

УДК 639.371.2:639.3.06:628.887

РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ САДКОВОГО ВЫРАЩИВАНИЯ РЫБЫ НА ТЁПЛЫХ ВОДАХ

РА КАРАЧЁВ, ВА ВЛАСОВ, Е.В. ЛИППО*

(Кафедра аквакультуры)

Изучали эффективность садкового выращивания на тёплых водах осетровых рыб в поликультуре с растительноядными рыбами с использованием методики пространственного разделения основного и добавочного объектов. Результаты проведённых исследований показали увеличение рыбопродуктивности и выживаемости выращиваемых рыб, снижение затрат и повышение конверсии корма. Установлено оптимальное соотношение основного и добавочного объектов.

Ключевые слова: поликультура, рыбы растительноядные, ресурсосбережение, пространственное разделение, рыбоводство садковое, рыбопродуктивность, толстолобик, стербел, утилизация.

В индустриальном садковом рыбоводстве важнейшим технологическим процессом является интенсивное кормление рыбы, причём затраты корма составляют 40 — 60% от себестоимости получаемой рыбопродукции. Вместе с тем, как известно, организм рыб не способен полностью использовать питательные вещества корма — переваримость комбикорма составляет 45 - 80%. Непереваренная и неусвоенная часть питательных веществ при этом выделяется в воду в виде твердых и жидких экскретов [11, 13]. Кроме того, часть корма может быть несъедена либо разбросана рыбой за пределы садка в процессе потребления [9]. С одной стороны, это приводит к потере этих ресурсов, так как они выходят из производственного цикла, с другой — возникает проблема опасного органического загрязнения водной среды соединениями азота и фосфора в результате рыбохозяйственной деятельности [3, 5, 7, 14, 16].

С применением приёма выращивания растительноядных рыб — толстолобиков и белого амура — в поликультуре с другими видами рыб была реализована идея о том, что водоёмы могут в значительной степени возратить неизбежные потери ресурсов. Потребляя активно размножающийся фито- и зоопланктон, детрит, а также экскременты других рыб и используя их для наращивания массы, толстолобики возвращают нам в виде ценного животного белка утерянные биогены [1, 10]. Процесс к тому же сопровождается биологической мелиорацией водоемов, их санитарное состояние значительно улучшается [12, 15].

Поликультура издавна широко используется в прудовом рыбоводстве. В индустриальных хозяйствах, в частности, садкового типа занимаются выращиванием ценных видов рыб, но с целью получения дополнительной продукции в садки к основному объекту

* Рыбоводное хозяйство ГРЭС-3 имени Р.Э. Классона.

также подсаживают добавочных рыб. При этом, как и в прудовом рыбоводстве, часто приходится сталкиваться с проблемой конкуренции за кормовые ресурсы, возникающей между совместно выращиваемыми рыбами. Исследования показывают, что растительные рыбы, введённые в поликультуру в качестве добавочных объектов, вместо того, чтобы потреблять естественные кормовые ресурсы, активно поедают дорогостоящие комбикорма, задаваемые основному объекту [2, 6, 8]. В то же время толстолобики и белый амур в силу биологических особенностей организма используют комбикорма неэффективно, в связи с чем их затраты на единицу прироста значительно повышаются. В результате рыбопродуктивность ценных видов рыб падает, а объём продукции добавочных рыб экономически не оправдывает затраченных средств. Таким образом, традиционная технология поликультуры применительно к садковому рыбоводству может значительно снизить рентабельность производства.

Проблемы, названные выше, легли в основу наших исследований. Была разработана методика садкового выращивания рыб в поликультуре при пространственном разделении основного и добавочного объектов.

Методика

Опыты проводили в 2007 - 2008 гг. на тепловодном рыбоводном хозяйстве при ГРЭС-3 имени Р.Э. Классона г. Электрогорска Московской обл. Производственная база находится на водоёме-охладителе площадью около 8 га. Рыбу выращивали в садках на линии типа ЛМ-4М.

В экспериментах изучали и сравнивали эффективность садкового выращивания стербела — гибрида стерляди с белугой (*Acipenser ruthenus*, LinnM x *Huso huso*, LinnM) — в поликультуре с тремя возрастными группами толстолобиков: годовиками, двухгодовиками гибридов толстолобиков

(*Hypophthalmichthys molitrix* Val. x *Aristichthys nobilis*, Rich.) и производителями — пёстрыми толстолобиками (*Aristichthys nobilis*, Rich.) и гибридами, с дополнительной посадкой белого амура (*Stenopharyngodon idella* Val) и карпа (*Cyprinus carpio*) при использовании методики пространственного разделения основного и добавочных объектов.

Пространственное разделение в вариантах поликультуры осуществляли следующим образом (рис. 1).

На свободной ячеей садковой линии устанавливается основной (большой) садок 3 объёмом 60 м³ (3 X 4 X 5 м) с шагом ячеей дели 20 мм, зарыбляется растительными рыбами, после чего сверху, непосредственно внутри этого садка, устанавливается малый садок 2 объёмом 25 м³ (2,5 X 4 X 2,5 м) с шагом ячеей 10 мм, который, в свою очередь, зарыбляется осетровыми. Таким образом, за вычетом надводной части садка высотой 0,5 м полезный объём системы составляет 54 м³, причём пространство выращивания осетровых рыб занимает в нём 20, а растительных — оставшиеся доступные для них 34 м³ объёма основного садка.

Непременным условием эффективной работы системы является то, что высота большого садка должна соответствовать глубине водоёма в месте его установки на садковой линии для того, чтобы можно было донную часть садка растянуть по дну водоёма 4. По этой причине в опытах использовали основные садки высотой 5 м.

