



УДК. 639.311 (470.67)

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИФИКАЦИИ НА БИОПРОДУКЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПРУДАХ АРИДНОЙ ЗОНЫ ДАГЕСТАНА

© 2008. **Бер С.Б., Магомаев Ф.М.**
Дагестанский филиал ФГУП «КаспНИРХ»

Проведены комплексные гидробиологические и гидрохимические исследования прудов различных категорий Широкольского рыбокомбината с различной степенью интенсификации (кормление рыбы и удобрение прудов). При выращивании двухлеток карпа и растительноядных рыб в поликультуре рыбопродуктивность достигла 5,32 т/га, в среднем по прудам составив 1,93 т/га. Выявлены оптимальные нормы и частота внесения минеральных азотных и фосфорных удобрений, их соотношение при внесении в пруды. Определено влияние интенсификации на трофику прудов и наиболее экономичные уровни интенсификации при выращивании сеголетков и товарных двухлеток карпа в поликультуре с растительноядными рыбами.

Are carried out complex hydrobiological and hydrochemical researches of ponds of various categories of the Shirokol fish factory with a various degree of an intensification (feeding of a fish and fertilizer of ponds). At cultivation two year carp fishes in poly culture fish efficiency has reached 5,32 tonnes/hectares, on the average on ponds having made 1,93 tonnes/hectares. Optimum norms and frequency of entering of mineral nitric and phosphoric fertilizers, their parity is found out at entering into ponds. Influence of intensification on trophy condition of ponds and the most economic levels of an intensification is certain at cultivation of fish and commodity of fish a carp in poly culture with fishes.

Важная предпосылка увеличения производства прудовой рыбы в Дагестане – выявление путей и методов повышения эффективности прудового рыбоводства в современных условиях его развития. Оно невозможно без глубокого и всестороннего исследования кормовой базы и путей ее увеличения с учетом особенностей климата и биогеологических условий региона. Для этого необходима в первую очередь детальная и всесторонняя оценка биопродукционных возможностей прудов, изучение потенциала первичных продуцентов – фитопланктона и водных бактерий.

К настоящему времени накоплен достаточный научный и практический опыт в этом направлении [4, 2, 6, 7, 8], однако последние два десятилетия он неполно использовался из-за сложной экономической обстановки.

В работе проведен анализ результатов исследования выращивания рыбы в прудах различных категорий Широкольского рыбокомбината в период наиболее высокой степени интенсификации. Основной целью при этом являлось выявление такого уровня рыбопродуктивности, когда будет иметь место наиболее рациональное использование кормов и минеральных удобрений и уменьшение влияния эвтрофикации прудов как отрицательного явления, влекущего за собой ухудшение условий среды обитания и, как следствие, снижение темпов роста рыбы.

Для анализа взяты результаты производственной деятельности рыбхоза за 1987-88 гг., когда в хозяйстве был достигнут наивысший уровень интенсификации при выращивании рыбы, а также исследования по изучению биопродукционного потенциала прудов различных категорий, влияния на рыбопродуктивность кормления рыбы и внесения минеральных удобрений.

Изучение кормовой базы прудов включало в себя определение биомассы и численности фито – и бактериопланктона, их колебания в течение вегетационного сезона. Исследовался гидрохимический



режим, определялась динамика и уровень продукционных и деструкционных процессов, их влияние на рыбопродуктивность. Произведена оценка трофического статуса прудов различных категорий.

Исследования проводились на 14 производственных прудах:

- 4 выростных пруда площадью по 17 га, где выращивались сеголетки карпа и растительно-ядных рыб в поликультуре (в тексте – В);
- 4 нагульных пруда площадью от 50 до 70 га, где сеголетки выращивались в поликультуре по непрерывной технологии (НТВ – 1);
- 2 нагульных пруда по 50 га, где выращивали двухлетков в поликультуре по обычной технологии (ОТВ);
- 4 нагульных пруда от 55 до 70 га, где выращивали двухлетков в поликультуре по непрерывной технологии (НТВ – 2).

