании данных этой таблицы можно заключить, что наилучшим кормом для развивающихся креветок служат декапсулированные цисты и науплии ракообразного, которые по своей энергетической ценности (см. табл. 14) и усвояемости превосходят остальные стадии артемии. Вместе с тем из 16 типов различных рационов, которыми кормили креветку *M. monocerogus*, наиболее эффективным оказался корм, состоящий из взрослых артемий [115].

Аналогичные результаты были получены для двух видов креветок — *Palaemonetes pugio* и *Palaemonetes vulgaris*. При использовании в качестве пищи замороженной икры рыб, тканей различных животных, искусственных гранул, планктона и артемии было установлено явное превосходство последней. В частности, это выразилось в увеличении в 1,8 раза выживаемости личинок креветок, ускорении их роста и морфогенеза [128]. При выращивании постларвальных стадий креветок

*P. monodon* в аквариумах и кормлении их сырым искусственным кормом, а также с добавлением артемии (1:1) креветки имели наибольшую длину (25,71 мм) через 30 дней после начала кормления [115]. Чистая эффективность роста этих креветок при питании декапсулированными цистами артемии составила 29–36%.

Таблица 38. Развитие личинок креветки *Palaemon elegans*, питающейся артемией из различных природных источников (по [146]), %

Показатель для креветок	Природные источники артемии	
	Большое Соленое озеро	Бухта Сан-Франциско
Личинки, не развивающиеся в течение 19 дней	4	0
Личинки, погибшие в период метаморфоза	68–80	0
Больные на постларвальной стадии	16–28	0
Здоровые на постларвальной стадии	0	100

Науплии артемии были успешно применены в качестве корма для личинок креветок *Penaeus setiferus* и *P. monodon*, выращиваемых в закрытых танках объемом 2000 и 250 л, где одновременно с ними культивировали одноклеточные водоросли, простейших, мизид, коловраток и артемий. Было установлено, что живые науплии артемии значительно лучше усваиваются личинками креветок и способствуют увеличению их выживаемости и темпов роста по сравнению с замороженной артемией [128].

Исследования различных штаммов артемии показали их неодинаковую кормовую ценность для креветок. Было обнаружено, что науплии артемии из Большого Соленого озера (штат Юта, США) менее пригодны для питания креветки *Palaemon elegans* по сравнению с науплиями из бухты Сан-Франциско (штат Калифорния, США). При кормлении креветок науплиями из бухты Сан-Франциско в течение 19 дней исследователи не наблюдали случаев смертности, болезней и недоразвитых личинок, как это было при использовании в качестве корма науплий из Большого Соленого озера (табл. 38). Приведенные результаты свидетельствуют о том, что в данном случае при использовании артемии в качестве пищи для креветок также следует учитывать ее биохимический состав и степень загрязнения различными токсичными веществами, оказывающими отрицательное влияние на рост и выживаемость креветок, культивируемых в промышленных масштабах. Следует отметить также, что кормовая ценность стадий артемии тоже различается, что было показано в опытах с использованием личинок креветки *Penaeus vannamei* (табл. 39). Из приведенных данных можно заключить, что науплии артемии, используемые в качестве корма, способствуют увеличению выживаемости креветок по сравнению с особями, питающимися декапсулированными цистами. Однако по по-

Таблица 39. Развитие личинок креветки *Penaeus vannamei*, питающейся артемией из различных природных источников (по [101])

Показатель для креветок	Бухта Сан-Франциско		Колумбия	
	Науплии	Декапсулиро- ванные цисты	Науплии	Декапсули- рованные цисты
Выживаемость через 8 сут, %	78	64	68	50
Масса через 8 сут, г	0,721	0,607	0,564	0,591

казателям увеличения биомассы креветок видно, что кормовая ценность артемии из двух источников неодинакова. Различие показателей, приведенных в табл. 39, объясняется разной кормовой ценностью артемии, используемой в качестве корма. Известно, что при отсутствии в корме личинок креветок фосфолипидов не происходит их метаморфоза и все личинки погибают на 7-й день развития [101]. Однако добавление в корм фосфатидилхолина, содержащего C18 : 1 $\omega$ 9 и незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты, значительно увеличивает рост и выживаемость личинок. Далее была показана зависимость между ростом и развитием креветки *Penaeus stalirostris* и содержанием полиненасыщенной жирной кислоты C20:5 $\omega$ 3 в науплиях артемии, которые служили ей пищей. В результате дальнейших исследований было установлено, что для нормального развития культивируемых морских креветок необходимы значительные количества полиненасыщенных жирных кислот. Для этого потребовалось отобрать соответствующие штаммы артемии, содержащие C20:5 $\omega$ 3 [98]. В целом артемия широко применяется в креветочных хозяйствах, схема функционирования которых разработана П.Соргелосом [132] (схема 1). Использование артемии в качестве корма способствует не только интенсивному росту и развитию личинок креветок, но и их быстрому созреванию. Это создает благоприятные условия для получения нескольких урожаев в год и увеличивает тем самым рентабельность креветочных ферм. Высушенная и замороженная артемия входит в состав гранулированных кормов, применяемых для выращивания креветок *Penaeus japonicus*. Было рассчитано, что в среднем 1 кг корма и 0,8 кг массы артемии необходим для получения 1 млн личинок этой креветки. С использованием этого корма в 1982 г. было получено около 160 млн постларвальных стадий креветок, реализованных в промышленности.

Артемия как корм для крабов. Науплии артемии находят все большее применение в качестве корма для личинок крабов, выращиваемых в промышленных масштабах. Так, например, при разведении желтого краба — *Cancer anthonyi* Rathbur в закрытых системах-культураторах науплии артемии усваивались личинками лучше по сравне-

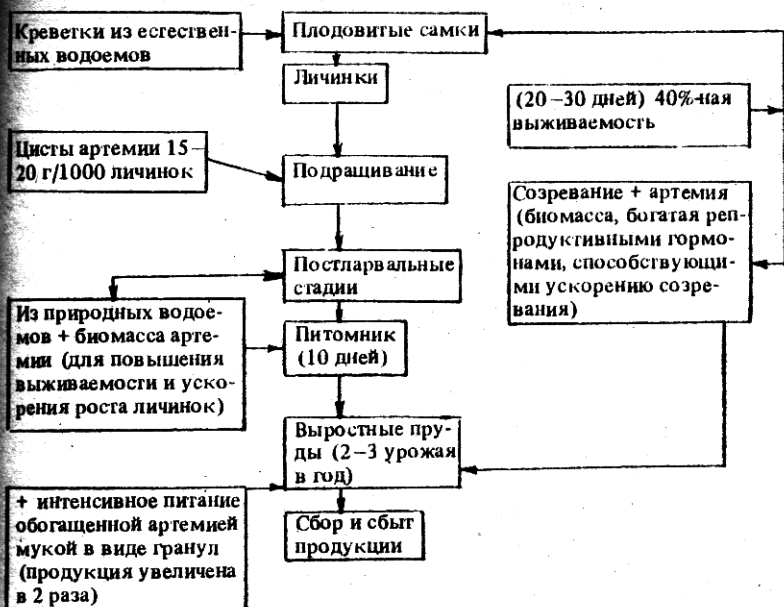


Схема 1. Функционирование креветочного хозяйства (по [132])

нию с другими кормами [57], что способствовало их нормальному росту и развитию. Исследования, проведенные на личинках голубого краба — *Callinectes sapidus* при кормлении их искусственными рационами, содержащими 23, 37 и 49 % сырого белка, и артемией, показали явное преимущество последней, что выразилось в улучшении основных жизненных показателей (табл. 40) [107]. Из приведенных данных следует, что выживаемость крабов, питающихся различным кормом, существенно не отличается, однако при кормлении артемией личинки крабов растут быстрее ( $p < 0,05$ ), чем особи, использующие в качестве пищи белковые гранулы. Было показано также, что скорость роста самцов и самок, питающихся искусственными рационами, не имеет различий, тогда как при кормлении артемией самки по этому показателю значительно превышают самцов.

Таблица 40. Влияние различного корма на развитие личинок голубого краба — *C. sapidus* в период 12–18 недель (по [107])

Показатель для краба, %	Вид корма			
	Артемия	23 % СБ	37 % СБ	49 % СБ
Смертность	10,2	5,1	15,4	7,5
Выживаемость	89,8	94,9	84,6	92,5
Частота линьки	4,23	3,43	3,76	3,62

Примечание. СБ — процентное содержание сырого белка в искусственных рационах.

Таблица 41. Влияние различного корма на содержание белка у краба *C. sapidus*, % к сухой массе замороженного краба (по [107])

Вид корма	Белок	Белок глюкозамин
Рацион, СБ, %		
23	34,7±0,27	30,8±0,27
37	40,4±0,54	36,9±0,54
49	39,3±1,70	35,2±1,68
Артемия	46,1±1,80	42,2±1,80

Использование артемии в качестве живого корма для личинок крабов способствует улучшению их биохимического состава и, в частности, увеличению содержания белка в них (табл. 41). На основании проведенных исследований авторы делают вывод, что артемия служит эффективным кормом для выращиваемых в искусственных условиях личинок крабов, что обеспечивает их быстрый рост, развитие и формирование полноценного химического состава. Было установлено, что кормление личинок крабов артемией из различных природных источников по-разному влияет на их рост и развитие (табл. 42). Из приведенных в этой таблице данных видно, что при кормлении ранних стадий личинок краба *R. harrisi* артемией из оз. Макау (Бразилия), Маргарита ди Савойя (Италия) и бухты Шарк Бей (Австралия) наблюдается высокая выживаемость организмов. При

Таблица 42. Развитие краба *Rhithropanopeus harrisi*, питающегося артемией из различных природных источников (по [90])

Показатель для крабов	оз. Макау	Оз. Маргарита ди Савойя	Бухта Шарк Бей	Бухта Сан-Пабло	Большое Соленое озеро
Выживаемость на стадии 1, %	77 ±13	85 ±10	61 ±26	0	0
Выживаемость на стадии мегалопы, %	80 ±12	92 ± 7	78 ±25	0	0
Выживаемость в период развития от мегалопы до стадии 1, %	96 ± 5	85 ± 9	76 ±14		
Период развития от выплывания до стадии мегалопы, дни	11,1± 1,3	10,3± 0,2	11,1± 1,2	11,0± 1,1	10,8± 0,8
Период развития от выплывания до стадии 1, дни	16,7± 1,2	15,6± 0,2	16,4± 1,1	-	-

питании артемией из водоемов Сан-Пабло и Большого Соленого озера (США) высокую жизнеспособность личинок крабов отмечали и на начальных этапах онтогенеза, однако скорость их роста при этом была замедлена. На стадии, предшествующей мегалопе, выживаемость крабов резко снижалась и смертность достигала 80–90 %.

Аналогичные данные были получены для крабов *Cancer irroratus*. Вместе с тем следует отметить, что скорость роста и развития личинок краба *R. harrisi* была значительно выше при кормлении науплиями бразильского и итальянского штаммов артемии по сравнению с австралийским, тогда как для личинок краба *C. irroratus* эти показатели не различались [90]. При исследовании влияния различных кормов (*Chaetoceros gracilis*, живые науплии артемии, лиофилизированные науплии, дафнии в микрокапсулах альгината кальция) на развитие личинок краба *Crangon nigricanda* наилучший эффект был получен при использовании артемии в сочетании с *Chaetoceros*.

**Артемия как корм для омаров.** Науплиев артемии успешно использовали для подращивания личинок омаров. При этом отмечены одинаковая выживаемость, скорость роста и метаморфоз личинок, потребляющих науплиев из цист Большого Соленого озера (Штат Юта, США) и Референтного центра "Артемия" (Бельгия) [63]. Добавление биомассы артемии к искусственным кормам значительно повышает показатели выживаемости и роста ювенильных особей омаров. Так, например, при кормлении их диетой 79 F, включающей витамины, жировые, минеральные и белковые компоненты, выживаемость личинок омаров составляла 89 % через 120 дней развития, а при добавлении к этому корму артемии этот показатель был 100 %. В первом случае масса личинки составляла  $694 \pm 70$  мг, во втором —  $1305 \pm 145$  мг [93, 126]. Приведенные данные свидетельствуют о высокой эффективности применения артемии в качестве добавок к корму подращиваемых в искусственных условиях омаров.

**Артемия как корм для рыб.** Наиболее широкое применение артемии и ее науплиев нашло при искусственном выращивании рыб, личинки которых питаются фито- и зоопланктоном. Науплии артемии, разведение которых возможно в течение всего года, могут культивироваться совместно с водорослями, что позволяет быстро и эффективно получать живой корм для рыб [45]. Питание артемией благоприятно влияет на рост и развитие молоди рыб (табл. 43).

Было отмечено также, что содержание гемоглобина в крови осетровых, питающихся артемией, значительно превосходит соответствующие показатели у контрольных групп (26–45 и 20–35 % соответственно).

Сухая и замороженная артемия по своим кормовым свойствам уступает живой, однако и в этом случае рационы, содержащие пасту из ракообразного, оказывали благоприятное действие на физиологические и морфологические показатели камбалы *Solea solea* по сравнению с другой пищей. Было показано, что при питании мальков рыб кормом, содержащим пасту артемии, их ежедневный прирост составлял 0,22–0,30 мм в день, а выживаемость — 41–76 %, тогда как при использовании других кормов, не содержащих в своем составе артемию, эти по-

Таблица 43. Развитие осетровых рыб, питающихся артемией (по [17, 48])

Показатель для рыб	Вид корма	
	живая артемия	контроль
<b>Осетр</b>		
период, дни	16	18
прирост, %	—	—
привес, %	764,8	149,3
<b>Севрюга</b>		
период, дни	16	18
привес, %	1141,0	253,5
<b>Гибрид</b>		
белуга х		
х (белуга х стерлядь)		
период, дни	17	17
прирост, %	87	75
привес, %	234,2	173,9
упитанность	0,72	0,65

*Примечание.* В качестве контроля для питания рыб использовали малощетинковых червей для осетра и севрюги [17], для гибрида — природный корм [148]

различными фракциями зоопланктона. Однако смертность мальков при кормлении декапсулированными цистами артемии была выше по сравнению с показателями, полученными при кормлении их зоопланктоном, что, вероятно, связано с наличием в цистах токсичных веществ [104]. Сходные данные были получены при кормлении подрачиваемой в искусственных условиях рыбы *Clarias lazera* замороженной и живой артемией и живым зоопланктоном. В этом случае за 4 недели масса личинок рыб увеличилась от 0,3 до 1 г, а выживаемость составила от 50 до 96 %.

При подрачивании мальков ханосов *Chanos chanos* также установлено, что наибольшую выживаемость (48 %), длину тела и массу имели рыбы, питающиеся артемией, по сравнению с другими группами, получавшими иные корма.

Ранее было показано, что кормовая ценность артемии определяется качеством и количеством пищи, употребляемой ракообразным, что, в свою очередь, оказывает непосредственное влияние на развитие личинок рыб, питающихся артемией. Так, при кормлении личинок лаврака *Dicentrarchus labrax* выклюнувшимися науплиями артемии из оз. Маргарита ди Савойя (Италия), рачками, выращенными в искусственных условиях и питающихся водорослями *Tetraselmis suecica* и *Chaetoceros simplex*, биомасса рыб достоверно увеличилась через

казатели были 0,04—0,12 мм в день и 63—66 % соответственно [133].

Аналогичные результаты были получены при выращивании мальков карпа, когда скорость роста личинок, питающихся артемией, была в 2 раза выше по сравнению с показателями рыб, питающихся сухим кормом. Мальки карпа массой 15—150 мг потребляли науплиев в количестве 100—150 % массы тела, что соответствовало усвояемости 10—15 % в день [65].

Мальки сига *Coregonus lavaretus*, культивируемые в закрытых емкостях и используемые в качестве пищи науплиев артемии, значительно превышали по показателям массы и длины рыб, питаю-

40 дней при употреблении артемии из естественной популяции. Вместе с тем у особей, получавших в качестве корма артемию, рыбную муку и искусственные корма, биомасса за этот же период возросла соответственно на 60, 17 и 12 г, что свидетельствует о явном превосходстве артемии как корма для рыб по сравнению с другими рационами [98]. Вместе с тем отмечена высокая смертность личинок лаврака, потребляющих науплиев артемии из Большого Соленого озера, что объясняется загрязненностью цист ПХБ.

Иногда в качестве добавок к корму рыб и других гидробионтов используют липидный экстракт артемии, что также дает положительный эффект, хотя и в меньшей степени, чем при питании живыми рачками [81]. В этом случае живая артемия представляет собой наиболее эффективный корм для мальков осетровых рыб, так как обладает оптимальным соотношением азотистых, безазотистых и минеральных веществ — 1:0,5:0,9, что способствует хорошей усвояемости ее осетровыми [17]. Разработана технология предварительного "обогащения" науплиев артемии полиненасыщенными жирными кислотами  $\omega$ 3 ряда, необходимыми для развития мальков морских рыб. Для этого в корм артемии добавляли липиды, содержащие значительные количества соответствующих жирных кислот, после чего науплиев скармливали рыбам.

Так, например, при скармливании науплиев ракообразного, питавшихся водорослью *Chlorella* и дрожжами и имеющих в результате этого полноценный состав жирных кислот, малькам камбалы выживаемость последних увеличилась до 66,8–86,4 % по сравнению с 56,6 % для особей, не получавших соответствующий корм [81].

Кормление мальков рыб артемией требует определенной концентрации науплиев с целью их наиболее полного усвоения. Этот корм вводится в рацион на строго определенных стадиях развития рыб, что особенно важно учитывать при культивировании их в замкнутых емкостях. Подкормка науплиями камбалы *Solea solea* возможна на 5–6-й день после вылупления мальков, что затем обеспечивает их оптимальное развитие и дальнейший метаморфоз [133]. Личинок карпа в течение 18 дней после вылупления кормили науплиями артемии, после чего переводили на искусственные корма [65]. Для молоди кефали науплии артемии оказались слишком крупными и подкормка этих рыб была возможна только в период 14–45 дней, а для личинок морского окуня — в период 9–13 дней. Было показано, что при питании науплиями из водоемов Италии мальки менидии в возрасте 10 дней растут значительно быстрее, чем при кормлении их науплиями из водоемов Бразилии и бухты Сан-Пабло (США). Аналогичные данные были получены для личинок камбалы *Pseudopleuronectes*. В связи с этим было обнаружено, что науплии итальянской расы имели длину 517 мкм, бразильской — 429 и калифорнийской — 439 мкм. Таким образом, при

Таблица 44. Развитие рыб, питающихся артемией из различных природных источ

Показатель для рыб	Бухга Сан-Пабло (США)	Оз. Макау (Бразилия)	Бухга Шарк Бей (Австралия)	Большое Соленое озеро (США)
<i>Menidia</i>				
Время развития, дни	33	33	33	33
Выживаемость, %	83	97	94	93
Увеличение сырой массы, мг	76,00	60,04	77,58	79,68
<i>Pseudopleuronectes</i>				
Время развития, дни	32	32	32	32
Выживаемость, %	38,8	88,4	93,9	46,1
Увеличение сухой массы, мг	0,7027	0,8007	1,1765	0,9144
<i>Cyprinus</i>				
Время развития, дни	14	14	14	14
Выживаемость, %	93,3	95,7	95,7	93,3
Увеличение сырой массы, мг	169,5	173,1	180,4	170,7
<i>Procella (Lebistes)</i>				
Время развития, дни	—	—	—	52--79
Выживаемость, %	—	—	—	100
Увеличение длины, мм	—	—	—	1,80

питании науплиями больших размеров мальки рыб растут быстрее. Однако кормление только что выклюнувшихся личинок рыб крупными науплиями может привести к их гибели. В связи с этим необходимо строго учитывать время наилучшей усвояемости этого корма рыбами и другими гидробионтами с учетом стадий их развития, так как науплии могут оказаться слишком крупными для мальков и последние не смогут использовать их в пищу [138].

При подращивании сиговых рыб было предложено использовать как декапсулированные цисты артемии, так и ее науплиев. При этом стартовое кормление личинок рыб на этапе смешанного питания проводят науплиями артемии, а декапсулированные яйца вводят в рацион через 3—5 дней после начала их кормления живыми ракообразными и при достижении личинками массы не менее 4,5 мг [42].

Для нормального развития выращиваемых в искусственных условиях рыб необходимо рассчитывать количество науплиев артемии с целью их наиболее рационального использования и получения максимального прироста организмов. Было определено, что для нормального развития камбалы в закрытых емкостях каждому мальку необходимо 0,1 г сырых науплиев артемии в день или 5000 науплиев на тэнк, содержащий 24 л [93]. При выращивании мальков карпа в

Оз. Маргарита ди Савойя (Италия)	Бухта Сан- Франциско (США)	Оз. Тиенси (КНР)	Оз. Лаваль- дук (Фран- ция)	Оз. Чаплина (Канада)	Литератур- ный источник
<i>menidia</i>					
33	33	-	-	-	[58]
92	87-95	-	-	-	
81,86	65,78-66,01	-	-	-	
<i>americanus</i>					
32	-	32	32	32	[93]
89,1	-	71,5	60,7	77,6	
1,3208	-	0,666	0,733	0,423	
<i>carpio</i>					
14	14	14	14	14	[141]
94,3	93,3	96,7	95,2	95,2	
188,4	166,4	184,9	179,5	143,4	
<i>reticulatus</i>					
	52-79	-	-	-	[146]
	100	-	-	-	
	1,80	-	-	-	

80-литровых аквариумах в первую неделю инкубации им требовалось 24,6-34,5 мг цист артемии на одного малька, во вторую неделю - 174,0-244,1 мг. При этом количество декапсулированных цист, необходимых для увеличения массы карпа на 1 г, в первую неделю составляло 0,79-1,40 г, во вторую - 0,96-1,72 [141]. Однако усвояемость этого корма 5-8-миллиметровыми личинками карпа составила 0,016 % энергии, содержащейся в науплиях, а для личинок 9-15 мм - 0,4 %.

В прудовых хозяйствах при выращивании гибрида белуга х (белуга х стерлядь) суточный рацион, выраженный в процентах к массе рыбы, для сеголеток составил в июне 22-29 % артемии, к сентябрю - 6,1, для двухлеток - от 17,5 до 4,8 % в августе [48]. В экспериментальных условиях при подращивании мальков *Salmo trutta* было установлено, что максимальная скорость потребления науплиев артемии составляет 18 экз/мин.

Выше были приведены данные о различной кормовой ценности артемии из разных природных источников. Это обстоятельство в еще большей степени необходимо учитывать при культивировании рыб и использовании артемии в качестве пищи для мальков (табл. 44). Хорошая выживаемость мальков рыб наблюдается при кормлении их науплиями из водоемов Бразилии и Австралии. При этом наилуч-

Таблица 45. Увеличение массы молоди рыб, питающихся науплиями артемии из различных соленых водоемов

Водоем	Масса рыб, мг		
	исходная	через 18 дней	через 40 дней
Пруды Генического солезавода	25,35±7,75	61,30±10,09	106,32±11,08
Пруды Сивашского сольпрома	25,97±7,75	47,16±10,38	63,93±21,51
Оз. Аджиголь	19,42±3,49	22,44± 2,08	—
Восточное побережье Каспийского моря	24,90±6,07	26,61± 5,05	45,83±12,85

шие результаты были получены для мальков карпа, когда выживаемость личинок этого вида составляла 93 %. Относительно низкая жизнеспособность личинок рыб была отмечена в случае кормления их науплиями, полученными из цист Сан-Франциско и Большого Соленого озера (США). В некоторых случаях кормовая ценность артемии зависит от способа лова ракообразного. Было показано, что особым преимуществом обладает селективный лов артемии по сравнению со сплошным. При использовании в качестве корма артемии, отловленной первым способом, выживаемость рыб увеличивается до 82,4 %, прирост — до 0,48 мм/сут, во втором случае эти показатели были равны 72,4 % и 0,29 мм/сут соответственно [132].

В наших исследованиях в качестве тест-объекта для определения кормовой ценности науплиев артемии, полученных из цист, собранных в водоемах Генического и Сивашского сольпромов, оз. Аджиголь и на восточном побережье Каспийского моря, использовали молодь рыб *Lebistes reticulatus* (табл. 45). Наибольший привес рыб в период 40 дней наблюдается при кормлении их науплиями артемии из водоемов Генического и Сивашского сольпромов — 314,4 и 146,2 % соответственно. При кормлении рыб науплиями из оз. Аджиголь отмечены наименьший привес и большая смертность, что вероятно, обусловлено загрязненностью цист ПХБ.

Артемия как корм для птиц. В природных условиях цисты и рачки артемии охотно поедаются птицами, живущими на соленых озерах и на побережьях морских заливов (фламинго, чайки, крачки, утки, гуси). По аналогии с данными, приведенными выше, мы исследовали влияние цист и биомассы артемии, собранных в водоемах Генического солезавода, на выживаемость, рост и яйценосность, а также некоторые биохимические показатели цыплят и кур-несушек породы Белый Леггорн, выращиваемых в промышленных условиях на птицефабрике совхоза "Красный Октябрь" (Крымская обл., Севастопольский р-н).

Влияние цист и биомассы артемии на выживаемость и рост цыплят. Для изучения влияния декапсулированных цист и биомассы артемии на выживаемость и рост цыплят суточные животные были разделены на три группы: контрольная ( $n = 30$ ),

получавшая стандартный комбикорм; I группа ( $n = 30$ ), получавшая дополнительно к комбикорму декапсулированные цисты в количестве 1 % суточного рациона, и II группа ( $n = 20$ ), получавшая дополнительно к комбикорму высушенную биомассу артемии в количестве 1 % суточного рациона.

На 6-й день эксперимента в контрольной группе погибло два цыпленка, тогда как в обеих опытных группах гибели животных не наблюдали. В начале эксперимента масса суточных цыплят во всех трех группах существенно не различалась (рис. 6). Однако на 5–8-й день средняя масса одного цыпленка из группы I была выше по отношению к соответствующим показателям контроля и группы II. В большей степени эта тенденция выражена на 12–20-й день, когда масса одного животного, получавшего дополнительно к комбикорму декапсулированные цисты артемии, в среднем на 11,3–14,7 г выше значений, отмеченных у цыплят контрольной группы и группы II. Увеличение массы цыплят из группы II существенно не отличалось от показателей контроля и только на 12–21-й день несколько превышало их.

Таким образом, при добавлении к корму цыплят декапсулированных цист артемии – 1 % суточного рациона – наблюдается увеличение их массы в среднем на 5–12 % по сравнению с показателями контроля в период 1–20 дней. Такая же тенденция отмечена для группы цыплят, употреблявших в качестве добавок к комбикорму высушенную биомассу артемии. Однако в обоих случаях различия показателей опытных групп цыплят недостоверны по отношению к соответствующим значениям контроля.

Влияние цист артемии на физиологические показатели кур. Важнейшим физиологическим показателем

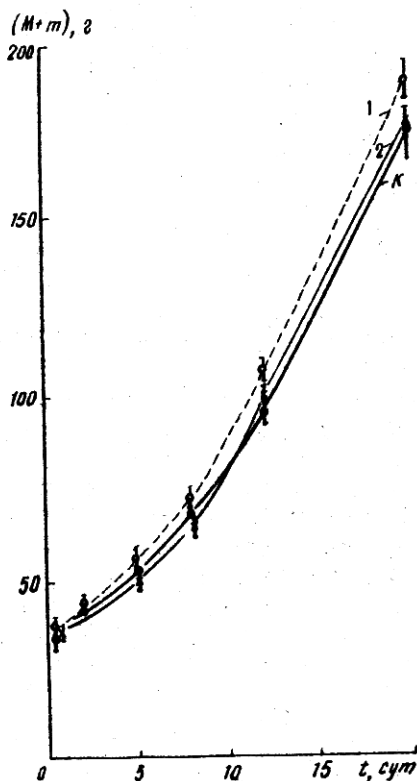


Рис. 6. Динамика изменений средней массы цыпленка ( $M \pm m$ ):  
 К — контрольная группа, I — группа I,  
 2 — группа II

Таблица 46. Условия эксперимента по изучению влияния декапсулированных цист артемии на яйценосность кур-несушек (основной корм — комбикорм)

Номер группы	Число кур	Добавка — цисты артемии, мг/экз	% рациона
Группа I	12	50	0,05
Группа II	11	250	0,25
Группа III	11	500	0,5

Таблица 47. Показатели яйценосности кур, получавших в качестве добавки декапсулированные цисты артемии

Номер группы	Количество яиц, полученных за 56 дней		Яйценосность, %
	всего	от одной курицы	
Контроль	980	20	51,5±1,2
Группа I	381	32	57,0±2,2
Группа II	420	38	68,6±1,7
Группа III	416	38	66,0±2,0

кур-несушек, выращиваемых в промышленных масштабах, является их яйценосность. Для оценки влияния цист артемии, используемых в качестве добавки к корму птиц, подопытные животные, содержащиеся в промышленных условиях, были разделены на четыре группы (табл.46). Куры I, II и III групп в течение 40 дней получали дополнительно к комбикорму декапсулированные цисты артемии. Наблюдение за яйценосностью проводили в течение этого периода, а также в последующие 16 дней после прекращения применения добавки. На основании результатов исследований (табл.47) можно заключить, что использование цист артемии в качестве добавки к корму кур-несушек оказывает положительный эффект, который выражается в увеличении их яйценосности на 17–29 % ( $p < 0,01$ ) по отношению к показателям кур, питающихся только комбикормом. В результате за период эксперимента (56 дней) от каждой курицы I–III групп было получено на 3–9 яиц больше, чем в контроле. Следует отметить, что эффект стимуляции яйценосности проявляется уже в группе I, но значительно более выражен в группах II и III. Однако достоверных различий между показателями групп II и III не обнаружено, откуда следует, что для достижения максимального эффекта яйценосности достаточно использовать в качестве добавки 250 мг цист/экз. (0,25 % суточного рациона). Было обнаружено, что в течение первых 27 дней яйценосность кур I группы была снижена по отношению к показателям контроля на 15–20 %. К 28-му дню эти показатели приближались к значениям контрольных животных и затем превышали их в среднем на 40 %. Такая же тенденция сохранялась после прекращения добавления к комбикорму цист артемии. Показатели яйценосности кур II и III групп уже в первые дни получения добавки были выше в среднем на 30–40 % по отношению к контролю, что сохранялось до конца эксперимента. Некоторые периоды снижения яйценосности во всех трех группах, вероятно, обусловлены колебаниями температуры, влажности и другими условиями, влияющими на показатели птицы в условиях ее промышленного содержания. Вместе с

Таблица 48. Показатели яйценосности молодняка кур, получавших в качестве добавки к корму декапсулированные цисты артемии

Номер группы	Количество яиц, полученных за 60 дней		Яйценосность, %	Время достижения максимальной яйценосности, дни
	всего	от одной курицы		
Контроль ( <i>n</i> = 30)	643	22	35,8 ± 2,6	34
Опыт ( <i>n</i> = 20)	249	25	41,5 ± 3,5	25

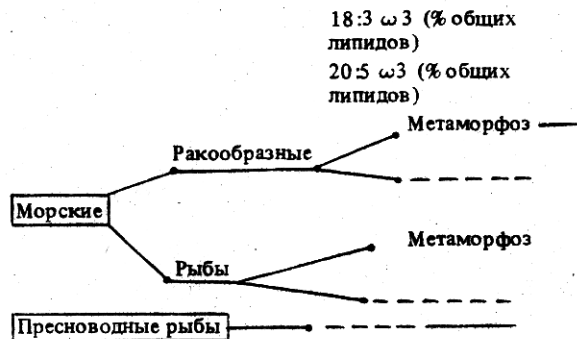
тем в опытных группах уменьшение показателей яйценосности выразилось в значительно меньшей степени, чем в контроле.