Биотехника системы представляется следующим образом. В процессе своей жизнедеятельности рыбы выделяют весьма значительный объём экскрементов. И расчёты показывают, что на 1 т потреблённого комбикорма при средней его переваримости 60% рыбой выделяется более 3 т фекалий. Экскременты, выделяемые основным объектом, проходят через стенки и донную часть малого садка и оседают на дно водоёма-охладителя. Кроме

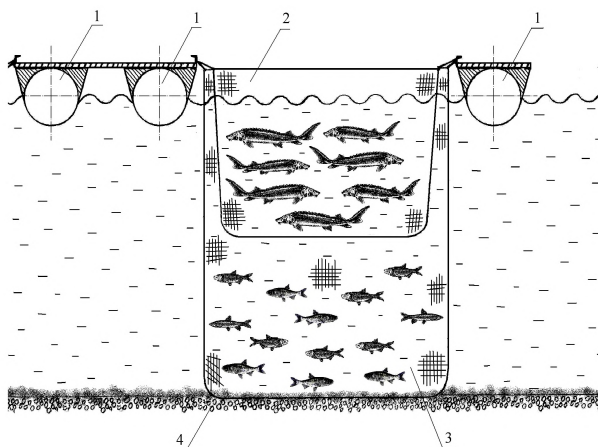


Рис. 1. Схема установки садков для выращивания рыбы в поликультуре:
 1 — понтон садковой линии; 2 — малый садок;
 3 — основной (большой) садок; 4 — дно водоёма

того, в процессе кормления неизбежны некоторые потери корма (5-15%) ввиду того, что рыбы возле кормушек создают толчею, в результате чего часть гранул выносится за пределы малого садка.

Естественно, что при садковом выращивании рыбы в монокультуре по традиционной технологии все эти органические остатки оседают на дно, становясь причиной загрязнения водоёма. Но в случае рассматриваемого способа пространство вокруг малого садка ещё ограничено объёмом большого садка, где выращивают добавочные объекты. А поскольку высота большого садка допускает возможность добавочным видам рыб опуститься на дно, последние, являясь мелиораторами, прекрасно используют эти ресурсы в нативной форме или в виде детрита.

Кроме того, используется и естественная кормовая база. Пёстрый толстолобик потребляет преимущественно зоопланктон, гибриды толстолобиков — зоо- и фитопланктон. Белый амур в условиях дефицита естественных для него кормовых ресурсов (высшая водная растительность) активно

потребляет перифитоновые обрастания растительного происхождения (нитчатые водоросли и др.) как на стенках малого садка, так и на стенках большого садка, чем обеспечивается хороший водообмен в системе.

Схема опытов

В каждом сезоне эксперимент состоял из 7 вариантов: 2007 г. — № 1 — 7, 2008 г. — № 8 — 14. Опыты 2-го года являются повторными.

Исследования 2007 г. проведены по следующей схеме (табл. 1).

В вариантах поликультуры 5, 6 и 7 большие садки были зарыблены соответственно годовиками, двухгодовиками гибридов толстолобиков и производителями (пёстрыми толстолобиками и гибридами толстолобиков). В варианте 7 соотношение по массе пёстрых и гибридов толстолобиков 1,7 : 1. Кроме того, в большие садки вариантов 5 и 6 были посажены двухгодовики белого амура, варианта 7 — трёхгодовики. Малые садки указанных вариантов зарыбили двухгодовиками стербела. Ихтиомасса и средняя масса стербела при посадке во всех вариантах равная, ихтиомассу же растительных

Схема опытов

		2007 г.							2008 г.						
Показатель		варианты опыта													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		используемые типы садков													
малый пуст	малый пуст	малый пуст	малый пуст	малый пуст	малый пуст	малый пуст	малый пуст	малый пуст	малый пуст	малый пуст	малый пуст	малый пуст	малый пуст	малый пуст	малый пуст
больш.	больш.	больш.	больш.	больш.	больш.	больш.	больш.	больш.	больш.	больш.	больш.	больш.	больш.	больш.	больш.
Плотность посадки: общая ихтиомасса		11,62 0,97	55,78 4,65	131,82 10,99	100,00 10,00	111,49 9,27	156,50 13,04	232,14 19,35	13,34 1,11	32,25 2,69	88,51 7,38	100,00 10,00	113,21 9,43	132,17 11,01	191,62 15,97
в т. ч. стербел		—	—	—	100,00 10,00	100,00 10,00	100,00 10,00	100,00 10,00	—	—	—	100,00 10,00	100,00 10,00	100,00 10,00	100,00
добавочные рыбы		11,62 0,97	55,78 4,65	131,82 10,99	—	11,49 0,96	56,50 4,71	132,14 11,01	13,34 1,11	32,25 2,69	88,51 7,38	—	13,21 1,10	32,17 2,68	91,62 7,64
в т. ч. двухгодовики карпа		—	—	—	—	—	—	—	0,60 0,42	0,80 0,42	1,01 0,42	—	0,57 0,42	0,78 0,42	0,97 0,42
растительные рыбы — всего		11,62 0,97	55,78 4,65	131,82 10,99	—	11,49 0,96	56,50 4,71	132,14 11,01	12,74 1,06	31,45 2,62	87,50 7,29	—	12,64 1,05	31,39 2,62	90,65 7,55
в т. ч. годовики тол- столобиков		10,51 0,88	—	—	—	10,39 0,87	—	—	11,35 0,95	—	—	—	11,35 0,95	—	—
двухгодовики толсто- лобиков		—	54,25 4,52	—	—	—	55,00 4,58	—	—	30,30 2,53	—	—	—	30,20 2,52	—
производители гибридов толстолобиков		—	—	47,70 3,96	—	—	—	48,50 4,04	—	—	37,80 3,15	—	—	—	40,80 3,40
производители пёстрых толстолобиков		—	—	82,00 6,83	—	—	—	81,50 6,79	—	—	47,20 3,93	—	—	—	47,60 3,97
белый амур		1,11 0,09	1,53 0,13	2,12 0,18	—	1,10 0,09	1,50 0,13	2,14 0,18	1,39 0,12	1,15 0,10	2,50 0,21	—	1,29 0,11	1,19 0,10	2,25 0,19

Средняя масса: стербел, г	—	—	—	654	654	654	654	654	—	—	—	1538	1429	1471	1449
годовики толстолобиков, г	56	—	—	—	56	—	—	60	—	—	—	—	59	—	—
двухгодовики толстолобиков, г	—	565	—	—	—	565	—	—	—	572	—	—	—	549	—
производители гибридов толстолобиков, кг	—	—	4,76	—	—	—	4,85	—	—	—	4,73	—	—	—	5,10
производители пёстрых толстолобиков, кг	—	—	11,73	—	—	—	11,64	—	—	—	11,80	—	—	—	11,90
белый амур, г	221	305	707	—	214	299	713	277	230	833	—	—	258	238	750
двухгодовики карпа, г	—	—	—	—	—	—	—	120	160	202	—	—	114	156	194

Примечание. Числитель — кг, знаменатель — кг/м².

