

УДК 595.324:639.311.043.2

## ОСОБЕННОСТИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ *DAPHNIA MAGNA STRAUS* В НЕПРОТОЧНЫХ БАСЕЙНАХ В ТЕПЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

Е. Ф. ФЕДОТЕНКОВА, В. И. ФЕДОТЕНКОВ

(Кафедра прудового рыбоводства)

Рассматривается возможность культивирования дафнии магна с целью увеличения естественной кормовой базы рыб. Показано, что в непроточных бассейнах, установленных в теплице, при температуре воды, которая на 3—7 °С выше, чем в открытых бассейнах, биомасса дафнии магна в 3 раза больше (до 750 г/м<sup>3</sup>). Данные о динамике численности фитопланктона в процессе культивирования дафнии магна свидетельствуют о необходимости повторного внесения минеральных удобрений в непроточные бассейны в условиях повышенных температур для поддержания высокой численности микроводорослей, являющихся кормом для дафний.

Обеспечение личинок и молоди рыб живыми кормами в практическом рыбоводстве сопряжено с определенными трудностями. В то же время включение живого зоопланктона в рацион рыб на ранних этапах онтогенеза является неотъемлемой составной частью процесса выращивания физиологически здоровой крупной молоди. Полноценный биохимический состав живых кормов и наличие в них биологически активных веществ определяют их приоритетное значение по сравнению с любым искусственным кормом.

В настоящее время разработаны способы культивирования гидробионтов в проточных и непроточных средах, позволяющие получать живые корма в больших количествах [2, 8, 17]. Их производство осуществляется преимущественно в тепловодных хозяйствах, где имеется возможность поддерживать оптимальную для культивирования кормовых объектов температуру.

В качестве живых кормов в основном используют низших ракооб-

разных, в частности дафнию магна (*Daphnia magna* Straus) — представителя отряда ветвистоусых ракообразных (*Cladocera*), сравнительно неприхотливого и дающего потомство в широком диапазоне температур: от 5—6 до 33—34 °С [2]. Максимальной плотности культура дафнии магна достигает через 3—4 нед после зарядки.

Вместе с тем биологические особенности этого рачка позволяют получать максимальную продукцию в довольно узком температурном интервале (18—24 °С), что предопределяет более поздние сроки его культивирования в водоемах обычных рыбоводных хозяйств.

Поскольку для подращивания личинок карпа в рыбхозах требуется значительное количество живого корма, возникает необходимость в создании оптимальных температурных условий для его культивирования. Эту задачу можно решить путем установки в пленочных теплицах на солнечном обогреве изолированных емкостей для культивирования живых кормов. Целесообраз-

но использовать пруды, оборудованные пленочными теплицами, где можно также подращивать личинок рыб [7, 12].

Целью наших исследований являлось изучение продукционных возможностей дафнии магна при культивировании в непроточных бассейнах в тепличных условиях.

### Методика

Исследования проводили в учебно-опытном хозяйстве Тимирязевской академии. Маточная культура дафнии магна была завезена из опытно-производственного хозяйства «Якоть» ВНИИПРХ Московской области.

Культивирование дафнии магна осуществляли в разборных бассейнах оригинальной конструкции [7]. Бассейны № 1 и 2 устанавливали в арочной теплице (I вариант опыта), а № 3 и 4 (контрольные) — под открытым небом (II вариант). Объем бассейнов № 1 и 3 был по 5 м<sup>3</sup>, № 2 и 4 — по 1,4 м<sup>3</sup>.

Для стимулирования развития микроводорослей в бассейны, заполненные водопроводной водой, за 5 сут до зарядки маточной культуры дафнии магна вносили разовую минеральную подкормку — 50 г аммиачной селитры на 1 м<sup>3</sup> [15].