Таким образом, результаты проведенных исследований показали, что цисты артемии, используемые в качестве добавки к корму кур-несушек, оказывают стимулирующее влияние и повышают яйценосность. Кроме того, как показал биохимический анализ яиц, полученных от контрольных и опытных животных, содержание белка и витамина А в них не отличалось, тогда как содержание каротина в яйцах кур, полученных от опытных животных, было на 62 % выше, чем в яйцах контрольных. Это позволяет заключить, что применение цист артемии в качестве добавки к корму кур-несушек улучшает качество яиц последних.

Дальнейшие исследования на молодняке кур показали, что добавка к комбикорму декапсулированных цист артемий в количестве 250 мг/экз. в сутки способствует их более раннему созреванию. В этом случае эксперимент длился 60 дней, в течение 40 из которых животные получали цисты артемии. Из полученных данных (табл. 48) можно заключить, что добавка цист артемии к комбикорму молодняка кур оказывает положительное действие, что выражается в увеличении яйценосности ( $p < 0,01$ ) по отношению к контролю и ускоряет тем самым созревание молодняка на 9 дней (созревание определяли по времени достижения максимальной яйценосности, характерной для взрослых кур-несушек в исследуемый период, т.е. 60–70 %). Биохимический анализ яиц, полученных от опытных и контрольных животных, не показал различий в содержании белка и витамина А, тогда как концентрация каротина была увеличена на 41,0 % в яйцах, полученных от опытных кур.

На основании проведенных исследований можно заключить, что применение декапсулированных цист артемии и ее биомассы в качестве добавки к комбикорму кур положительно влияет на их выживаемость, рост, созревание, яйценосность, а также качество яиц.

Тесты куль-  
тивирования  
Содержание  
жирных кислот



Австралия	Бразилия	Канада	Китай	Франция	Италия	Юта (США)	б.Сан-Пабло (США)	б.Сан-Франциско (США)	Референтный Центр "Артемия"
14,8	4,9	19,9	7,4	20,9	6,4	31,5	33,6	5,2	2,6
10,5	9,0	9,5	15,4	8,0	13,6	3,6	1,7	12,4	8,5
+	+	±	+	+	+	-	-	+	+
+	+	±	+	+	+	+	-	+	+
+	+	±	±	±	±	-	-	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Схема 2. Влияние содержания полиненасыщенных жирных кислот науплиев артемии из различных природных источников на выживаемость и рост морских ракообразных *Rhithropanopeus harrisi*, *Cancer irroratus*, *Mysidopsis bachi* и рыб *Pseudopleuronectes americanus*, *Menidia menidia* и пресноводных рыб *Cyprinus carpio*, *Cyprinus variegatus*, (+) – хорошие показатели, (±) – средние показатели, (-) – плохие показатели [97].

Таким образом, важнейшим показателем кормовой ценности артемии является ее химический состав: содержание в ней белка, минеральных компонентов, незаменимых аминокислот, биологически активных соединений и полиненасыщенных жирных кислот. Качество и количество последних компонентов являются наиболее важным фактором для развития объектов аква- и марикультуры, иллюстрацией чему служит схема, предложенная П. Лавенсом и др. [97] (схема 2).

Как можно видеть, различные расы артемии неравноценны по содержанию полиненасыщенных жирных кислот в науплиях, что непосредственно отражается на выживаемости, росте и развитии объектов культивирования, питающихся ими. Однако жирнокислотный состав артемии можно формировать при искусственном ее выращивании на определенных рационах.

Наибольшим энергетическим содержанием обладают только что выклюнувшиеся науплии. В дальнейшем они теряют часть энергии — около 20 % при переходе от стадии II к стадии III [128]. Следовательно, наиболее эффективно использовать науплиев в качестве корма сразу после их вылупления.

Следует учитывать содержание токсичных веществ в артемии, которые отрицательно влияют на выживаемость, рост и развитие гидробионтов, получающих ее в пищу в условиях культивирования. При кормлении личинок рыб, креветок и крабов артемией, загрязненной значительными количествами токсикантов, в организме животных эти вещества аккумулируются в большей степени и они становятся непригодными в пищу человека.

При подборе корма для личинок культивируемых морских и пресноводных животных следует учитывать размеры науплиев артемии и время их использования в рационах гидробионтов, а также количество науплиев и декапсулированных цист, необходимых для эффективного усвоения их подращиваемыми гидробионтами.

Уникальность биологических свойств и биохимического состава артемии позволяет говорить о возможности использования ракообразного и его продуктов не только в качестве стартовых кормов для объектов аквакультуры, но и в качестве эффективных добавок к корму сельскохозяйственных животных, улучшающих их показатели и качество продукции. Это подтвердили наши эксперименты, проведенные на цыплятах и курах-несушках, выращиваемых в промышленных условиях: декапсулированные цисты артемии в количестве 50–250 мг/экз. добавляемые в комбикорм кур, увеличивали их яйценосность на 17–29 %, а цисты и биомасса артемии, используемые в количестве 1 % суточного рациона в корме цыплят, способствовали увеличению их выживаемости, более быстрому росту, развитию и созреванию.

### ГЛАВА 3. БИОТЕХНИКА ПОЛУЧЕНИЯ ЦИСТ, НАУПЛИЕВ И БИОМАССЫ АРТЕМИИ

Выше были приведены многочисленные данные по использованию артемии и ее продуктов в качестве высокоэффективного корма для объектов аква- и марикультуры, что определяется не только ее полноценным химическим составом, но и продукционными свойствами. При оптимальных условиях выращивания через 2 недели можно из цист рачка получить биомассу половозрелых артемий, которые через каждые 4 дня способны давать по 100–300 науплиев в течение всей жизни, составляющей 6 мес. При интенсификации культивирования артемии в закрытых системах можно получать до 10 000 животных/л [126]. Жизненный цикл артемии сравнительно просто регулировать с помощью изменения абиотических условий выращивания и тем самым получать необходимую продукцию, что можно видеть на схеме 3. До недавнего времени цисты и биомассу артемии извлекали в небольших количествах из природных соленых озер. Однако, начиная с 1975 г, возросшая популярность артемии как кормового объекта резко увеличила потребность в сырье из нее и, следовательно, цены на него на мировом рынке. Если в 60-х годах 1 кг цист артемии стоил 15 долларов, то в 1977 г. цена повысилась до 70 и затем до 200–300 долларов [103]. Сложившаяся ситуация привела к необходимости искать новые источники цист и биомассы рачка, а также разрабатывать принципы ее интенсивного культивирования в естественных и искусственных водоемах и установках.

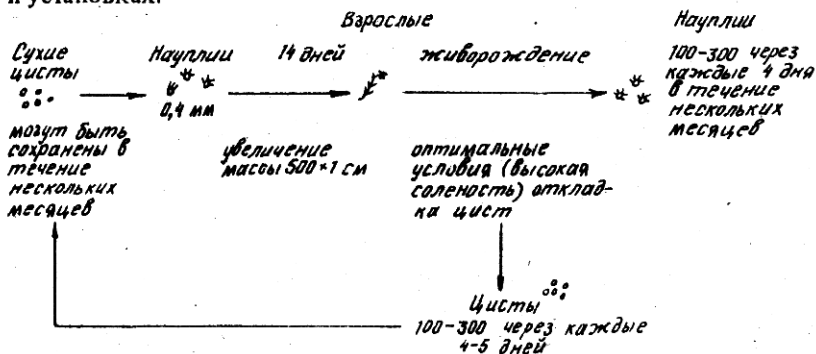


Схема 3. Диаграмма жизненного цикла артемии (по [126])

В настоящее время на пяти континентах имеется 320 источников яиц, что составляет 100 000 га соленых прудов и озер, заселенных артемией. Однако в мире добывают сотни тонн цист по средней стоимости 30 и менее долларов за 1 кг [111, 142], что явно не удовлетворяет всевозрастающие потребности аква- и марикультурных хозяйств в этом сырье. Ниже будут приведены данные по опыту организации и использования артемиевых хозяйств у нас в стране и за рубежом, а также основные принципы выращивания ракообразных в закрытых установках.

## ПОЛУЧЕНИЕ ЦИСТ

Подсчет численности артемии и ее цист в естественных водоемах весьма затруднен, так как распределение рачков крайне неравномерно. Оно зависит от направления ветра, течений, освещенности и других факторов. Кроме того, при подсчете численности популяций артемии в различных работах применяются разные методы и единицы измерения, что затрудняет сравнение продуктивности рачков в водоемах. Была предложена следующая формула для определения численности яиц артемии [9, 10]:

$$M = 6,27 \cdot 10^9 \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + \dots + a_n}{n} \cdot V,$$

где  $M$  — запас яиц в водоеме, кг; 6,27 — сухая масса одного яйца, кг;  $a$  — количество яиц в  $1 \text{ м}^3$ ;  $n$  — количество проб;  $V$  — объем воды в водоеме.

Однако без учета неравномерности распределения яиц в водоеме использование этой формулы может привести к необоснованно завышенным или, наоборот, заниженным данным о количестве цист в результате экстраполяции их числа, определенного в небольшом объеме и затем отнесенного к объему всего водоема или значительной его части [111].

Запас цист артемии в естественных водоемах и способы их изъятия. В табл. 49 приведены данные о запасе цист артемии в соленых озерах СССР и других стран мира. Результаты многочисленных исследований Референтного центра "Артемия" (Бельгия) показали, что средняя продукция нормального биотопа артемии находится в пределах 10–20 кг цист на 1 га поверхности водоема за сезон [111].

Существуют водоемы с промысловым и непромысловым запасом цист. Промысловыми считаются скопления рачков, биомасса которых составляет  $400 \text{ г/м}^2$  береговой линии или водной поверхности озера, а толщина слоя яиц превышает 0,4 см [34]. Промысловый запас яиц артемии определяется из расчета количества цист, необходимых для

Таблица 49. Запас цист артемии в различных естественных водоемах мира

Водоем	Площадь, км <sup>2</sup>	Запас цист, т	Период	Литературный источник
<b>СССР</b>				
Южный Сиваш	Общая	22,5	Октябрь	[9]
Сасык-Сиваш	площадь 1330	3,4	Среднее за 1965-1971 гг.	[9]
Сакское озеро		0,9		[9]
Тобечикское озеро		3,6		[9]
оз. Джарылгач		2,4		[9]
Поповское озеро		0,1		[9]
Большое Огар-Мой- накское (Крымская обл.)		0,08		[9]
Куяльницкий лиман (Одесса)	20	8,8-14,5	Июнь, среднее за 1971-1979 гг.	[29]
водоемы Алтайского края - оз. Бурлю Ка- захской ССР	1 100	3 400		[45]
оз. Сейтень Казах- ской ССР		40-60 30-40		[31] [31]
<b>Болгария</b>				
Поморье Бургаса	5,5	326-838		[111]
<b>США</b>				
оз. Марина-Салина	0,01	0,05	Ежегодно	[131]
бухта Сан-Франциско	Более 10	0,002		

воспроизводства в каждом водоеме, которое вычитается из общего запаса яиц в озере. При определении запаса яиц, необходимых для воспроизводства, исходят из средней численности взрослых рачков в мае, коэффициента выживаемости (0,505), массы одного яйца ( $6,27 \times 10^{-9}$  кг) и объема воды в водоеме [8]. Так, например, было рассчитано, что в маточных озерах Алтайского края доля возможного изъятия цист составляет 40 %, а в озерах комплексного использования — 25 %. Из этого следует, что если общий запас цист составляет 6,8 тыс. т, в том числе в водоемах Алтайского края — 3,4 тыс. т, то промышленный запас яиц — соответственно 440 и 205 т [45]. Иногда запас яиц артемии определяют на берегу. Для этого отбирают пробы на одном погонном метре с учетом всей длины выбросов. Собранные таким образом пробы яиц очищают от примесей, высушивают при 35-40 °С в течение 20-24 ч и отбирают 2-3 г яиц, из которых удаляют оставшиеся примеси и взвешивают.

Запас яиц на берегу определяют по формуле [10]:

$$M = \frac{(A \cdot V_2 / V_1) \cdot l}{n}$$

где  $M$  — запас яиц на берегу водоема, кг;  $A$  — сухая масса всех проб после очистки, кг;  $V_1$  — масса яиц в навеске после удаления примесей;  $V_2$  — масса пробы, взятой до удаления примесей;  $n$  — число проб;  $l$  — длина выбросов.

Большое значение имеет формирование промыслового запаса яиц, который образуется за счет гидрологического режима водоема, направления и скорости ветра. Установлено, что промысловые скопления цист формируются при скорости ветра 3–6 м/с и имеют при этом вид пятен или лент, распределяющихся по водной поверхности. При усилении скорости ветра до 10–12 м/с основная масса цист локализуется в прибрежной части и выбрасывается на берег. На оз. Яровом (Алтай) обнаружены скопления яиц артемии, достигающие 0,5 · 0,2 км и более, которые содержат несколько сотен тонн сырья (цист артемии с примесью органического вещества). Всего в Алтайском крае за период 1978–1979 гг. собрано 25 т цист [34].

**Сбор цист в водоемах.** Цисты артемии имеют золотисто-желтую или коричневую окраску, распределяются по берегу водоемов, где смешиваются с песком, водорослями и растениями или плавают в толще воды. Считают, что цисты артемии следует заготавливать в зависимости от климатических условий в осенне-зимний или весенний период, до наступления оттепелей. Цисты, собранные весной, содержат значительно больше мусора, чем сырье, заготовленное осенью. Однако яйца, полученные весной и прошедшие период естественной активации, имеют высокий процент выклева по сравнению с теми, которые были собраны осенью [4, 34].

Для заготовки яиц существуют различные методы сбора. На берегу их собирают вручную с помощью скребков, лопат, совков, веников в ведра или с помощью экскаваторов. Выклев таких цист не превышает 3–5 % [8, 9]. Такой низкий показатель выклева обусловлен тем, что цисты на берегу в результате выпадения дождей могут быть подвергнуты периодической гидратации и переходить в метаболическое состояние, что снижает выживаемость эмбрионов. Так, например, вылупляемость цист, собранных на берегу, составила 40 %, а в толще воды — 70,2 %. Кроме того, чистота сбора сырья на берегу не превышает 30 %. В связи с этим цисты удобнее собирать в толще воды, где вероятность получения полноценного сырья, чистота которого достигает 60–75 %, значительно возрастает [36]. Для сбора цист артемии в воде применяют различные плавающие барьеры, а в углах прудов устанавливают сетчатые мешки, вокруг которых концентрируются яйца. Следует помнить, что цисты выметываются при высокой солености или при низких температурах и способны длительное время сохраняться в покоящемся состоянии. Однако дождь может вызвать распреснение воды в водоеме и стимулировать тем самым развитие эмбрионов. В связи с этим сбор цист необходимо проводить ежедневно (желательно рано утром) [144].

Для извлечения цист из толщи воды пользуются специальными устройствами: гралами, снабженными заградительными щитами, сачками различных конструкций и планктонными сетками, изготовленными из газа № 38 [9]. Применяются сачки более сложной конструкции, в головную часть которых вмонтирован сороуловитель, изготовленный из газа № 14, а собственно сачок состоит из газа № 58—60, который полностью обеспечивает наполнение яйцами. Такой сачок имеет открытые горцы, при работе с ним хвостовой конец подгибается и крепко перегибается шнуром. По мере наполнения сачок освобождается и очищается от сора. Сачок описываемой конструкции можно применять для сбора цист на берегу [4, 144]. Собранные таким образом цисты артемии очищают, сушат и хранят в течение длительного времени.

**Способы очистки цист артемии.** Яйца артемии заготавливают в мешки из плотной полотняной ткани с соотношением ширина:высота 1:3 и емкостью 15—20 л [4]. Промывание яиц и отделение их от крупных загрязнителей осуществляются в полевых условиях в сачке. Затем цисты промывают поочередно в пресной и соленой воде. Небольшие партии яиц можно очистить в два приема. Сначала цисты суспендируют в насыщенном соленом растворе, в результате чего тяжелые примеси (песок, остатки диатомовых водорослей и др.) и оседают на дно. Для улучшения процесса разделения в течение суток через каждые 30 мин на 5 мин включают аэрацию. Всплывшие цисты собирают, промывают водопроводной водой через сито с величиной ячеей 200 мкм. Затем яйца переносят в емкость с пресной водой на 30 мин, при этом полные яйца опускаются на дно, а скорлупа, легкие примеси всплывают на поверхность, где могут быть легко удалены. Этому процессу также способствует аэрация [126].

Для очистки больших количеств цист артемии применяется более сложная технология, состоящая из нескольких этапов [144].

1. Для освобождения яиц от крупных частиц их промывают на сите с начальным диаметром ячеей 400 мкм и конечным размером ячеей 100 мкм.

2. Цисты переносят в резервуар с насыщенным раствором соли и перемешивают при хорошей аэрации. В результате этой операции яйца будут дегидратированы, а также тяжелые частицы осядут на дно сосуда. Полные яйца и легкие частицы всплывают на поверхность.

3. Цисты переносят в конический делительный сосуд, заполненный концентрированным раствором соли, верхняя половина которого интенсивно аэрируется. В результате 24-часового разделения цисты полностью дегидратируются ("вдавленные" цисты), всплывают на поверхность и могут быть очень легко отделены от тяжелых частиц, осевших на дно.

4. В течение 5 мин яйца отмывают в водопроводной воде через сито с диаметром ячеей 100 мкм.

5. Цисты переносят в интенсивно аэрируемый сосуд с пресной водой. В результате медленного перемешивания в верхней половине сосуда полные яйца будут оседать на дно, тогда как легкие примеси и скорлупа всплывают на поверхность. Этот процесс длится не более 60 мин, так как в противном случае цисты начинают гидратироваться и метаболизировать.

6. Собранные яйца быстро промывают через сито с диаметром ячеек 100 мкм путем распыления пресной воды.

7. Излишки воды удаляют встряхиванием, затем мешок с цистами осторожно отжимают и помещают для подсушивания на адсорбирующую ткань.

С целью механизации процесса очистки цист артемии в промышленных условиях сконструировано устройство, где яйца промывают через сито с размерами ячеек от 300 до 125 мкм, а затем отделяют от скорлупы, песка и других загрязнителей по плотности. При оптимальной норме разовой загрузки устройства сырьем (10–12 кг) за рабочий день можно очистить до 400 кг яиц до чистоты 90 % [9, 10]. Для повышения качества очистки цист эффективным средством является использование глицерина в смеси с 10–12 %-ным раствором соли в соотношении 1:5. При этом яйца артемии обволакиваются глицерином и всплывают на поверхность, тогда как примеси опускаются на дно [12]. Этот принцип был применен в механизированной установке, состоящей из батареи цилиндров объемом 75 л каждый, воздушных распылителей и емкостей для растворов поваренной соли и глицерина с дозирующими устройствами. В этом случае яйца загружают в цилиндрические резервуары по 300 мг/л. Затем добавляют смесь раствора поваренной соли и глицерина из верхнего бака и все интенсивно перемешивается с помощью компрессора. Яйца всплывают, а осевший песок, водоросли и другие загрязнители сливают через краны. Примеси, находящиеся во взвешенном состоянии, пропускают через сито № 50–55 и очищенный раствор может быть повторно использован.

Для разделения яиц и скорлупы в цилиндрические сосуды наливают пресную воду и через 10–12 мин осевшие на дно яйца собирают в мешки из газа № 32–38 через краны, а всплывшие скорлупки удаляют с поверхности [8].

**Высушивание и хранение цист артемии.** Если цисты артемии предназначены для длительного хранения, их следует предварительно обработать с целью предотвращения поражения грибковыми заболеваниями. Для этого цисты помещают в раствор поваренной соли и формалина (на 1 л воды — 2 мл формалина и 3 г соли), что обеспечивает их жизнеспособность в течение двух месяцев [35].

В зависимости от сроков и условий реализации цист артемии существует три основных способа их хранения [144].

1. Если цисты предполагается использовать в течение нескольких

месяцев, они могут быть сохранены в концентрированном растворе поваренной соли, что можно сделать сразу после их отмывания в солевом растворе. В этом случае яйца пропускают через сито с диаметром ячеи 120 мкм и помещают в насыщенный раствор соли из расчета 1 г цист в 10 мл раствора. Насыщенный раствор соли (330 г хлорида натрия на 1 л воды) можно приготовить, используя "брайпмат Стерлинга" [130]. С помощью этого приспособления насыщение и фильтрация рапы производятся автоматически, путем протекания воды через слой соли. Цисты, помещенные в такой раствор, дегидратируются при комнатной температуре от 3 до 24 ч при обязательной аэрации и приобретают форму кофейных зерен. После дегидратации яйца просеивают через сито с размером ячеи 120 мкм, переносят в пластиковый сосуд, заливают насыщенным раствором соли (330 г/л) и хранят в холодильнике.

Был предложен способ консервации яиц артемии с помощью глицерина [9, 12]. В этом случае отмывые цисты выдерживали в глицерине в течение 40–50 дней при 0–5 °С, что значительно увеличивает их жизнеспособность по сравнению с необработанными таким образом цистами. Предлагается использовать этот метод для хранения цист артемии в течение двух лет [9].

2. Если цисты артемии предполагается использовать в период 6–12 мес, их высушивают на воздухе. Процесс высушивания включает несколько этапов [126]:

а) яйца распределяют на сухой поверхности, покрытой хлопковой тканью, адсорбирующей влагу. Цисты следует периодически просеивать через сита с диаметром ячеи 5 мм для равномерного распределения по поверхности и высушивания;

б) цисты можно сушить на солнце, однако лучше это делать в специальных деревянных ящиках, на дно которых вмонтирована лампа мощностью 75 Вт для подогрева и имеются отверстия для воздухообмена;

в) цисты подсушивают до постоянной массы (полной дегидратации), что обычно достигается через одну-две недели;

г) комки цист просеиваются через сито с диаметром ячеи 300–500 мкм для получения однородной массы.

Для более быстрого высушивания яиц артемии и с целью предотвращения активации метаболических процессов цисты можно обрабатывать в "кипящем слое", для чего применяется специальная установка [126], позволяющая достичь желаемого эффекта за 30–40 мин. Влажность воздуха, подаваемого в резервуар с цистами, не должна превышать 80 %, температура – в пределах 25–38 °С. Регуляция скорости воздушного потока обеспечивает постоянное перемешивание цист. Процесс высушивания ведется до тех пор, пока содержание воды в яйцах не станет 2–10 %.

Высушенные таким образом цисты хранят в стеклянных или пластиковых сосудах, плотно заполненных и закрытых. Считают, что в таких условиях качество цист не ухудшается в течение года и они могут храниться при комнатной температуре.

3. Если цисты артемии предназначены для коммерческих целей или должны быть использованы через несколько лет, их необходимо хранить в вакууме или атмосфере азота [144].

Был предложен метод хранения цист артемии в вакууме при глубине разряжения  $10^{-1} - 10^{-3}$  мм рт. ст. Температура в вакуумном аппарате в начале сушки была  $-20 \div 22$  °С, а в конце достигала  $45 \div 50$  °С. Яйца, высушенные таким образом, сохраняют хорошую всхожесть в течение двух лет и более [25].

Высушивание цист в атмосфере азота проводится в два этапа: сначала цисты помешают в азот и выдерживают в течение ночи, удаляя кислород с поверхностного слоя. Затем яйца погружают в сосуды с азотом, где хранят длительное время [126].

Оценка качества цист артемии. Существует несколько методов оценки качества цист артемии, которые могут быть применены в полевых, лабораторных и промышленных условиях.

В полевых условиях предлагается использовать визуальные экспресс-методы [4, 34]:

1) если при помещении цист артемии между двумя предметными стеклами образуются жирные пятна, видимые в лупу при увеличении 10–15, то качество яиц хорошее;

2) если при перетирании пальцами яйца скатываются в веретенца и чешуйки, то сбор недоброкачественный. Если при увеличении в 10–15 раз отдельные яйца остаются на пальцах, то качество сбора хорошее.

Существует количественный метод определения качества яиц [9, 10]. Цилиндр высотой 200–250 мм и диаметром 30 мм заполняют сырыми цистами на  $1/3-1/4$  и заливают пресной водой до верхнего деления. Содержимое встряхивают 10–15 раз и через 5–8 мин яйца оседают на дно, а скорлупа всплывает на поверхность. По делениям цилиндра рассчитывают толщину слоя яиц и скорлупы: общее количество делений, приходящихся на слой яиц и слой скорлупы, принимают за 100 %. Анализ проводят 5 раз при отборе проб из различных участков скопления цист и, таким образом, определяют среднюю чистоту сбора. Этот способ позволил установить, что в озерах Алтайского края бедными считаются скопления, содержащие 15–20 % яиц, средними – 50–60, богатыми – 70 % и более [34]. Существует другая количественная оценка, при которой бедными считаются скопления яиц, содержащие 1,5–2 % цист, средними и богатыми – 15–20 и 60–70 % соответственно [9].

Референтный центр "Артемия" предлагает [140] более точные

и унифицированные методы определения качества цист артемии: определение процента выклева, эффективности выклева, скорости выклева, а также продукции выклева.

**Определение процента выклева.** В цилиндр объемом 100 мл добавляют 80 мл морской воды, 250 мг цист и выдерживают их при 30 °С и постоянной аэрации 36–48 ч, после чего доводят объем до 100 мл морской водой при тщательном перемешивании. Отбирают пять образцов с помощью автоматической пипетки и переносят в пластмассовые пробирки, куда доливают морскую воду. Пробы фиксируют путем добавления нескольких капель настойки йода или раствора Люголя. Для каждого образца рассчитывают количество личинок, цист и скорлупок и определяют процент выклева как отношение первой величины ко второй, умноженной на 100 %. Иногда процент выклева определяют как количество живых науплиев, выклюнувшихся из 100 яиц, однако при этом не учитывается число пустых оболочек, которые входят в состав пробы. В связи с этим было введено понятие "эффективность выклева", которое является более удобным критерием для определения качества яиц.

**Определение эффективности выклева.** Из партии цист отбирают три образца по 250 мг и инкубируют, как в предыдущем случае. Через 1 ч объем цилиндра доводят до 100 мл морской водой, перемешивают и из каждого сосуда автоматической пипеткой отбирают пять проб по 0,25 мл. Их переносят в пластмассовые пробирки и доливают морской водой до 4 мл, закрывают пробками. Пробирки устанавливают в специальном штативе и переворачивают со скоростью 5 об/мин с помощью моторчика. Инкубация проводится при 30 °С и постоянном освещении в течение 48 ч. После окончания процесса в каждую пробирку добавляется по две капли раствора Люголя для фиксации проб. Науплиев из каждой пробирки собирают на газовом фильтре и переносят в чашку Петри, после чего подсчитывают их число под микроскопом.

Рассчитывают среднее количество науплиев, полученных из 1 г цист. В практических целях эту величину удобно выражать как количество яиц, которое необходимо проинкубировать для получения 1 млн науплиев. Таким образом, эффективность выклева можно рассчитать по формуле [125]:

$$\text{Эффективность выклева} = \frac{\text{Число личинок}}{1 \text{ г продукта}} \cdot N_{\text{ср}} \cdot 4 \cdot 100 \cdot 4;$$

$$\text{эффективность выклева} = \frac{\text{Масса продукта}}{1 \text{ млн личинок}} \cdot \frac{1\,000\,000}{N_{\text{ср}} \cdot 1\,600},$$

где  $N_{\text{ср}}$  — среднее число личинок в каждой пробирке.

**Определение скорости выклева.** Скорость выклева цист артемии определяется в стандартных условиях при 25 °С, интенсивности освещения 1 000 лк и солености 35 ‰. Выражается этот показатель в ча-

сах инкубации, необходимых для появления первых науплиев, а также времени, через которое вылупляется 50 и 90 % личинок [130].