рассчитывали классическим способом с учётом массы, выживаемости, возрастной потенции роста и желаемой конечной массы, исходя при этом из полученной в ранее проведённых опытах (2005 — 2006 гг.) максимальной рыбопродуктивности растительноядных рыб до 100 кг/12 м² площади садка, или 8,3 кг/м².

По каждому из трёх вариантов поликультуры вели контрольное выращивание: по растительноядным — в вариантах 1, 2 и 3, по стербелу — 4. Растительноядные рыбы в контроле имели возможность потреблять исключительно естественную кормовую базу. Средняя масса и плотности посадки рыб в контролях те же, что и в соответствующих вариантах поликультуры.

Схема опытов 2008 г. имеет структуру, аналогичную 2007 г. (см. табл. 1), но с учётом результатов выращивания в первый год была произведена корректировка плотностей посадки некоторых вариантов. Плотность посадки годовиков толстолобиков в варианте 12, а также белого амура во всех вариантах установлена без существенных изменений.

Поскольку кислородный и термический режимы в середине сезона становятся весьма неблагоприятными для осетровых рыб, то во избежание ухудшения гидрохимических показателей воды, что обычно наблюдается при переуплотнении, общая масса двухгодовиков и производителей толстолобиков при посадке была снижена соответственно на 45 и 35% по сравнению с опытами 2007 г. Соотношение производителей пёстрых и гибридов толстолобиков составило 1,2 : 1.

Кроме того, для повышения эффективности использования кормовой базы был введён ещё один добавочный объект — двухгодовики зеркального карпа (гибрид немецкой и румынской породы карпа). В малые садки посадили трёхгодовиков стербела.

Контрольное выращивание проводили в следующих вариантах: 8 (годо-

вики толстолобиков + карп + амур), 9 (двухгодовики толстолобиков + карп + амур), 10 (производители толстолобиков + карп + амур) и 11 (стербел).

Для чистоты эксперимента в вариантах контроля по растительноядным рыбам (и карпу в опытах 2008 г.) для ограничения пространства выращивания до 34 м³ (как в вариантах поликультуры) внутрь большого садка устанавливали пустой малый садок размером 2,5 м X 4 м X 2,5 м

Выращивание стербела во всех вариантах проводили по традиционной технологии. Кормление осуществляли вручную гранулированными производственными комбикормами рецепта ОТ-6. Корм задавали на подвесные кормушки. Нормы кормления устанавливали в соответствии с рекомендациями производителя кормов в зависимости от иктиомассы рыбы, температурного и кислородного режимов. Как в поликультуре, так и в контроле стербела кормили по одинаковым нормам.

Результаты исследований

Данные исследований 2007 г. (табл. 2) показали, что наилучшие результаты выращивания стербела достигнуты в вариантах 5 и 6 опыта: рыбопродуктивность основного объекта в данных вариантах составила соответственно 14,43 и 14,51 кг/м², что превышает контрольный показатель (13,27 кг/м²) на 8,8 и 9,3%. Затраты корма на 1 кг продукции при этом снизились на 8,2 и 9,0%. Средняя масса и упитанность (K_y) стербела по Фультону значительно увеличились за сезон (табл. 3), но достоверных различий по этим показателям в конце опытов между вариантами найдено не было. Рыба, выращенная в вариантах 5 и 6, показала более высокий темп роста (рис. 2): величина суточного прироста массы была выше, чем в контроле, соответственно на 11,50 и 10,88%, относительного прироста массы — на 15,45 и 14,38%, удельной скорости роста — на 0,04 и

Основные рыбоводные показатели выращивания рыбы

Показатель	2008 г.													
	2007 г.													14
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Рыбопродуктивность:	варианты опыта													
общая	86,02 7,17	111,82 9,32	11,28 0,94	132,67 13,27	252,18 21,0	257,89 12,0	144,44 12,0	61,93 5,16	44,24 3,69	13,12 1,09	62,80 6,28	171,87 14,32	149,35 12,5	114,61 9,6
в т. ч. стербел	—	—	—	132,67 13,27	144,31 14,43	145,05 14,51	126,94 12,69	—	—	—	62,80 6,28	70,90 7,09	67,48 6,75	78,80 7,88
растительноядные ры- бы — всего	86,02 7,17	111,82 9,32	11,28 0,94	—	107,87 8,99	112,84 9,40	17,50 1,46	59,88 4,99	42,38 3,53	11,21 0,93	—	89,25 7,44	69,76 5,81	23,94 2,00
в т. ч. двухлетки толсто- лобиков	84,57 7,05	—	—	—	105,00 8,75	—	—	59,75 4,98	—	—	—	84,99 7,08	—	—
трёхлетки толстолобиков	—	109,75 9,15	—	—	—	109,50 9,13	—	41,80 3,48	—	—	—	67,30 5,61	—	—
производители гибридов толстолобиков	—	—	4,97 0,41	—	—	—	5,94 0,50	—	—	5,90 0,49	—	—	—	8,30 0,69
производители пёстрого толстолобика	—	—	5,20 0,43	—	—	—	7,90 0,66	—	—	5,40 0,45	—	—	—	11,50 0,96
белый амур	1,45 0,12	2,07 0,17	1,11 0,09	—	2,87 0,24	3,34 0,28	3,66 0,31	0,13 0,01	0,58 0,05	-0,1 0	—	4,26 0,36	2,46 0,21	4,14 0,35
трёхлетки карпа	—	—	—	—	—	—	—	2,05 0,17	1,86 0,16	1,91 0,16	—	11,72 0,98	12,11 1,01	11,87 0,99
Средняя масса:														
стербел, г	—	—	—	1529	1630	1623	1531	—	—	—	2544	2500	2393	2591
двухлетки толстолобиков, г	536	—	—	—	665	—	—	459	—	—	—	577	—	—
трёхлетки толстолобиков, г	—	1708	—	—	—	1714	—	—	1442	—	—	—	1800	—
производители гибридов толстолобиков, кг	—	—	5,27	—	—	—	5,44	—	—	5,46	—	—	—	6,14
производители пёстрого толстолобика, кг	—	—	12,47	—	—	—	12,77	—	—	13,15	—	—	—	14,78
белый амур, г	510	720	1075	—	834	968	1930	380	346	802	—	1110	913	2130
трёхлетки карпа, г	—	—	—	—	—	—	—	530	532	729	—	2458	2578	2568
Затраты корма на 1 кг рыбо- продукции стербела, кг	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Затраты корма на 1 кг всей выращенной продукции, кг	—	—	—	1,70	1,56	1,53	1,78	—	—	—	3,20	2,93	2,94	2,60
— в числителе — кг, знаменателе — кг/м ² .	—	—	—	1,70	0,89	0,86	1,56	—	—	—	3,20	1,21	1,33	1,79