Сезонная динамика основных гидрохимических показателей в прудах зависела от степени интенсификации. За 2 сезона наблюдений температура воды не выходила за рамки среднегогодовой. В июле и в августе она не превышала $30,6^{\circ}$, в среднем составив за сезон по прудам $22,0^{\circ}$ – $24,9^{\circ}$. Активная реакция среды в целом была нормативной, колебаясь от 5,7 до 8,7. Однако в прудах с интенсивным кормлением в летние месяцы она опускалась до 5,4. В этих случаях проводилось известкование кормовых мест. В прудах периодически возникало «цветение» воды. Тогда из-за активных процессов фотосинтеза реакция среды становилась сильно щелочной, доходя до 10,2. При этом в пруды подавали свежую воду, уменьшали норму корма, временно прекращали удобрение прудов.

Содержание кислорода в прудах со сравнительно невысокой степенью интенсификации (В и ОТВ) колебалось от 4,0 до 8,2 мг/л. В прудах НТВ – 1 и НТВ – 2 его колебания были более значительными – от 1,6 до 8,8 мг/л. Дефицит кислорода отмечался ранним утром в июле и в августе. Гибели рыбы не отмечалось.

Перманганатная окисляемость была наиболее высокой также в прудах НТВ – 1 и НТВ – 2, доходя летом до 31,8 мг О/л, что говорит о значительном накоплении в этих прудах легкоокисляющейся органики. В среднем за сезон этот показатель составил в прудах В – 18,1, НТВ – 1 – 19,4, ОТВ – 19,3 и в прудах НТВ – 2 – 20,7 мгО/л.

Содержание фосфатов не превышало 0,1 мг Р/л, а азотных солей – 0,3 мг N/л.

Вода в хозяйство подается из реки Терек. По классификации О.А. Алекина (1970) она относится к гидрокарбонатному классу группы кальция. Для воды характерно высокое содержание минеральной взвеси. Общая соленость составляет 352-573 мг/л.

Двухлетними исследованиями фитопланктона установлено, что степень его развития пропорциональна количеству рыбы в прудах и степени интенсификации. Наименьшие его биомассы отмечаются обычно в начале сезона, когда он только развивается. В это время он также активно выедается зоопланктоном. Летом наблюдается резкое увеличение биомассы, при этом по прудам количество фитопланктона может сильно варьировать. Это зависит от частого взмучивания воды ветром, резкого уменьшения выедания его толстолобиками в жаркие дни. В последнем случае обычно возникает «цветение» воды (конец июля). В это время биомасса фитопланктона достигает в прудах НТВ-2 123 г/м^3 . Здесь преобладают синезеленые и евгленовые водоросли. Последние являются индикаторными организмами. Их больше там, где выше интенсификация, где высока биомасса бактериопланктона и детрита. В выростных прудах и прудах НТВ-1 максимум биомассы фитопланктона находится в диапазоне $7-40 \text{ г/м}^3$ и отмечается обычно в конце сезона (начало октября).

Развитие различных групп фитопланктона неравнозначно. По биомассе в процентном отношении основную долю занимали евгленовые. Затем идут протококковые и диатомовые водоросли. Синезеленые составляют в среднем 7-12% биомассы, однако при массовом развитии в прудах В они достигают 55%, НТВ-1 – 82%, ОТВ – 52%, НТВ-2 – 59% от общей биомассы, при этом сильно преобладая по численности.

В весовом отношении во всех категориях прудов преобладали евгленовые. Далее идут протококковые, диатомовые и синезеленые.



Биомасса фитопланктона не может в полной степени служить критерием для оценки трофности водоема, так как его продукционные способности зависят от его видового состава, средних размеров фитопланктонных клеток, освещенности, температуры, наличия биогенных элементов и т.д.

Уровень продукционных процессов фитопланктона определяли скляночным методом Винберга в кислородной модификации [3].

В наших условиях фотосинтез в прудах был довольно интенсивным. В прудах В в среднем за сезон он составил 8,3 мг O_2 /л сутки (максимальный – 15,2), в прудах НТВ-1 – 7,5 (12,9), в прудах ОТВ – 8,2 (14,8) и в прудах НТВ-2 – 11,6 (17,9).

Для оценки участия фитопланктона в продукционных процессах в прудах различных категорий была рассчитана сезонная эффективная первичная продукция (ЭПП). Длительность вегетационного сезона исчисляли количеством дней с температурой воды выше 15°C (табл. 1).