Зарядку маточной культуры дафнии магна осуществляли при температуре воды в бассейнах 11,3 °С из расчета 12 г/м<sup>3</sup> при одновременном внесении эквивалентного количества кормовых дрожжей. Подкормку кормовыми дрожжами проводили через каждые 3 дня [2, 17].

В процессе культивирования дафнии магна наблюдали за температурой, содержанием кислорода и химическим составом воды в бассейнах [1]. Численность микроводорослей и их систематическую принадлежность определяли путем от-

бора проб объемом 0,5 л из каждого бассейна, фиксации их 4 % раствором формалина и концентрирования методом осаждения до 5—10 мл. Для подсчета клеток использовали камеру Горяева [6, 9, 14]. При изучении особенностей развития культуры дафнии магна устанавливали численность и биомассу кормовых организмов, соотношение половозрелых особей и молоди, суточную продукцию и P/V-коэффициент [3, 5]. Среднюю удельную скорость роста рассчитывали по формуле [4]

$$\bar{C}_w = \frac{\lg w_2 - \lg w_1}{(t_2 - t_1) \cdot 0,4343}$$

### Результаты

Температура воды в бассейнах, установленных в теплице, в течение всего периода наблюдений была на 3—7 °С выше, чем в открытых бассейнах (рис. 1). За счет парникового эффекта общая сумма температур в первых бассейнах по сравнению со вторыми оказалась выше на 100 градусо-дней, а сумма оптимальных температур (от 18 до 24 °С) — на 220 градусо-дней (табл. 1). Последняя составила по вариантам соответственно 81 и 36 % общей суммы температур.

Содержание кислорода в бассейнах обоих вариантов было подвержено значительным колебаниям (табл. 2), что, по-видимому, в большей степени связано с колебаниями температурного и светового режимов, оказывающих воздействие на фотосинтетическую деятельность фитопланктона, а также с жизнедеятельностью рачков. Так, с 29 мая по 2 июня в бассейнах № 1 и 2, когда наблюдалось бурное развитие фитопланктона при одновременном повышении температуры, содержание кислорода в воде увеличилось до 8,5 и 14,5 мг/л. В дальнейшем одновременно с относительным сни-

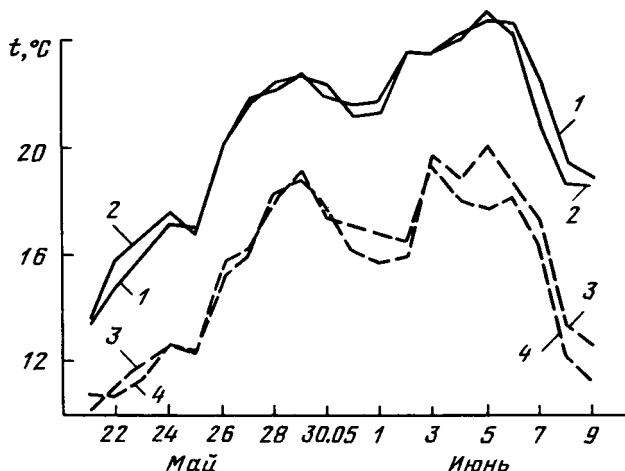


Рис. 1. Среднесуточная температура воды в бассейнах (на всех рисунках цифры соответствуют номерам бассейнов).

жением солнечной инсоляции было зафиксировано отмирание клеток фитопланктона. Преобладание деструктивных процессов сказалось и на кислородном режиме. Содержание кислорода в бассейне № 1 снизилось до 4 мг/л, в бассейне № 2 при меньшей численности фитопланктона оно до конца опыта оставалось невысоким.

В открытых бассейнах при более низких, чем в теплице, температурах массовое развитие фитопланктона отмечено неделей позже, в связи с чем содержание кислорода к концу опыта достигло максимума.