*Определение продукции выклева.* Этот показатель рассчитывается на основании значения общей биомассы выклюнувшихся науплиев (в сухой массе), полученной от 1 г цист, и может быть определен с помощью показателя эффективности выклева и сухой массы одного науплия из конкретного природного источника (водоема) [125]:

$$\text{Продукция выклева} = \frac{\text{Масса науплиев (мг сухой массы)}}{1 \text{ г продукта}}$$

Величину продукции выклева можно определить по [140] следующим образом:

$$\text{Продукция выклева, мг/г} = \frac{\text{эффективность выклева}}{\text{Индивидуальная сухая масса науплиев}}$$

Следует отметить, что цисты артемии из различных природных источников имеют разное качество, что важно учитывать при их применении в аква- и марикультуре. В связи с этим продукция выклева является специфической характеристикой каждого штамма, и этот показатель наиболее эффективен в экономическом отношении. Сравнительный анализ величин, определяющих качество цист артемии из различных природных источников, показан на рис. 7. Из приведенных данных можно заключить, что цисты артемии значительно различаются по своим характеристикам выклева. Так, например, 1 млн науплиев был получен из 3,3 г цист из оз. Макау, тогда как для получения такого же количества личинок артемии требуется 9,4 г продукта из Большого Соленого озера и 15,2 г из оз. Чаплин. Эффективность выклева зависит от качества яиц и может меняться из года в год. Так, из продукта, собранного в 1977 г. в Большом Соленом озере, было получено 106 000 науплиев из 1 г, а в 1979 г. — 192 000 науплиев [140].

Как было показано ранее, цисты артемии могут существенно различаться по своим биометрическим параметрам, что обуславливает различия показателей эффективности и продукции выклева. Так, например, по эффективности выклева наилучшим зарубежным штаммом был продукт, полученный в оз. Макау, однако по продукции выклева он является третьим (529,0 мг) после штамма Лавальдук (561,8 мг) и Шарк Бей (537,5 мг), так как оба последних штамма продуцируют науплиев, больших по массе (3,08 и 2,47 мкг по сравнению 1,74 мкг из оз. Макау).

Нами также были определены аналогичные показатели для цист из двух источников — водоемов бывшего Сивашского сольпрома и Генического солезавода [38]. Из цист, собранных в водоемах Сивашского сольпрома, выклеваются в 2 раза больше науплиев, чем из цист, собранных в прудах Генического солезавода (59 и 28 % соот-

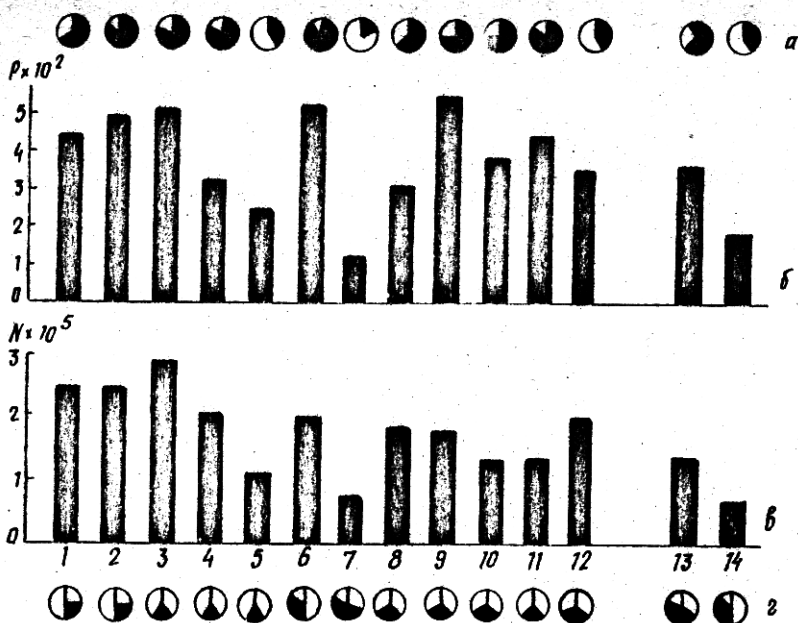


Рис. 7. Характеристики выклева цист артемии из различных природных источников при стандартных условиях инкубации:

а – процент выклева, б – продукция выклева, в – эффективность выклева, г – скорость выклева (по [39,140]);  $P$  – мг науплиев из 1 г цист;  $N$  – количество науплиев из 1 г цист. Зарубежные источники: 1 – Сан-Франциско, 2 – Сан-Пабло (США), 3 – оз. Макау (Бразилия), 4 – оз. Баротик Нуево (Филиппины), 5 – Большое Солёное озеро (США), 6 – бухта Шарк Бей (Австралия), 7 – оз. Чаплин (Канада), 8 – оз. Буэнос-Айрес (Аргентина), 9 – оз. Лавальдук (Франция), 10 – оз. Тиенсин (КНР), 11 – оз. Маргарита ди Савоя (Италия), 12 – цисты из Референтного центра "Артемия". Источники, исследуемые нами: 13 – водоемы бывшего Сивашского сольпрома, 14 – водоемы Генического солезавода,  $T_0$ – $T_{90}$  °C, темный сектор) – период от появления первых науплиев до момента достижения 90 %-ной эффективности выклева

ответственно). Эффективность выклева в первом случае также была выше и составила 131 700 науплиев/г продукта, а во втором – 58 700.

Продукция выклева, рассчитанная на основе значений массы одного науплия, умноженной на показатель эффективности выклева, также существенно различается у двух исследуемых нами штаммов. Так, сухая масса одного науплия из водоемов бывшего Сивашского сольпрома составила 2,77 мкг, тогда как сухая масса науплия из бассейнов Генического солезавода – 3,23 мкг. Показатели продукции выклева были соответственно 364,900 и 189,493 мг/г продукта.

Обнаружены различия в скорости выклева науплиев из цист двух исследуемых штаммов. Так, например, из яиц, собранных в водое-

мах бывшего Сивашского сольпрома, науплии появлялись через 17 ч инкубации в стандартных условиях. Через 25 ч выклюнулось 50 % личинок, через 33 ч — 90 %. Для цист, полученных в бассейнах Генического солезавода, эти показатели соответственно 20, 27 и 37 ч. Таким образом, период от появления первых науплиев до достижения 90 %-ной эффективности выклева для сивашских рас составил в среднем 16–17 ч.

Дальнейшие наши исследования позволили установить, что показатели выклева цист из водоемов Генического солезавода, собранных в 1986 г., отличаются от таковых, полученных в 1985 г. Так, например, для цист, собранных в этом районе в 1986 г., процент выклева составил 23,58, эффективность выклева — 35 093 науплиев/г продукта, продукция выклева — 105,631 мг/г продукта. Как можно видеть, приведенные показатели уменьшены по сравнению с полученными в 1985 г.

Вместе с тем цисты артемии, собранные в водоемах Сивашских сольпромов, по своим характеристикам выклева и по химическому составу, приведенному в гл. 1, не уступают некоторым коммерческим штаммам (рис. 7) и, следовательно, могут быть с успехом использованы в рыбоводстве в качестве сырья для получения стартовых кормов.

Продукция и эффективность выклева также могут изменяться в зависимости от условий обитания артемии, что можно оценить путем интродукции какого-либо штамма артемии в другие водоемы и создания условий, при которых эти показатели могут быть улучшены.

Запас цист артемии в солеварнях и искусственных соленых прудах. Цисты артемии могут быть получены как побочный продукт функционирования солезаводов и солеварен, а также в искусственных прудах. Такие водоемы обладают большим запасом цист артемии (табл.50). Скопления яиц в искусственных прудах и водоемах-испарителях характеризуются большой плотностью, высокой чистотой, что облегчает их изъятие и окончательную очистку и делает использование таких источников более выгодным.

Сбор цист в искусственных водоемах осуществляется таким же образом, как и в естественных. Вместе с тем на насосных станциях солезаводов и сольпромов можно использовать специальные сепарирующие устройства для сбора цист и биомассы рачков [35]. Так, например, предлагается перекрывать водоподающий и сбросный каналы сетчатыми мешками из газа № 32, что дает возможность получать значительную продукцию яиц (0,36–6,2 т в год на Сакском химическом заводе) [9, 10].

С целью экстенсивного получения продукции цист артемии и биомассы рачка специалистами Референтного центра "Артемия" (Бельгия) был предложен метод заселения соленых прудов, солеварен и водоемов-испарителей солезаводов науплиями артемии (инокуляция). Технология инокуляции будет изложена ниже. Здесь следует отметить,

Таблица 50. Запас цист артемии в различных искусственных водоемах мира

Водоем	Площадь	Запас цист	Период	Литературный источник
<b>СССР</b>				
Сакский солезавод				
аккумулятор 1		81 600 тыс. экз/л	1976 г.	[35]
аккумулятор 2		134 400 тыс. экз/л	1976 г.	[35]
Сасык-Сивашский солепром				
аккумулятор 1		384 000 тыс. экз/л	1976 г.	[35]
аккумулятор 2		4 063 тыс. экз/л	1976 г.	[35]
аккумулятор 3		115 731 тыс. экз/л	1976 г.	[35]
водоем Сакского химического за- вода		360–6 200 кг/год		[9]
<b>Юго-Восточная Азия</b>				
<b>Вьетнам</b>				
солёные пруды		1,4–6,8 кг/га	30 дней	[119]
<b>Филиппины</b>				
солёные пруды	1,7 га	26 кг	Март–май 1979 г.	[119]
<b>Таиланд</b>				
солёные пруды		40 кг/га	45 дней	[119]
<b>Шри-Ланка</b>				
созавод		25 кг/га	1 год	[115]
		38 кг/га	1 год	
<b>Бразилия</b>				
оз. Макау	1 000 га	3 000 кг	Апрель– декабрь 1977 г.	[126]
		1,4–6,8 кг/га	30 дней 1986 г.	[126]
<b>Перу</b>				
солёные пруды		5,5 кг/га	13 дней	[126]
<b>Испания</b>				
солёные пруды		10,0 кг/га	1 год	[126]

что метод был с успехом апробирован в странах Юго-Восточной Азии (Индонезии, Филиппинах, Таиланде), о чем свидетельствуют данные, приведенные в табл. 50. Так, например, в результате инокуляции 100 г цист штамма Сан-Франциско в водоем Баротик-Нуево (Филиппины) в 1979 г. в период март – май продукция цист составила 620 г сухой массы/га в день [119]. В 1976 г. в водоем площадью 6 000 га в Бразилии были инокулированы науплии, полученные из 250 г цист. Продукция яиц, собранная в мае 1979 г., составила более 10 000 кг цист.

Таким образом, опыт разведения артемии с помощью инокуляции в Бразилии и в странах Юго-Восточной Азии позволяет заключить, что потенциальная продукция цист составляет 25–55 кг/га за 5 мес. сухого сезона. Конечная продукция зависит от качества цист: в настоя-

шее время наилучшими показателями обладают яйца, из 5 г которых можно получать 1 млн науплиев и стоимость которых не превышает 32 доллара за 1 кг. Следует отметить также, что важную роль в получении высокого урожая цист играет питание взрослых артемий, в связи с чем в пруды перед инокуляцией вносят достаточное количество минеральных и органических удобрений. Правильное и рациональное сочетание условий и методов культивирования артемий в искусственных водоемах позволяет собирать до 20 кг цист с 1 га за 4 мес. [126, 144].

В СССР Алтайрыбпром ежегодно заготавливает 20–25 т сухих цист артемий, а в период 1980–1987 гг. рыбоводным предприятиям страны отправлено 180 т цист, что обеспечило подращивание 12 млрд личинок ценных видов рыб. При этом расчетная цена на декапсулированные яйца артемий составила 5,9–7,2 руб. за 1 кг [36].

**Получение цист артемий в установках-культиваторах.** Цисты артемий можно получать в специальных установках-рейсвеях, описанных ниже. В рейсвей, заполненный водой соленостью 70–90 ‰, помещают взрослых особей артемий из расчета 200 рачков в 1 л. Рачков содержат при 28 °С и кормят измельченными рисовыми отрубями и хлорофилл-содержащими водорослями. Затем в культуральную среду добавляют Fe-ЭДТА до конечной концентрации 1 г/л. Цисты, выметываемые самками, можно собирать с помощью специальных сепараторов или сачков описанной выше конструкции. Для получения цист можно исключить азрацию в рейсвее, и животные, находящиеся в состоянии стресса, также начнут выметывать яйца. Таким методом в течение 10 дней в рейсвее объемом 1 м<sup>3</sup> было получено 54,5 г цист [126].

Для увеличения продукции цист в искусственных условиях подбирают сочетание соответствующих факторов, которое приводит к получению наивысшего урожая. Так, например, было установлено, что чем ниже содержание кислорода в воде, тем большее количество самок откладывает яйца. Такая же зависимость была отмечена для различных концентраций солей железа: увеличение этого показателя от 10 до 30 мг/л повышает число самок, откладывающих цисты, от 22 до 71 %. Кормление артемий суспензией из рисовых отрубей также увеличивает репродуктивную способность рачков.

На основании проведенных экспериментов были предложены следующие условия культивирования артемий с целью получения наибольшей продукции цист в рейсвеях объемом 250 л [143]:

1) в интенсивно азрируемый рейсвей заливают воду соленостью 90 ‰, затем инокулируют науплиев при плотности 1 экз/мл. Подращивание животных ведется при температуре 28 °С и кормлении суспензией из рисовых отрубей;

2) через 4 недели в рейсвей вносят Fe-ЭДТА до конечной концентрации 25 мг/л через каждую неделю;

3) через 5 недель рачков подвергают стрессу путем отключения аэрации и снижения содержания кислорода до 4 мл/л;

4) в последующие 1–2 недели более 90 % самок начинают откладывать цисты, которые собирают с поверхности, суспендируют в воде соленостью 115 ‰ в течение 1 ч, сушат при 35–40 °С 24 ч и хранят в вакууме или в атмосфере азота.

С помощью данного метода в 250-литровом рейсвее было получено по 1 г сухих цист в день в течение одного месяца. В танке объемом 1 м<sup>3</sup> от 1000 особей получали в среднем по 5,5 г цист в день в течение 2 недель.

Предложена автоматическая проточная система для непрерывного контролируемого получения продукции цист артемии [96]. Система состоит из серии 10-литровых аквариумов, заполненных культуральной средой, представляющей собой искусственную морскую воду соленостью 50 ‰, в которую добавлен Fe-ЭДТА. Установка включает УФ-стерилизатор, дренажное устройство, снабженное фильтрами, на которые оседают цисты. После отделения цист среда попадает на вращающиеся биологические контакторы, где она очищается, переходит в отстойник, затем – в резервуар и с помощью перистальтического насоса на УФ-стерилизатор, откуда вновь поступает в аквариумы.

В аквариумах содержатся рачки в количестве 10 экз/мл или 100 000 в аквариуме, которые питаются измельченными рисовыми отрубями. Для стимуляции яйцекладки наряду с добавлением Fe-ЭДТА в сосуды подается газообразный азот с воздухом. При стандартных условиях культивирования (температура 25 °С, рН среды 7,8–8,4, соленость 50 ‰) в описанной установке можно получать 0,5 г сухих цист в день в одном аквариуме.

В заключение следует отметить, что все возрастающие потребности в использовании цист артемии в качестве ценного кормового объекта в аква- и марикультурных хозяйствах в последнее время привело к увеличению добычи этого сырья. Так, по данным Референтного центра "Артемия" за последние 3–5 лет сбор яиц артемии в мире увеличился на 50–100 %. Если в Японии в 1978 г. было получено 5 метрических тонн цист артемии, то в 1981 г. – 15, а в 1985 г. планировалось добыть более 20 т [130]. Дальнейшее изучение и освоение методов культивирования артемии, а также их интенсификация с помощью современных технических устройств позволит значительно повысить продукцию цист ракообразного, пользующегося всевозрастающим спросом на мировом рынке.

#### ПОЛУЧЕНИЕ НАУПЛИЕВ

Цисты, собранные в естественных и искусственных водоемах или полученные в установках и предварительно декапсулированные, могут использоваться в качестве корма для различных объектов марикультуры.

туры. Однако в большинстве случаев из яиц удобно получать науплиев, являющихся ценной пищей при подращивании молоди рыб и ракообразных (гл. 2). Личинок артемии можно получать как в естественных и искусственных водоемах, так и с помощью разработанной технологии в установках, что дает высокий выход качественного сырья.

Получение науплиев в естественных и искусственных водоемах. В табл. 51 представлены данные о численности и биомассе личинок артемии в различных водоемах. В некоторых случаях науплии могут быть инокулированы в искусственные и естественные водоемы с целью получения биомассы взрослых животных и цист, а также для улучшения процессов солеобразования. Однако в настоящее время науплиев артемии в основном получают в специальных установках и затем используют в соответствующих целях.

Таблица 51. Численность и биомасса науплиев в различных водоемах мира

Водоем	Численность и биомасса	Период	Литературный источник
СССР			
Куюльницкий лиман (Одесса)	15900-467420 экз/м <sup>3</sup>	Июль	[29]
Болгария			
Бургасское побережье, солепромыслы	0,05 г/л	Июнь-сентябрь	[111]
США			
оз. Моно	12 экз/л	Июль-сентябрь	[111]

Получение науплиев артемии в искусственных условиях. Аппараты для инкубации цист. Наиболее простыми устройствами для получения науплиев артемии являются ванны емкостью 200-250 л, снабженные аэрацией, подогревом и автоматическими датчиками для поддержания температуры инкубационной среды. При использовании их на Конаковском рыбзаводе в 1981 г. было получено 59,6 кг науплиев, а в сутки собирали по 7-10 г/л [24]. На Бессергеновском рыбзаводе в аналогичных условиях при плотности загрузки емкостей цистами 10 г/л<sup>3</sup> через 44-48 ч инкубации получали от 6 до 7,5 кг сырой массы науплиев. Предложенный способ позволяет одному рабочему обслужить 25-30 ванн одновременно и получать при этом ежедневно 80-100 кг живого корма для рыб [5].

Для вылупления цист артемии могут быть использованы специальные установки, и в частности аппарат Вейса емкостью 6 и 40 л. Вода в нем подогревается с помощью термонагревателей и аэрация осуществляется микрокомпрессорами. Применение указанной технологии позволяет из 50,8 кг цист получить 139,65 кг науплиев [4, 7, 31].

Успешно используют для выклева науплиев артемии воронкообразные культиваторы, где подача воздуха происходит со дна и обеспечивается интенсивный обмен культуральной среды. Наиболее простой вариант таких культиваторов представляет собой полиэтиленовый конический контейнер объемом 20 л или полихлорвиниловый конический танк объемом 75 л. В такие сосуды загружают цисты при плотности 5 г/л и инкубируют их до получения массовой продукции науплиев [126, 130].

Аппараты, применяемые для инкубации цист артемии, постоянно совершенствуются. Известно, что наиболее экономично использовать науплиев, только что выклюнувшихся из яиц и обладающих поэтому наибольшей энергией. В связи с этим процесс выклева необходимо синхронизировать, что достигается с помощью специального автоматического устройства. Действие его основано на том, что в определенное время через заданные интервалы в культиватор подается морская вода.

Конструкция более сложных инкубаторов позволяет быстро и эффективно отделить выклюнувшихся науплиев от скорлупок и других загрязнителей. Основой таких аппаратов являются два цилиндрических сосуда, которые вставляются один в другой — сосуд для вылупления и сосуд для разделения [50, 53]. По методу, описанному в работе [125], яйца артемии загружают в концентрации 400 мг/100 мл среды во внутренний сосуд, который интенсивно аэрируют. После выклева этот сосуд слегка приподнимают над дном разделяющего сосуда. Образовавшаяся при этом щель освещается мощным источником света. Через 30 мин науплии полностью мигрируют через щель в разделяющий сосуд. После этого внутренний сосуд привинчивают ко дну разделяющей камеры и личинок собирают.

Нами совместно с О.Б. Спиранди были также применены различные типы инкубаторов (рис. 8). Один из инкубаторов представляет собой делительную воронку объемом 1—2 л, которую устанавливают в термостате ТС-450, где поддерживают температуру 30 °С. Через верхнее отверстие в термостате протягивают полихлорвиниловые шланги, опущенные на дно воронки и соединенные с микрокомпрессором типа "Скалярый". Термостат закрывают стеклянной дверцей, перед которой устанавливают лампу накаливания на таком расстоянии, чтобы освещенность инкубатора составляла 1 000 лк. В инкубатор заливают культуральную среду и загружают цисты, включают аэрацию. Через 48 ч инкубации систему отключают, открывают кран делительной воронки и собирают науплиев.

При необходимости одновременного получения науплиев артемии из цист различных штаммов, а также для определения характеристик выклева нами разработан инкубатор, состоящий из серии стеклянных цилиндров, наклоненных к плоскости дна термостата под углом 45 ° для предотвращения оседания цист на дно. В каждый цилиндр вставле-

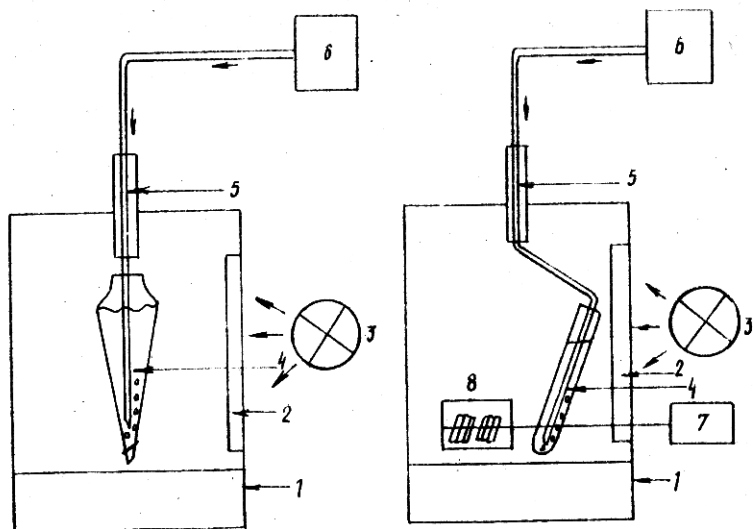


Рис. 8. Инкубаторы для получения науплиев артемии:

1 — термосаг, 2 — стеклянная дверца, 3 — лампа, 4 — инкубационный сосуд (делительная воронка или пробирка), 5 — подача воздуха, 6 — компрессор, 7 — переворачивающее устройство, 8 — пластмассовые пробирки, переворачивающиеся на оси

на пипетка, соединенная с помощью шланга с микрокомпрессором, что обеспечивает непрерывное перемешивание среды. В цилиндры загружают необходимое количество цист, которые заливают солевым раствором и инкубируют 48 ч при описанных выше условиях. Вылупившихся науплиев собирают сифоном.

Нами также был апробирован инкубатор на переворачивающихся пробирках, закрепленных на общей оси вращения, которая соединена с переворачивающим устройством, находящимся вне термосага. В качестве такого устройства была использована система вращения перистальтического насоса. Данный инкубатор удобен как для определения характеристик выклева цист, так и для получения небольшого количества науплиев из цист артемии различных штаммов (рис. 8).

Некоторые инкубаторы предназначены для длительного использования с целью подраживания вылупившихся в них науплиев [130]. В этом случае аппарат представляет собой емкость с двумя отверстиями, которую погружают в бак. Камеру аппарата заполняют цистами и верхнее отверстие перекрывают. По мере вылупления личинки артемии выходят через боковое отверстие в бак. После окончания инкубации аппарат вынимают, тщательно промывают водой и используют в дальнейшем. В камере должна быть хорошая аэрация, обеспечивающая интенсивное перемешивание среды. Аппарат успешно использует-

52 Таблица 52. Условия инкубации цист артемии с целью получения максимального выщупления науплиев

Состав инкубационного раствора	Температура, °С	Содержание кислорода	Длительность выклева, ч	pH среды	Освещенность, лк	Плотность загрузки цист	Лигературный источник
3,0–3,4 %-ный раствор NaCl	21–28		40–60		1 000–1 500		[14]
3,0–5,0 %-ный раствор, состоящий из 2/3 NaCl и 1/3 Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		Постоянная аэрация	44–48			10 г/л	[32]
5,0 %-ный раствор Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	15–27	Аэрация	48				[20]
3,0 %-ный раствор NaCl	28	4–5 мл O <sub>2</sub> /л при продувке 0,1 л воздуха / (л·мин)	96			10 г/л	[4]
3,0 %-ный раствор Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·5H <sub>2</sub> O	27	Аэрация	24–48			10 яиц/мл	[13]
3,0 %-ный раствор CH <sub>3</sub> COONa	27	"	24–48			10 яиц/мл	[13]
Морская вода (3,5 % соли)	28–30	Продувка 15 л воздуха/мин на 400 л гэнк	30–42		400	1–2 г/л	[129]
Морская вода или смесь, %	25	Аэрация	72			10 г/л	[129]
NaCl – 90							
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> – 3,6							
NaBr – 3,0							
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> – 3,8							
MgSO <sub>4</sub> – 1,0							
MgCO <sub>3</sub> – 0,8							
Общая концентрация в растворе – 4 %	30	Постоянная аэрация		8–9	1 000 от лампы 60 Вт на расстоянии 20 см	10 г/л	[129]
0,5 %-ный раствор NaCl с добавлением Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (1 мл 0,5 М раствора на 1 л) или CaO (65 мг на 1 л раствора)							

0,5 %-ная морская вода с до- бавлением 2 мл 0,5 М раствора Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> или 2 г NaHCO <sub>3</sub>	25-30	Менее 1 мл воздуха/л	8-9	1 000	10-17 г/л	[128]
Смесь, г/л воды выпаренная морская соль - 5,0 MgSO <sub>4</sub> * - 1,3 MgCl <sub>2</sub> - 1,0 CaCl <sub>2</sub> - 0,3 KCl - 0,2 NaHCO <sub>3</sub> - 2,0	25-30	Менее 2 мг воздуха /л (воздух подается из расчета 7 л/мин для 20-литровых емкос- тей и 20 л/мин - для 75-литрового танка)	8	1 000 от ламп 60 Вт	5 г/л	[130]

\* Перед внесением необходимо растворить в теплой пресной воде.

ся, так как с его помощью можно получить вполне удовлетворительный урожай науплиев.

Техника, применяемая для получения высокой продукции науплиев артемии, продолжает улучшаться. В частности, разработаны автоматические электронные системы, контролирующие процесс вылупления и позволяющие количественно оценить полученный урожай личинок [64]. Вместе с тем важное значение для повышения эффективности процесса имеют условия вылупления науплиев, о чем будет сказано ниже.

Условия инкубации цист артемии для получения науплиев. Получение максимальной продукции науплиев артемии из цист зависит от условий инкубирования: температуры, солёности среды, pH, содержания кислорода и др. Сочетание этих условий, приводящее к наилучшему урожаю науплиев, представлено в табл. 52. Приведенные в таблице данные позволяют подобрать оптимальные условия выклева цист из различных природных источников. Так, например, при инкубации цист в среде с солёностью 0,5 и 3,5 % было отдано предпочтение первой, так как в этом случае процент выклева цист из Канады увеличился на 168 %, у аргентинской расы - на 17, у цист из Референтного центра "Артемия" - на 33 %. Одновременно увеличивалась сухая масса науплиев.

При определении условий инкубации следует учитывать естественные источники происхождения используемых цист, а также их морфологию. Так, например, было показано, что интенсивность освещения, обеспечивающая "триггерный эффект", для штамма из оз. Буэнос Айрес (Ар-

гентина) колеблется в пределах 100–500 лк, для штамма из бухты Сан-Набло (США) – 500–1000 и для штамма из Большого Соленого озера (США) – 20 лк. Этот показатель зависит от толщины хориона яиц, который составил 10,4, 7,6 и 4,7 мкм соответственно. Яйца из оз. Чашлин (Канада), имеющие толщину хориона 15,35 мкм, требуют для максимального выклева освещенность 1000–2000 лк [130]. Было показано, что для обеспечения "триггерного эффекта" оптимальные длины волн источников света 400–600 нм [100]. Установлено, что вылупление наушиев из цист значительно возрастает при выдерживании их в течение 24 ч в атмосфере, максимально насыщенной парами воды.

Таким образом, для получения наушиев из цист важно учитывать сочетание четырех факторов – предварительной гидратации, освещенности, температуры, солености, изменяя которые, можно добиться оптимального выклева наушиев из цист артемии данной расы [130]. Вместе с тем в настоящее время разработан ряд способов, позволяющих значительно увеличить продукцию выклева наушиев из яиц. Эти способы и методы основаны как на создании оптимальных условий выклева, так и на применении различных веществ, стимулирующих вылупление.

Техника инкубации, сбора и хранения наушиев артемии.

1. В инкубационный сосуд заливают отфильтрованную морскую воду (или соответствующую среду) и загружают цисты из расчета 7–8 г/л. Перед инкубацией яйца следует выдержать в течение 1 ч в водопроводной воде с целью гидратации и предохранения среды инкубирования от бактериального заражения [144].

2. Аэрация в инкубаторах осуществляется путем подачи воздуха от дна сосуда, желателно с помощью нескольких компрессоров.

3. С целью обеспечения необходимой освещенности инкубацию следует начинать утром или использовать достаточно мощные источники света (например, люминесцентные лампы).

4. Инкубацию проводят в течение 24–36 ч, периодически отбирая пробы для анализа вылупления.

5. В случае обнаружения каких-либо отклонений в процессе выклева его следует остановить путем отключения аэрации. При этом вылупления наушиев не происходит в течение 10 ч. В дальнейшем процесс может быть продолжен при подаче воздуха.

6. Если наушии предназначены для инокуляции, процесс вылупления следует заканчивать рано утром или вечером, чтобы избежать резкой перемены температур при помещении личинок артемии в пруды [130].