Таблица 1

Сезонные п/в - коэффициенты фитопланктона и уровень трофии прудов Широкопольского рыбокомбината в 1987-1988 гг. (средние показатели за 2 года)

№	Показатели	Ед.измер.	В	НТВ-1	ОТВ	НТВ-2
1	Эффективная первичная продукция	ккал/м ² сутки	14,9	12,7	20,0	27,8
2	Продолжительность вегетационного сезона	Сутки	98	86	120	140
3	Сезонная эффект. ПП (первичная продукция)	ккал/м ² сезон	1414	1092	2407	3903
4	Средняя биомасса фитопланктона за сезон	ккал/м ²	8,3	13,3	14,4	24,3
5	Сезонный П/В-коэффициент	Ед.	185	85	223	211
6	Рыбопродуктивность по растительоядным рыбам	ккал/м ² сезон	55	42	67	136
7	Ее процент от эффект. ПП (коэффициент ассимиляции)	%	3,9	3,8	2,8	3,5

Примечание: Эффективная первичная продукция принята за 80% от валовой, 1 г сырого вещества фитопланктона – 1 ккал, 1 мО₂/л – 3,5 кал.

Рыбопродуктивность по растительоядным рыбам сильно зависит от ЭПП. В наших условиях получены следующие уравнения, где y – рыбопродуктивность по растительоядным рыбам (ккал/м²), x – ЭПП (ккал/м² · сезон):

линейная $y = 0,05 \cdot x - 13,80$ (коэффициент корреляции $r = 0,92$), показательная $y = 23,055 \cdot 1,0005^x$ (в прологарифмированном виде $\lg y = 1,3627 + x \cdot 0,0002361$ при $r = 0,91$), степенная $y = 0,20425 \cdot x^{0,97126}$ (в прологарифмированном виде $\lg y = 0,97126 \cdot \lg x - 1,3101$ при $r = 0,90$).

Интенсивность фотосинтеза лимитируется не только температурой воды и освещенностью, но и наличием минеральных солей, необходимых для синтеза белков, углеводов и других органических соединений, входящих в состав клеток фитопланктона. Одним из главных биогенных элементов здесь является азот. В наших условиях обработка данных по 14 прудам различных категорий показала, что ЭПП пропорциональна количеству внесенного в пруды азота минеральных удобрений, что описывается показательной функцией $ЭПП = 333 \cdot 1,13^N$, где ЭПП выражена в ккал/м² сезон, а N – количество внесенного с удобрениями азота в г/м²хсезон. Приведенное к линейному виду уравнение приобретает вид $\lg ЭПП = 2,522 + x \cdot 0,0545$ ($n=14$; $P=0,05$; $t_s=2,18$; $t_z=3,08$). В этой зависимости примечательно то, что при отсутствии внесения минеральных удобрений ЭПП теоретически равна 333 ккал/м²хсезон. По этой величине можно вычислить примерное усвоение фитопланктоном минерального азота, поступающего в воду за счет минерализующей деятельности водной микрофлоры. В области изменения имеющихся параметров определена линейная регрессия $ЭПП = 221 \cdot N - 932$ ($r = 0,74$). Она показывает прирост ЭПП в количестве 221 ккал/м²хсезон на 1 грамм вносимого в пруд азота на 1 м² площади прудов. Таким образом, в естественных условиях пруда без удобрений ЭПП составляет 333 ккал/м²хсезон, что равнозначно усвоению фитопланктоном за этот период 1,5г N/м² х сезон. При средней глубине прудов 1,25 м и вегетационном сезоне 110 суток за сутки в естественных условиях усваивается 0,01 мг



Н/л, что в принципе сопоставимо с данными гидрохимических анализов в таких прудах, обычно улавливающих только следы азота.

При сравнении уровня первичного продуцирования в прудах различных категорий обращено внимание на то, что количество вносимых в пруд минеральных удобрений еще не самый главный существенный фактор. Большое значение здесь имеет и кормление карпа. Поступление биогенных элементов посредством минерализующей деятельности бактерий, «сседающих» остатки корма и фекалии рыб, дает существенный стимул к развитию фитопланктона. В наших экспериментах выявлена пропорциональная зависимость ЭПП от количества внесенных в пруд комбикормов, которая имеет вид $ЭПП = 3098 \cdot \lg K - 5648$, где ЭПП выражена в $\text{ккал}/\text{м}^2 \cdot \text{хсезон}$, K – количество внесенных кормов в $\text{ккал}/\text{м}^2 \cdot \text{хсезон}$. Зависимость имеет очень высокий коэффициент корреляции, равный 0,93 и достоверную значимость ($n=14$; $P=0,05$; $t_s=2,18$; $t_z=5,50$).