Существенное влияние на кислородный режим оказала и дафния магна. Так, в конце 1-й недели ее культивирования содержание кислорода во всех бассейнах снизилось более чем вдвое (табл. 2). В этот период численность дафнии магна значительно увеличилась за счет рождения молоди, особенно в условиях теплицы. Однако уже через 3 дня содержание кислорода вновь возросло благодаря фотосинтетической деятельности фитопланктона, которая компенсировала расход кислорода на дыхание. Таким образом, в целом за период культи-

Таблица 1  
Температурный режим в бассейнах в период культивирования дафнии магна

Номер бассейна	Общая сумма температур, градусо-дни	Сумма оптимальных температур, градусо-дни	Средняя температура за период наблюдений, °C	Колесания температур
1	414,3	335,4	20,7	13,5—25,0
2	411,9	331,7	20,6	13,5—25,3
3	316,0	114,0	15,8	10,1—19,9
4	305,6	110,8	15,3	10,8—19,3

Таблица 2

Кислородный режим в непроточных бассейнах (числитель —  $t$  °С; знаменатель —  $O_2$ , мг/л)

Дата	Номер бассейна			
	1	2	3	4
24/V	19,0	19,0	13,0	13,0
	7,6	7,6	8,6	9,1
27/V	22,0	22,0	16,5	16,5
	3,4	3,6	4,0	5,2
30/V	22,0	22,5	17,5	18,0
	8,5	14,5	4,8	6,5
1/VI	23,0	23,0	17,5	16,0
	7,7	12,2	5,2	6,5
3/VI	24,5	23,5	19,0	17,5
	4,0	14,0	14,3	9,4
8/VI	20,0	19,0	14,0	12,5
	6,7	13,8	10,4	17,2
В среднем	21,8	21,5	16,2	15,6
	6,3	11,0	7,9	9,0

вирования в непроточных бассейнах кислородный режим соответствовал оптимальным величинам.

Качество воды в бассейнах в основном отвечало предъявляемым требованиям и достаточно четко отражало процессы формирования биоценозов. Так, во всех бассейнах в периоды интенсивного развития фитопланктона значение рН повышалось до 7,8—8, в периоды отмирания водорослей оно снижалось до 7,5. По мере накопления органического вещества окисляемость воды в бассейнах обоих вариантов увеличивалась с 6,4 до 25 мг  $O_2$ /л. В то же время в бассейнах № 1 и 2 содержание биогенных элементов — азота, фосфора и железа — было меньше, чем в бассейнах № 3 и 4, что, по-видимому, обусловлено более активным потреблением их фитопланктоном.

Результаты определения численности клеток микроводорослей в отобранных образцах свидетельст-

вовали о значительном их преобладании в I варианте (рис. 2). Пик развития фитопланктона в тепличных условиях наблюдался через 2 нед после залития бассейнов водой и внесения минеральных удобрений. Затем водоросли начали отмирать, и к концу опыта численность их уменьшилась в среднем по I варианту в 12 раз (с 1,1 до 0,09 млн клеток/ $m^3$ ).

В открытых бассейнах максимум клеток фитопланктона отмечен только к концу опыта, т. е. спустя 25 дней после залития бассейнов водой и внесения удобрений. В среднем по II варианту численность микроводорослей увеличилась от 0,06 до 40,4 млн клеток/ $m^3$ .

Различная динамика численности фитопланктона в бассейнах обоих вариантов свидетельствует о том, что повышенные температуры в условиях теплицы влияли не только на концентрацию фитопланктона, но и на процесс его массового развития, ускорив его почти на 2 нед. В связи с этим можно заключить, что для поддержания высокой численности микроводорослей в течение всего периода культивирования в условиях повышенных температур необходимо проводить вторичную

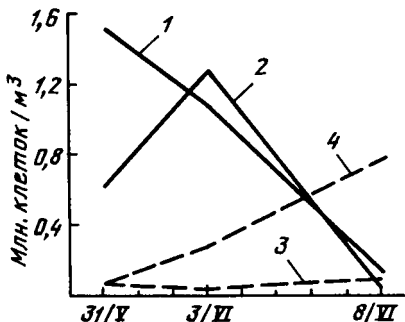


Рис. 2. Динамика численности клеток фитопланктона в непроточных бассейнах.

