

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ ИНТЕНСИВНО
ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ПРУДОВ РАЗНОЙ КАТЕГОРИИ В
МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЯХ**

Г.П. Воронова, Л.А. Куцко, В.В. Супранович, А.И. Макаревич

*РУП «Институт рыбного хозяйства»,
220024, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Стебенева, 22,
e-mail: belniirh@tut.by*

**DEFINING THE NEED INTENSIVELY OPERATED PONDS OF VARIOUS
GRADES IN MINERAL FERTILIZERS**

G.P. Voronova, L.A. Kutsko, V.V. Supranovich, A.I. Makarevich

*RUE "Fish industry institute",
220024, Stebeneva str., 22, Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: belniirh@tut.by*

Резюме. Изучена потребность интенсивно эксплуатируемых прудовых экосистем в минеральных удобрениях. Показано, что за счет внутренних резервов прудовая экосистема способна продолжительное время эффективно функционировать без использования минеральных удобрений.

Ключевые слова: минеральные удобрения, первичная продукция, бактериальная минерализация, методы определения потребности, рыбоводные пруды.

Abstract. There was studied the need intensively operated pond ecological systems in mineral fertilizers. It is shown that due to internal resources the pond ecological system is quite capable of efficient functioning without mineral fertilizers being used.

Keywords: mineral fertilizers, primary products, bacterial mineralization, methods need defining, fish breeding ponds.

Введение

Минеральные удобрения являются одним из основных средств регулирования биологической продуктивности прудов, от которой зависит

естественная рыбопродуктивность, а также качество среды, формирующееся под влиянием живых организмов.

Внесение минеральных удобрений в пруды стимулирует развитие естественной кормовой базы и в первую очередь фитопланктона [1-5]. Исследованиями, проведенными на опытных прудах рыбхозов Беларуси, выявлено, что первичная продукция фитопланктона и рыбопродуктивность прудов находятся в прямой зависимости [6], а утилизация рыбами валовой продукции составляет 6-8% [7, 8].

В то же время современное ведение прудового хозяйства характеризуется высокими плотностями посадки выращиваемой рыбы и интенсивным кормлением ее комбикормами. В пруды поступают значительные количества растворенного и взвешенного органического вещества и биогенов в виде разложившихся остатков кормов и фекалий рыб. Известно, что около 30-40 % комбикормов, вносимых в пруд, не потребляется рыбой ввиду вымывания их в воду [9]. До 50-60 % от съеденного корма поступает в воду в виде экскрементов, с которыми вносится столько же фосфора и азота, сколько вносится с минеральными удобрениями при норме удобрения по 200-250 кг/га аммиачной селитры и суперфосфата [10].

В балансе питательных веществ большое значение имеют биогенные элементы почвы прудов, высвобождаемые в ходе различных биохимических реакций, и метаболиты гидробионтов. Гидробионты в процессе жизнедеятельности выделяют в окружающую среду значительное количество продуктов метаболизма различной химической природы: органические кислоты, углеводы, аминокислоты и другие продукты азотного обмена [11-13], которые хорошо усваиваются различными группами водорослей [14-16], вызывая «цветение» воды в прудах без внесения минеральных удобрений.

В настоящей статье представлены материалы исследований определения потребности интенсивно эксплуатируемых прудов в минеральных удобрениях.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили на шести производственных выростных и нагульных прудах рыбхоза «Вилейка» и «Красная Слобода», Минской области, отличающихся по типу и составу почв, на которых они расположены. Группы прудов рыбхоза «Вилейка» представлены гумусированным песком, рыбхоза «Красная Слобода» заиленными торфяно-болотными почвами, а также заиленным и заторфованным песком.

Определение потребности прудов в минеральных удобрениях осуществляли несколькими методами [17, 18, 19]:

- методом биологических испытаний, основанном на использовании склянок с введенными в них растворами биогенов (солей азота и фосфора);
- методом стационарных гидрохимических исследований;
- измерением прозрачности воды;
- определением уровня развития фитопланктона в прудах.