Сбор наушиев осуществляется четырьмя способами:

а) после прекращения аэрации наушиев, сконцентрированных на

дне инкубатора, отбирают сифоном на сито с диаметром ячеек 100 мкм и переносят в контейнер с чистой морской водой. Если науплиев предполагается использовать через 1 ч, объем воды следует увеличить в 2 раза по сравнению с тем, который был применен для инкубации;

б) науплии большинства штаммов артемии имеют положительный фототаксис, что можно использовать для их сбора. Для этого верхнюю часть инкубатора закрывают темной светонепроницаемой пленкой, а нижнюю часть оставляют открытой. Науплии концентрируются на дне сосуда, где могут быть собраны;

в) после окончания процесса вылупления в инкубатор добавляют насыщенный раствор поваренной соли до конечной концентрации 35 %. В результате этого скорлупки всплывают к поверхности, а науплии концентрируются на дне, где могут быть собраны [130];

г) для отделения науплиев от скорлупы вода из инкубационных емкостей может быть отфильтрована через сачки из газа № 53—60. Содержимое сачков помещают в делительную воронку, заполненную пресной водой, где происходит разделение науплиев и скорлупок [4].

Существуют различные сепарирующие устройства, о которых было сказано выше, однако все изложенные методы не решают проблему отделения личинок артемии от скорлупок яиц. Поэтому наиболее оптимальным вариантом является метод декапсуляции цист артемии, который будет описан ниже.

После сбора науплиев их необходимо отмыть от глицерина, метаболитов вылупления, бактерий, что достигается прополаскиванием их в проточной водопроводной воде на сите с диаметром ячеек 125 мкм [130]. Хранение науплиев осуществляется в холодильниках при 0—4 °С. Личинки помещают в хорошо аэрируемые емкости на 150 мл при плотности посадки 2000—15 000 экз/мл. Метод является уникальным для целей аквакультуры и весьма экономичным, так как затраты на процесс вылупления науплиев и сбор продукции могут быть сокращены на 50—25 % [99]. При этом кормовые качества личинок и их жизнеспособность при хранении в холодильнике в течение 24—48 ч практически не изменяются. Охлажденные науплии могут быть непосредственно использованы для питания объектов аквакультуры с помощью специальной распределительной установки [130].

Для увеличения продукции науплиев наиболее эффективными методами в настоящее время являются активация и декапсуляция яиц, что позволяет значительно сократить затраты на инкубацию яиц и, следовательно, являются более экономичными.

Методы повышения эффективности выклева науплиев из цист. Было установлено, что цисты артемии, собранные осенью, дают выклев в пределах 3—5 %, тогда как из продукта, полученного весной, вылупляется 65—75 % науплиев. В связи с этим было сделано предположение, что осолонение, промерзание и

высушивание, которым подвергаются цисты в природных условиях, способствуют их активации при наступлении весенне-летнего периода [9, 11]. При этом максимальное вылупление происходит через 90 дней после замораживания цист при относительно низких температурах ( $-4-10^{\circ}\text{C}$ ) [142]. Эти наблюдения были положены в основу метода активации яиц артемии в лабораторных и промышленных условиях. Так, например, с целью получения максимального выклева цист (75–85 %) было предложено выдерживать их на воздухе при температуре  $0-5^{\circ}\text{C}$ . Хорошие результаты получены при хранении яиц в растворе соленостью 10,0–15,0 % при температуре  $0-5^{\circ}\text{C}$  [9]. Промораживание цист артемии в воде с соленостью 1,0–10,0 % при температуре  $-1-20^{\circ}\text{C}$  в течение 80–90 дней позволяет увеличить процент выклева с 2–4 до 70–80 [14]. Иногда через 5–7 дней процесс промораживания прерывают, яйца оттаивают, затем вновь замораживают, что также способствует увеличению их выклева [49].

Для активации выклева наушиев применяют различные способы обработки цист химическими веществами. При выдерживании цист в 3–10 %-ном растворе перекиси водорода в течение 15–20 мин при  $18-20^{\circ}\text{C}$  и плотности 200–400 яиц в 1 мл на 1 л среды выклев нуплиев составлял 100 % числа живых эмбрионов [4–6]. В рыбхозе "Нара" на Конаковском рыбоводном заводе из активированных таким способом яиц артемии выклев наушиев составил 70–80 %, тогда как из нативных – 3–5 %. Однако эффект активации проходит через 2,5–2 мес и цисты непригодны для дальнейшего хранения [6, 7].

С целью стимуляции выклева был предложен способ обработки цист артемии 30 %-ным раствором гипосульфита и уксуснокислого натрия. При этом выклев ранее замороженных яиц увеличился до 88,6–94,4 %, а время их развития уменьшилось в 2 раза по сравнению с инкубированием в растворе хлорида натрия. Для повышения выживаемости личинок использовали смесь 3 %-ных растворов хлористого и уксусного натрия [11, 13].

В последнее время способ активации цист артемии с помощью перекиси водорода был усовершенствован авторами: активацию яиц проводят непосредственно в процессе их инкубации, добавляя в среду 0,1–0,3 мл 33 %-ного раствора перекиси водорода на 1 л инкубационного раствора [51]. Как показали исследования, выклев наушиев в этом случае составил 74,8–84,4 % по сравнению с 3,3 % у неактивированных яиц [7].

Антибиотики, добавленные в инкубационную среду, также улучшают выклев наушиев и препятствуют бактериальному загрязнению. Было показано, что число вылупившихся личинок значительно увеличивается при добавлении в раствор 8 г/л пенициллина и стрептомицина и 4 г/л хлораминфенинола [130].

Однако в настоящее время самым эффективным способом увели-

чения выклева науплиев является метод декапсуляции, сущность которого заключается в удалении (растворении) наружных оболочек цист (хориона). При этом хорион, растворенный с помощью различных химических веществ, исчезает и эмбрион остается в тонкой кутикуле, защищающей науплия от механических повреждений при выклеве [125]. В химическом отношении декапсулирование представляет собой экзотермическую реакцию взаимодействия между ионами веществ и компонентами (аминокислотами и липопротеидами) хориона, когда происходит их декарбоксилирование [64, 125, 130].

Техника проведения декапсулирования включает несколько этапов [125, 130].

1. Перед декапсулированием яйца должны быть прогидратированы, так как полное удаление хориона может быть проведено только у цист, имеющих сферическую форму, которую они приобретают в процессе гидратации. Гидратацию цист проводят в специальном контейнере, имеющем соотношение высота : ширина 7 : 3, с толстым дном. Процесс продолжается в течение 1 ч в водопроводной воде или в течение 2 ч в морской воде с соленостью 3,5 % при 25 °С. При уменьшении температуры время гидратации увеличивается. После окончания процесса цисты переносят на сито с диаметром ячеек 120 мкм, подсушивают и помещают в декапсулирующий раствор. Гидратированные яйца можно хранить в течение нескольких часов в холодильнике при 0–4 °С [125].

2. Для декапсулирования цист применяются растворы различного состава, способ приготовления которых описан ниже [130]:

Состав растворов	Способ приготовления
Ca(OCl) <sub>2</sub> , содержащий 0,5 г активного хлора, CaO, Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Ca(OCl) <sub>2</sub> растворяют в 14 мл морской воды с соленостью 3,5 %, аэрируют и добавляют 0,4 г технического CaO или 0,67 г Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> . Аэрируют 10 мин, отстаивают 10–12 ч и сливают декапсулирующий раствор, имеющий pH 10,0
NaOCl, содержащий 0,5 г активного хлора, NaOH	NaOCl растворяют в 14 мл морской воды с соленостью 3,5 %, аэрируют и добавляют 0,15 г технического NaOH (9,33 мл 40 %-ного раствора). Полученный декапсулирующий раствор имеет pH 10,0

При их приготовлении необходимо учитывать концентрацию активного хлора, которая должна быть равна 4,2 %. Этот показатель можно определить с помощью рефрактометра или титрованием гипосульфитом.

Для обработки 1 г цист необходимо приготовить 14 мл декапсулирующего раствора, содержащего 0,5 г активного хлора. В интенсивно аэрируемый декапсулирующий раствор вносят подсушенные цисты, которые должны хорошо перемешиваться и находиться во взвешенном состоянии. Декапсулирование следует проводить при охлаждении,

для чего контейнер с цистами помещают в сосуд со льдом [125]. Через 7–10 мин хорион исчезает и цисты из темно-коричневых становятся серыми (если используется  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ) или оранжевыми (в случае применения  $\text{NaOCl}$ ). Время полной декапсуляции составляет обычно 10–15 мин [130].

3. После окончания декапсулирования, которое определяют по изменению окраски цист и с помощью микроскопирования, декапсулированные яйца переносят на сито с диаметром ячеек 120 мкм и промывают водопроводной водой до исчезновения запаха хлора. Однако при этом небольшие количества гипохлорита (0,2 мг/г цист) остаются и могут оказывать токсическое действие. Для полного удаления хлора декапсулированные цисты переносят в растворы тиосульфата (0,5 мл 1%-ного раствор  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  на 100 г цист, 0,5 мл 1%-ного раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  на 100 г яиц) или в растворы хлорной или соляной кислот (0,1 н.) [64]. Цисты, помещенные в сачок, прополаскивают в этих растворах, а затем промывают в пресной воде. Декапсулированные яйца оседают на дно, где их собирают и непосредственно используют для кормления объектов аквакультуры или для получения науплиев [130].

4. Декапсулированные цисты артемии можно хранить в течение длительного времени в дегидратированном состоянии в насыщенном растворе соли. С этой целью их подсушивают и концентрируют на сите с диаметром ячеек 120 мкм, затем переносят в концентрированный раствор соли (330 г  $\text{NaCl}$ /л) из расчета 1 г сухих декапсулированных цист на 10 мл раствора. В таком состоянии эмбрионы могут храниться несколько месяцев. В случае необходимости сохранять цисты в течение более длительного времени нужно снизить содержание воды в них до 10 % и менее, что достигается путем добавления 1 670 мг  $\text{MgCl}_2$  на 1 л водопроводной воды. Декапсулированные цисты следует держать в холодильнике при  $-4^\circ\text{C}$  и предохранять от прямого действия ультрафиолетовых лучей. При использовании цисты промывают водопроводной водой на сите с диаметром ячеек 120 мкм [125, 130].

В промышленных условиях для быстрой и эффективной декапсуляции цист артемии применяются специальные устройства [64]. Одно из них представляет собой цилиндрический стальной контейнер, который можно переносить в различные растворы, последовательно осуществляя все процессы, включающие декапсулирование (гидратация, декапсулирование, отмывание, дезактивация, отмывание, дегидратация). Декапсулирующий раствор постоянно циркулирует через охлаждающий элемент, что обеспечивает его относительно постоянную температуру, не превышающую  $35^\circ\text{C}$ . Одновременно для лучшего перемешивания среды применяют две аэрирующие системы: одна из них проходит через весь сосуд и достигает дна, вторая распо-

лагается на дне цилиндра и образует аэрационное кольцо. В аппарате рассматриваемой конструкции одновременно может быть декапсулировано до 1 кг цист. С помощью данной методики в Югославии из 15 кг цист после декапсулирования было получено  $3\ 000 \cdot 10^6$  науплиев [99].

Таким образом, метод декапсулирования имеет ряд преимуществ, к которым можно отнести следующие:

а) техника инкубации яиц значительно упрощается, так как нет необходимости применять специальные методы отделения науплиев от скорлупок, которые растворяются в процессе декапсулирования;

б) при обработке хлорсодержащими веществами, входящими в состав декапсулирующего раствора, происходит дезинфекция эмбрионов;

в) декапсулированные эмбрионы могут быть непосредственно использованы как корм для рыб и ракообразных;

г) декапсулированные эмбрионы имеют большую продукцию и эффективность выклева, а также большую массу и содержание энергии по сравнению с аналогичными показателями у эмбрионов, проинкубированных обычным путем;

д) декапсулированные эмбрионы могут храниться длительное время без ухудшения кормовых качеств.

Науплиев артемии можно получить от взрослых особей, для чего их помещают в специальные установки [96, 97]. В результате сочетания и подбора различных условий культивирования, включающих определенное соотношение кормов, высокое содержание кислорода и оптимальную циркуляцию воды, происходит живорождение, и науплиев собирают в фильтровальной системе.

В большинстве случаев науплии, полученные описанным выше методом из цист артемии, используются в качестве корма для культивируемых гидробионтов в аква- и марикультурных хозяйствах. Однако иногда их подращивают до взрослых особей, которые также обладают ценным химическим составом и служат эффективным кормом для мальков рыб и ракообразных. Технология получения биомассы взрослых особей из науплиев будет изложена ниже.

## ПОЛУЧЕНИЕ БИОМАССЫ

В настоящее время в мире добывается более 1 000 метрических тонн биомассы артемии по цене 20 долларов за 1 кг. Важнейшими экспортёрами замороженной артемии являются США, Канада и Франция [131]. В будущем предусмотрено увеличение продукции рачка за счет внедрения интенсивных методов его разведения и подращивания в естественных и искусственных условиях и, следовательно, совершен-

Таблица 53. Биомасса артемии в естественных водоемах

Водоем	Площадь	Биомасса	Период	Литературный источник
<b>СССР</b>				
оз. Репное, Вейсово и Степное (Херсонская обл.)		82-85 г/м <sup>3</sup>		[48]
оз. Карачи (Алтай)		4,5 г/м <sup>2</sup>		[19]
озера Алтайского края	1655 км <sup>2</sup>	82 000 г		[45]
Куяльницкий лиман (Одесса)	20 км <sup>2</sup>	18-620 г/м <sup>3</sup>	Май-август	[28]
озера Западной Сибири				
большие	100 тыс. га	5,04 г/м <sup>3</sup> 30,24 г		[43]
средние	40 тыс. га	28,38 г/м <sup>3</sup> 34,06 г		
малые		37,20 г/м <sup>3</sup> 66,96 г		
Всего	200 тыс. га	131,26 г		
Южный Сиваш		10-15 г	Май-июнь	[9]
оз. Поповское (Крымская обл.)		0,1-0,5 г		[8]
<b>Болгария</b>				
Бургасское Поморье		2,75 г/л	Июнь-сентябрь	[111]
<b>США</b>				
оз. Моно		4 экз/л	То же	[111]
Большое Соленое озеро		10 экз/л		[111]
Соленые пруды Алвисо		13 г/м <sup>3</sup>	Август	[111]
бухта Сан-Франциско		0,005 кг/га	Неделя	[111]
оз. Оберг (Орегон)	199 км <sup>2</sup>	7 000 г		[111]
<b>Иран</b>				
оз. Реза-Лейк		1,2 экз/л		[111]
<b>Монако</b>				
Этан-де-То		3,5 г/га	Год	[111]

ствования биотехнологии получения биомассы. В результате цены на продукцию будут снижены до 40 центов за 1 кг.

**Получение биомассы артемии в естественных водоемах.** В естественных водоемах сбор биомассы рачка проводят в весенне-летний период, когда продукция его максимальна (табл. 53). Распределение артемии, как было отмечено выше, зависит от гидрологического режима водоема и климатических условий, что определяет методы сбора биомассы. В начале массового размножения рачки концентрируются в основном в прибрежной части, что обусловлено лучшим прогревом воды в этом районе [29], где они могут быть легко собраны с помощью сачков.

Другой тип сбора основан на положительном фототаксисе рачка, интенсивность сосредоточения которого зависит от освещения водоема. Артемию следует собирать утром, так как в этот период она концентрируется на поверхности вследствие уменьшения содержания кислорода в воде в ночное время [111]. В толще воды артемия может быть собрана специальными тралями, состоящими из газовой сетки. С помощью такого метода в зависимости от продукции водоема можно собрать до 4 т свежей биомассы. С использованием простого марлевого сачка в соленом озере близ Херсона за 2 ч был отловлен 1 ц биомассы рачка. При этом стоимость продукции составила 1,5 руб. за 1 ц [48].

**Получение биомассы артемии в искусственных водоемах.** В настоящее время для увеличения продукции артемии широкое применение получил метод инокуляции науплиев в искусственные или естественные водоемы. С заселением артемией соленых прудов и прудов-испарителей солеварен, соляных чеков связан экстенсивный метод получения биомассы рачка. В этом случае пруды, имеющие соленость 10,0–15,0 ‰, могут давать до 10 г сырой массы артемии на 1 м<sup>2</sup> ежедневно при удобрении их птичьим пометом. Ежегодно можно собирать в этих условиях более 30 метрических тонн биомассы, что соответствует 1,8 т высококачественного белка в пересчете на сухую массу [131] (табл. 54).

Таблица 54. Биомасса артемии, инокулированной в соляные пруды

Страна	Площадь прудов, га	Биомасса, г	Период	Литературный источник
Филиппины	1,7	0,15	3 мес	{ 119 }
	2,0	0,025 в месяц	Февраль–май	
Бразилия	6 000	10,0	Июль 1977 г.	{ 126 }
			Май 1978 г.	
Новая Зеландия	238,5	35,0 сухой массы	1983–1984 гг.	{ 111 }

Выращивание артемии в прудах с помощью метода инокуляции предусматривает несколько этапов.

**Первый этап** – подготовка пруда [119, 144]. Перед инокуляцией водоем готовят соответствующим образом для достижения определенной глубины, объема и солености. Для создания высокой температуры и хорошего прогрева глубина пруда не должна превышать 0,4 м. В нем должно быть два отверстия – водовыпускная и водоподводящая трубы, через которые заливается вода. Водоем следует заливать водой через равные промежутки времени и не допускать ее утечки. С этой целью в прудах делают перегородки из глины или специальные задвижки из цельных блоков. Вода, которая заливается в водоем, имеет соленость 3,5 ‰. Для создания более высокой солености (10,0 ± 1,0 ‰) пруд следует выпаривать. После этого водоем удобряют фосфатными и

азотными удобрениями, которые вносят в равных количествах из расчета 50–100 кг/га. Через две-три недели происходит интенсивное развитие водорослей, обитающих при высокой солености (свыше 10,0 ‰). Хороший эффект достигается при внесении в качестве удобрения птичьего помета в количестве 500 – 1 000 кг/га.

Таким образом, удобрение прудов органическими и неорганическими компонентами вызвано необходимостью интенсивного развития одноклеточных водорослей, являющихся основной пищей артемии. Установлено, что при температуре 21–28 °С, солености 7,0–23,4 ‰, содержании кислорода 1,37–8,87 мл/л и рН среды 7,7–8,6 происходит интенсивное развитие фитопланктона: *Dunaliella salina*, *Chlamydomonas* sp., *Navicula* sp., *Peurosigma* sp., *Nitzschia tricornutum*, *Proocentrum* sp., т.е. всех необходимых для питания различных стадий артемии водорослей.

Для превращения роста водяного гиацинта и размножения хищников в пруду необходимо поддерживать высокую соленость. Если в водоемах ощущается недостаток пищи (водорослей), пруды следует удобрять один раз в неделю, добавляя 50 т/га – неорганических удобрений и 0,5 т/га птичьего помета [119].

Второй этап – подготовка животных к инокуляции. Пруды заселяют науплиями или взрослыми особями артемии при температуре, не превышающей 36–37 °С. Инокуляция с помощью цист не проводится, так как при солености 10,0–11,0 ‰ вылупления не происходит [144].

Для заселения пруда рачками предварительно необходимо определить качество используемых яиц, а именно эффективность вылупления и продукцию выклева. На основании этих данных рассчитывают, сколько цист потребуется для получения науплиев, чтобы плотность посадки составила 30–100 экз/л.

Науплиев получают по описанной выше технологии, после чего переносят в контейнер, заполненный водой из пруда, куда их предполагается внести. Если науплиев требуется перевезти к месту инокуляции, то их необходимо сохранять при 0–4 °С в рассоле при плотности 10 млн личинок в 20 л. При этом двигательная активность науплиев тормозится, и в таком состоянии они могут транспортироваться и сохраняться в период перевозки. Науплиев перевозят в пластиковых контейнерах, снабженных аэрацией и погруженных в сосуды со льдом.

В случае заселения прудов взрослыми животными, их следует постепенно адаптировать к высокой солености. Транспортируют их таким же образом, как науплиев, но при меньшей плотности – 20 000 экз/л.

Собственно инокуляцию проводят поздним вечером, так как в этот период температура имеет самые низкие значения и остается таковой до утра. В крайнем случае заселение можно проводить утром. Взрослые животные, так же как и науплии, могут быть перенесены в развод-

ной пруд непосредственно из транспортных контейнеров в это же время и затем постепенно они восстанавливают двигательную активность. В первые дни после инокуляции бывает очень сложно найти или увидеть науплиев, так как они теряют свой оранжевый цвет и скапливаются в основном в углах прудов. Однако через неделю, если инокуляция проведена успешно, рачки могут хорошо просматриваться в толще воды.

В дальнейшем для получения биомассы и продукции цист следует четко контролировать условия в пруду. Так, например, при солености 11,0–12,0 % и высокой температуре артемии достигает взрослой стадии и переходит к живорождению. Первое поколение науплиев быстро подрастает и в результате популяция увеличивается до 40 и более животных (взрослых и науплиев) в 1 л. В процессе испарения соленость воды в пруду увеличивается до 25,0–30,0 %, что стимулирует откладку яиц рачками, которые могут быть периодически собраны описанными выше методами [130].

Примером успешной инокуляции артемии является распространение этого метода на Филиппинах [119]. Так, несколько прудов-испарителей солеварен общей площадью 3 400 м<sup>2</sup> были заселены 200 млн науплиев, полученных из 100 г цист штамма Сан-Франциско. Личинки транспортировали в пластиковых контейнерах объемом 20 л, заполненных морской водой соленостью 10,0 %, при температуре 4 °С и постоянной аэрации. Непосредственно перед инокуляцией науплиев помещали в танк с морской водой соленостью 8,4–13,0 %, объемом 15х20х0,75 м, в котором аэрация осуществлялась с помощью компрессоров. Животных дважды в день кормили суспензией, состоящей из рисовых отрубей, пропущенных через сито с размером ячеек 50 мкм, а также экстрактом из рисовых отрубей, содержащих в большом количестве витамины группы В, и комбикормом Тра-Фос-Д. Корм вносили с потоком воды и содержание его в емкостях определяли с помощью диска Секки. Через 10 дней подросших животных пересаживали в пруды с соленостью воды 10,0 % и глубиной 0,4 м. В водоеме артемии питались естественной пищей, состоящей из водорослей. В период подращивания температура воды в водоеме колебалась в пределах 25–33 °С, соленость 8,0–17,0 % и рН – 7,0–8,5. В среднем за 3 мес было получено 150 кг биомассы артемии. Известны примеры успешной инокуляции цист артемии штамма Сан-Франциско в соленые пруды Коста Рики, Индонезии и Бразилии [131], что позволило получать до 26 кг/га цист в месяц. В целом эксперименты по интродукции различных штаммов артемии с целью получения высоких урожаев приобретают все большее значение [141].

Наши наблюдения, проведенные совместно с Л.М.Сергеевой, позволили заключить, что системы прудов-испарителей Генического солевого завода и бывшего Сивашского сольпрома могут быть использованы для выращивания артемии и получения ее продукции. По данным

исследований этих водоемов, проведенных отделом экологической физиологии водорослей ИнБЮМ АН УССР в 1980–1981 гг., гидрохимические условия бассейнов способствуют росту и развитию артемии: их глубина составляет 0,3–0,5 м, рН среды – 6,74–8,95, соленость – 10,0–12,0 ‰, температура в апреле достигает 8,5–13,0 °С, а в летние месяцы доходит до 25,0–34,5 °С, содержание кислорода колеблется около 3,75 мг/мл, но летом при повышении температуры этот показатель может снижаться до 0,72 мг/л. В бассейнах Сивашских солезаводов содержится значительное количество биогенов: концентрация  $PO_4$  в летние месяцы доходит до 155,  $NO_3^-$  – до 465 мкг/л. Такие условия способствуют интенсивному развитию одноклеточных водорослей, служащих пищей артемии.

Наши исследования бассейнов Генического солезавода и Генического озера показали четкую зависимость видового состава водорослей, их количества и распределения различных стадий артемии (табл.55). Из приведенных в таблице данных можно видеть, что видовой состав фитопланктона значительно разнообразнее в бассейнах солезавода по сравнению с Геническим озером, причем самая большая численность клеток наблюдается в каналах. Здесь же обнаружены науплии и метанауплии, неполовозрелые и половозрелые особи рачка, что обусловлено как наличием разнообразных водорослей, различающихся по своим размерам, так и высокой численностью фитопланктона. В заготовительном бассейне и в бассейне второго года видовой состав водорослей менее разнообразен, в основном встречаются достаточно крупные клетки *D.salina* и *Navicula* sp., которые могут служить кормом для взрослых особей.

Таким образом, проведенные нами наблюдения на примере бассейнов Генического солезавода позволяют заключить, что пруды-испарители сольпромов и солезаводов могут быть использованы для получения и производства цист и биомассы артемии. Следует отметить, что каналы, отличающиеся богатым видовым составом фитопланктона, служат своеобразным "питомником", заготовительные бассейны и бассейны второго года – нагульными прудами, из которых можно извлекать продукцию рачка. В некоторых случаях с целью создания артемиевых хозяйств предлагается использовать естественные и искусственные водоемы. Для этого выделяют мелководные хорошо прогреваемые озера (0,9–1,8 м глубиной) с общей минерализацией 200 г/л и общей площадью 100–200 га (до 5 000 га) [43, 45]. Крупные водоемы можно разделить дамбами. В артемиевом хозяйстве выделяют маточные пруды, где выращивают культуру для сбора яиц, мелководные питомные озера, где выводят и подращивают науплиев, и нагульные пруды, где рачков выращивают до максимального размера и затем собирают биомассу. При этом нагульные озера занимают 75–80 % общей площади хозяйства, питомные – до 20 %. При подготовке водое-

Таблица 55. Влияние видового состава и численности водорослей на распределение артемии в Геническом озере и в бассейнах Генического солезавода

Видовой состав	Геническое озеро	Водоёмы Генического солезавода, кл/мл		
		Бассейн второго года	Заговетельный бассейн	Канал
Зеленые водоросли				
<i>Dunaliella salina</i>	5130 кл/мл	30	40	220
<i>D. vernalis</i>	Единичные	—	—	702 · 10 <sup>3</sup>
<i>D. viridis</i>	—	10	30	110
Диатомовые				
<i>Synedra</i> sp.	—	—	20	—
<i>Navicula</i> sp. (крупная)	—	170	80	280
<i>Navicula</i> sp. (мелкая)	—	—	—	80
Мелкие жгутиковые	—	—	—	30
Бактерии	Мало	Много	Много	Много
Спores	—	10	—	—
Артемия	Взрослые	Половозрелые самки и самцы	Половозрелые самки и самцы	Наушнии, неполовозрелые и половозрелые самки и самцы

мов для разведения и выращивания артемии используют минеральные и органические удобрения, проводят периодическую аэрацию и боронование с целью создания условий для развития бактерио- и фитопланктона. Предполагают, что такие хозяйства могут давать продукцию 150–200 г/м<sup>3</sup>, что составит около 2 т/га. В настоящее время увеличение общей продукции артемии связано с интенсификацией методов разведения, а также созданием оптимальных условий для подращивания наушлиев и механизацией процесса получения биомассы.

**Получение биомассы артемии в установках.** В искусственных условиях артемию можно выращивать в установках без смены воды и в культиваторах, где обмен среды происходит постоянно. При этом создаются оптимальные условия культивирования [59]: при культивировании артемии с высокой плотностью (свыше 1000 животных в 1 л) следует обеспечить хороший кислородный режим (4–5 мл O<sub>2</sub> на 1 л среды); культуральная среда должна постоянно циркулировать для полного обеспечения рачков кормом; глубина среды, залитой в емкость, не должна превышать 1 м; культиваторы должны быть снабжены автоматическими устройствами, которые взбалтывают и удаляют воду в случае необходимости; культиваторы должны быть снабжены системой очистки и фильтров, которые не приводили бы к существенным изменениям условий культивирования.

В зависимости от целей и задач культивирования артемии в качестве выростных емкостей могут быть использованы ванны объемом

200 л, аквариумы из оргстекла или полихлорвинила, однако наиболее удовлетворяют предъявляемым требованиям рейсвей, так как в них обеспечиваются непрерывные аэрация и циркуляция среды, в результате чего пища, подаваемая в определенном месте, равномерно рассеивается в виде суспензии по всей емкости [126].

Культивирование артемии в рейсвях. Рейсвей представляет собой емкость продолговатой формы с центральной перегородкой (рис. 9). Для обеспечения оптимального перемешивания культуральной среды перегородка располагается на  $2/3$  расстояния ширины рейсвея от торцовых стенок и приподнимается со дна на расстоянии 2–5 см. Наиболее важным параметром при конструировании рейсвея является отношение высота : ширина, которое не должно быть

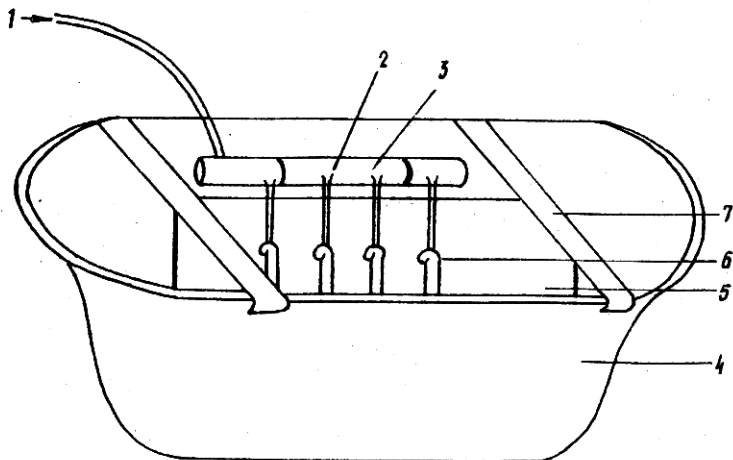


Рис. 9. Схема рейсвея (по [126]):

1 - подача воздуха от компрессора, 2 - трубка, 3 - цилиндрический распределитель воздуха, 4 - танк, 5 - центральная перегородка, 6 - эрлифты, 7 - деревянный держатель центральной перегородки

более 1, а глубина воды не должна быть более 1 м. При увеличении глубины рейсвея при сохранении отношения высота : ширина, равном 1, следует применять более интенсивную аэрацию. Рейсвеи могут быть изготовлены из различных инертных материалов: древесины, оргстекла, полихлорвинила, пластины из которых крепятся с помощью алюминиевых уголков и болтов [59]. Вдоль наружной стенки рейсвея и центральной перегородки располагаются несколько эрлифтов (воздушно-водных насосов), изготовленных из полихлорвиниловых труб и колен, которые при соединении труб монтируются под углом  $30-45^\circ$ . Каждый эрлифт обеспечивает интенсивное вертикальное перемещение жидкости, а все вместе - еще и горизонтальное. Эрлифты смонтированы таким образом, чтобы трубы наполовину были погружены в воду для предотвращения образования мелких пузырей воздуха и пены,

которые губительны для рачков. В зависимости от величины рейсвея, оптимальные циркуляция и аэрация среды могут быть достигнуты с помощью труб, расположенных с интервалом 25—40 см. Диаметр трубы эрлифта зависит от уровня среды при достижении наилучшего перемешивания в системе:

Уровень жидкости, см	Внутренний диаметр трубы, мм
20	25
40	40
75	50
100	60

Распределение воздуха в эрлифтах достигается с помощью специальной полиэтиленовой трубки (диаметр 6 мм), которая проходит через всю верхнюю часть полихлорвиниловой трубы и опускается до нижней части эрлифта, что обеспечивает максимальный подъем воды. Для герметизации диаметр воздушной трубки должен быть меньше диаметра отверстия в трубе. Для упрощения системы аэрации вместо множества воздушных трубок с зажимами, идущих от компрессора к каждому эрлифту, можно использовать распределительный цилиндр, расположенный в центральной перегородке и обеспечивающий одинаковый расход во всех эрлифтах. При конструировании эрлифтов для обеспечения максимальной аэрации среды необходимо выбрать оптимальное соотношение между уровнем жидкости в рейсвее и диаметром трубы (табл. 56).