подкормку минеральными удобрениями не реже чем через каждые 10 дней. При этом дозу минеральных удобрений следует уточнить.

Структурный анализ фитоценоза показал, что в воде бассейнов, как и в любом другом водоеме, наблюдалась сукцессия отдельных групп водорослей (табл. 3). Она была наиболее выражена в бассейнах № 1 и 2. В первые 10—12 дней культивирования преобладали зеленые водоросли. При этом в I варианте доминировали Chlamidomonas sp. и Chlorella sp.— соответственно до 98 и 100 % общей численности, но встречались и такие формы, как Chlorococcus sp.— до 12 % и Chlorogonium sp.— до 2 %.

В открытых бассейнах зеленые водоросли были представлены лишь Chlorella sp., к концу опыта в бассейне № 4 обнаружена Kirchneriella

sp., количество которой составило 30 % общей численности.

В последующие несколько дней преобладали синезеленые водоросли — до 72 % в I варианте и до 79 % во II за счет таких представителей, как Closterium sp., Spirulina sp. и Mycrocystis sp. К концу опыта группу синезеленых водорослей сменили диатомовые Navicula sp. и Nitzschia sp., которые составили от 50 до 71 % общей численности в I варианте и до 40 % в бассейне № 3.

Таким образом, для фитосообщества в бассейнах № 1 и 2 характерны не только большая численность, но и разнообразие видов. В отдельные периоды встречалось до 6 видов разных групп водорослей, тогда как в открытых бассейнах — всего 2—3 вида.

Поскольку микрофитопланктон является пищей рачков-фильтраторов, очевидно, что разная концентрация его в бассейнах не могла не сказаться на развитии культуры дафнии магна. Известно, что продукционные способности ветвистых ракообразных находятся в прямой зависимости от температуры воды и концентрации корма [10, 11]. Наблюдения за развитием культуры дафнии магна в непроточных бассейнах показали, что в условиях теплицы биомасса рачков в 4—6 раз и более превосходила таковую в открытых бассейнах в течение всего процесса культивирования (табл. 4). Наибольшая разница отмечалась в течение 2-й недели при максимальной концентрации корма в бассейнах № 1 и 2 (1,3—1,5 млн клеток/м<sup>3</sup>) и средней температуре за период 23 °С. Максимальная средняя биомасса отмечена в последние 4 дня в обоих вариантах, но в условиях теплицы при средней температуре 22 °С она оказалась почти в 4 раза больше,

Таблица 3  
Структура фитоценоза в непроточных бассейнах (млн клеток/л)

Номер бассейна	31/V	3/VI	8/VI
<i>Зеленые водоросли</i>			
1	1,52	1,08	0,04
2	0,62	0,34	0,02
3	0,06	0,04	0,06
4	0,06	0,06	0,78
<i>Синезеленые</i>			
1	—	—	—
2	—	0,92	—
3	—	—	—
4	—	0,22	—
<i>Диатомовые</i>			
1	—	—	0,10
2	—	0,02	0,02
3	—	—	0,04
4	—	—	—
<i>Всего</i>			
1	1,52	1,08	0,14
2	0,62	1,28	0,04
3	0,06	0,04	0,10
4	0,06	0,28	0,78

Средняя биомасса (В), суточная продукция (Р) и средняя удельная скорость роста (С) дафнии магна в непроточных бассейнах