Интенсивность роста стербела в опытах (в числителе — 2007 г., в знаменателе — 2008 г.)

Показатель	Монокультура (контроль)		Поликультура	
	2007 г.	2008 г.	2007 г.	2008 г.
Средняя масса, г: в начале опыта	652 ± 13	652 ± 13	652 ± 13	652 ± 13
	1543 ± 24	1543 ± 24	1543 ± 24	1543 ± 24
в конце опыта	1596 ± 38	1657 ± 45	1615 ± 43	1547 ± 47
	2540 ± 53	2516 ± 54	2411 ± 47	2564 ± 50
Коэффициент упитанности (K_u): в начале опыта	$0,72 \pm 0,01$	$0,72 \pm 0,01$	$0,72 \pm 0,01$	$0,72 \pm 0,01$
	$0,80 \pm 0,01$	$0,80 \pm 0,01$	$0,80 \pm 0,01$	$0,80 \pm 0,01$
в конце опыта	$0,93 \pm 0,01$	$0,95 \pm 0,01$	$0,94 \pm 0,01$	$0,88 \pm 0,01$
	$0,91 \pm 0,01$	$0,91 \pm 0,01$	$0,91 \pm 0,01$	$0,94 \pm 0,01$
Суточный прирост, г/сут	$4,78$	$5,33$	$5,30$	$4,79$
	$5,47$	$5,82$	$5,01$	$6,21$
Удельная скорость роста (C_w), %	$0,46$	$0,50$	$0,50$	$0,46$
	$0,27$	$0,30$	$0,26$	$0,32$
Относительный прирост (ΔM), %	$133,79$	$149,24$	$148,17$	$134,10$
	$65,41$	$74,95$	$62,68$	$78,81$
Коэффициент массонакопления (K_M)	$0,047$	$0,051$	$0,050$	$0,047$
	$0,034$	$0,038$	$0,033$	$0,039$

Примечание. * Значения средней массы при статистических расчётах немного отличаются от тех, что представлены в табл. 1 и 2 по причине того, что статистической обработке подверглись не все особи вариантов, а только определённые выборки. В табл. 1 и 2 представлены данные средней массы 100% особей.

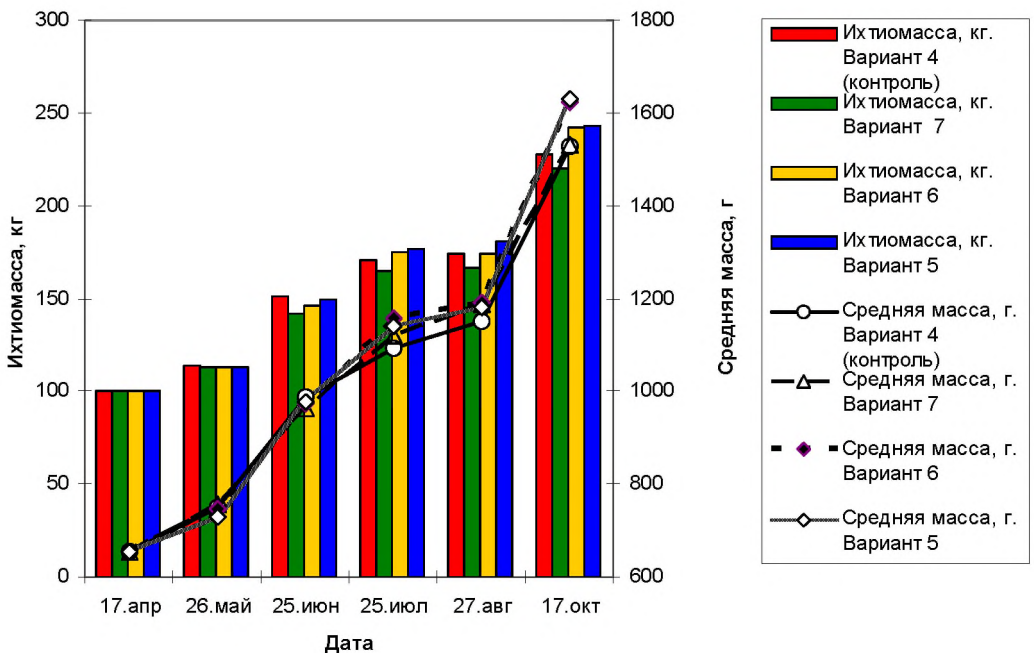


Рис. 2. Динамика роста трёхлеток стербела в период исследования

0,04%, коэффициента массонакопления — на 8,51 и 6,38%.

Выживаемость рыб в указанных вариантах была равная и составила 97,4%.