Таблица 56. Характеристики эрлифтов в некоторых рейсвеях (по [59])

Уровень среды, см	Внутренний диаметр трубы, мм	Расход воздуха, л/мин	Объем перемешивания среды, л/мин
20	25	2,7	4,0
40	40	6,6	12,5
75	50	14,0	38,0

Выращивание артемии в рейсвеях проводят при 25—30 °С. Для подогрева системы применяют различные теплообменники, представляющие собой медную трубку длиной 20 м, зигзагообразно уложенную на дне емкости под полихлорвиниловой пленкой. На трубках располагается алюминиевая пластина толщиной 1—2 мм, имеющая хорошую теплопроводность. По змеевику с помощью насоса периодически прокачивается пресная вода, подогретая до 50 °С в 75-литровой емкости. В некоторых рейсвеях могут быть использованы обычные радиаторы, которые одновременно являются центральной перегородкой. В этом случае радиаторы необходимо покрыть эпоксидной смолой для предотвращения контакта с культуральной средой [126].

Для кормления артемии в рейсвее могут быть использованы водоросли, а также отходы сельского хозяйства и пищевой промышлен-

ности: рисовые отруби, дрожжи (*Rhodotorula*, *Saccharomyces cerevisiae*), помет птиц и навоз коров, спрессованная капуста [101], клеточные белки.

При этом корм должен удовлетворять следующим требованиям: размеры частиц не должны превышать 50 мкм и растворимость их в среде культивирования должна быть минимальной. Вместе с тем на ранних стадиях развития личинки артемии могут питаться растворенными в воде питательными веществами, тогда как взрослые животные используют только нерастворенные компоненты [59]. Оптимальные количество и качество пищи зависят от многих факторов: плотности популяции, температуры среды, стадии развития личинок. В связи с этим существуют критерии, по которым можно определить необходимое количество пищи для артемии в данной системе. К ним относятся такие показатели, как выживаемость животных на различных стадиях, рост, созревание, количество копулирующих особей, наполнение желудочно-кишечного тракта. Об эффективности использования различных кормов при выращивании артемии в искусственных условиях будет подробно изложено ниже.

Иногда для визуальной оценки необходимого количества пищи используют диск Секки, с помощью которого определяют прозрачность воды. Диск Секки представляет собой градуированную вертикальную планку с расположенной перпендикулярно пластинкой [59]. При кормлении артемии различными суспензиями их следует добавлять в среду до тех пор, пока на глубине 25 см диск становится слегка виден, а прозрачность устанавливается на уровне 15–20 см. В настоящее время в качестве корма для артемии применяют рисовые отруби. Их перетирают и пропускают через сито с диаметром ячеек 50–60 мкм из расчета 100 г отрубей на 1 л рассола и хранят в холодильнике. Перед употреблением суспензию взбалтывают и вносят в рейсвей два раза в день, контролируя ее количество с помощью диска Секки.

Для внесения корма применяют различные автоматические системы. В частности, используют таймер, соединенный с насосом, который подает пищу в течение 60 с через каждые 30 мин [126]. Установка для автоматического распределения пищи описана Соргелосом [126]. Корм в солевом растворе вносят в коническую емкость, где с помощью постоянной аэрации происходит перемешивание суспензии. Через сифон с загнутым концом, опущенным на дно резервуара, пищевая суспензия поступает в Т-образную трубку, одна часть которой соединена с воздушным насосом, а другая — с трубкой, опущенной в резервуар с пищей. Верхняя часть трубки находится выше уровня жидкости в емкости с пищевой суспензией. Вся система подключена к таймеру, включающему насос, осуществляющий распределение пищи в рейсвее, объем которой программируется в зависимости от

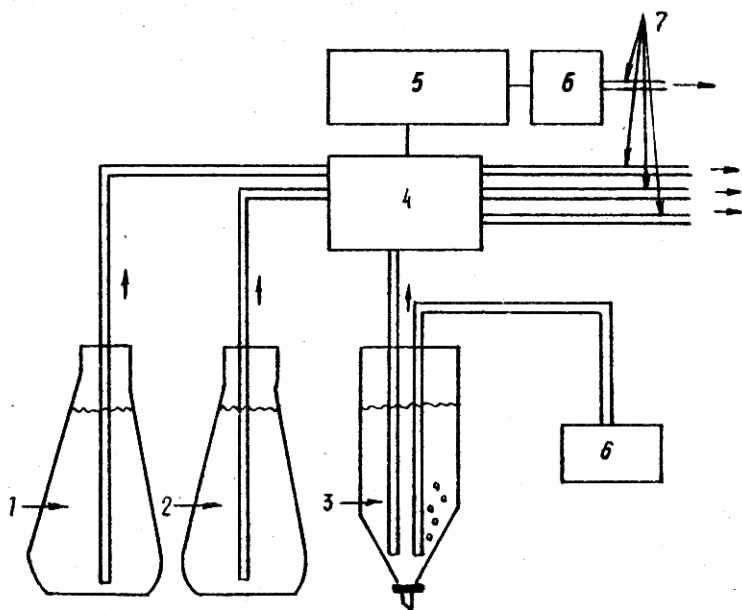


Рис. 10. Устройство для кормления артемии:

1 - сосуд с водорослями, 2 - сосуд с бактериопланктоном, 3 - сосуд с суспензией пшеничных отрубей, 4 - перистальтический насос, 5 - таймер, 6 - микрокомпрессор типа "Скалярный", 7 - подача воздуха и кормов в выростную емкость

прозрачности среды в культиваторе. По аналогии с описанной выше установкой нами также была использована система для кормления артемии, состоящая из нескольких резервуаров с различными кормами (рис. 10). Каждый резервуар с помощью шлангов через систему перистальтического насоса соединялся с выростными емкостями, куда пища в дозированных объемах подавалась по команде таймера, заданной одновременно с включением аэрации. Полная автоматическая подача пищи может быть достигнута с помощью электронного турбидиметра, когда прозрачность самоочищающейся среды определяется фотоэлектрическими транзисторами по оптической плотности. Пища подается в объеме, необходимом для достижения определенной оптической плотности, рассчитанной на основании требуемого количества корма. Процесс повторяется автоматически с равными периодами времени [59].

В основном для культивирования артемии в замкнутых системах используются автоматические установки для подачи пищи, снабженные реле времени, которое через определенные периоды запускает насосы, подающие питательную смесь в выростные емкости [113].

Ниже представлены данные о количестве пищи, необходимой для артемии, культивируемой в течение 7 дней в резервуарах разного объема при различной плотности посадки (кормление суспензией из рисовых отрубей) [59]:

Размер тэнка, м <sup>3</sup>	Первоначаль- ная плотность посадки, экз/л	Количество ри- совых отрубей, кг	% выживае- мости	Общая длина, мм	Сырая мас- са рачков, кг
1,5	1 500	2,07	39	4,39	1,71
2,5	1 000	4,07	73	4,71	3,16

Следует отметить также, что выбор корма и режима кормления артемии при выращивании в рейсверах и тэнках зависит от целей культивирования. Для быстрого получения биомассы рачка применяют смешанное питание, в состав которого входят водоросли, органические и неорганические добавки. Для получения цист, как было показано выше, в культуральную среду добавляют соединения железа и изменяют режим культивирования.

В процессе выращивания артемии при высокой плотности посадки (свыше 3000 экз/л) в среде накапливаются фекалии, которые препятствуют быстрому росту и развитию животных, загрязняют их фильтрационный аппарат. С целью очистки системы от загрязнителей используют простейшие установки, принцип действия которых основан на концентрации и седиментации частиц. В настоящее время наиболее широкое распространение получили два вида сепараторов — пластинчатый и трубчатый, а также разрабатывается метод, с помощью которого происходит возвращение растворимых в воде веществ путем фильтрации через сеть обратно в рейсвей. Сепараторы используются через 4 дня после начала культивирования, когда в среде накопится достаточное количество фекалий и других загрязнителей [126]. Пластинчатый сепаратор представляет собой прямоугольный тэнк, расположенный вне рейсвея и разделенный на меньшую, входную часть и большую, где происходит оседание фекалий. Большая часть сепаратора состоит из нескольких пластин, не доходящих до дна и расположенных наклонно по отношению к основанию тэнка (рис. 11). На дне сепаратора закреплены маленькие полихлорвиниловые трубки с вытянутым коленом, которые соединены с трубкой-сифоном [130]. Через отверстие эрлифта, окруженного сеткой с размерами ячеек 0,5–1 мм, культуральная среда, науплии и фекалии закачиваются во внутреннюю часть сепаратора. Через щель вблизи дна они попадают в осадительный отсек, где фекалии концентрируются на дне и наклонно расположенных пластинах, имеющих шероховатую поверхность. Науплии всплывают и возвращаются в рейсвей через пластины сепаратора, где они могут быть собраны с помощью сита с размером ячеек 200 мкм. Фекалии со дна и пластин сепаратора отбирают сифоном. Для улучше-

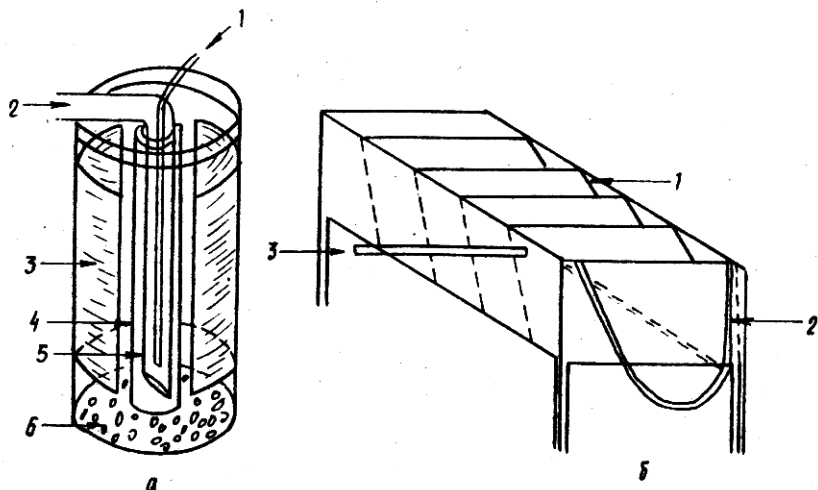


Рис. 11. Сепараторы для удаления фекалий из реисвея (по [59]):

*а* – трубчатый сепаратор: 1 – подача воздуха, 2 – эрлифт, 3 – сетка с размером ячеек 500–1000 мкм, 4 – внешний цилиндр, 5 – труба, 6 – фекалии; *б* – пластинчатый сепаратор: 1 – пластины, 2 – сифонная трубка для удаления фекалий, 3 – слив среды с науплиями

ния седиментации частиц и предотвращения их попадания в пространство между пластинами сепаратора пластины должны находиться на расстоянии 2 см друг от друга и быть наклонены под углом 30–45°. Наилучшее очищение системы достигается при работе пластинчатых сепараторов в течение 20–30 мин. Характеристики пластинчатого сепаратора для очистки реисвея объемом 2 м<sup>3</sup> следующие [59]:

длина – 60 см; ширина – 40 см; глубина – 50–80 см; число пластин – 11; угол наклона пластин – 30–45°; угол наклона донной части – 30–45°; диаметр эрлифта – 2,5 см; скорость циркуляции – 3–4 л/мин; фильтровальный цилиндр – высота – 50 см; диаметр – 2 см; высушенные фекалии, диаметр – 2 см; время работы – 30–40 мин.

Очистку культуральной среды в реисвее следует проводить регулярно, так как разложение фекалий и органических остатков отрицательно влияет на качество воды. Осевшие загрязнители можно удалить со дна с помощью сифона, затем высушить и использовать в качестве удобрений.

Трубчатый сепаратор менее эффективен, чем пластинчатый, но относительная простота его устройства также позволяет широко использовать его для очистки реисвеев [59]. Сепаратор состоит из полихлорвинилового цилиндра с закрытым дном, который имеет боковые отверстия, затянутые сеткой с диаметром ячеек 0,5–1 мм. Внутри этого цилиндра помещена труба, в которую входит эрлифт. Верхний

край трубы находится ниже поверхности воды и дно ее также закрыто. Цилиндр устанавливается перпендикулярно на дно рейсвея и возвышается над уровнем жидкости. Эрлифт перекачивает среду, частицы грязи, фекалии и науплиев в цилиндр, в результате чего они попадают на сетчатые стенки цилиндра, тогда как взрослые и ювенильные особи остаются в среде рейсвея. Регулируя скорость подачи воздуха в эрлифте, можно отделить фекалии от науплиев. При этом фекалии оседают на дно цилиндра, а науплии всплывают к поверхности и возвращаются в рейсвей. Так как очистка в трубчатом сепараторе происходит достаточно быстро, пищевые частицы не успевают осесть на дно и также возвращаются в культиватор. Науплиев собирают на сито с диаметром ячеек 200 мкм у отверстия эрлифта. Ежедневно грязь, осевшую на дно трубчатого сепаратора, удаляют с помощью сифона. Размерные характеристики трубчатого сепаратора приведены ниже:

Объем рейсвея —	350 л
Внешний цилиндр, диаметр —	9,5 см
Труба, высота —	45 см
диаметр —	6 см
Эрлифт, высота —	40 см
диаметр —	3 см
Скорость циркуляции среды —	2–3 л/мин

Для очистки больших объемов культуральной среды используют автоматическую установку, принцип действия которой основан на сквозном просеивании жидкости через сито [59]. Система состоит из экрана, изготовленного из стальной проволоки, расположенной под определенным углом и образующей щели размером 150 мкм. Культуральная среда, из которой с помощью фильтра удалены науплии и ювенильные особи, перекачивается в резервуар и равномерно распределяется по постоянно движущемуся проволочному экрану. При оптимально подобранных условиях ориентации экрана и скорости суспендирования тонкий прилегающий к проволочной сетке слой жидкости срезается. В результате вода и пищевые частицы попадают в щель между проволокой и возвращаются в рейсвей, тогда как более крупные частицы, включающие фекалии и загрязнители, постепенно оседают у основания движущегося экрана и попадают в небольшой сепарирующий танк, установленный в верхней части рейсвея. В нем фекалии накапливаются, а вода протекает в культиватор. В случае попадания науплиев в систему, их привлекают к отверстию сепаратора с помощью сильного источника света и таким образом возвращают в рейсвей. Описанное сепарирующее устройство позволяет очистить большие объемы воды и сконцентрировать фекалии и другие частицы в густую массу, используемую в качестве удобрений.

Для эффективного выращивания артемии в рейсвеях необходимо подобрать оптимальные условия культивирования. В качестве культуральной среды может быть использована морская вода, имеющая со-

леность 30–35 %, pH 7,5–8,5 или искусственные смеси, состав и способ приготовления которых приведены ниже:

**Компоненты среды (искусственная морская вода)**

1. На 1 л среды	
выпаренная морская соль	– 31,08
MgSO <sub>4</sub>	– 7,74
MgCl <sub>2</sub>	– 6,09
CaCl <sub>2</sub>	– 1,53
KCl	– 0,97
NaHCO <sub>3</sub>	– 2,00
2. 1 л морской воды + 2 г NaHCO <sub>3</sub>	

**Способ приготовления**

MgSO<sub>4</sub>, KCl и NaHCO<sub>3</sub> следует растворить отдельно в теплой водопроводной воде и добавить к раствору остальные соли

В приготовленную таким образом среду инокулируют науплиев артемии из расчета 1 личинка в 3 мл культуральной среды. Для этого науплиев получают с помощью декапсуляции, отбирают образец для определения числа личинок в определенном объеме и переносят необходимое количество в рейсвей. Науплиев не кормят в течение ночи, а на следующее после инокуляции утро вносят пищу. Корм добавляют вручную несколько раз в день или распределяют автоматически через заданные промежутки времени при постоянном контроле прозрачности среды в пределах 15–20 см по отметке на диске Секки. Дневной рацион определяют размером подращиваемых науплиев, а также качеством пищи. В начале второй недели культивирования, когда артемии достигают 4 мм, частицы, загрязняющие культуральную среду, следует удалять через сепаратор, снабженный ситом с диаметром ячеек 500 мкм. При увеличении размеров животных диаметр ячеек применяемых фильтров следует увеличить до 750 или 1000 мкм соответственно. Через одну или несколько недель культивирования трубки эрлифтов необходимо очистить от загрязнений и соли, осевших на их внутренней части. В процессе выращивания артемии в рейсвее следует постоянно контролировать условия культивирования: кислородный режим, pH среды, температуру и содержание аммиака. При этом содержание кислорода должно быть не менее 2 мл/л, аммиака – 50 мг/л, pH среды > 7,0, температура 25–30 °С. Такие условия поддерживают в культиваторе (рейсвее) в течение 6 недель, в результате чего может быть получена значительная продукция артемии (табл. 57).

Опыт культивирования артемии в искусственных условиях показал, что в рейсвее объемом 1000 л за 2 недели можно получить в среднем 2 кг биомассы из 10 г цист. В танке объемом 1 м<sup>3</sup> через 2 недели выращивания артемия достигает величины 8 мм и средняя продукция составляет 5 кг сырой массы при использовании в качестве корма 4 кг рисовых отрубей [78]. Для сбора биомассы рачка в культиваторе следует остановить аэрацию на 30 мин, в результате снижения концентрации кислорода в среде рачки поднимутся к поверхности, где могут

Таблица 57. Получение биомассы артемии в рейсее (по [59])

Объем культиватора, л	Период культивирования, дни	Сырая масса, г
350	21	900
1000	7	1250
1500	7	1800
2000	21	5000
2500	7	3250
5000	10	12000

тэнке объемом 1 м<sup>3</sup>) [130]. В рейсее, куда было инокулировано 5,72 г науплиев, через 20 дней получили 2 кг чист [142]. Однако работа по усовершенствованию технологии разведения артемии в искусственных системах приобретает все большее значение. Так, например, предлагаются новые системы культивирования, различные варианты кормления рачков, тесты для анализа культуральной среды и питательной ценности артемии, выращенной на различных кормах, совершенствуются условия культивирования. Некоторые из предлагаемых вариантов приводятся ниже.

Культивирование артемии в других установках. Наиболее простыми установками, применяемыми на рыбзаводах для подращивания артемии в качестве живого корма, являются цементные, деревянные и земляные бассейны, полиэтиленовые мешки и другие емкости, которые заполняются средой, имеющей соответствующую соленость. В подготовленные таким образом емкости инокулируют науплиев артемии из расчета 100 экз/л [11]. Иногда артемию подращивают совместно с другими кормовыми организмами — эфидрой, синезелеными водорослями и т.д. [52].

Одна из систем для культивирования артемии представляет собой семь тэнков — колб Эйрленмеера объемом 4 л каждая. Батарея колб соединена между собой, а также с емкостями, где находится взвесь фитопланктона, и с резервуаром, представляющим собой рифовый микрокосм [114]. Верхняя часть перевернутых колб затянута сеткой с диаметром ячеек 153 мкм. С помощью насосов вода перекачивается из микрокосма и из емкости с фитопланктоном в тэнки с науплиями артемии со скоростью один оборот в день. В описываемом культиваторе артемию подращивали в течение 7 дней, в результате чего было собрано около 1200 рачков, масса которых составила  $0,82 \pm 0,03$  г. Предлагается использовать данную установку в коралловом микрокосме (кораллы, анемоны, горгоны и т.д.). В этом случае артемия, находящаяся на определенной стадии развития, поступает с помощью насосов в микрокосм, где потребляется хищниками. Одновременно водная среда микрокосма, обогащенная органическими соединениями, поступает в тэнки, где подращивают рачков.

Нами в качестве культиватора для выращивания артемии была использована установка "Артемия-2", разработанная В.И.Тимощуком,

быть собраны. Из приведенных в табл. 57 данных можно заключить, что выращивание артемии в системах типа рейсеев при создании оптимальных условий культивирования позволяет получить значительную продукцию ценного корма для рыб (до 25 кг биомассы рачка за две недели в

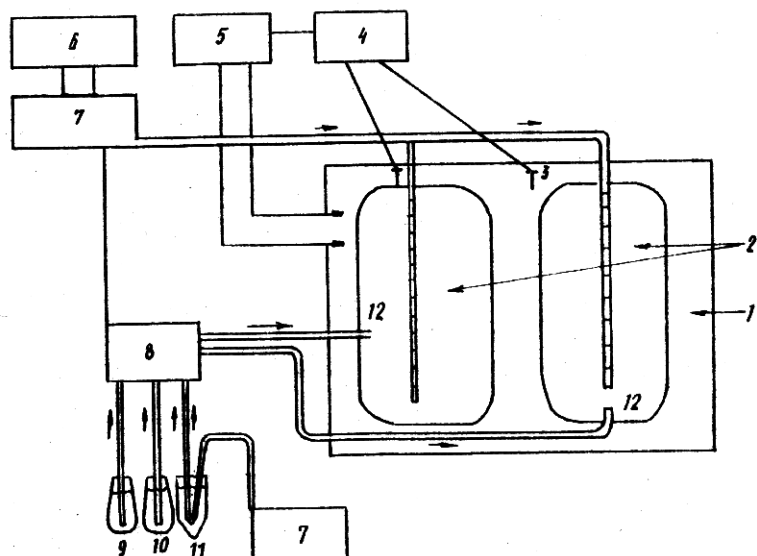


Рис. 12. Схема установки, примененная нами для культивирования артемии:  
 1 – емкость с подогреваемой водой, 2 – ванны (выростные емкости),  
 3 – контактные термометры, соединенные с термостатом 4 и теплонагревателями 5, 6 – таймер, 7 – микрокомпрессоры типа "Скалярый", 8 – перистальтический насос, 9 – сосуд с водорослями, 10 – сосуд с бактериопланктоном, 11 – сосуд с суспензией из пшеничных отрубей

О.Б.Спиранди и Л.М.Сергеевой [54]. Установка представляет собой термостатированные ванны объемом 35, 150 и 200 л (рис. 12). В качестве азраторов использовали полихлорвиниловые шланги с отверстиями, проложенные по дну емкостей и соединенные с микрокомпрессорами типа "Скалярый". Азрация среды осуществлялась периодически по задаваемой по таймеру программе. Регуляция температуры культуральной среды достигалась с помощью контактных термометров и термостата. Перемешивание среды происходило одновременно с азрацией.

Кормление артемии осуществляли порционно по команде таймера с помощью системы, описанной ранее и приведенной на рис. 10. В качестве культуральной среды использовали морскую воду, в которую добавляли хлорид натрия для достижения солености 3,5 % в начале выращивания и доводили соленость до 7,0–10,0 % к 14–15-му дню культивирования, pH среды 7,95–8,12, содержание кислорода, регулируемое с помощью продолжительности азрации, устанавливали в пределах 3,5–6,7 мл  $O_2$ /л. Температуру задавали и поддерживали на уровне  $21,0 \pm 0,5$  °C в начале выращивания и через 2 недели увеличивали до  $24,0 \pm 0,5$  °C. В качестве корма использовали водоросли, бактериопланктон и взвесь пшеничных отрубей.

Через 15 дней в 30-литровом культиваторе получили биомассу артемии, равную 48 г.

В настоящее время разрабатываются методы непрерывного культивирования артемии в установках со сменой воды. В этом случае основная трудность заключается в необходимости постоянно удалять отходы (фекалии, загрязнители и т.д.), но при этом обеспечивать возвращение рачков в культуральную среду. Конструкции проточных систем для выращивания артемии снабжены системой фильтров, устанавливаемых в танке. Одна из очистных установок представляет собой два металлических цилиндра, вставленных один в другой, снабженных сетчатыми фильтрами, аэрацией и дренажом, что обеспечивает высокую скорость протока среды и ее очистки, одновременно уменьшая долю ручного труда, затрачиваемого на смену фильтров [78].

Системы для непрерывного культивирования артемии требуют интенсивной аэрации, что необходимо как для обогащения среды кислородом, так и для подачи пищи, ее равномерного распределения и перемешивания жидкости, ее очищения [126]. Начальная плотность посадки науплиев в описываемую систему составляет 20 000 экз/л. Время ее полного оборота — 4 ч в начале культивирования, через 2 недели скорость обмена среды увеличивается до 1 ч. Для этого культуральную среду пропускают через систему фильтров, которые состоят из сети с диаметром ячеек 130 мкм. Через 3, 6 и 9 дней после начала выращивания диаметр ячеек фильтров увеличивают до 225, 300 и 400 мкм соответственно. Корм в установку подают автоматически через минимальный интервал времени — 15 мин.

В результате непрерывного культивирования артемии в течение 2 недель в танке объемом 1 м<sup>3</sup> было получено 25 кг биомассы рачка при использовании в качестве корма 18 кг рисовых отрубей (0,7 кг/л) и около 150 м<sup>3</sup> морской воды. Разработана система для культивирования артемии при высокой плотности и использовании измельченных удобрений и отходов продуктов сельского хозяйства в качестве корма. Система представляет 300-литровый танк, заполненный искусственной морской водой, общим объемом 6000 л. Вода постоянно циркулирует с помощью биологического контактора через пластинчатый сепаратор при скорости 3 000 л/ч. В такой системе из 50 г цист можно получить до 20 кг/м<sup>3</sup> биомассы за 14 дней [97].

Приведенные данные свидетельствуют о том, что дальнейшее совершенствование конструкций культиваторов, подбор оптимальных условий выращивания ракообразного позволят значительно увеличить продукцию артемии и сократить затраты на ее получение. Немаловажное значение в решении этих проблем играет кормление артемии и подбор кормов.

Кормление артемии при выращивании ее в искусственных условиях. Важнейшим фактором успешного культивирования артемии в искусственных условиях является

правильный подбор кормов и режим питания. Именно это условие в конечном итоге определяет количество и качество получаемой биомассы. Для оценки эффективности пищи, применяемой при выращивании артемии, предварительно проводят экспериментальные исследования по культивированию артемии в малых объемах с использованием тестируемых кормов. При этом учитывают такие показатели, как выживаемость, скорость роста, наступление половой зрелости рачков и др. Результаты таких исследований приведены в табл. 58. Из представленных данных можно видеть, что кормом для артемии, выращиваемой в искусственных условиях, может служить достаточно широкий спектр различных компонентов. Однако наиболее высокие показатели выживаемости, роста и развития, плодовитости рачка отмечены в тех случаях, когда он питается смешанными рационами [9].

При этом важное значение имеет не только качество пищи, но и ее количество, вводимое в культиватор. Так, например, показано, что для оптимального развития артемии необходимо 0,1 мг массы/ (экз·сут) водорослей *Dunaliella*, *Enteromorpha* и суспензии рисовых отрубей, дрожжей *Rhodotorula*, тогда как масса *Spirulina* достаточна в концентрации 0,025 мг/экз [89]. От качества задаваемого корма зависит получение продукции в промышленных условиях (табл. 59). Используя дешевые продукты и отходы сельскохозяйственной и пищевой промышленности в качестве корма при выращивании артемии, можно за короткие сроки получить значительное количество биомассы рачка, богатой белками животного происхождения и другими ценными компонентами.

Мы исследовали также эффективность применения различных кормов для выращивания артемии. В качестве инертного корма использовали взвесь пшеничных отрубей, которую готовили путем суспендирования 10–15 г отрубей в 100 мл морской воды и затем пропускали через сито с диаметром ячеек 50 мкм. Бактериопланктон получали при настаивании 30–40 г куриного помета в морской воде (1 л). В качестве живого корма использовали одноклеточные водоросли *Chlamydomonas* sp. из расчета 1,5–2,0·10<sup>3</sup> кл/мл культуральной среды, *Gimnodinium* sp. — 498, *Phaeodactylum tricornutum* — 333, *Dunaliella salina* (80 % составляла крупная форма и 20 % — мелкая) — 300 и 100 кл/мл соответственно. Выращивание артемии проводили по методу, описанному выше в установке "Артемия-2" (рис. 13, 1–5). Как можно видеть, примененные корма не достаточно эффективны для выращивания рачка, так как наблюдается высокая гибель животных и они не достигают половой зрелости. В связи с этим нами совместно с Л.М.Сергеевой был разработан дифференцированный способ кормления артемии при культивировании ее в условиях установки "Артемия-2" [54]. Способ основан на последовательном изменении вида корма, кормовых смесей и их количеств в соответствии с тем, что мы наблюдали в природных условиях (см. табл. 55).