Дата	№ бассейна	Средняя температура, °С	В, г/м <sup>3</sup>	Р, г/м <sup>3</sup> в сутки	С <sub>w</sub>	Р/В
20—28/V	1	17,9	37,77	6,44	0,208	0,170
	2	18,0	73,90	7,74	0,303	0,104
	3	13,5	17,39	0,67	0,080	0,038
	4	13,4	12,27	0,03	0,005	0,002
28/V—4/VI	1	22,9	120,99	16,41	0,147	0,136
	2	22,8	258,60	35,04	0,148	0,135
	3	18,0	43,71	5,98	0,149	0,137
	4	17,4	13,72	0,34	0,025	0,025
4—8/VI	1	22,2	242,12	31,84	0,135	0,132
	2	21,7	566,4	92,5	0,169	0,163
	3	16,3	149,22	42,29	0,321	0,283
	4	15,2	71,12	28,12	0,537	0,395

чем в открытых бассейнах при температуре 15—16 °С.

Следует отметить, что к концу опыта в бассейнах № 1 и 2 обнаружены самки с эфипиумами, что могло быть связано с резким ухудшением кормовых условий, когда концентрация микроводорослей уменьшилась до 0,04—0,14 млн клеток/м<sup>3</sup>.

Наиболее высокие темпы продуцирования рачков в условиях теплицы наблюдались в первые 8 сут культивирования. При этом суточная продукция рачков была в 20 раз больше, чем в открытых бассейнах, а средняя удельная скорость роста и Р/В-коэффициент — соответственно в 6 и 7 раз. Максимальная суточная продукция наблюдалась в бассейнах № 1 и 2 в течение 3-й недели культивирования — соответственно 31—92 и 28—42 г/м<sup>3</sup>, что намного больше полученной другими авторами при культивировании дафнии магна в непроточных средах [16]. Величина этого показателя во II варианте не отличалась от литературных данных.

При повышении температуры воды до 17—18 °С в открытых бас-

сейнах интенсивность роста и удельная продукция рачков были такими же, как и в I варианте, но абсолютные величины — намного ниже.

Несмотря на то что температура воды в открытых бассейнах к концу опыта понижалась до 15—16 °С, тенденция к повышению удельных показателей продуктивности у рачков сохранялась до окончания культивирования. Аналогичные данные получены другими исследователями. Так, изучение продукционных способностей ветвистоусого рачка *Moina macgосora* St. в широком диапазоне температур показало, что при 16 °С скорость продуцирования в первые дни мала, но в период активного роста и размножения она увеличивается. И наоборот, при температуре 28 °С наиболее высокие темпы размножения и соматического роста наблюдаются в первые 3—5 дней, а затем резко замедляются [10].

Данные о соотношении половозрелых особей и молоди дафнии магна в процессе культивирования приведены на рис. 3. Маточная культура дафнии магна в момент посадки в бассейны преимущест-

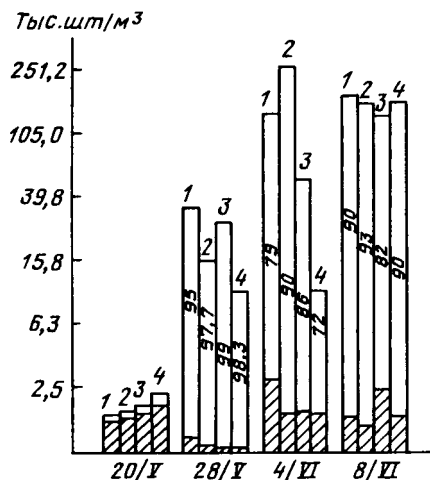


Рис. 3. Соотношение молодежи и взрослых особей дафнии магна (% общей численности) в процессе культивирования в непроточных бассейнах (заштрихованная часть — % взрослых особей; на оси ординат — логарифмическая шкала).

венно (75 %) состояла из партеногенетических самок, 25 % численности приходилось на молодежь. Спустя 8 сут культивирования количество молодежи резко возросло: в I варианте до 95—98 %, во II — до 98—99 %. В то же время количество половозрелых самок в I вариан-

те было в 2—5 раз больше, чем во II, по-видимому, за счет 2-й генерации.