Определение продукционной активности единицы биомассы фитопланктона показало, что его P/V – коэффициенты определяют высокую продуктивность прудов (P/V – отношение эффективной первичной продукции к биомассе фитопланктона). Рассчитанные нами среднесуточные P/V – коэффициенты колебались от 0,44 до 1,87, имея довольно четкую гиперболическую зависимость от среднесезонной биомассы фитопланктона ($P/V = 7,74/V + 0,514$). Трансформируя уравнение определено, что продукция фитопланктона прямо пропорциональна его биомассе ($P = 7,74 + 0,514 \cdot V$). Оба показателя измерялись в $\text{ккал}/\text{м}^2$.

По водоемам аридной зоны (нагульные и выростные пруды Астраханской области) по данным М.И Новожиловой и др. (1987) не обнаружено достоверной связи между суточной ЭПП и биомассой фитопланктона ($r = 0,38$) и его P/V – коэффициентом ($r = 0,33$). На нашем материале установлена линейная регрессия $V = 1,175 \cdot P - 0,8$ ($r = 0,63$), где V – среднесезонная биомасса в $\text{ккал}/\text{м}^2$, P – эффективная первичная продукция в $\text{ккал}/\text{м}^2 \cdot \text{хсутки}$.

Наряду с изучением развития фитопланктона и его продукционной активности проведена работа по оценке развития бактериопланктона, влиянию его на деструкционные процессы, определению его продукции. Проведенные исследования показали, что наибольшая численность бактерий там, где выращивается большая масса рыбы, вносится больше минеральных удобрений и кормов. Сравнение среднесезонной численности бактериопланктона (млн. кл/мл) с расходом кормов ($\text{кг}/\text{м}^3$) показало, что они очень тесно взаимосвязаны. Эта зависимость отражается уравнением показательной функции $y = 0,04 \cdot 1,11^x$, где x – число бактерий в воде, а y – расход кормов. Переменные x и y осреднены по категориям прудов. По прологарифмированной функции получен коэффициент корреляции 0,995.

При расчете продукции бактериопланктона принималось, что 1 млн. клеток бактерий равен 1×10^3 мг сырой биомассы, P/V – коэффициент условно принят равным 0,82, что в среднем характерно для нагульных и выростных прудов аридной зоны [3]. Количество способных продуцировать бактерий по нашим данным в среднем составляло 40% от общей численности. По калорийности 1 мг сырой биомассы приравнивали к 1 калории. При оценке поступления в пруд аллохтонной органики (комбикорм) принимали, что при средней влажности корма 13% его 1грамм соответствует 4,35 ккал.

Соотношение первичной и бактериальной продукции представлено в табл. 2.

Удельный вес продукции бактериопланктона по отношению к ЭПП значителен и в среднем составляет 36% ($B - 36$, $НТВ - 31$, $ОТВ - 34$, $НТВ-2 - 43\%$).

Всесторонний анализ продукционных свойств фито – и бактериопланктона положен в основу опытов по определению эффективности минеральных удобрений.

Таблица 2

Соотношение бактериальной и первичной продукции в прудах и его влияние на рыбопродуктивность

№	Показатели	Ед. измер.	В	НТВ-1	ОТВ	НТВ-2
1	Численность бактериопланктона	млн. кл/мл	16,0	12,0	13,8	24,6