Таблица 58. Влияние различных кормов на физиологические показатели артемии

Вид корма	Условия культивирования				Физиологические показатели					Литературный источник
	Температура, С	Соленость, %	Дни	Количество корма	Выживаемость, %	Длина тела, мм	Насупление половой зрелости	Плодовитость, %	% яйценосных самок	
Chlorella sp.	22-24	10,2	16-18	1 мг/ (сут*экз)	80	10,8	16-18			[9]
Spirulina sp.	28	3,0	2	0,12 мг/ (сут*экз)	98	1,63-2,10				[69]
Spirulina sp.	25	3,5	7	0,025 мг/экз	93	6,3				[89]
Scenedesmus sp.	28	3,0	2	0,12 мг/ (сут*экз)	87	1,24-1,77				[69]
Enteromorpha sp.	25	3,5	7	0,1 мг/экз	93	3,0				[89]
Rhodotorula	25	3,5	7	0,1 мг/экз	93	4-5				[89]
Dunaliella terticlecta	25	3,5	7	0,1 мг/экз	93	6-7				[89]
Tetraselmis sp.	26-30	3,5	21	$5,0 \cdot 10^4$ кл/мл		5,84-7,40				[89]
Tetraselmis 62 % + + Chaetoceros 38 %			14	$5,3 \cdot 10^{-4}$ кл/ (мл хсут)	8,9	7,36				[101]
Chaetoceros curvisetus	21-22		18	$2,0 \cdot 10^8$ кл/мл <sup>2</sup>	48	4,17				[101]
Дрожжи	22-24	10,2	16-18	1 мг/ (экз*сут)	65	9,5	21-23			[9]
Дрожжи + Chlorella	22-24	10,2	16-18	1 мг/ (экз*сут)	75	10,2	20-22			[9]
Рисовые отруби	28	3,5	10		80	4,26				[79]
Пшеничные отруби	28	3,5	10		10	2,08				[79]
Соевые бобы	28	3,5	10		80	3,24				[79]
Порошок из молочной сыворотки	28	3,5	10		50-60	4,6				[79]
Свиной помет + суперфосфат + арахис + дрожжи		3,5-4,0	15		50-80	6,2-11,2	14-18	53-76	45-100	[117]
Гомогенизированные куриные яйца	21-22		18		27,2	3,44				[117]

Помет коров + помет  
птиц + прессованная  
капуста  
Измельченное мясо  
моллюсков + рыб-  
ная мука + рисовые  
отруби + земляной  
орех

[101]

80

28

10

90

14

4-6

[101]

12-14

14

85

12-14

3,5

В первые 6 дней культивирования артемии в качестве корма использовали культуру *Chlamydomonas* в указанной выше концентрации, а также взвесь пшеничных отрубей и бактериопланктон. Со 2-й недели выращивания наряду с инертными кормами применяли смесь водорослей, состоящую из *Chlamydomonas*, *Gymnodinium* и *Ph. tricornutum*, а с 13-го дня в качестве живого корма использовали *D.salina*. Выращивание артемии проводили в течение 15 дней, после чего получили биомассу взрослых животных (см. рис. 13, б). Примененный способ кормления артемии оказался эффективным, потому что на каждой стадии развития рачок получал тот корм, который он наилучшим образом усваивает. Так например, при кормлении *Chlamydomonas* в течение первых 6 дней выживаемость рачков была наибольшей (рис.14), в период 6-13 дней оптимальный корм состоял из смеси *Chlamydomonas*, *Gymnodinium* и *Ph. tricornutum*, в период 13-21 день - *D.salina*. Вместе с тем следует особо подчеркнуть, что для быстрого роста, развития и достижения половой зрелости артемии необходимы бактериопланктон и взвешенное органическое вещество, в качестве которого мы использовали взвесь пшеничных отрубей. Бактерии и органические компоненты содержатся в больших количествах в водоемах - местах обитания артемии и, следовательно, являются важнейшими в рационе рачков.

На 15-й день культивирования была получена биомасса взрослых половозрелых особей при соотношении полов самцы: самки 37:62, а выживаемость их составила 68,7 % первоначального количества рачков, высаженных в культиватор. На 17-й день началась копуляция, а на 21-й день отмечали появление науплиев. Биомассу взрослых рачков собирали с целью определения ее биохимического состава, представленного в табл. 26, из которой видно, что качество продукта, полученного при описанных выше условиях выращивания, превосходит качество биомассы, изъятая из природной популяции.

Таким образом, предложенный нами способ культивирования артемии отличается простотой и доступностью используемых конструкций, после-

Таблица 59. Продукция артемии, выращенной в искусственных условиях при использовании различных инертных кормов (по [97])

Вид корма	Объем рейсвея, м <sup>3</sup>	Температура, °С	Период выращивания, недели	Исходное количество цист, г	Полученная биомасса, кг
Соевые бобы	2	25	2	20	3,8
Рисовые отруби	1	28	2		2,0
Порошок из молочной сыворотки	1	25	3		2,5

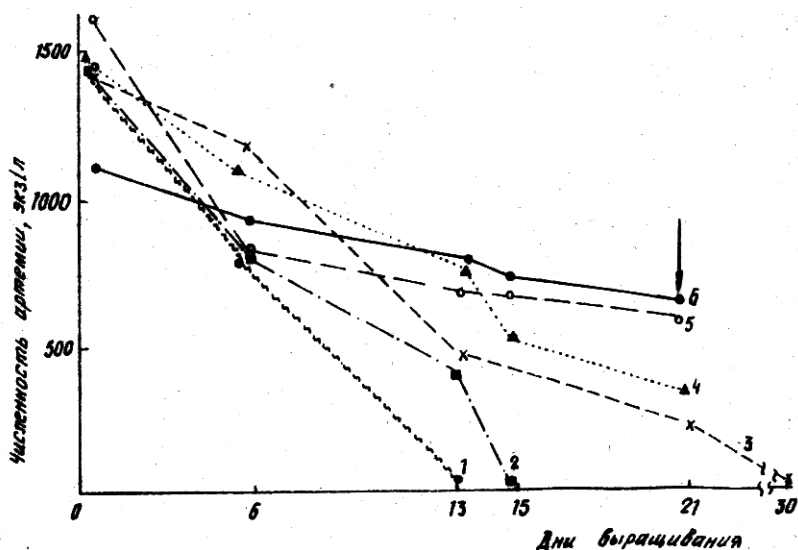


Рис. 13. Численность артемии при использовании различных кормов. Стрелкой обозначено изъятие биомассы и появление науплиев. 1 — бактериопланктон, 2 — пшеничные отруби, 3 — *Chlamydomonas* sp., 4 — *Dunaliella salina*, 5 — смесь водорослей, 6 — смешанный корм: водоросли + бактериопланктон + пшеничные отруби

довательным изменением качества и количества кормов, состоящих из одноклеточных водорослей, взвеси пшеничных отрубей и бактериопланктона, а также регуляцией режима культивирования, подобранного в соответствии с теми условиями, которые отмечены нами в естественных местах обитания ракообразного.

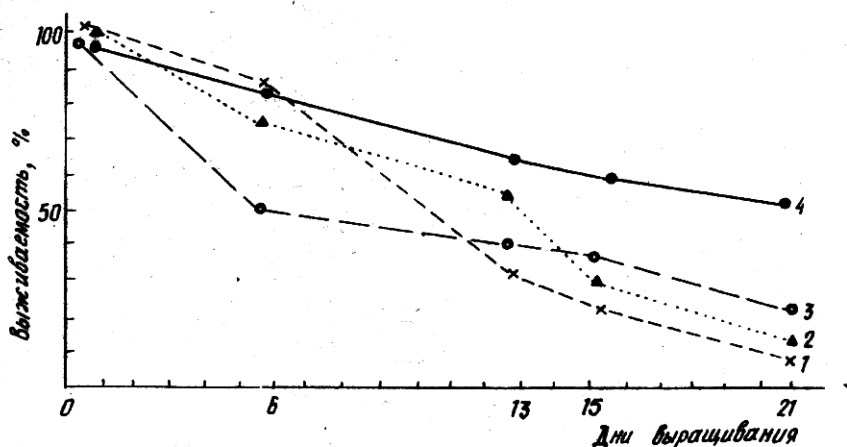


Рис. 14. Выживаемость артемии при использовании различных кормов:  
 1 — *Chlamydomonas*, 2 — смесь водорослей, 3 — *Dunaliella salina*, 4 — смешанный корм: водоросли + бактериопланктон + пшеничные отруби

\* \* \*

Итак, на основании приведенных фактов можно заключить, что артемия и ее продукты (цисты, науплии, биомасса) приобретают все большее значение в мировой экономике, что определяется использованием в качестве ценного корма для объектов аква- и марикультуры. Однако, несмотря на то что в настоящее время добываются тысячи тонн биомассы и сотни тонн цист, потребности в этом сырье значительно превышают его продукцию.

Потенциальные возможности увеличения продукции артемии можно представить с помощью схемы (схема 4). Получаемая продукция артемии должна обладать высоким качеством, т.е. иметь необходимые производственные характеристики, показатели выклева и химический состав. Работы, которые проводятся в этом плане, направлены на поиск и отбор в естественных водоемах таких линий, которые бы удовлетворяли мировым стандартам [98]. Предлагается одомашнить наиболее ценные штаммы.

Оптимизация условий культивирования, установление правильного режима кормления и состава кормов позволяют не только в кратчайшие сроки получить значительную биомассу артемии, но и улучшить ее качественные показатели, т.е. повысить содержание белка, незаменимых аминокислот и жирных кислот, других ценных компонентов. В связи с этим расширение исследований в нашей стране и за рубежом может способствовать созданию специальной отрасли народного хозяйства — артемиеводства, целью которого является развитие артемиевых

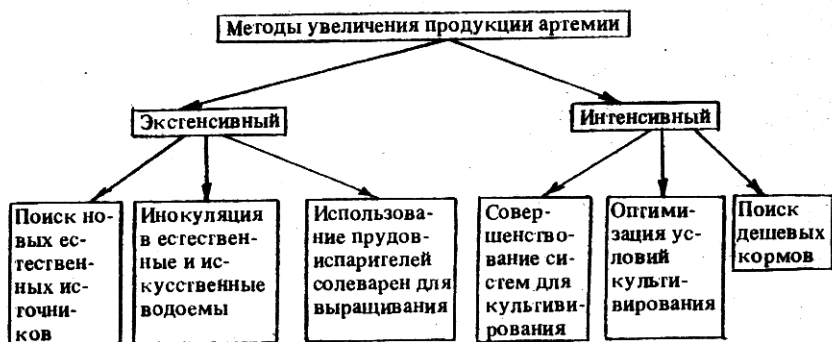


Схема 4. Потенциальные возможности увеличения продукции артемии

хозяйств и получение высококачественного продукта, содержащего все необходимые компоненты пищи и являющегося ценным кормом не только для культивируемых гидробионтов, но и для сельскохозяйственных животных и человека.

## ГЛАВА 4. НЕКОТОРЫЕ ДРУГИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АРТЕМИИ И ЕЕ ПРОДУКТОВ

### МЕДИЦИНА

**Возможности использования артемии в фармакологии.** В гл. 1 подробно рассмотрен биохимический состав артемии и показано, что ракообразное содержит в значительных количествах такие ценные вещества, как репродуктивные и ростовые гормоны, витамины, каротиноиды, играющие важную роль в обмене веществ высших животных и человека [128, 131]. Особо следует отметить обнаруженные у артемии высокополиненасыщенные жирные кислоты — эйкозапентаеновую ( $C_{20:5\omega 3}$ ) и докозагексаеновую ( $C_{22:6\omega 3}$ ) [121], которые обладают биологической активностью. Установлено, что эти соединения с пятью и шестью двойными связями способствуют нормализации липидного обмена, снижают уровень холестерина в крови, а также служат предшественниками простагландинов.

Для артемии характерны высокие концентрации незаменимых жирных кислот — линолевой ( $C_{18:2\omega 6}$ ), линоленовой ( $C_{18:3\omega 3}$ ) и арахидоновой ( $C_{20:4\omega 3/\omega 6}$ ), при отсутствии которых в пище человека и животных тормозится рост, возникают поражения кожи, почек, нарушается репродуктивная функция. Установлено также, что при недостатке в рационе человека и животных незаменимых жирных кислот в митохондриях печени ослабляется дыхательный контроль и нарушается функция этого органа.

В артемии содержится значительное количество незаменимых аминокислот: лейцина, изолейцина, валина, фенилаланина, триптофана, треонина, лизина, метионина, аргинина и гистидина. Недостаток одной или нескольких аминокислот в организме человека и животных может привести к таким тяжелым расстройствам, как задержка роста, развитие экземы, нарушение синтеза гемоглобина, а также к анемии, гипопротеинемии, катаракте, некрозу печени. Приведенные данные свидетельствуют о том, что артемия и ее продукты могут быть с успехом использованы в фармакологической промышленности в качестве сырья для получения препаратов биологически активных соединений, витами-

нов, гормонов, восстанавливающих обмен веществ и способствующих нормальному росту и развитию организма человека и животных в случае возникновения у них патологических отклонений.

Роль артемии в образовании лечебных грязей. Минерализованные озера, где обитает артемия, часто используются в бальнеологических целях [43]. При этом функционирование рачка в таких водоемах непосредственно приводит к образованию лечебных грязей. Обладая уникальной фильтрующей способностью, артемия просветляет воду, способствует коагуляции слизи и осаждению органических и неорганических веществ на дно водоема вместе с собственными экскрементами [76]. В результате этих процессов вода становится прозрачной, через нее свободно проникают лучи солнца, что приводит к развитию водорослей в поверхностном грязеобразующем слое дна. В конечном итоге образуются органическое вещество, необходимое для формирования грязей, и кислород, нужный для серобактерий и пурпурных бактерий [19]. В таких грязях содержится значительное количество соединений фосфора, железа, алюминия, серы, а также органических веществ, которые оказывают лечебное действие на человека при нарушениях функций опорно-двигательной системы.

В Алтайском крае и в Крымской обл. имеется ряд озер, содержащих лечебные грязи. В Крыму вблизи Сакского и Чокракского озер построены и функционируют бальнеологические лечебные заведения. Вместе с тем недостаточное изучение экологических систем лечебных озер и их загрязнение сточными водами приводят к необратимым последствиям и нарушению грязеобразования. Так, например, вблизи г. Феодосии располагается лечебное озеро Аджиголь (Ачиголь), ил которого до недавнего времени использовался в бальнеологических целях. Однако в настоящее время вследствие загрязнения озера бытовыми стоками и в результате этого распреснения его северной части процессы грязеобразования в озере нарушены. Одновременно с отмеченными негативными изменениями, как показали наши наблюдения в апреле-мае 1985-1986 гг., яйца артемии встречаются только в южной, прилегающей к морю части озера, тогда как в северной они отсутствуют. Обращает на себя внимание, что, несмотря на прекращение изъятия лечебной грязи в водоеме и наличие установленной санитарно-защитной зоны, бытовые сточные воды продолжают в большом количестве поступать в северную часть озера, подрывая численность популяции артемии и, следовательно, препятствуя процессам грязеобразования. Приведенные примеры свидетельствуют о роли артемии в балансе соленых озер и необходимости тщательного его изучения и проведения природоохранных мероприятий с целью эффективного и рационального использования таких водоемов в народном хозяйстве.

## СОЛЕ ДОБЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Соледобывающие предприятия — солезаводы и солеварни — состоят из системы сообщающихся прудов, питающихся морской водой. Она поступает в подготовительные пруды, где после увеличения солености в результате испарения переходит в следующие водоемы. Затем вода, достаточно насыщенная хлоридом натрия, доходит до прудов-«кристаллизаторов», где соль выпадает в осадок. При этом в каждом водоеме создается специфическая экосистема, способствующая или препятствующая процессу получения высококачественной соли. Таким образом, все солезаводы состоят из 3 видов прудов с разной соленостью, качественным и количественным составом организмов. Артемия, способная жить и размножаться при солености 8,0–26,0 ‰, играет важную роль в процессах солеобразования (см. схему 5). В подготовительных водоемах, имеющих низкую соленость (3,5–9,0 ‰), встречаются несколько видов водорослей, простейшие, бактерии, моллюски, водные высшие растения и рыбы (см. табл. 54). Первичная продукция в таких водоемах высокая, но содержание растворенного органического вещества относительно низкое. Планктонные водоросли, поступающие в подготовительные пруды из моря, интенсивно функционируют, что способствует испарению воды и придает ей окраску. В результате образуется большое количество органического вещества, метаболитов и кристаллов карбонатов. Артемия, обитающая в подготовительных бассейнах, интенсивно фильтрует воду и поглощает эти вещества. Неусвоенное органическое вещество, метаболиты и неорганические

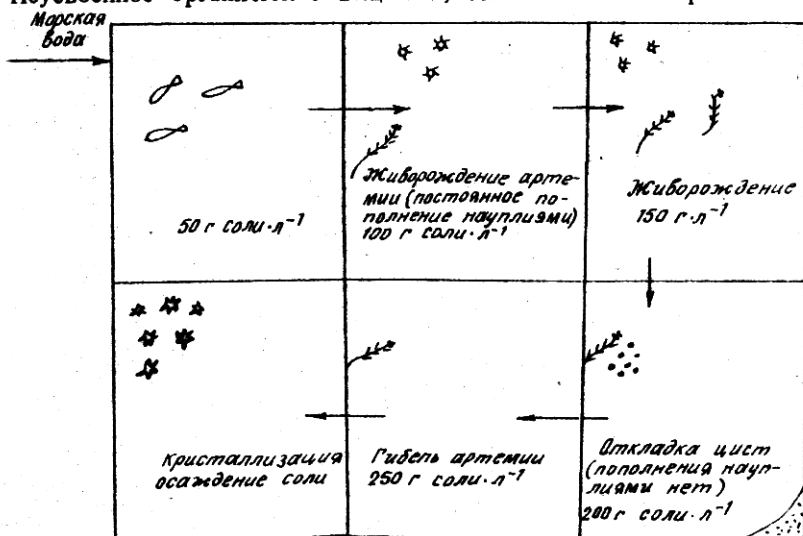


Схема 5. Функционирование солнечной солеварни (по [131])

остатки формируются во взвешенные частицы и вместе с фекалиями рачков оседают на дно прудов, образуя пленку. Вода при этом просветляется, и свет, проникающий на дно, способствует поддержанию постоянной водорослево-бактериальной пленки, необходимой для продукции соли [113].

В прудах со средней соленостью (8,0—18,0 %) обитают несколько видов планктонных организмов, зеленых и синезеленых водорослей, а также артемия. Первичная продукция в таких водоемах низкая, но относительно высокое содержание растворенного органического вещества. Доминирующей водорослью является *Coccochloris elabens*, между ней и артемией устанавливаются строго определенные соотношения. Когда в водоеме складываются условия, способствующие интенсивному развитию *Coccochloris*, то все другие организмы планктонного сообщества, в том числе и артемия, подавляются. В этом случае водоросль становится монокультурой, продуцирует миллионы клеток в 1 мл, создает ночью анаэробные условия и образует в результате метаболизма вязкую слизь, которая препятствует проникновению солнечных лучей, испарению и нарушает физико-химические и биологические процессы, участвующие в солесобразовании. Если условия в водоеме благоприятны для развития артемии, большая часть *Coccochloris* поедается рачками, и остатки в виде фекалий оседают на дно, создавая значительные количества органического вещества. Иногда это может приводить к уменьшению размеров кристаллов соли и появлению в них окрашенных включений. Полноценная популяция артемии эффективно контролирует численность *Coccochloris* в определенных пределах, что способствует получению высококачественной соли [76]. В прудах с высокой

В прудах с высокой соленостью (19,0—29,0 %) обитает около 5—6 видов, среди которых доминирует *Coccochloris* требующий для своего развития большого количества аминокислот. Галофильные бактерии окрашивают воду в красный цвет и увеличивают интенсивность адсорбции, испарения и осаждения хлорида натрия на дно водоема. При этом в системе создаются условия, когда органического вещества потребляется больше, чем образуется. Метаболиты артемии, живущей в соленых прудах, поднимаются в верхние слои воды и служат источниками аминокислот для бактерий. Одновременно слизь *Coccochloris*, богатая углеводами, также утилизируется *Halobacterium*. Таким образом, галофильные бактерии разлагают и осаждают растворенное органическое вещество и играют роль в испарении и выпадении кристаллов соли [131].

Приведенные выше данные свидетельствуют о том, что артемия контролирует биологические процессы созревания соли и ее чистоту. В частности, плотность *Halobacterium* прямо коррелирует с численностью популяции артемии, метаболиты которой создают благоприятные условия для развития бактерий. Совокупность биологических и физико-химических процессов, возникающих в такой системе, гаран-

тирует быстрое получение высококачественной соли, содержащей 99,7 % хлорида натрия. В тех водоемах, где артемия отсутствует или численность ее невелика, выпадение кристаллов соли является следствием испарения и качество ее уступает продукту, полученному в сбалансированной экологической системе соленых прудов [130]. На этом основании изучение экосистем соленых прудов солевых заводов и солеварен позволило выработать ряд приемов и методов, формирующих их сбалансированность и позволяющих управлять ими. Общие мероприятия, проводимые в этих случаях, связаны с добавкой минеральных и органических удобрений с целью стимуляции роста водорослей, маневрированием глубиной заполнения и продолжительностью пребывания рассола в прудах, а также заселением прудов артемией [76]. Сначала для укрепления дна предлагается внести удобрения в водоемы с высокой соленостью, затем — в бассейны со средней. Через 3—4 года, когда дно водоемов достаточно укрепит, образуются как донное сообщество в виде пленки, так и сообщество планктонных организмов определенного состава. После стабилизации солености в этих водоемах в пруды, имеющие среднюю соленость, поселяют артемию. Еще через 2 года в прудах с высокой соленостью появляются *Halobacterium*, окрашивающие воду в красный цвет и способствующие быстрой кристаллизации и получению высококачественной соли.

В случае, если в результате интенсивного развития *Scolecobolus* образующаяся слизь оседает на дно и по подводным течениям попадает в пруды — "кристаллизаторы", следует пересадить большие количества артемии из соседних прудов в водоемы со средней соленостью. Когда популяция артемии в них стабилизируется, интенсивная продукция слизи уменьшится в результате ее утилизации рачком, не будет проникать в пруды с высокой соленостью и препятствовать процессу солеобразования [76]. Благодаря этим методам, примененным на солеварнях Филиппин, за 30 дней было собрано 12 500 кг соли или 400 кг в день [128]. Таким же образом успешно развивается соледобывающая промышленность на о. Сардиния (Италия), давшая в 1983 г. 37 % ( $3 \cdot 10^5$  т) соли к производству этого продукта во всей стране. При этом побочным продуктом явились биомасса и цисты артемии [108]. В последнее время артемию выращивают в соленых чеках штата Сеара (Северо-Восточная Бразилия), площадь которых составляет 5 400 га, что дает значительный экономический эффект. На основании приведенных данных можно заключить, что заселение артемией и выращивание ее на солевых заводах и солеварнях не требуют никаких затрат и усилий, но позволяют получать как высококачественную соль в результате регуляции физико-химических и биологических процессов, лежащих в основе солеобразования, так и достаточно большую биомассу артемии и ее цист, о чем было сказано в гл. 3.

Загрязнение окружающей среды веществами, образующимися в результате хозяйственной деятельности человека, ставит проблему изучения их действия на жизнедеятельность различных организмов. Артемия является удобным объектом для токсикологических исследований, так как будучи пластичным и древним по происхождению видом, позволяет обнаружить не только действие различных токсикантов на функции организма, но также выявить механизмы, лежащие в основе устойчивости ракообразного к высоким концентрациям металлов, пестицидов, нефти и других веществ. Токсикологические исследования артемии представляют интерес для биотестирования вод природных источников по степени загрязнения и прогнозирования допустимых уровней содержания тех или иных веществ в них. Вместе с тем артемия может служить одним из звеньев биологической системы очистки и детоксикации сточных вод, содержащих органические и минеральные продукты, а также использоваться для утилизации сельскохозяйственных отходов и тепла энергетических объектов.

**Артемия как тест-объект в токсикологии.** Артемия на различных стадиях развития используется в качестве тест-объекта в острых токсикологических экспериментах. Эти исследования включают следующий круг вопросов: отбор стадий науплиев по их чувствительности; определение продолжительности теста; установление стандартных условий эксперимента; чувствительность различных географических линий и рас артемии к действию токсикантов; отбор и стандартизация рекомендуемого для интеркалибрации токсиканта; определение точности и повторяемости теста. При изучении токсического действия различных веществ на цисты артемии в качестве критериев оценки используются показатели: процент выклева, процент невылупившихся цист и процент цист на стадии вылупления. В этом случае особенно важно учитывать стандартные условия проведения опыта: рН среды, температуру, соленость, уровень кислорода, освещенность. Однако цисты артемии устойчивы к действию различных токсикантов, в связи с чем они не нашли широкого использования в токсикологии. Наибольшее применение в токсикологических исследованиях получили науплии артемии, которые оказались чувствительнее к действию различных веществ, чем взрослые особи и цисты, и смогли в течение нескольких суток жить без корма. Вместе с тем в экспериментах важно использовать одновозрастных науплиев, так как артемия на ранних онтогенетических стадиях (I) более устойчивы к действию различных факторов, чем на поздних стадиях (II, III). Критерием оценки действия токсиканта в этом случае служат такие показатели, как выживаемость науплиев, их подвижность, осморегуляция, поглощение кислорода, рост в долговременных опытах. Установлено также, что науплии различных рас артемии по-разному реагируют на действие ток-

сикантов, что следует учитывать при постановке опытов [33, 127].

Анализ токсических эффектов для взрослых особей артемии проводится по проценту их смертности, продолжительности жизни, продуктивности, способности к воспроизводству, выживаемости зигот, аккумуляции токсиканта [137]. В Референтном центре "Артемия" (Бельгия) разработан стандартный метод для определения токсичности различных веществ с помощью науплиев артемии. Эксперименты проводят с личинками, находящимися на II—III стадиях развития в течение 24 ч при  $25 \pm 1$  °C, в воде с соленостью 3,5 ‰, pH 7,5. В качестве стандартных токсикантов используют лаурилсульфат натрия и бихромат калия. Критерием оценки токсичности веществ служит ЛК<sub>50</sub> через 24 ч экспозиции науплиев. Тестирование состоит из нескольких этапов:

1) общий тест — определение концентрации токсиканта, приводящей к 100 %-ной гибели личинок через 24 ч;

2) предварительный тест — исследование действия разных концентраций токсиканта (100, 10, 1, 0,1 и 0,01 ‰) на науплиев;

3) окончательный тест — определение ЛК<sub>50</sub> по калибровочному графику зависимости смертности науплиев от концентрации токсиканта [139].

В настоящее время этот тест подвергается интеркалибрации в США и других странах ЕЭС, включая 59 лабораторий в 11 государствах. Для оценки действия лаурилсульфата натрия и бихромата калия на артемию определяли средние значения ЛК<sub>50</sub>, стандартное отклонение и коэффициент вариации, а также моду и медиану (табл. 60).

Таблица 60. Статистические показатели токсикологических тестов с использованием науплиев артемии (по [139])

Показатель	Токсикант	
	Лаурилсульфат натрия	Бихромат калия
Среднее значение ЛК <sub>50</sub> , мг/л	22,52	38,87
Стандартное отклонение в пределах лаборатории, мг/л	3,27	6,65
Коэффициент вариации в пределах лаборатории, %	14,52	14,54
Стандартное отклонение межлабораторных данных, мг/л	5,59	13,56
Коэффициент вариации межлабораторных данных, %	24,82	34,89
Медиана, мг/л	21,0	36,5
Мода, мг/л	17,0	24,0
Значение $f$ ЛК <sub>50</sub>	1,186	1,244

Приведенные данные свидетельствуют о высокой чувствительности, хорошей повторяемости, простоте и удобстве этого токсикологического теста, получившего название ARC-тест (Artemia Referens Centre).

Следует отметить также, что лаурилсульфат натрия более удобен для использования в качестве стандартного токсиканта по сравнению с бихроматом калия, так как дает меньший разброс данных ( $\pm 9$  и  $\pm 20$  % соответственно) и лучшую восприимчивость результатов [139]. Таким образом, науплии артемии могут быть успешно использованы в качестве тест-объекта в токсикологии. Ниже будут приведены данные о действии различных веществ на артемию и изменение ее физиологических показателей в этих условиях. В последнее время разработан тест, оценивающий состояние токсичности среды по времени движения науплиев артемии по отношению к свету [136].

**Действие различных веществ на артемию как показатель загрязненности акваторий токсикантами.** Действие металлов на артемию. Исследование действия металлов на артемию проводили в двух направлениях: первое — с целью изучения аккумуляции этих веществ в ракообразном при поглощении их из воды и пищи и дальнейшего перераспределения по пищевым цепям экосистемы, второе — с целью изучения механизма действия металлов на основные физиологические показатели ракообразного.

**Свинец.** Установлено, что ЛК<sub>50</sub> через 24 ч для двухнедельных науплиев артемии, помещенных в воду, содержащую свинец, составляет 207,2 мг свинца/л. Артемия более устойчива к свинцу, чем рыбы, для которых ЛК<sub>50</sub> составляет 0,33 мг/л [136]. Это подтверждается также тем, что ацетат свинца в концентрации 0,5–100 мг/л не оказывает существенного влияния на выклев яиц артемии [118]. Вместе с тем рост артемии значительно угнетается при концентрации свинца в среде 5–10 мг/л.