Во 2-й половине культивирования численность половозрелых самок в открытых бассейнах увеличилась до 14—28 %, а в бассейнах № 1 и 2 — до 10—21 %. Примерно такое же соотношение сохранялось до конца опыта.

Результаты тотального вылова дафнии магна из бассейнов показали, что в непроточных бассейнах без съема продукции биомасса дафнии магна за 3 нед культивирования в условиях теплицы достигала 300—750 г/м<sup>3</sup>, а в открытых бассейнах она составляла всего 130—230 г/м<sup>3</sup> (табл. 5). При этом затраты кормовых дрожжей на культивирование дафнии магна в расчете на сырую массу в теплице оказались в 2,7 раза меньше, чем в открытых бассейнах, а в расчете на сухую массу — в 2,1 раза меньше.

Содержание сухого вещества в теле дафнии магна, выращенной в условиях теплицы, было почти на 2 % меньше, чем в открытых бассейнах, а жира (в расчете на сырую массу) — на 4,6 % (табл. 5).

Поскольку схемой опыта не предусматривалось проведение химического анализа фитопланктона, мож-

Таблица 5  
Результаты культивирования дафнии магна в непроточных бассейнах

Показатель	Номер бассейна			
	1	2	3	4
Рабочий объем бассейнов (в среднем за период), м <sup>3</sup>	5,22	1,38	4,93	1,36
Биомасса:				
г	1596,4	1037,1	1152,4	173,2
г/м <sup>3</sup>	305,8	751,5	233,8	127,4
Содержание, %:				
сухого вещества	6,55	6,53	8,39	8,45
жира в сырой массе	6,35	6,10	11,11	10,56
Затраты корма в расчете:				
на сырую массу	0,16	0,06	0,22	0,38
на сухую массу	2,43	0,96	2,62	4,44

но лишь предположить, что именно его состав определял содержание сухого вещества и жира в теле дафнии магна. Так, к концу опыта численность клеток фитопланктона в бассейнах № 1 и 2 значительно уменьшилась, а следовательно, ухудшились кормовые условия, тогда как в открытых бассейнах — наоборот. В литературе отмечается, что накопление липидов и жирных кислот в клетках фитопланктона зависит от ряда факторов, в том числе и от условий освещения [13]. Как известно, освещенность в теплице на 75—80 % ниже, чем под открытым небом, что могло отразиться на качественном и количественном составе липидов фитопланктона.

### Выводы

1. Культивирование дафнии магна в непроточных бассейнах в условиях теплицы имеет ряд преимуществ: температура воды на 3—7 °С выше, чем в открытых бассейнах; сумма оптимальных для роста дафнии магна температур (от 18 до 24 °С) составляет 81 % общей суммы температур против 36 %.

2. Содержание кислорода в непроточных бассейнах во многом зависит от фотосинтетической деятельности фитопланктона, концентрация клеток которого в десятки раз выше в бассейнах, установленных в теплице, особенно в 1-й половине культивирования дафний магна.

3. Различная динамика численности фитопланктона, установленная в теплице и открытых бассейнах, свидетельствует о необходимости повторного внесения минеральных удобрений для поддержания высокой концентрации микроводорослей в течение всего периода культивирования в условиях по-

вышенных температур.