В варианте 7 стербел рос менее интенсивно. При отсутствии достоверных различий с контролем по средней массе полученная рыбопродуктивность оказалась ниже на 4,3% (12,69 кг/м²) из-за меньшей выживаемости (94,1 против 97,4%) и упитанности рыб (0,88 против 0,93), причём более низкая упитанность статистически достоверна ($B_3 > 0,999$). Затраты корма на единицу прироста повысились на 4,7%. Показатели интенсивности роста имеют примерно равные с контролем величины, что говорит об одинаковой скорости роста, несмотря на общее угнетённое состояние рыб.

Результат выращивания рыб в поликультуре напрямую связан с плотностью посадки добавочного объекта. Поскольку температура воды в середине сезона выращивания достигает максимальных значений (рис. 3), а кислородный режим, несмотря на проточность воды, становится достаточно напряжённым, в условиях переуплотнённых посадок достигается критиче-

ская ихтиомасса, создаётся неблагоприятный гидрохимический и санитарный режим. Условия выращивания ухудшаются, угнетается рост рыб.

Исследования кислородного режима в малых садках показали, что среднее содержание кислорода в вариантах 6 и 7 составило 7,62 и 7,49 мг/л, в варианте 5 — 8,18, тогда как в контроле — 7,81 мг/л. Так, в варианте 7 высокая общая ихтиомасса основного и добавочного объектов поликультуры негативно повлияла на рыбопродуктивность и жизнеспособность более требовательного к условиям содержания объекта — стербела. При этом не наблюдалось снижения прироста биомассы растительноядных рыб, наоборот, он на 55,1% выше, чем в контроле (1,46 против 0,94 кг/м²). Общая рыбопродуктивность производителей толстолобиков выше на 36,1% (1,16 против 0,84 кг/м²), выживаемость этих рыб в обоих случаях соответствовала 100%. Данное явление можно объяснить высокими адаптивными возможностями растительноядных рыб к неблагоприятным условиям среды. Достоверных различий по средней массе и упитанности не установлено. Коэффициент упитанности в контроле и поликультуре

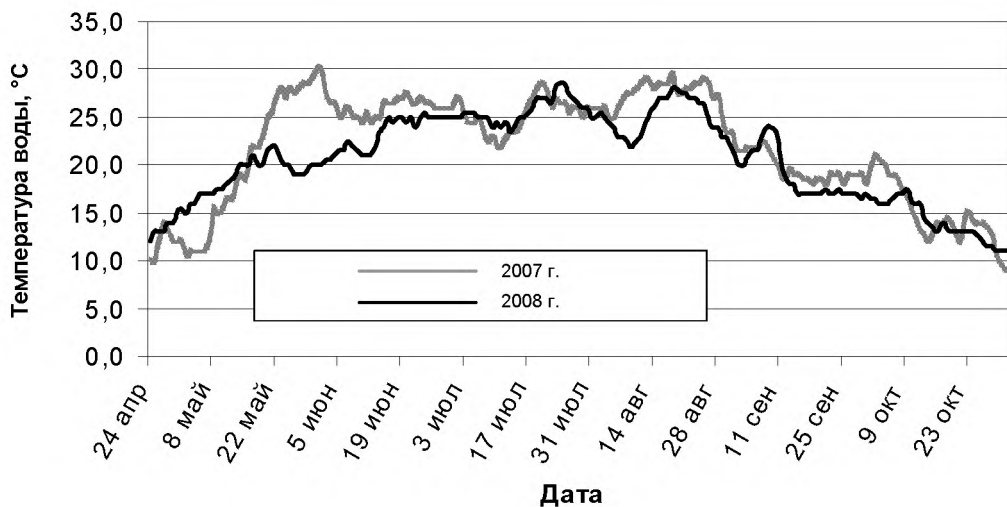


Рис. 3. Термический режим водоёма-охладителя в 2007-2008 гг

туре соответствовали: для пёстрых толстолобиков — $2,27 \pm 0,04$ и $2,28 \pm 0,02$, для гибридов — $1,98 \pm 0,03$ и $1,94 \pm 0,04$. Скорость роста была несколько выше в поликультуре: коэффициент массонакопления пёстрых толстолобиков составил 0,012, гибридов — 0,011 (против 0,08 и 0,010 в контроле). Причём, как видно, среди толстолобиков больше прирастал пёстрый: доля его продукции в вариантах 7 и 3 составила 57,1 и 51,1%.

В варианте поликультуры стербела с трёхлетками толстолобиков картина иная. Общая рыбопродуктивность растительных рыб составила $9,40 \text{ кг/м}^2$, что лишь незначительно превышает величину в контроле ($9,32 \text{ кг/м}^2$), прирост же массы толстолобиков в варианте 6 оказался даже несколько ниже контрольного показателя ($9,13$ против $9,15 \text{ кг/м}^2$). Средняя масса и упитанность толстолобиков не имела достоверных различий. Коэффициент массонакопления в поликультуре и контроле практически равен (0,061 и 0,060). Выход рыбы и в том, и в другом случае равен 100%.

По всей видимости, полученные результаты вызваны повышенной плотностью посадки добавочного объекта. Что характерно, переуплотнение повлияло только на рост толстолобиков. Несмотря на обилие кормовых ресурсов, эффект ограничения, недостатка пространства вызывали стресс у рыб, вследствие чего темп роста значительно замедлялся, а ожидаемый уровень рыбопродуктивности не был достигнут. Естественная кормовая база и большой объём дополнительных ресурсов были использованы недостаточно полно, поскольку прирост ихтиомассы толстолобиков в варианте 6 не превысил величину в контроле, где рыба имела возможность потреблять исключительно естественные пищевые объекты.

В то же время переуплотнённая посадка не оказала ингибирующего влияния на темп роста стербела. С одной стороны, это может быть связано

с явлением самоводообмена, или пассивного водообмена в садках [4]. Активное движение большой массы рыбы — стербела в малом садке и растительных в большом садке — способствовало ускорению удаления метаболитов осетровых за пределы малого садка. С другой стороны, активно отфильтровываемая оседающие мелкодисперсные фракции несъеденных кормов, экскременты и детритную массу, толстолобики создавали благоприятную среду выращивания основного объекта.