**Кадмий.** ЛК<sub>50</sub> для двухнедельных личинок артемии через 24 ч составляет 68,8 мг кадмия/л [136]. Обнаружено, что повышенная концентрация кадмия в среде оказывает существенное влияние на эмбриональное развитие, эффективность вылупления науплиев из цист, жизнеспособность личинок и взрослых особей, а также на плодовитость последних. Так, например, при концентрации кадмия 1 мкмоль/л происходило отклонение от нормы в развитии и вылуплении науплиев, а при концентрации 10 мкмоль/л развитие тормозилось. Исследование аккумуляции кадмия артемией показало, что почти 30 % металла поглощается рачком непосредственно из воды через желудочно-кишечный тракт. Вместе с тем при низких концентрациях в морской воде кадмий активно усваивается артемией с пищей. При высокой концентрации насыщенная кадмием среда и пища попадают в кишечник и выводятся через него, а процесс поглощения металла ингибируется. Приведенные данные свидетельствуют о том, что артемия способна интенсивно накапливать кадмий, поглощая его непосредственно из морской воды и пищи [88].

**Железо.** Артемия способна интенсивно поглощать железо из морской воды со скоростью 1,3 нмоль/(мин·мг сухой массы рачка). На

скорость поглощения металла из воды значительное влияние оказывают соленость и содержание кислорода в среде. Так, снижение концентрации кислорода от 20 до 7 % увеличивает этот показатель до 1,9 нмоль/(мин·мг), тогда как в анаэробных условиях он уменьшается до 0,3 нмоль/(мин·мг). При солености воды 15 % артемия поглощает железо в 2 раза быстрее, чем в воде с соленостью 10,0 и 20,0 % [73]. Установлено, что повышенные концентрации железа в воде (5 мг/л и выше) способны снижать выклев науплиев из цист [118].

**Цинк.** Для двухнедельных науплиев артемии  $LD_{50}$  составляет 63,2 мг цинка/л, что значительно выше, чем для рыб (0,3–0,5 мг/л) [136]. Экспонирование взрослых артемий в течение 4 дней в морской воде, содержащей 0,01 мг/л сульфата цинка, приводит к нарушениям репродуктивной функции рачков и уменьшению продолжительности жизни самок с 32 до 24 дней. При этом число поколений, продуцируемых одной парой, сокращается с 5,5 до 3,7, а число потомков в них — с 150 до 133. Жизнеспособность взрослых самок не изменяется в течение 2 недель после экспозиции в растворе сульфата цинка, тогда как у самцов снижается до 46,3 % [86]. Увеличение концентрации цинка в среде до 10 мг/л и выше уменьшает вылупляемость яиц артемий [118]. Сублетальные концентрации цинка (5 мг/л) нарушают пищеварительную функцию артемий в результате ингибирующего действия этого металла на амилазу и трипсин. Так, например, отклонения активности амилазы отмечены через 72 ч, активности трипсина — через 24 ч после выдерживания рачков в морской воде, содержащей цинк. Нарушения активности протеолитических ферментов коррелировали с уменьшением скорости роста артемий [55].

**Мышьяк.** Для двухнедельных науплиев, помещенных в воду, содержащую мышьяк,  $LD_{50}$  через 24 ч составила 32,1 мг мышьяка/л [136].

**Ртуть.** Для науплиев артемий  $LD_{50}$  через 24 ч составляет 5,34 мг ртути/л, тогда как для рыб этот показатель равен 0,01 мг/л через 24 ч, что свидетельствует о большей устойчивости артемий к действию металла [136]. Вместе с тем отмечено, что при содержании артемий в воде с концентрацией хлорида ртути 0,01 мг/л и хлорметила ртути 0,005–0,01 мг/л значительно снижается продолжительность жизни рачков. Установлено также, что хлорид ртути не влияет на выживаемость науплиев, тогда как хлорметил ртути в концентрации 0,001 и 0,002 мг/л резко снижает этот показатель. При более высоком содержании соединений ртути в среде рачки не размножаются, а вылупление отложенных ранее цист снижается на 50 %. На основании проведенных исследований был сделан вывод, что соединения ртути более токсичны для самок, чем для самцов. Показано также, что концентрация хлорида ртути 0,001 мг/л увеличивает фототаксис артемий по сравнению с контролем.

*Кобальт.* Обнаружено, что кобальт в концентрации 0,03 мг/л незначительно снижает выживаемость и продуктивность артемии. В среде, содержащей летальные концентрации кобальта, самки ракообразного приобретают необычную оранжево-красную окраску соматических тканей [86].

*Никель.* Никель является наименее токсичным для артемии металлом. Незначительные сдвиги в продолжительности жизни, плодовитости, выживаемости и соотношении полов у артемии обнаружены при содержании ее в среде с концентрацией никеля 0,2–0,3 мг/л [86].

*Медь.* Токсическое действие меди на артемию изучено наиболее подробно. ЛД<sub>50</sub> через 24 ч составляет 2,33 мг меди/л, что в 500 раз выше, чем для голяна [136]. Экспериментально установлено, что ионы меди оказывают отрицательное действие на основные физиологические функции артемии. Уже при концентрации меди в среде 0,0003–0,006 мг/л наблюдается снижение продолжительности жизни, выживаемости и продуктивности рачков [86]. При содержании артемии в воде с концентрацией меди 2,0 мг/л обнаружены аномальные вариации в активности пищеварительных ферментов: через 24 ч происходят нарушения активности амилазы, через 72 ч – нарушения активности трипсина [55]. Увеличение содержания меди в среде до летальных концентраций резко повышает двигательную активность артемии, которая затем снижается и животные гибнут. Следует также отметить, что токсичность ионов меди зависит от формы, в которой они находятся в воде. Было показано, что для артемии, не акклимированной к условиям эксперимента, наименее токсичен карбонат меди, затем следуют сульфат, хлорид и ацетат меди в порядке возрастания токсичности. Так, например, при концентрации карбоната меди 1–10 мг/л смертность личинок была невысокой, но при повышении концентрации до 50–150 мг/л она увеличилась и движение взрослых особей носило беспорядочный и аномальный характер. Аналогичные эффекты наблюдали при экспонировании артемии в воде с концентрацией сульфата меди 1–2,5 мг/л, а при содержании этого соединения 12,5 мг/л 50 % животных погибали через 9 дней. При любой концентрации меди в среде наблюдается ингибирование роста рачков. Обнаружено, что медь взаимодействует с липидами артемии и образует комплекс металл-липид. Вместе с тем экспериментально было установлено, что артемия может быть акклимирована к токсическому действию меди и проявляет большую толерантность к действию металла в концентрации 1,0 мг/л после экспонирования в течение двух-трех поколений в воде, содержащей 0,025–0,1 мг/л меди, чем в случае интактных особей. Однако эта устойчивость снижается у последующих поколений [118].

Таким образом, результаты исследований действия ионов металлов на артемию позволили заключить, что по показателю процента

выклева  $\text{Cu}^{2+}$  является самым токсичным,  $\text{Mn}^{2+}$  — наименее токсичным, а остальные ионы по степени убывания токсичного действия могут быть расположены следующим образом:  $\text{Cu}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Ni}^{2+} > \text{Co}^{2+} > \text{Mn}^{2+} > \text{Cr}^{3+} > \text{Cd}^{2+} > \text{Fe}^{2+} > \text{Hg}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Pb}^{2+} > \text{Mn}^{2+}$ . При этом накопление артемией  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  и  $\text{Co}^{2+}$  не отличается от других организмов,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  и  $\text{Pb}^{2+}$  проявляют синергическое действие, а  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$  и  $\text{Mn}^{2+}$  — антагонистическое [68].

Действие нефти и масел на артемию. Артемия может быть использована для определения токсичности и загрязненности водоемов сырой нефтью, нефтепродуктами и смазочными маслами. Определено, что при низких концентрациях нефти и ее продуктов в среде происходит снижение вылушляемости цист артемии. Нефть из нефтепровода "Дружба" приводит к гибели 33 % науплиев [26]. Исследования показали, что нефтепродукты и смазочные масла менее токсичны для артемии, чем сырая нефть. Так, например, тяжелое дизельное топливо вызывает нарушения в жизнедеятельности артемии при содержании его в среде 100 и 500 мг/л [95]. Было установлено, что вещества, аккумулируемые артемией в концентрации ниже токсического уровня, быстро деградируют и, таким образом, их токсическое действие нивелируется. Следовательно, артемия весьма устойчива к действию нефти.

Действие токсинов на артемию. Водоросли, которыми питается артемия, нередко содержат токсичные вещества, способные накапливаться в рачке. Одной из таких водорослей является динофлагеллята *Ptychodiscus brevis*, обитающая в водоемах Флориды (США). Исследования показали, что взрослые артемии чувствительны к действию экстракта *P. brevis* и  $\text{LD}_{50}$  для различных рас артемии составляет 5,1–10,0 мкг сырого токсина/мл. Наиболее чувствительной к токсическому влиянию оказалась артемия из Австралии ( $\text{LD}_{50}$  4,5–5,7), наименее чувствительной — артемия из Сан-Франциско (США) —  $\text{LD}_{50}$  0,9–10,0 мкг токсина/мл.  $\text{LD}_{50}$  для артемии из водоемов Юты (США) была 5,4–7,1 мкг токсина/мл, для артемии из Пуэрто-Рико — 6,8–9,7 мкг/мл [105].

Действие пестицидов, гербицидов и ДДТ на артемию. Определение содержания ДДТ и его производных в артемии имеет важное значение, так как может служить критерием оценки степени загрязнения этими веществами окружающей среды [33]. Экспериментальное изучение действия поллютантов на морфофизиологические показатели артемии свидетельствует об их высокой токсичности. Так, например, взрослые особи, содержащиеся в растворе ДДТ с концентрацией  $10^{-4}$  мг/л, погибали в течение 5 дней. В этих же условиях происходит гибель науплиев, не достигших половой зрелости. При снижении концентрации ДДТ в растворе до  $10^{-5}$  мг/л наблюдали гибель 71,7 % животных, при концентрации  $10^{-6}$  мг/л — 39,2 % через 3 недели [85].

Таблица 61. Действие альгацидов, гербицидов и антифолиантов на артемию (по [86])

Вещество	Концентрация, мг/л	Продолжительность жизни, дни		Число поколений	Число зигот	Выживаемость, %	Отношение полов
		Самки	Самцы				
Альгацид алкилдиметилбензилхлорида аммония	Контроль	68 ± 9	101 ± 11	13,2	1183	72	0,9
	1	39 ± 12	85 ± 11	8,6	1060	63	0,9
	2	46 ± 12	50 ± 15	9,6	876	68	0,9
Водный гербицид амитрол	Контроль	34 ± 3	36 ± 2	5,1	404	70	1,0
	5	33 ± 3	36 ± 5	5,6	270	75	1,1
Антифолианты на основе бугила	Контроль	53 ± 5	72 ± 7	10,4	1208	55	1,1
	Собран с поверхности 9 мм <sup>2</sup> после распыления	66 ± 3	61 ± 7	12,1	1028	57	1,3
	на основе оксида меди	50,4 ± 4,1	51,6 ± 3,5	9,2	1238	61	0,9
	Собран с поверхности 4000 мм <sup>2</sup> после распыления (320 мг/л)	7,2 ± 0,2	7,4 ± 0,2	1,2	47	55	0,9

ДДТ оказывает существенное влияние на репродуктивную функцию артемии, что выражается в снижении количества поколений, получаемых от одной самки, и числе потомков в одном поколении. Количество поколений в контроле было 10,3, тогда как при экспонировании самок артемии в среде, содержащей  $10^{-5}$  —  $10^{-6}$  мг/л ДДТ, этот показатель снизился до 9,6—7,6 соответственно. В этих же условиях количество зигот уменьшилось до 108,5—130,4 по сравнению с 157,2 у интактных животных, и зиготы были иницированы в большей степени у опытных рачков по сравнению с контрольными (51,4 % против 11,6 %). Приведенные факты свидетельствуют о существовании выраженного адаптивного ответа организма на стресс, вызванный увеличением содержания ДДТ и его производных в среде.

Экспонирование артемии в воде, содержащей избыточные концентрации пестицидов, приводит к снижению ее репродуктивной способности и продолжительности жизни, нарушению соотношения самцов и самок. Так, при выдерживании рачков в течение 24 ч в воде с концентрацией 10 мг/л биодegradированных углеводородных и органофосфорных пестицидов наблюдается снижение числа поколений до 4,9—8,2 по сравнению с 11,3 в контроле, уменьшение общего числа зигот от 1 828 до 456—1 062. В этих условиях происходит снижение выживаемости до 30,3 %, тогда как для интактных особей этот показатель составляет 76,3—75,6 %. Обнаружено отрицательное действие пестицидов на гаметы, что приводит к цитогенетическим отклонениям в зиготах в ходе деления клеток и снижению в результате этого продолжительности жизни [86].

Уменьшение вылупляемости яиц артемии отмечено при действии инсектицида прекоцена в концентрации 160 мг/л, тогда как торможение двигательной активности взрослых особей происходит при содержании этого вещества 25 мг/л [95].

Альгациды, гербициды, антифолианты оказывают выраженное угнетающее действие на артемию (табл. 61). Приведенные в таблице данные свидетельствуют о том, что инсектициды, пестициды и антифолианты в основном действуют на репродуктивную способность артемии и продолжительность жизни рачка. Механизмы, лежащие в основе этих эффектов, еще недостаточно изучены. Однако было показано, что амитрол ингибирует функцию каталазы и некоторых других металлсодержащих ферментов, вызывает цитогенетические отклонения, что в целом снижает количество зигот и их жизнеспособность.

Действие асбеста на артемию. При исследовании действия асбеста на трехдневных науплиев артемии самая низкая выживаемость наблюдалась при концентрации 400 мг/л (23,97 % по сравнению с 45,13 % в контроле). Токсичность асбеста зависит от длины его волокон. При этом установлено, что асбест, имеющий короткие волокна, вызывает большую гибель артемии по сравнению с длинно- и средневолокнистым [134].

Действие изотопов на артемию. Установлено, что изотопный состав артемии  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ,  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  и Д/Н может характеризовать популяции рачка, а также идентифицировать среду. Утилизация изотопов артемией и их соотношение в ней зависит от сезона и различных факторов среды [94].

Таким образом, многочисленные токсикологические исследования артемии показали, что это ракообразное служит удобным тест-объектом. При этом установлено, что избыточные концентрации металлов в среде содержания рачка в основном влияют на число поколений, что выражается в их уменьшении в результате сокращения продолжительности жизни. Органические вещества, включающие пестициды, альгициды и их производные, вызывают резкое сокращение количества зигот, а также цитогенетические и молекулярные повреждения. Следует особо отметить, что 40 поллютантов, в том числе содержащие фосфор, хлор, олово, безвредны для артемии в достаточно высоких концентрациях — 10 мг/л [95]. Это свидетельствует об устойчивости данного ракообразного и создает перспективы его использования в различных системах очистки.

**Утилизация сельскохозяйственных отходов.** Артемия, обладающая уникальными фильтрующими способностями, использует в качестве пищи частицы взвешенного органического вещества: рисовые отруби, сывороточный порошок, отходы молочного производства, пивные дрожжи и другие продукты сельского хозяйства и пищевой промышленности. Имеются сведения, что артемия успешно растет в прудах при добавлении в них птичьего помета [18, 76], минеральных удобрений [5, 43], пищевых отходов [128].

В настоящее время, когда развитию животноводства и его интенсификации уделяется большое внимание и масштабы его значительно возросли, остро встала проблема утилизации отходов, которых в нашей стране образуется 1 млрд т в год. В таких отходах содержится много ценных питательных веществ — азота, фосфора, калия, органических соединений, которые могут служить эффективным сырьем для культивирования различных видов кормовых объектов. Так, например, была разработана технология выращивания ракообразных *Moina rectorstris* и *Daphnia magna* на отходах свиноводческих ферм, которая успешно оправдала себя [30]. Артемия также может быть использована с целью утилизации стоков животноводческих и других сельскохозяйственных предприятий, что позволяет решить не только важную народнохозяйственную задачу, но также и природоохрannую.

**Утилизация тепла энергетических объектов.** В СССР имеется успешный опыт по разведению и выращиванию креветок в садках водоемов-охладителей ГРЭС и АЭС. Артемию также можно выращивать в широких температурных пределах, что важно для утилизации тепла водоемов-охладителей различных энергетических предприятий —

ТЭЦ, ГЭС, АЭС. В связи с этим в специальном опытно-конструкторском бюро Техрыбвод (Киев) создан первый специальный экспериментальный образец установки для инкубации яиц артемии при температуре 26–28 °С, который может быть запущен в серийное производство и использоваться в водоемах-охладителях [2]. Таким образом, при выращивании артемии в системах, где в течение года поддерживается достаточно высокая температура, можно круглый год получать такой ценный стартовый корм для рыб, как науплии и взрослые особи артемии.

**Освоение бросовых засоленных земель.** Засоленность, недостаток поливных вод и их высокая соленость делают довольно значительные территории непригодными для сельского хозяйства. В этом отношении с целью рационального использования этих земель также может быть использована артемия, неприхотливость условий существования которой позволяет ей успешно развиваться и давать биомассу и цисты в искусственных и естественных водоемах, устроенных на бросовых землях [128, 131].

**Системы биологической очистки.** В некоторых странах артемия находит применение при создании биологических систем очистки сточных вод, содержащих высокие концентрации органических веществ. Одна из таких систем была разработана и создана в штате Техас (США) для утилизации большого количества загрязненных органическими соединениями соленых вод, сбрасываемых промышленными предприятиями в лагуну [106].

Очистная система состояла из двух ступеней. Первая ступень включала три сообщающихся между собой водоема площадью 0,10 га, глубиной 0,9 м каждый и предназначалась для культивирования водорослей. Первый пруд непосредственно соединялся с морем и в него поступали морская вода, водоросли и 10 % промышленных отходов. Между тремя водоемами с помощью насосов осуществлялось интенсивное перемешивание, скорость которого можно было регулировать. Это обеспечивало рециркуляцию около 10 % водорослей, поступающих с морской водой.

Вторая ступень предназначалась для культивирования животных, питающихся водорослями, и состояла из двух разделенных перегородкой с отверстием гэнков. Первый гэнк имел высокую плотность животных, второй — низкую, общий объем их составлял 18,9 м<sup>3</sup> и глубину 1,8 м. Культура водорослей *Chroococcus* sp., *Dunaliella salina*, *D. viridis*, *Navicula* sp. из третьего пруда поступала в первый гэнк, перемешивалась там и перекачивалась во второй гэнк. В первом резервуаре содержалось большое количество животных — артемиид, коловраток и простейших. Через отверстие они попадали во второй резервуар, где плотность их значительно снижалась. Из второго гэнка животные с помощью специальной системы сепарации и частичного обезвоживания вновь возвращались в первый гэнк, что обеспечивало

их высокую плотность в нем. В холодное время года оба резервуара подогревались.

Сущность процессов биологической очистки в такой системе заключается в следующем. Бактерии, присутствующие в водоемах, создают аэробные или анаэробные условия в результате поступающего со стоками органического вещества. Скорость этих процессов зависит от времени года, увеличивается зимой и уменьшается летом. При этом в культуре водорослей обнаружено очень небольшое количество бактериальных клеток (от 3 до 30 % исходного количества), поступивших с отходами. Это означает, что большинство бактерий элиминируют на дне прудов. Образующиеся при этом углекислый газ, фосфаты, аммоний используются расщепляемыми водорослями. Они в свою очередь продуцируют кислород, который необходим живогным, населяющим резервуары, а также для процессов окисления органического вещества. Было показано, что содержание азота выше 4,2 мг/л и фосфора 0,3 мг/л не лимитирует рост водорослей.

Рост и развитие водорослей в таких системах продолжают круглый год и рост живогных коррелирует с развитием водорослей. Вместе с тем качественный состав водорослей может изменяться в зависимости от солености. Так, например, при высокой солености — 5,5–7,0 % доминируют синезеленые — *Chroococcus* sp., при 4,0–6,0 % — зеленые — *Dunaliella salina*, которые служат пищей для артемии. Важнейшими лимитирующими факторами являются недостаток солнечного освещения и анаэробные условия, что приводит к нарушению естественных процессов развития фито- и зоопланктона и, следовательно, нарушению очистки сточных вод.

Показано также, что между популяцией коловраток и артемией устанавливаются стабильные взаимоотношения. Если концентрация водорослей резко снижается, то численность артемии может значительно сократиться, и в этом случае рекомендуют добавить чистой ракообразного с целью ее восстановления.

Интересно отметить, что артемия, выращенная в такой системе, утилизирует токсичные вещества, содержащиеся в сточных водах. Однако в дальнейшем, при кормлении рачками креветок *Penaeus* отрицательных эффектов не обнаруживали. Это позволяет заключить, что артемия способна не только аккумулировать токсичные вещества, но и разлагать некоторые из них, делая нетоксичными для объектов аквакультуры.

Таким образом, примененная система очистки позволила не только очистить сточные воды промышленных предприятий, но и получить 1 430 метрических тонн артемии и 3100 метрических тонн коловраток в год. Простота и эффективность такой системы делает ее весьма выгодной и перспективной для достаточно широкого применения в практике народного хозяйства [106].

Сходная система биологической очистки и доочистки сточных

вод работает в г. Галвестон (штат Техас, США), где в прудах в основном развивались хлорелла и артемия. Кроме того, эта система является надежным средством в борьбе с эвтрофированием прибрежных морских вод и пресноводных водоемов [120].

\* \* \*

Итак, на основании изложенного можно сделать следующие выводы:

1) артемия может быть использована как сырье для получения фармацевтических препаратов, корректирующих обмен веществ у человека и животных. Функционирование артемии в соленых водоемах способствует образованию лечебных грязей, которые используются при заболеваниях опорно-двигательной системы человека;

2) жизнедеятельность артемии в прудах солеварен и солезаводов способствует образованию высококачественной соли;

3) артемия — признанный тест-объект токсикологии при определении токсического действия металлов, нефти и нефтепродуктов, пестицидов, ДДТ, гербицидов, а также загрязненности среды этими веществами;

4) артемия способна утилизировать сельскохозяйственные отходы и тепло энергетических объектов, она перспективна в качестве одного из звеньев систем биологической очистки загрязненных вод.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные выше данные свидетельствуют о потенциальных возможностях использования артемии в различных отраслях народного хозяйства и создания в перспективе самостоятельной отрасли — артемиеводства. Его развитие позволит получить не только эффективный корм для объектов аква- и марикультуры, но и ценное сырье для медицинской промышленности. Артемия может быть использована в качестве естественного регулятора экологических процессов, лежащих в основе хозяйственной деятельности человека, что способствует повышению ее эффективности и получению высококачественной продукции. Многогранные аспекты применения артемии в народном хозяйстве представлены на схеме 6.

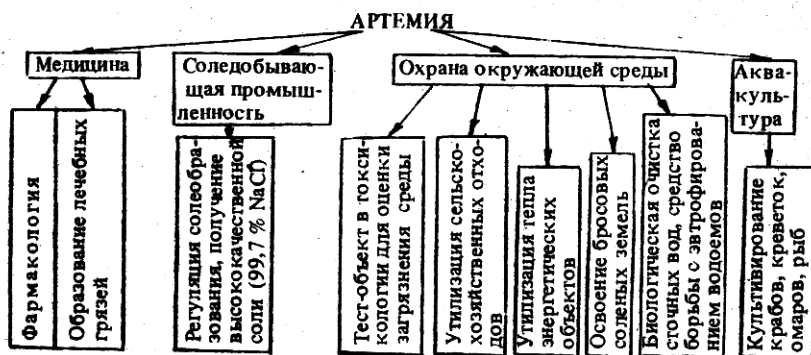


Схема 6. Использование артемии и ее продуктов в хозяйственной деятельности человека

В настоящее время созданы предприятия, в основу функционирования которых положены экологические принципы. Такие предприятия весьма эффективны экономически и исключают загрязнение окружающей среды. Одно из них состоит из птицефермы и прудов общей площадью 20 га. Отходы с птицефермы поступают в сообщающиеся между собой водоемы, в которых подрашивают артемию, а затем — рыб и креветок, а также добывают соль. Предполагается, что в 90-е годы культивирование артемии в массовом количестве приобретет само-

стоятельный коммерческий статус и станет доходной отраслью биоиндустрии.

Выше были приведены данные о практическом применении артемии в различных отраслях народного хозяйства. Вместе с тем артемия — признанный объект научных исследований, на котором изучаются структурная организация хромосом, нуклеиновых кислот, механизмы биосинтеза белка, роль ферментов в различных процессах, а также этапы дифференциации клеток и морфогенеза, партеногенез и полиплоидия. Разумное использование всех уникальных свойств артемии, рациональная добыча цист и биомассы и одновременное бережное отношение к этому виду позволят выявить еще немало полезных свойств этого организма и успешно применить его в хозяйственной и научной деятельности человека.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алтуфьева К.А., Оглезова Е.В.* Кормовая ценность артемии салины // Рыб. хоз-во. - 1984. - № 1. - С. 35-36.
2. *Антипчук А.Ф., Кражан С.А.* Выращивание живых кормов в природных водоемах и теплых водах // Освоение теплых вод энергетических объектов для интенсивного рыбоводства. - Киев : Наук. думка, 1978. - С. 40-46.
3. *Богатова И.Б., Щербина М.А., Овчинникова В.В.* Химический состав некоторых шанктонных животных при разных условиях выращивания // Гидробиол. журн. - 1971. - № 5. - С. 54-58.
4. *Богатова И.Б., Печникова Н.В., Шамова З.И.* Инкубация яиц *Artemia salina* в промышленных масштабах // Освоение теплых вод энергетических объектов для интенсивного рыбоводства. - Киев : Наук. думка, 1978. - С. 245-248.
5. *Богатова И.Б.* Рыбоводная гидробиология. - М. : Пищ. пром-сть, 1980. - С. 42-61.
6. *Богатова И.Б., Шамова З.И.* Активация диапаузирующих яиц *Artemia salina* // Гидробиол. журн. - 1980. - 16, № 3. - С. 108-110.
7. *Богатова И.Б., Ерофеева Ж.И.* Инкубация диапаузирующих яиц *Artemia salina* без предварительного стимулирования выклева // Там же. - 1985. - 21, № 2. - С. 52-55.
8. *Воронов П.М.* Сезонная численность и биомасса артемии и ее яиц в соленых озерах Крыма // Тр. ВНИРО. - 1973. - 94. - С. 170-178.
9. *Воронов П.М.* *Artemia salina* L. водоемов Крыма и ее хозяйственное использование : Автореф. дис. ... канд. биол. наук. - М., 1975. - 30 с.
10. *Воронов П.М.* Инструкция по заготовке яиц артемии и ее разведению. - Краснодар : Краснодар. фил. ВНИИ ПРХ, 1976. - 20 с.
11. *Воронов П.М.* Перспектива и биотехника использования артемии в морском рыбоводстве. - Киев : Наук. думка, 1977. - 72 с.
12. *Воронов П.М.* Концентрация яиц *Artemia salina* // Гидробиол. журн. - 1981. - 17, № 6. - С. 52-56.
13. *Воронов П.М.* Влияние соединений натрия на выклев и выживаемость науплиусов *Artemia salina* // Там же. - 1984. - 20, № 1. - С. 93-94.
14. *Воскресенский К.А., Хайдаров И.М.* Стимуляция выклева науплиусов из яиц артемии // Вестн. Моск. ун-та. - 1967. - № 1. - С. 37.
15. *Головачев С.А.* Биохимический состав кормовых беспозвоночных и резервы повышения эффективности искусственных кормов для рыб // Тез. докл. V Всесоюз. гидробиол. съезда. - Тольягги, 1986. - Вып. 1. - С. 135-137.
16. *Горомосова С.А., Шапиро А.З.* Основные черты биохимии энергетического обмена мидий. - М. : Легк. и пищ. пром-сть, 1984. - 118 с.
17. *Гумько А.Ф., Плескачевская Т.Г.* Результаты применения артемии для питания молоди осетровых // Вопр. ихтиологии. - 1962. - 2, вып. 2/23. - С. 371-374.