2	Численность бактерий, способных продуцировать	млн. кл/мл	6,4	4,8	5,5	9, 8
3	Продукция бактериопланктона	ккал/ м ² сутки	5,25	3,93	6,77	12,05
4	Ср.сезонная биомасса бактерий – анаэробов в воде	ккал/ м ²	8,0	6,0	10,3	18,4
5	Длительность вегетационного сезона	дней	98	86	120	140
6	Продукция бактериопланктона за сезон	ккал/м ² сезон	515	338	812	1687
7	Эфф. продукция фитопланктона за сезон	ккал/м ² сезон	1414	1092	2407	3903
8	Суммарная продукция (п.6 и п.7)	ккал/м ² сезон	1929	1430	3219	5590
9	Бактерии в воде, не способные продуцировать	ккал/м ² сезон	784	516	1236	2576
10	Аллохтонная органика:комбикорм	ккал/м ² сезон	1044	609	1109	3524
11	Органическое вещество в воде прудов (сумма п. 8, 9 и 10)	ккал/м ² сезон	3757	2555	5564	11690
12	Рыбопродуктивность	ккал/м ² сезон	222	Не обла- ливались	276	379

Таблица 3

Нормы и сроки внесения минеральных удобрений в пруды

Периоды сезона	В					НТВ-1				
(этапы)	Сроки	Интервал внесения (дней)	Внести ам. селитры кг/га	Внести пр. суперфосфата кг/га	Соотношение N:P в удобрениях	Сроки	Интервал внесения (дней)	Внести ам. селитры кг/га	Внести пр. суперфосфата кг/га	Соотношение N:P в удобрениях
1	до 10.07	5	60	60	4:1	до 10.07	10	60	30	8:1
2	10.07- 15.08	5	30	22	6:1	с 10.07 по 1.09	5	30	15	8:1
3	с 15.08	10	60	45	6:1	с 1.09	10	60	30	8:1
	ОТВ					НТВ-2				
1	до 30.05	10	60	45	6:1	до 30.05	10	60	45	6:1
2	с 1.06 до 20.08	5	30	15	8:1	с 1.06 по 1.08	5	30	15	8:1
3	с 20.08	10	60	45	6:1	с 1.08	10	60	45	6:1

В результате проведенных экспериментальных работ по определению оптимального соотношения азота и фосфора при внесении минеральных удобрений в пруды различных категорий выяснено, что оптимум их соотношения находится в интервале $N : P = 4 : 1 - 8 : 1$, закономерно изменяется в течение сезона и зависит от многих факторов [6]. После обработки полученных материалов предложена схема норм и сроков внесения минеральных удобрений в пруды (табл. 3). Удобрение прудов по предложенной схеме приобретает четкую агрономическую основу и дает значительный экономический эффект (табл. 4). По сравнению с 1987 годом, когда внесение минеральных удобрений носило в целом стихийный характер, рыбопродуктивность нагульных прудов по растительноядным рыбам увеличилась на 60% и поднялась от 0,5 до 0,8 т/га. В выростных прудах она увеличилась на 94% и поднялась с 0,50 до 0,97 т/га.

Анализ рыбоводных показателей указывает на то, что применяемый уровень интенсификации хотя и находился на высоком уровне (табл. 5), тем не менее, возможно достижение рыбопродуктивности по нагульным прудам до 3 т/га при выращивании в поликультуре двухлетков карпа и растительноядных рыб [5]. Также реально достижение рыбопродуктивности по сеголеткам до 1,5-1,8 т/га.

Таблица 4



Эффективность использования минеральных удобрений в прудах в связи с переходом на удобрение по результатам опытов на биологическую потребность в биогенах

Категории прудов	Показатели	Ед.измер.	1987 г.	1988 г.	1989 г.	% 1989 к 1987 г.
В	Внесено мин. удобрений	т/га	0,77	0,63	0,81	105
	Вылов р/я рыб	т/га	0,50	0,61	0,97	194
	Удобрительный коэфф. по р/я рыбам	ед.	1,52	1,03	0,83	55
	Эксплуатируемая площадь прудов	га	125	182	155	124
ОТВ	Внесено мин. удобрений	т/га	0,84	0,86	0,62	74
	Вылов р/я рыб	т/га	0,50	0,83	0,80	160
	Удобрительный коэфф. по р/я рыбам	ед.	1,67	1,04	0,80	48
	Эксплуатируемая площадь прудов	га	237	633	723	302
НТВ	Внесено мин. удобрений	т/га	1,42	1,15	1,08	76
	Вылов р/я рыб	т/га	1,68	1,70	1,69	101
	Удобрительный коэфф. по р/я рыбам	ед.	0,85	0,68	0,64	75
	Эксплуатируемая площадь прудов	га	325	169	185	57

Таблица 5

Основные рыбоводные показатели прудов Широкопольского рыбокомбината при выращивании карпа а поликультуре с растительными рыбами в условиях наиболее интенсивного ведения хозяйства (данные за 1988 г.)