Интенсивность бактериальной минерализации органического вещества рассчитывали по формуле Н. Д. Иерусалимского [20]. При расчетах количества регенерируемых биогенных элементов исходили из предположения, что в сухой массе бактерий соотношение С:N:P составляет 106:16:1, содержание углерода в сухом органическом веществе 50 %.

Результаты исследований и их обсуждение

Определение потребности прудовых экосистем в минеральных удобрениях методом биологических испытаний показало, что независимо от концентрации фитопланктона и доминирования комплекса водорослей в 8 случаях из 22 (36 %) проявилась нуждаемость прудов в азотно-фосфорных удобрениях, в 10 случаях (46 %) нуждаемость была только в одном из биогенных элементов, и только в 4-х случаях (18 %) потребность в биогенах отсутствовала (таблица 1, 2).

Таблица 1 - Биологическая потребность планктона в азоте и фосфоре при разной концентрации фитопланктона в выростных и нагульных прудах рыбхоза «Красная Слобода», 2011 г.

Пруд №№	Дата	Биомасса фитопланктона мг/л	Доминирующий комплекс водорослей	Потребность в биогенных элементах		
				N	P	N P
В-10	16.06	164,62	зеленый	+	-	+
	18.08	157,46	зеленый	-	+	+
	20.09	4,82	зеленый	+	+	+
В-11	16.06	132,52	зеленый	+	+	+
	18.08	188,65	зеленый	+	+	+
	20.09	15,218	динофитово-зеленый	+	-	+
Н-3	10.05	20,97	синезеленый	-	-	-
	16.06	133,65	синезеленый	-	-	-
	18.08	49,23	синезеленый	+	-	+
	20.09	32,64	зелено-синезеленый	+	+	-
Н-4	10.05	29,23	синезеленый	+	+	+
	16.06	127,01	синезеленый	+	-	-
	18.08	56,33	синезеленый	+	-	-

Таблица 2 - Биологическая потребность планктона в азоте и фосфоре при разной концентрации фитопланктона в выростном и нагульном прудах рыбхоза «Вилейка», 2011 г.

Пруд №№	Дата	Биомасса фитопланктона мг/л	Доминирующий комплекс водорослей	Потребность в биогенных элементах		
				N	P	N P
В-6	1.06	27,40	диатомово-зеленый	+	-	-
	6.07	21,84	диатомово-синезеленый	-	-	-
	9.08	39,39	диатомово-зеленый	+	+	+
	13.09	3,18	динофитово-золотистый	+	+	+
Н-8	4.05	8,73	зелено-диатомовый	+	+	+
	1.06	14,69	синезеленый	-	-	-
	6.07	53,57	синезеленый	+	-	-
	9.08	57,66	синезеленый	+	-	-
	13.09	32,44	синезеленый	+	+	+

Оценка потребности прудов в минеральных удобрениях методом стационарных гидрохимических исследований, исходя из содержания в воде азота и фосфора, указала на необходимость внесения фосфорных удобрений в 18 случаях из 22 (82%), азотных удобрений в 12 случаях из 22 (54%), когда

концентрация фосфора и азота ($\text{NH}_4^+ \text{NO}_3^-$) была ниже технологической нормы для кормовых прудов (0,7-1,5 мг N/л и 0,1 мг P/л) (таблица 3).

Таблица 3 - Содержание биогенных элементов в воде выростных и нагульных прудов рыбхозов «Красная Слобода» и «Вилейка», 2011 г.