18. Гусев Е.Е. Межведомственный энергобиологический комплекс зоокультура галофилов // I Всесоюз. совещ. по пробл. зоокультуры : Тез. докл. - М., 1986. - Ч. 3. - С. 25-28.
19. Дексбах Н.К., Анферова Л.В. Массовые многоклеточные живогные высокоминерализованного озера Карачи Новосибирской области и их роль в образовании лечебной грязи // Экологические основы адаптации живогных : Тр. МОИП. - М. : Наука, 1967. - С. 135-137.
20. Демченко В.А. Некогорые результаты инкубации яиц *Artemia salina* // Освоение теплых вод энергетических объектов для интенсификации рыбного хозяйства. - Киев : Наук. думка, 1978. - С. 248-252.
21. Ивлева И.В. Биологические основы и методы массового культивирования кормовых беспозвоночных. - М. : Наука, 1969. - 171 с.
22. Каванова Ю.Г. О культивировании в лабораторных условиях морских планктонных водорослей // Тр. Ин-га океанологии. - 1961. - 47. - С. 54-56.
23. Кизиветтер И.В. Биохимия сырья водного происхождения. - М. : Пищ. пром-сть, 1973. - 424 с.
24. Козовкина Н.А., Люкшина В.Д., Шмакова З.И. Опыт получения науплиусов *Artemia salina* на Конаковском живорыбном заводе // Тр. ВНИИ прудового хоз-ва. - 1981. - № 31. - С. 193-197.
25. Конец В.А. Консервация яиц артемии // Рыб. хоз-во. - 1970. - № 3. - С. 16.
26. Костылев Э.Ф., Винникова М.В. Типы токсичности для гидробионгов основных загрязняющих веществ морских вод в условиях совместного присутствия // II Всесоюз. съезд океанологов, Ялта, дек. 1982 г. : Тез. докл. - Севастополь, 1982. - Вып. 2. - С. 105-106.
27. Майструк П.Н., Габович Р.Р. Криль и крилепродукты в питании человека. - Киев : Здоров'я, 1984. - 152 с.
28. Макаров Ю.Н., Лисовская В.И. Артемия Кузальницкого лимана как кормовой объект для развития морехозяйств в северо-западной части Черного моря // Тез. докл. II Всесоюз. конф. по биологии шельфа. - Киев : Наук. думка, 1978. - Ч. 2. - С. 72-73.
29. Макаров Ю.Н. Распределение и динамика численности *Artemia salina* в Кузальницком лимане // Гидробиол. журн. - 1984. - 20, № 3. - С. 17-23.
30. Моисеев Н.Н., Прусевич Н.А., Скрипченко Э.Г. Культивирование ракообразных при утилизации отходов животноводства // Биологические основы рыбного хозяйства Западной Сибири. - Новосибирск : Наука, 1983. - С. 145-147.
31. Мухина Г.В. Перспективы искусственного разведения артемии // I Всесоюз. совещ. по пробл. зоокультуры : Тез. докл. - М., 1986. - Т. 3. - С. 48-50.
32. Никитчук В.И., Генецкий Н.Е., Астерман М.Д. Промышленное получение науплиев *Artemia salina* // Освоение теплых вод энергетических объектов для интенсификации рыбного хозяйства. - Киев : Наук. думка, 1978. - С. 294-298.
33. Николенко Е.М. Влияние низких концентраций токсикангов на жизнедеятельность рачка *Artemia salina*. - М.: ВНИРО. - 1981. - 6 с. - Деп. в ЦНИИТЭИРХ 09.12.81, № 352.
34. Новоселов В.А., Соловов В.П. Природные скопления яиц артемии и организация их поиска // Рыб. хоз-во, 1981. - № 1. - С. 44-45.
35. Олейникова Ф.А. Промысловые виды беспозвоночных Азовского бассейна и использование их в рыбном хозяйстве // Тр. ВНИРО, - 1979. - 137. - С.95-100.
36. Подуровский М.А. Перспективы развития загоновки диапаузирующих яиц артемии *salina* // Рыб. хоз-во. - 1988. - № 1. - С. 78-79.
37. Руднева И.И. Зміни білкового складу артемії в процесі онтогенезу // Вісн. АН УРСР. - 1985. - № 10. - С. 44-47.
38. Руднева И.И. Оценка качества цист артемии озера Сиваш // Рыб. хоз-во. - 1987. - № 3. - С. 30-31.

39. Руднева И.И., Сергеева Л.М. Биохимический состав водорослей, служащих кормом для артемии, выращиваемой в искусственных условиях // I Всесоюз. конф. "Актуальные проблемы современной альгологии" : Тез. докл. - Черкассы, 1987. - С. 238-239.
40. Руднева И.И., Демина Н.В. Содержание полихлорбифенилов в артемии озера Сиваш // Рыб. хоз-во. - 1989. - № 4. - С. 50-51.
41. Руднева И.И., Щепкина А.М. Химический состав цист артемии озера Сиваш // Там же. - 1991. - № 5. - С. 51-53.
42. Сергиенко Л.Л., Кучаевская Л.В. Использование декапсулированных яиц артемии в стартовом кормлении личинок сиговых // Там же. - 1987. - № 9. - С. 38-40.
43. Соловов В.П., Студеникина Т.Л. Принципы организации артемиевого хозяйства на соленых озерах // Биологические основы рыбного хозяйства Западной Сибири. - Новосибирск : Наука, 1983. - С. 44-47.
44. Спектрова Л.В., Аронович Г.М. Еще раз о живых кормах для личинок морских рыб // Рыб. хоз-во, - 1973. - № 3. - С. 16-17.
45. Студеникина Т.Л. Биологические особенности рачка *Artemia salina* соленых озер юга Западной Сибири : Автореф. дис. ... канд. биол. наук. - Новосибирск, 1986. - 17 с.
46. Турецкий В.И., Ильина И.Д., Канидьева А.Н. и др. К вопросу о качестве стартовых кормов для личинок рыб // Корма и методы кормления объектов марикультуры. - М. : ВНИРО, 1988. - С. 4-20.
47. Хмелева Н.И., Голубев А.П. Продукция кормовых и промысловых ракообразных. - Минск : Наука и техника, 1984. - 215 с.
48. Черномашенцев А.И., Мухачев И.С. Использование артемии из водоемов в качестве корма для рыб // Рыб. хоз-во. - 1970. - № 6. - С. 21-22.
49. А.с. 235506 СССР, МКл<sup>2</sup> А01 К61/00. Способ подготовки яиц артемии к массовому культивированию / В.А.Копец, П.М.Воронов, К.А.Воскресенский, И.Ш.Хайдаров - Оpubл. 08.11.73, Бюл. № 10.
50. А.с. 510207 СССР, МКл<sup>2</sup> А01 К61/00. Устройство для инкубации яиц водных организмов / Л.А.Эрман, Е.З.Эрман. - Оpubл. 15.04.76, Бюл. № 14.
51. А.с. 935044 СССР, МКл<sup>2</sup> А01 К61/00. Способ получения науплиусов из яиц ракообразных / И.Б.Богатова, Ж.И.Ерофеева. - Оpubл. 15.06.82, Бюл. № 22.
52. А.с. 938865 СССР, МКл<sup>2</sup> А01 К61/00. Способ выращивания кормовых организмов для рыб / П.М.Воронов. - Оpubл. 30.06.82, Бюл. № 24.
53. А.с. 1068085А СССР МКл<sup>2</sup> А 01 К61/00. Устройство для отделения живых науплиусов от яиц ракообразных / И.И.Стойановский, Е.Е.Гусев - Оpubл. 23.01.84, Бюл. № 3.
54. А.с. 1507274 СССР МКл<sup>2</sup> А01 К61/00. Способ выращивания личиночного рачка *Artemia salina* / Г.Г.Поликарпов, В.И.Тимошук, О.Б.Спиранди, И.И.Руднева, Л.М.Сергеева - Оpubл. 15.09.89, Бюл. № 34.
55. Alayse-Danet A.M., Charlton J.I., Jezequel M., Samain J. Modele de detection rapide des effets subletaux des pollutant: modification faux d'amylase et de trypsinе d'*Artemia salina* contaminees par le cuivre ou le zinc // Mar. Biol. - 1979. - 52. - P. 41-46.
56. Amat F., Hontoria F., Navarro J.C. A preliminary nutritional evaluation of different *Artemia nauplii* as food for marine fish and prawn larvae // II Int. symp. on the brine shrimp *Artemia*. - Antwerpen, 1985. - P. 9.
57. Anderson W.R., Ford R.F. Early development, growth and survival of the yellow crab *Cancer anthonyi* rathbon (Decapoda, Brachyura) in the laboratory // Aquaculture. - 1976. - 7, N 3. - P. 267-279.
58. Beck A.D., Bergison D.A., Howell W.H. International study on *Artemia*. V. Nutritional value of fine geographical strains of *Artemia* effects on survival and growth of larvae Atlantic silverside *Menidia menidia* // The brine shrimp *Artemia*. - Wetteren : Univ. press, 1980. - Vol. 3. - P. 249-259.

59. *Bossuyt E., Sorgeloos P.* Technological aspects of the batch culturing of *Artemia* in high densities // *Ibid.* - P. 133-152.
60. *Bowen S.T., Durkin J.P., Sterling G., Clark L.S.* *Artemia* hemoglobins: genetic variation in parthenogenetic and zygonetic populations // *Biol. Bull.* - 1978. - 155. - P. 273-287.
61. *Bowen S.T., Sterling G.* Esterase and malate dehydrogenase isozyme polymorphism in 15 *Artemia* populations // *Comp. Biochem. Physiol.* - 1978. - 61B. - P. 593-595.
62. *Bowlton A.P., Huggins A.K.* Biochemical changes during morphogenesis of the brine shrimp *Artemia salina* and the effect of alterations in salinity // *Ibid.* - 1977. - 57A. - P. 17-22.
63. *Bowser P.R., Rosemark R.* Mortalities of cultured lobsters, homarus, associated with a molt death syndrome // *Aquaculture.* - 1981. - 23, N 1. - P. 11-18.
64. *Bruggeman F., Sorgeloos P., Vanhaecke P.* Improvements in the decapsulation technique of *Artemia* cysts // *The brine shrimp Artemia.* - Wetteren: Univ. press. - 1980. - Vol. 3. - P. 261-269.
65. *Bryant P.L., Matty A.J.* Optimisation of *Artemia* feeding rate for carp (*Cyprinus carpio* L.) larvae // *Aquaculture.* - 1980. - 21, N 3. - P. 203-212.
66. *Busa W.B., Crowe J.H., Matson G.B.* Interacellular pH and the metabolic status of dormant and developing *Artemia* embryos // *Arch. Biochem. and Biophys.* - 1982. - 216, N 2. - P. 711-718.
67. *Chapelle S.* The influence of acclimation temperature on the fatty acid composition of an aquatic crustacean (*Carcinus maenas*) // *J. Exp. Zool.* - 1978. - 204. - P. 337-346.
68. *Chen J.-C., Liu P.-C.* Accumulation of heavy metals in the nauplii of *Artemia salina* // *J. World Aquacult. Soc.* - 1987. - 18, N 2. - P. 84-93.
69. *Claus Cl. Benifits F., Vandeputte G.* The biochemical composition on the larvae of two strains of *Artemia salina* L., reared on two different algal foods // *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* - 1979. - 36, N 2. - P. 171-183.
70. *Clegg J.S.* Interrelationships between water and metabolism in *Artemia* cysts. II. Carbohydrates // *Comp. Biochem. Physiol.* - 1976. - 53B. - P. 83-87.
71. *Clegg J.S., Szwarowski K., McCean V.E.K. et al.* Interrelationships between water and cell metabolism in *Artemia* cysts. X. Microwave dielectric studies. // *Biochem. et biophys. acta.* - 1982. - 721, N 4. - P. 458-468.
72. *Conte F.P., Lowry J., Carpenter J. et al.* Aerobic and anaerobic metabolism of *Artemia* nauplii as a function of salinity // *The brine shrimp Artemia.* - Wetteren: Univ. press, 1980. - Vol. 2. - P. 125-136.
73. *Crowe J.H., Cooper L.C.* Uptake of iron by brine shrimp *Artemia salina* // *Mol. Physiol.* - 1982. - 2, N 3. - P. 171-180.
74. *Dabrowski K., Rusiecki M.* Content of total and free amino acids in zooplanktonic food of fish larvae // *Aquaculture.* - 1983. - 30, N 1/4. - P. 31-42.
75. *Davies B.H., Hsu W.-J., Chrichester C.O.* The mechanism of the conversion of  $\beta$ -carotene into canthoxanthin by the brine shrimp *Artemia salina* // *Comp. Biochem. Physiol.* - 1970. - 33. - P. 601-615.
76. *Davies J.S.* Experiences with *Artemia* at solar saltworks // *The brine shrimp Artemia.* - Wetteren : Univ. press, 1980. - Vol. 3. - P. 51-55.
77. *Declair W., Vos J., Bernaerts F., Van der Branden C.* The respiratory physiology of *Artemia* // *Ibid.* - Vol. 2. - P. 137-145.
78. *Demay L.J.* Un enclosoir immergeable pour *Artemia* (An immersible hatchery for *Artemia*) // *Oceanis.* - 1984. - 10, f. 5. - P. 525-527.
79. *Dobbeleir J., Adam N., Bossuyt E. et al.* New aspects of the use of inert diets for high density culturing of brine shrimp // *The brine shrimp Artemia.* - Wetteren, Belgium: Univ. press, 1980. - Vol. 3. - P. 165-174.
80. *Estevez A., Planas M.* Efecto de diferentes fuentes alimenticias en la composicion en acidos grasos del rotifero *Brachionus plicatilis* O.F. Malles // *Inv. Pecuq.* - 1988. - 52, N 1. - P. 67-76.

81. *Fujita S., Watanabe T., Kitajima Ch.* Nutritional quality of *Artemia* from different localities as a living feed for marine fish from the viewpoint of essential fatty acids // *The brine shrimp Artemia*. - Wetteren : Univ. press, 1980. - Vol. 3. - P. 277-290.
82. *Goldberg B.D.* Iron assimilation by marine diatom // *Biol. Bull.* - 1952. - 102, N 3. - P. 56-67.
83. *Gophen M.* *Artemia* nauplii as a food source for cyclopids: extrapolation of experimental measurements to the metabolic activities of copepods in lake Kinneret, Israel // *The brine shrimp Artemia*. - Wetteren : Univ. press, 1980. - Vol. 3. - P. 67-76.
84. *Gosalbo A., Amat F.* Composition bioquímica de biomazas silvestres de *Artemia* (Crustacea, Branchiopoda, Anostraca) // *Inv. Pecq.* - 1988. - 52. - P. 375-385.
85. *Grosch D.S.* Poisoning with DDT: effect on reproductive performance of *Artemia* // *Science*. - 1967. - 155. - P. 592-593.
86. *Grosch D.S.* Alterations to the reproductive performance of *Artemia* caused by antifouling paints, algicides and an aquatic herbicide // *The brine shrimp Artemia*. - Wetteren : Univ. press, 1980. - Vol. 1. - P. 201-211.
87. *Iwasaki T., Kumamoto Y.* The effect of oxygen on the radiation sensitivity of *Artemia* eggs : a preliminary result of AER on dry eggs // *Radiat. Res.* - 1976. - 67, N 1. - P. 168-172.
88. *Jenings J.R., Rainbow P.S.* Accumulation of cadmium by *Artemia salina* // *Mar Biol.* - 1979. - 51, N 1. - P. 47-53.
89. *Jonson D.A.* Evaluation of various diets for optimal growth and survival of selected stages of *Artemia* // *The brine shrimp Artemia*. - Wetteren : Univ. press, 1980. - Vol. 3. - P. 185-192.
90. *Johns D.M., Peters M.E., Beck A.D.* International study on *Artemia*. VI. Nutritional value of geographical and temporal strains of *Artemia* : effects on survival and growth of two species of Brachyuran larvae // *Ibid.* - P. 291-304.
91. *Johns D.M., Berry W.J., Walton W.* International study on *Artemia*. XVI. Survival, growth and reproductive potential of the mysid, *Mysidopsis Bahía Mole-nock* fed various geographical strains of the brine shrimp *Artemia* // *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* - 1981. - 53. - P. 209-219.
92. *Kandiuk R.P., Lisovskaya T.M., Makarow Y.N.* Biochemical analysis of *Artemia* from the Kujalnik Liman (USSR) reservoir // II Int. symp. on the brine shrimp *Artemia*. - Antwerpen, 1985. - P. 56.
93. *Klein-mac-Phee G., Howell W., Beck A.D.* Comparison of a reference strain and four geographical strains of *Artemia* as food for winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) larvae // *Aquaculture*. - 1982. - 29, N 3/4. - P. 279-285.
94. *Komatsu K., Higuchi M., Sakka M.* Accumulation of tritium in aquatic organisms through a food chain with three trophic levels // *J. Radiat Res.* - 1981. - 22. - P. 226-241.
95. *Kuwabara K., Nakamura A., Kashimoto T.* Effect of petroleum, oil, pesticides, PCBs and other environmental contaminants on the hatchability of *Artemia salina* dry eggs // *Bull. Environ. Contam. and Toxicol.* - 1980. - 25, N 1. - P. 69-74.
96. *Lavens P., Sorgeloos P.* Controlled production of *Artemia* cysts under standard conditions in a recirculating culture system // *Aquacul. Eng.* - 1984. - 3, N 3. - P. 221-235.
97. *Lavens P., Leger Ph., Sorgeloos P.* Production, utilization and manipulation of *Artemia* as food source for shrimp and fish larvae // *Oceans*. - 1986. - 12, fasc. 4. - P. 229-247.
98. *Leger Ph., Sorgeloos P., Millamena O.M., Simpson K.L.* International study on *Artemia*. XXV. Factors determining the nutritional effectiveness of *Artemia* : the relative impact of chlorinated hydrocarbons and essential fatty acids in San

- Francisco Bay and San Pablo Bay *Artemia* // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. - 1985. - 93, N 1/2. - P. 71-82.
99. *Leger P., Nacssens-Fouquaert E., Sorgeloos P.* International study on *Artemia*. XXXV. Techniques to manipulate the fatty acids profile in *Artemia* nauplii and the effect on its nutritional effectiveness for the marine crustacean *Mysidopsis bahia* (M.) // II Int. symp. on the brine shrimp *Artemia*. - Antwerpen, 1985. - P. 61.
  100. *Linden van der A., Blust R., Doumen C.* An action spectrum for light induced hatching of *Artemia* cysts // Ibid. - P. 132.
  101. *Londau M., Eibert R.T.* The suitability of two strains of *Artemia* (Phyllopoda, Anostraca) as food for developing *Penaeus vannamei* Boone (Decapoda Natantia) // Crustaceana. - 1985. - 48, N 1. - P. 106-110.
  102. *Malecha S.R.* Crustacean genetics and breeding: an overview // Aquaculture. - 1983. - 33, N 1/4. - P. 395-413.
  103. *Manzi J.J., Maddox M.B.* Requirements for *Artemia* nauplii in *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) larviculture // The brine shrimp *Artemia*. - Wetteren: Univ. press, 1980. - Vol. 3. - P. 313-329.
  104. *Medgyesy N., Nieser W.* Rearing whitefish (*Coregonus lavaretus*) with frozen zooplankton by means of a new feeding apparatus // Aquaculture. - 1982. - 28, N 3/4. - P. 327-337.
  105. *Medlyn R.A.* Susceptibility of for geographical strains of adult *Artemia* to *Ptychodiscus brevistoxins* // The brine shrimp *Artemia*. - Wetteren: Univ. press, 1980. - Vol. 1. - P. 225-231.
  106. *Milligan D.J., Quick J.A., Hill S.E. et al.* Sequential use of bacteria, algae and brine shrimp to treat industrial waste water at pilot plant scale // Ibid. - Vol. 3. - P. 193-206.
  107. *Miliken M.R., Biddle G.N., Siewicki T.C. et al.* Effects of various levels of dietary proteins on survival, molting frequency and growth of juvenile blue crabs (*Callinectes sapidus*) // Aquaculture. - 1980. - 19, N 2. - P. 149-161.
  108. *Mura G., Filaut A., Palmegiano G.B.* A survey of *Artemia* and *Branchionella* populations in coastal lagoons and salt ponds of Sardinia (Italia) // II Int. symp. on the brine shrimp *Artemia*. - Antwerpen, 1985. - P. 79.
  109. *Olney C.E., Schauer P.S., McLean S. et al.* International study on *Artemia*. VIII. Comparison of the chlorinated hydrocarbons and heavy metals in five different strains of newly hatched *Artemia* and a laboratory reared marine fish // The brine shrimp *Artemia*. - Wetteren: Univ. press, 1980. - Vol. 3. - P. 343-352.
  110. *Oppenheimer C.H., Moreira G.S.* Carbon, nitrogen and phosphorus content in the developmental stages of the brine shrimp *Artemia* // Ibid. - Vol. 2. - P. 609-612.
  111. *Persoon G., Sorgeloos P.* General aspects of the ecology and biogeography of *Artemia* // Ibid. - Vol. 3. - P. 3-24.
  112. *Quesada-Allue L.A.* Early dolichyl sugar synthesis during differentiation of non-growing brine shrimp (*Artemia salina*) embryos // Biochem. J. - 1981. - 198, N 2. - P. 429-432.
  113. *Ribero Viera M.N., Paww N.* Importance of phytoplankton for the development of the brine shrimp *Artemia* in the salt ponds of Aveiro (Portugal) // II Int. symp. on the brine shrimp *Artemia*. - Antwerpen, 1985. - P. 97.
  114. *Robichaux D.M.* Design and operation of a recirculating culture system for *Artemia* // The brine shrimp *Artemia*. - Wetteren, Belgium: Univ. press, 1980. - Vol. 3. - P. 215-221.
  115. *Royan J.P.* Laboratory and field studies on an Indian strain of the brine shrimp *Artemia* // Ibid. - P. 223-230.
  116. *Rudneva I.I.* Composition changes of proteins and protein complexes during *Artemia* ontogenesis // II Int. symp. on the brine shrimp *Artemia*. - Antwerpen, Belgium, 1985. - P. 104.

117. *Sakamoto M., Holland D.C., Jones D.A.* Modification of the nutritional composition of *Artemia* by incorporation of polyunsaturated fatty acids using micro-encapsulated diets // *Aquaculture*. - 1982. - 28, N 3/4. - P. 311-326.
118. *Saliba L.J., Krzyz R.M.* Effect of heavy metals on hatching of brine shrimp eggs // *Mar. Pollut. Bull.* - 1976. - 7, N 10. - P. 181-182.
119. *Santos de J.C., Sorgeloos P., Lavria E., Bernardino A.* Successful inoculation of *Artemia* and production of cysts in manmade salterns in the Philippines // *The brine shrimp Artemia*. - Wetteren : Univ. press, 1980. - Vol. 3. - P. 159-163.
120. *Shan mac M., Trieff N.M., Grajcer D.* Biological treatment of wastewater using algae and *Artemia* // *J. Water Pollut. Contr. Fed.* - 1974. - 46, N 7. - P. 1742-1750.
121. *Schauer P.S., Jons D.M., Olney Ch.E., Simpson K.L.* International study on *Artemia*. IX. Lipid level, energy content and fatty acid composition of the cysts and newly hatched nauplii from five geographical strains of *Artemia* // *The brine shrimp Artemia*. - Wetteren: Univ. press, 1980. - Vol. 3. - P. 365-373.
122. *Seidel C.R., Kryznowek J., Simpson K.L.* International study on *Artemia*. XI. Amino acid composition and electrophoretic protein patterns of *Artemia* from five geographical locations // *Ibid.* - P. 375-382.
123. *Sick L.V.* Nutritional effect of five species of marine algae on the growth, development and survival of the brine shrimp *Artemia salina* // *Mar. Biol.* - 1976. - 35. - P. 67-78.
124. *Soejima T., Katayama T., Simpson K.L.* International study on *Artemia*. XII. The carotenoid composition of eight geographical strains of *Artemia* and the effect of diet on the carotenoid composition of *Artemia* // *The brine shrimp Artemia*. - Wetteren : Univ. press, 1980. - Vol. 2. - P. 613-622.
125. *Sorgeloos P., Bossuyt E., Lavens E.* Decapsulation of *Artemia* cysts : a simple technique for the improvement of the use of brine shrimp in aquaculture // *Aquaculture*. - 1977. - 12, N 4. - P. 311-315.
126. *Sorgeloos P.* The culture and use of brine shrimp *Artemia salina* as food for hatchery raised larval prawns, shrimp and fish in South Asia // *FAO Report THA/75/008/78/WP.* - 1978. - P. 50.
127. *Sorgeloos P., Reache-van-der-Welen, Persoon G.* The use of *Artemia* nauplii for toxicology tests - a critical analysis // *Ecotoxycol. and environ. Safety.* - 1978. - 2. - P. 249-255.
128. *Sorgeloos P.* The use of *Artemia* in aquaculture // *The brine shrimp Artemia*. - Wetteren : Univ. press, 1980. - Vol. 3. - P. 25-46.
129. *Sorgeloos P., Baesa-Mesa M., Bossuyt E. et al.* The culture of *Artemia* on rice bran: the conversion of a waste-product into highly nutritive animal protein // *Aquaculture*. - 1980. - 21. - P. 393-396.
130. *Sorgeloos P., Bossuyt T., Lavens P. et al.* The use of the brine shrimp *Artemia* in crustacean hatcheries and nurseries // *Mariculture*. CRC Handbook in marine science. - S.I., 1982. - P. 1-46.
131. *Sorgeloos P.* Potential of the mass production of brine shrimp *Artemia* // *J.Soc. Underwat. Technol.* - 1983. - 9, N 1. - P. 27-30.
132. *Sorgeloos P.* Live animal food for larval rearing in aquaculture: the brine shrimp *Artemia*. - Prepr. - Ghent, 1984. - 12 p.
133. *Spectorova L.V., Doroshev S.I.* Experiments on the artificial rearing of the Black Sea turbot (*Scophthalmus macoticus macoticus*) // *Aquaculture*. - 1976. - 9, N 3. - P. 275-286.
134. *Stewart S., Schurr K.* Effects of asbestos on survival of *Artemia* // *The brine shrimp Artemia*. - Wetteren : Univ. press, 1980. - Vol. 1. - P.233-251.
135. *Tobias W.J., Sorgeloos P., Roels O.A., Shortstein B.A.* International study on *Artemia*. XIII. A comparison of production data of 17 geographical strains of

- Artemia in the St. croix artificial upwelling-Mariculture system // *Ibid.* - P. 383-392.
136. *Trieff N.M.* Toxicity of heavy metals, oils and other organics on *Artemia* // *Ibid.* - P. 253-262.
  137. *Vanhaecke P., Rersoon G., Claus C., Sorgeloos P.* Research on the development of a short term standart toxicity test with *Artemia nauplii* // *Ibid.* - P. 263-285.
  138. *Vanhaecke P., Sorgeloos P.* International study on *Artemia*. IV. The biometrics of *Artemia* strains from different geographical origin // *Ibid.* - Vol. 3. - P. 393-405.
  139. *Vanhaecke P., Persoon G., Claus C., Sorgeloos P.* Proposal for short-term toxicity test with *Artemia nauplii* // *Ecotoxicol. and Environ. Safety.* - 1981. - 5, N 3. - P. 382-387.
  140. *Vanhaecke P., Sorgeloos P.* International study on *Artemia*. XIX. Hatching data for ten commercial sources of brine shrimp cysts and re-evaluation of the "hatching efficiency" concept // *Aquaculture.* - 1983. - 30, N 1/3. - P. 43-52.
  141. *Vanhaecke P., Sorgeloos P.* International study on *Artemia*. XXX. Bio-economical evaluation of the nutritional value for carp (*Cyprinus carpio* L.) larvae of nine *Artemia* strains // *Ibid.* - 1984. - 24, N 3. - P. 65-69.
  142. *Vanhaecke P., Tackaert W., Sorgeloos P.* The biogeography of *Artemia* : an updated review // II Int. symp. on the Brine shrimp *Artemia*. - Antwerpen, 1985. - P. 133.
  143. *Versichele D., Sorgeloos P.* Controlled production of *Artemia* cysts in bath cultures // *The brine shrimp Artemia.* - Wetteren : Univ. press, 1980. : Vol. 3. - P. 231-246.
  144. *Vos J., De la Rosa N.* Manual on *Artemia* production in salt ponds in the Philippines // *FAO/UNDP-BFAR Project Manual, PHI/75/005/WP6.* - 1980. - P. 1-48.
  145. *Walgraeve R.M.A., Leenheer A.P., Van Beek E.F.A. et al.* Determination of ecdysteroids in *Artemia* by radioimmunoassay // II Int. symp. on the brine shrimp *Artemia.* - Antwerpen, 1985. - P. 140.
  146. *Wickins J.F.* The food value of brine shrimp *Artemia salina* L. to larvae of the prawn, *Palaeomon serratus* Pennet // *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* - 1972. - 10. - P. 151-170.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
ГЛАВА 1. КОРМОВАЯ ЦЕННОСТЬ АРТЕМИИ .....	6
Химический состав рачка .....	6
Вариабельность химического состава артемии и факторы, ее определяющие .....	23
ГЛАВА 2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АРТЕМИИ В КАЧЕСТВЕ КОРМОВОГО ОБЪЕКТА .....	45
ГЛАВА 3. БИОТЕХНИКА ПОЛУЧЕНИЯ ЦИСТ, НАУПЛИЕВ И БИОМАССЫ АРТЕМИИ .....	64
Получение цист .....	65
Получение науплиев .....	78
Получение биомассы .....	89
ГЛАВА 4. НЕКОТОРЫЕ ДРУГИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АРТЕМИИ И ЕЕ ПРОДУКТОВ .....	113
Медицина .....	113
Соледобывающая промышленность .....	115
Оценка состояния окружающей среды и ее охрана .....	118
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	130
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	132

## CONTENS

INTRODUCTION .....	3
CHAPTER 1. THE NUTRITIONAL VALUE OF ARTEMIA .....	6
Chemical composition of Artemia .....	6
The variability of the chemical composition of Artemia and the factors, determining it .....	23
CHAPTER 2. THE USE OF ARTEMIA AS FOOD SOURCE .....	45
CHAPTER 3. THE BIOTECHNIQUE OF ARTEMIA CYST, NAUPLII AND MASS PRODUCTION .....	64
Artemia cyst production .....	65
Artemia nauplii production .....	78
Artemia mass production .....	89
CHAPTER 4. SOME OTHER ASPECTS OF THE USE OF ARTEMIA AND ITS PRODUCTS .....	113
Medicine .....	113
Solar salt operations .....	115
Characteristic of the pollution of environment and its treat- ment .....	118
SUMMARY .....	130
REFERENCES .....	132

РУДНЕВА Ирина Ивановна

**АРТЕМИЯ.  
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

Художник обложки *Н.В.Демирчан*  
Художественный редактор *И.Е.Писарева*  
Технические редакторы *Д.Н.Березовская, Т.К.Валицкая*  
Операторы *М.М.Леонтьева, Л.И.Прокочук*  
Корректоры *Т.А.Обора, Н.Б.Кудряцева*

ИБ № 371

---

Сдано в набор 11.01.91. Подп. в печ. 25.04.91. Формат 60 x 84/16. Бум. офс. № 1.  
Гарн. Пресс Роман. Печать офсетная. Усл. печ. л. 8,37. Усл. кр.-отг. 8,72. Уч.-издл.  
9,61. Тираж 300 экз. Заказ 7-398 Цена 2 р. 40 к.

---

Оригинал-макет подготовлен в издательстве "Наукова думка". 252601 Киев 4,  
ул. Репина, 3.  
Киевская книжная типография научной книги. 252004 Киев 4, ул. Репина, 4.