Наиболее сбалансированным по плотностям посадки в опытах 2007 г. оказался вариант совместного выращивания стербела и двухлеток толстолобиков (вариант 5). Наблюдалась высокая скорость роста как основного, так и добавочных объектов.

Общая рыбопродуктивность добавочных рыб в поликультуре была выше, чем в контроле, на 25,4%. Прирост ихтиомассы толстолобиков увеличился на 24,2% ($8,75$ против $7,05 \text{ кг/м}^2$). Средняя масса и упитанность рыб достоверно ($B! > 0,95$) выше, чем в контроле.

Выживаемость двухлеток толстолобиков по итогам выращивания в варианте 5 была несколько ниже (91,5 против 93,2%), но тем не менее при установленной плотности посадки толстолобики в поликультуре со стербелом смогли в большей мере реализовать свой продукционный потенциал, нежели при отдельном выращивании в контроле. В варианте 5 их масса по сравнению с начальной увеличилась за сезон в 11,5 раз, в варианте 1 — только в 9,7 раз.

Корректировка плотностей посадок позволила в исследованиях 2008 г. (см. табл. 2) добиться хороших результатов по всем категориям поликультуры. Четырёхлетки стербела во всех вариантах поликультуры показали более высокую рыбопродуктивность, нежели в контроле. По итогам проведённых опытов, прирост ихтиомассы основного объекта в вариантах 12, 13 и 14 составил $7,08$, $6,75$ и $7,88 \text{ кг/м}^2$,

что превышает значение данного показателя в варианте 11 (6,28 кг/м²) соответственно на 12,9, 7,5 и 25,5%. Выживаемость также повысилась соответственно на 1,5, 0,1 и 1,5%, а затраты корма на 1 кг прироста снизились на 8,4, 8,1 и 18,8%. В то же время достоверных различий по упитанности и средней массе между вариантами найдено не было.

Наилучший темп роста стербела наблюдали в вариантах 12 и 14: по сравнению с контрольным выращиванием в монокультуре коэффициент массонакопления повысился соответственно на 11,8 и 14,7% (0,038 и 0,039 против 0,034). Рыба в варианте 13 по этому показателю приближалась к контролю, величина K_m равна 0,033.

На представленном графике (рис. 4) видно, что четырёхлетки стербела в разных вариантах росли неравномерно. Интенсивность роста была тем выше, чем более благоприятные условия установились в системе. Индикаторным показателем являлся кислородный режим. В поликультуре он был более благоприятным: среднее содержание кислорода в вариантах 11, 12, 13 и 14 было на уровне 5,80; 5,84; 6,19 и 6,49 мг/л соответственно.

Добавочные рыбы при выращивании в поликультуре со стербелом также достигли высокой рыбопродуктивности: прирост ихтиомассы растительноядных рыб в вариантах 12, 13 и 14 превосходил контрольный показатель на 49,1; 64,6 и 113,8% соответственно. Выживаемость двух- и трёхлеток толстолобиков повысилась на 5,8 и 1,9%, сохранность производителей как в контроле, так и в поликультуре 100%. Средняя масса и коэффициент упитанности товарных толстолобиков достоверно выше ($B_3 > 0,999$). Коэффициент массонакопления товарных толстолобиков в вариантах 12 и 13 значительно выше, чем в соответствующих вариантах контроля: для двухлеток он составил 0,072 и 0,062; для трёхлеток — 0,065 и 0,049. Производители толстолобиков росли в 2 раза интенсивнее, чем в контроле: $K_{ш}$ пёстрого толстолобика в вариантах 14 и 10 равен 0,028 и 0,014; гибридов — 0,018 и 0,014.

Введение в поликультуру карпа способствовало повышению объёма дополнительной продукции. Заняв пустовавшую экологическую нишу, он интенсивно наращивал массу. Трёхлетки карпа в поликультуре за сезон увеличили свою массу в 13—22 раза, в то

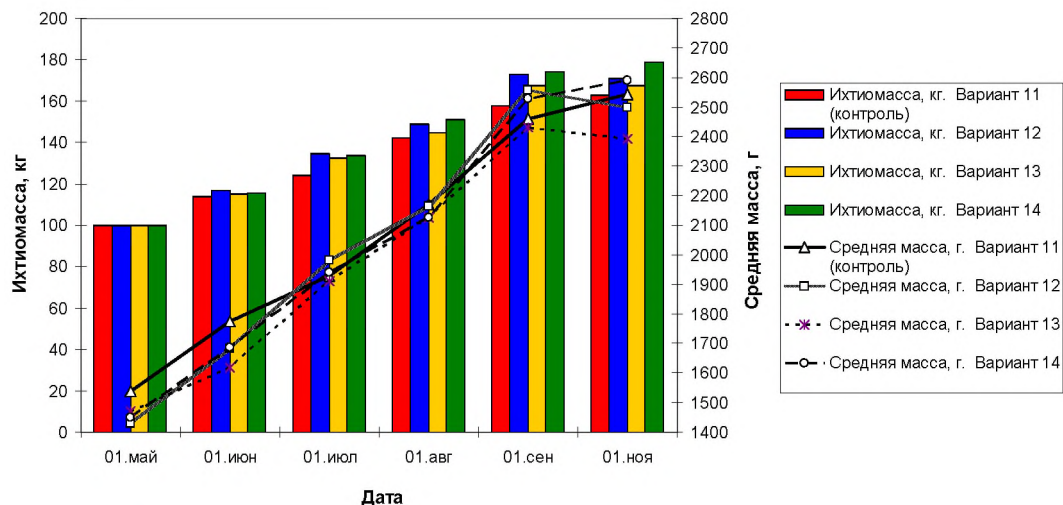


Рис. 4. Динамика роста четырёхлеток стербела в период выращивания

время как в контроле лишь в 3—4 раза. При этом происходила эффективная утилизация и преобразование органики в рыбопродукцию.

Рыбоводные показатели белого амура, содержавшегося совместно с толстолобиками в большом садке с целью оказания мелиоративного эффекта, во всех вариантах поликультуры со стербелом значительно превосходили контроль ввиду обилия кормовых ресурсов и оптимальной плотности посадки. Более высокая масса при выращивании в поликультуре свидетельствует о положительной роли белого амура в утилизации дополнительных ресурсов. Кроме того, присутствие этого объекта в системе существенно снизило зарастаемость садков перифитоном.