4. Биомасса дафнии магна в непроточных бассейнах в тепличных условиях в 4—6 и более раз превосходила биомассу рачков в открытых бассейнах в течение всего периода культивирования. За 3 нед культивирования без съема продукции величина биомассы в тепличных бассейнах достигла ,300—750 г/м<sup>3</sup>, а в открытых — 130—230 г/м<sup>3</sup>. При этом затраты корма в расчете на сырое вещество дафний оказались почти в 3 раза меньше.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Акимова Г. Г., Баранов С. А., Бахтина В. И. и др. Указания по контролю за гидрохимическим и гидробиологическим режимами прудов товарных хозяйств.— М.: ВНИИПРХ, 1980.—
2. Богатова И. Б. Инструкция по повышению естественной кормовой базы выростных прудов путем интродукции дафнии магна.— М.: ВНИИПРХ, 1984.—
3. Богатова И. Б. Опыт определения продукции прудового зоопланктона.— Сб. по прудовому рыбоводству. М.: ВНИИПРХ, 1969, с. 62—68.—
4. Винберг Г. Г. Интенсивность обмена и пищевые потребности рыб.— Минск: Бел. гос. ун-т им. В. И. Ленина, 1956.—
5. Винберг Г. Г., Печень Г. А., Шушкина Э. А. Продукция планктонных ракообразных в трех озерах разного типа.— Зоол. журн., 1965, т. 64, № 5, с. 676—687.—
6. Ганьшина Л. А. Временные методические указания по исследованию фитопланктона для определения качества поверхностных вод.— Госком. СССР по гидромет. и контр. природной среды. М., 1978.—
7. Иванова Е. Ф., Федотенков В. И. Способ подраживания молоди рыб в прудах.— Авт. свид. № 1 074 464, Бюл. изобр. № 7, 1984.—
8. Кокова В. Е. Влияние различной скорости протока на рост непрерывной культуры водных беспозвоночных.— В сб.: Тез. докл. всесоюз. конф. «Создание естественной кормовой базы для повышения продуктивности рыбоводства». М.: ВНИИПРХ, 1984, с. 45—46.—
9. Курсанов Л. И.,



Забелина М. М., Мейер К. И. Определитель низших растений.— Водоросли, т. 1. М.: Сов. наука. 1953.— 10. Лебедева Л. И., Ворожун И. М. Продукционные способности *Moira mactrosora* Straus.— В сб.: Тез. докл. всесоюз. конф. «Создание естественной кормовой базы для повышения продуктивности рыбоводства». М.: ВНИИПРХ, 1984, с. 42—43.— 11. Овинникова В. В., Тагирова Н. А. Культивирование *Cladocera* одного трофического уровня в моно- и поликультуре.— Там же, с. 40—41.— 12. Привезенцев Ю. А., Иванова Е. Ф., Федотенков В. И. Рекомендации по подращиванию личинок карпа в прудах под пленочными покрытиями.— М.: Колос, 1982.— 13. Темных А. А. Управление биохимическим составом микроводорослей как звена пищевой цепи.— В сб.: Тез. докл. всесоюз. конф. «Соз-

дание естественной кормовой базы для повышения продуктивности рыбоводства». М.: ВНИИПРХ, 1984, с. 24—25.— 14. Федоров В. Д. О методах изучения фитопланктона и его активности.— М.: Изд-во МГУ, 1979.— 15. Чижов Н. И., Королев А. П. Справочник работника рыбхоза.— М.: Пищ. пром-сть, 1977.— 16. Шмакова З. И. Состояние и перспективы культивирования *Daphnia magna* (Straus) в бассейнах.— В сб.: Тез. докл. всесоюз. конф. «Создание естественной кормовой базы для повышения продуктивности рыбоводства». М.: ВНИИПРХ, 1984, с. 50—51.— 17. Шмакова З. И. Рекомендации по культивированию дафнии магна в бассейнах при проточном режиме.— М.: ВНИИПРХ, 1986.

*Статья поступила 5 февраля 1990 г.*

#### SUMMARY

The possibility to breed *Daphnia magna* for extending the natural nutritive base for fish is discussed. It is shown that in basins with non-running water installed in hothouses where water temperature is by 3—7 °C higher than in open reservoirs the biomass of *Daphnia magna* is 3 times higher (up to 750 g/m<sup>3</sup>). The data on the dynamics of phytoplankton numbers during the process of *Daphnia magna* breeding show that mineral fertilizers should be repeatedly applied in basins with non-running water under conditions of higher temperatures to maintain high numbers of microalgae which make fodder for *Daphnia*.