№ п/п	Показатели	Ед. изм	Категории прудов		
	Вылов: 1) карпа		0,52	0,64	1,82
1	2) растительных	т/га	0,61	0,82	1,70
	3) всего		1,13	1,46 (1,59)	3,52
	Выход: 1) карпа		39	74	79
2	2) растительных	%	42	68	98
	3) общий		41	70 (64)	88
	Средняя масса рыб:				
	1) карпа		37	485	514
3	2) растительных	г.	40	554	555
	3) общая		39	521 (507)	534
	Расход годовиков на 100 кг. рыбы: 1) карпа			281	248
4	2) растительных	шт.		266	180
	3) всю посаженную рыбу			273 (308)	201
	Внесено мин.удобрений:				
	1) аммиачная селитра		0,34	0,55	0,73
5	2) простого суперфосфата	т/га	0,29	0,31	0,42
	3) всего		0,63	0,86	1,15
	Кормовые затраты: 1) карпа	т/т	3,0	3,1	4,45
6	2) общие		1,4	1,3(2,2)	2,30
7	Расход мин. удобрений на растительных рыб (удобрительный коэффициент)	т/т	1,03	1,04	0,68

Примечание: В скобках указаны показатели по Северо-Кавказскому экономическому району РФ за 1988 г.



В современных условиях экономически целесообразней выращивать рыбу без кормления с применением минеральных удобрений. В прудах ОТВ с учетом ассимиляционного коэффициента 2,8% рыбопродуктивность по растительноядным рыбам должна составить 0,9-1,1 т/га, а в прудах НТВ-2 при том же показателе, равном 3,5% – 1,2-1,4 т/га. При этом обязательна посадка карпа из расчета на получение естественной рыбопродуктивности 0,10-0,15 т/га.

Библиографический список

1. *Алекин О.А.* Основы гидрохимии. – Л. Гидрометиздат, 1970. – 443 с.
2. *Бер С.Б., Магомаев Ф.М., Абдусаматов А.С.* Эффективность использования минеральных удобрений при выращивании сеголетков растительноядных рыб в поликультуре с карпом в Дагестанской АССР. // Сборник научных трудов «Вопросы интенсификации прудового рыбоводства». – М., ВНИИПРХ, 1981. – С.59-66.
3. *Винберг Г.Г.* Первичная продукция водоемов. – Минск, 1960. – 328 с.
4. *Магомаев Ф.М., Бер С.Б., Щацкаев Ю.А.* Выращивание растительноядных рыб в поликультуре с карпом в Дагестане. // Сборник научных трудов «Растительноядные рыбы и новые объекты рыбоводства и акклиматизации». – М. ВНИИПРХ, 1979. – С.158-167.
5. *Магомаев Ф.М., Магомедов Г.А.* Интенсификационные мероприятия по повышению рыбопродуктивности прудовых хозяйств. Информационный листок. Даг. МТЦ НТИ и П № 36-86. 1986. – 3 с.
6. *Магомаев Ф.М., Бер С.Б.* Эффективность оптимизации соотношения азота и фосфора при внесении минеральных удобрений в пруды. // Сборник научных трудов «Растительноядные рыбы и новые объекты рыбоводства и акклиматизации». – М. ВНИИПРХ, 1991. – С.26-35.
7. *Магомаев Ф.М., Бекин А.Г., Магомедов Г.А., Бер С.Б., Ахмаев Э.А.* Рекомендации по выращиванию рыбопосадочного материала в условиях Дагестана. – М. ВНИИПРХ. 1993. – 27 с.
8. *Магомаев Ф.М., Бекин А.Г., Бер С.Б.* Производственный опыт непрерывного выращивания товарной рыбы на естественных кормах. Серия Аквакультура. – М. ВНИЭРХ, 1994. вып. 2. – С.1-15.
9. *Новожилова М.И., Сокольский А.Ф., Горбунов К.В.* Микрофлора и удобрение прудов аридной зоны СССР. – Алма-Ата, 1987. – 151 с.