Необходимо отметить, что в опытах 2008 г. рыбопродуктивность стербела, а также двухлеток и трёхлеток толстолобиков ниже, чем в опытах 2007 г. Снижение скорости роста четырёхлеток стербела в отличие от трёхлеток обусловлено физиологическими изменениями в организме на 4-м году выращивания, связанными с развитием гонад. Прирост младших возрастных групп толстолобиков снижен, во-первых, по причине нехватки тепла в сезон 2-го года исследований (сумма тепла в 2007 г. составила 4189, в 2008 г. — 3967 градусо-дней), а во-вторых, по-видимому, из-за возникновение конкурентных отношений с карпом, на которого приходится определённая часть дополнительной продукции.

Анализ результатов показал, что объём дополнительной продукции, получаемой в поликультуре, в значительной мере зависит от возраста добавочных рыб: рыбы младшего возраста обладают большим потенциалом роста, поэтому ожидаемая рыбопродуктивность будет выше. Что характерно, при более сбалансированной плотности посадки основного и добавочных объектов она увеличивается. Так, в вариантах 5, 6, 7 доля дополнитель-

ной продукции в общем объёме получаемой рыбопродукции составила соответственно 42,8, 43,8, 12,1%, в вариантах 12, 13 и 14 она увеличилась до 58,8, 56,3 и 31,2%.

Однако наибольший интерес представляет та часть дополнительной продукции, которая получена за счёт утилизации теряющихся ресурсов. Она условно равна величине прироста биомассы добавочных объектов в поликультуре, за вычетом их прироста в контроле. На основании этой величины и данных о полученной рыбопродуктивности, химическом составе и калорийности мяса исследуемых рыб, калорийности и затратах комбикормов предлагается расчёт энергетического баланса системы (табл. 4), который даёт количественную оценку ресурсосберегающего эффекта технологии.

Расчёты, приведенные в таблице 4, показывают, что при разных комбинациях поликультуры ресурсосберегающий эффект пропорционален величине энергии, возвращённой в хозяйственный оборот. И этот показатель будет тем выше, чем более сбалансирована плотность посадки основного и добавочного объектов. В равной мере с повышением V_3 снижается экологическая нагрузка.

Обсуждение результатов

Поликультура рыб в садках при пространственном разделении основных и добавочных объектов имеет ряд преимуществ перед традиционной технологией поликультуры в садках (совместное содержание разных видов рыб в одном садке) и позволяет решить сразу несколько проблем. Во-первых, для получения высокой продуктивности не требуется специального кормления добавочных рыб, так как эти виды потребляют исключительно кормовые ресурсы, имеющиеся в межсадковом пространстве (пространстве между малым и большим садками). При этом они не могут составить конкуренцию основному объекту в потреб-

Таблица 4

Энергетический баланс системы

Показатель	2007 г.			2008 г.		
	опытные варианты поликультуры					
	5	6	7	12	13	14
Затраты энергии, внесённые с кормом (ВЭ), за сезон, Мкал	1024,4	1009,8	1030,1	945,7	903,8	933,4
Обменная энергия корма, затраченная на выращивание основного объекта (из расчёта 3600 ккал/кг), Мкал	808,7	797,2	813,2	745,2	713,5	736,9
Валовая энергия, заключённая в полученной продукции основного объекта — стербела, Мкал	213,6	214,7	187,9	104,9	99,9	116,6
Валовая энергия, заключённая в полученной дополнительной продукции (Э _{дп}), Мкал	93,5	97,8	15,2	93,8	77,4	37,4
в т.ч. энергия продукции, полученная за счёт утилизации потерянных ресурсов (Э _у), Мкал	18,9	0,9	5,4	39,0	38,1	25,0
Степень утилизируемости потерянных ресурсов в энергию дополнительной продукции $\omega_y = (Э_u/Э_{дп}) \times 100, \%$	20,21	0,92	35,53	41,58	49,22	66,84
Потери энергии с экскретами $\Pi_э = ВЭ - ОЭ$, Мкал	215,7	212,6	216,9	200,5	190,3	196,5
Возврат энергии $В_э = (Э_u/\Pi_э) \times 100, \%$	8,76	0,42	2,49	19,45	20,02	12,72

лении дорогостоящего комбикорма, так как не имеют доступа в пространство его выращивания. Во-вторых, в процессе производства основной продукции происходит значительная потеря ресурсов. Фекалии, выделяемые стербелом, имеют высокую питательную ценность. По данным научных исследований, в экскрементах содержится более 85% воды, в их сухом веществе находится 7-17% сырого протеина (нередко и более), 50% и более углеводов, 15% и более минеральных веществ. [11]. Кроме того, неизбежны потери корма. Используя эти дополнительные ресурсы для своей жизнедеятельности и превращая тем самым их в рыбопродукцию, добавочные рыбы снижают эвтрофикацию водоёма естественным путём. Одновременно улучшается гидрохимический режим, факторы среды выращивания основного объекта становятся более благоприятными, в результате чего отмечается повышение рыбопродуктивности.

Наиболее важным условием успешного выращивания рыб в поликультуре по предложенной методике является соблюдение норм плотности посадки. В противном случае приходится сталкиваться с негативными последствиями нарастания критической ихтиомассы, особенно при тепловодном производстве, где ситуация усугубляется ещё сильными скачками температуры воды и крайне высокими ее значениями.

В таблице 2 были приведены данные по затратам корма на единицу общего прироста. По этому показателю возможно сравнивать экономическую эффективность различных комбинаций поликультуры. С ростом объёма дополнительной продукции затраты корма на 1 кг общей продукции снижаются, а следовательно, оплата корма рыбопродукцией повышается. Так, наиболее высокая оплата корма наблюдалась при выращивании стербела в поликультуре с двухлетками толстолобиков, равная либо чуть меньше —

с трёхлетками, далее — с производителями. Несложно оценить экономический эффект и в абсолютных величинах: на 1 т выращенной продукции осетровых можно получить дополнительную продукцию на сумму до 100 тыс. руб. в ценах 2008 г. Наконец, в зависимости от состава поликультуры и при оптимальных режимах выращивания ресурсосберегающий эффект может достигать до 20% и более. Таким образом, широкое внедрение в практику разработанной технологии, наряду с получением высоких рыбоводных и экономических показателей, может сыграть значительную природоохранную роль.

Выводы

1. Разработанная технология выращивания рыб в поликультуре позволяет сократить затраты кормов на единицу основной продукции на 8 - 19%, а также увеличить оплату корма за счёт получения дополнительной рыбопродукции.

2. Рыбопродуктивность основного объекта в зависимости от состава поликультуры повышается на 8 - 25% до-

бавочного — на 25 - 100% и более. Рыбопродуктивность трёхлеток стербела при этом достигает 14,5 кг/м², четырёхлеток — 7~8; добавочных объектов — от 1,5 до 9,4 кг/м².

3. Доля дополнительной продукции, получаемой за счёт утилизации добавочными видами рыб потерь кормов и экскрементов осетровых, при установленных оптимальных режимах выращивания в поликультуре составляет от 8,6 до 25,2%.

4. Для получения высокой продуктивности рекомендовано следующее соотношение основного и добавочного объектов. На каждые 10 кг/м² осетровых, посаженных в малый садок, рекомендуется подсаживать в большой садок: годовиков толстолобиков 0,90 - 0,95 кг/м² или двухгодовиков — 2,5 или производителей — 7,4 - 8,0 кг/м²; белого амура, а также карпа (индивидуальной массой 200 — 300 г) — 0,1 - 0,4 кг/м².

5. За счёт активной утилизации добавочными рыбами органических веществ значительно снижается влияние хозяйственной деятельности на экологию водоёмов, при этом в производственный цикл возвращается до 1/5 потерь затраченной энергии корма.

Библиографический список

1. *Виноградов В.К.* Поликультура в товарном рыбоводстве: Обзорная информация. М.: ЦНИИТЭИРХ, 1985. С. 24-25.
2. *Кормилин В.В., Линчевская М.Д., Чернова Л.В.* Влияние поликультуры на рыбопродуктивность и эффективность использования комбикормов карпом и растительноядными рыбами // Биологические основы рыбного хозяйства водоёмов Средней Азии и Казахстана: Матер, конф. АН Киргизской ССР. Фрунзе: Илим, 1978. С. 348 - 349.
3. *Михеев В.П., Михеева И.В., Михеев П.В.* Влияние на рыбоводные процессы локального загрязнения акваторий садковыми хозяйствами // Первый конгресс ихтиологов России: Тез. докл. М., 1997.
4. *Михеев В.П.* Садковое выращивание товарной рыбы. М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1982. С. 10—11.
5. *Плотицына Н.Ф.* Оценка влияния морской аквакультуры на качество водной среды и донных осадков губы Печенга // VI-VII Межд. семинары «Рациональное использование прибрежной зоны северных морей»: Матер, докл. Полярный НИИ морского рыбного хозяйства и океанографии. СПб., 2004. Ч. 2. С. 149-154.
6. *Романенко В.Д.* Эколого-физиологические основы тепловодного рыбоводства. Киев, Наукова думка, 1983. С. 28.
7. *Рыжков Л.П., Полина А.В., Коренев О.Н., Горохов А.В., Зубкович Э.С., Москалева Н.В., Громова Ю.В.* Экологические аспекты садкового форелеводства в водоёмах

Карелии // Ресурсосберегающие технологии в аквакультуре. Второй Международный симпозиум: Матер, докл. 4-7 октября 1999 г., Адлер. С. 89.

8. *Соловьёва Л.М.* Использование комбикормов пёстрым толстолобиком в аквариальных условиях // Сб. науч. тр. Индустриальные методы рыбоводства. ВНИИПРХ. Вып. 2. М., 1972. С. 103-107.

9. *Сорвачёв К.Ф.* Основы биохимии питания рыб. М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1982.

10. *Шерман И.М., Пилипенко Ю.В., Краснощек Т.П.* Агрэкология и рыбоводство // Ресурсосберегающие технологии в аквакультуре. Второй Межд. Симп.: Матер, докл. 4—7 октября 1999 г., Адлер. С. 174-175.

11. *Щербина М.А., Гамыгин Е.А.* Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. М.: Изд-во ВНИРО, 2006.

12. *Avault J.W.* Has the time come for polyculture in channel catfish ponds// Aquacult. Mag, 1989. Т. 15. N 2. P. 70-72.

13. *Keufel J.* Entwicklung eines Forellenfertigfutters unter Berücksichtigung der Wasserbelastung // Fischwaid. Allg. Fischerei-Ztg, 1987. Т. 112. N 11. S. 77-80.

14. *Phillips M.J., Beveridge M.C.M., Ross L.G.* The environmental impact of salmonid cage culture on inland fisheries: present status and future trends // Fish Biol, 1985. Т. 27. P. 123-137.

15. *Fuhrmann B., Lange G.* Steigerung der Ertrage bei der intensiven Kf-Produktion in Teichen durch konsequente Anwendung der Polykultur // Z. Binnenfischerei KKR, 1984. Т. 31. N 8. S. 231-235.

16. *Wiesmann K., Scheid H., Pfeffer E.* Water pollution with phosphorus of dietary origin by intensively fed rainbow trout (*Salmo gairdneri* Rich.) // Aquaculture, 1988. Т. 69. N (3)4 P. 263-270.

Рецензент — к. б н. В.И. Федотенков

SUMMARY

The efficiency of warm water net cage raising of sturgeon fish in polyculture with herbivorous cyprinids when used space separating of valuable and additional fish was studied. As a result productivity and survival of raised fish and feed conversion are increased, compound feeds expense is reduced. Optimal proportion and stock density of valuable and additional fish was determined.

Key words: polyculture, herbivorous fish, resource-saving, spatial separation, fish breeding in nurse ponds, fish productivity, silver carp, utilization.