Пруд №№№	Дата	Показатели		
		NH_4^+ ,мг N/л	NO_3^- ,мг N/л	P мин.,мг P/л
рыбхоз «Красная Слобода»				
Н-3	10.05	0,40	0,22	0,050
	16.06	0,06	0,32	0,046
	17.08	0,37	0,14	0,041
	20.09	0,30	0,24	0,034
Н-4	10.05	0,12	0,24	0,032
	16.06	0,30	0,12	0,040
	17.08	0,69	0,24	0,063
В-10	16.06	0,18	0,04	0,060
	17.08	0,66	0,20	0,004
	20.09	0,26	0,14	0,130
В-11	16.06	0,37	0,22	0,065
	17.08	0,52	0,14	0,022
	20.09	0,47	0,32	0,115
рыбхоз «Вилейка»				
Н-8	4.05	0,45	0,30	0,025
	1.06	0,14	0,20	0,028
	6.07	0,55	0,30	0,067
	9.08	0,35	0,38	0,034
	13.09	0,34	0,24	0,128
В-6	1.06	0,29	0,22	0,099
	6.07	0,72	0,52	0,27
	9.08	0,23	0,10	0,007
	13.09	0,29	0,52	0,032

В тоже время определение прозрачности по белому диску Секки показало, что при средней глубине выростных прудов 1,0 м, нагульных – 1,5 м, прозрачность воды в выростных прудах рыбхозов «Красная Слобода» и «Вилейка» в течение сезона составляла от 35 до 80 % глубины пруда, в нагульных от 17 до 47 % глубины пруда, что указывает на необходимость внесения удобрений только в выростном пруду рыбхоза «Вилейка» в июне, когда прозрачность воды составляла 65 % глубины пруда (таблица 4).

Таблица 4 - Прозрачность воды в выростных и нагульных прудах рыбхозов «Красная Слобода» и «Вилейка», 2011 г.

Пруд №№	Дата	Прозрачность, см	% от средней глубины пруда
рыбхоз «Красная Слобода»			
В-10	16.06	45	45
	18.08	40	40
	20.09	60	60
В-11	16.06	45	45
	18.08	35	35
	20.09	50	50
Н-3	10.05	40	27
	16.06	30	20
	18.08	30	20
	20.09	40	27
Н-4	10.05	30	20
	16.06	30	20
	18.08	25	17
рыбхоз «Вилейка»			
В-6	1.06	65	65
	6.07	35	35
	9.08	50	50
	13.09	80	80
Н-8	4.05	70	47
	1.06	65	43
	6.07	40	27
	9.08	35	23
	13.09	35	23

Внесение в пруды азотно-фосфорных удобрений при прозрачности воды ниже 50 % глубины пруда нецелесообразно, так как может привести к избыточному развитию водорослей и снижению фотосинтеза в результате самозатенения и отмирания. Также нецелесообразно вносить минеральные удобрения в сентябре, когда температура воды ниже 15°C и эффективность их применения снижается.

В исследуемых прудах отмечена тенденция к снижению прозрачности воды с увеличением концентрации фитопланктона. Максимальная прозрачность воды (60-80 % от средней глубины пруда) была зафиксирована в выростных прудах обоих рыбхозов в сентябре при минимальной биомассе водорослей (8,18-4,82 г/м³).

Используя комплексный подход, при оценке потребности прудов в минеральных удобрениях выявлена нуждаемость в них в начале сезона выростных прудов, расположенных на песках. В выростных прудах, расположенных на торфяниках, и нагульных прудах независимо от типа грунтов применение минеральных удобрений в изученных рыбхозах было нецелесообразно, из-за интенсивного развития фитопланктона. В результате проведенных исследований выявлено, что при определении потребности прудов в минеральных удобрениях как экспресс-метод можно использовать показатели прозрачности воды в прудах по белому диску Секки. При прозрачности воды более 50 % глубины пруда необходимо проведение дополнительных исследований методами биологических испытаний и стационарных наблюдений.

Проведенными исследованиями выявлено, что внутренние резервы интенсивно эксплуатируемых прудовых экосистем позволяют поддерживать концентрацию первичного звена – фитопланктона, на которое направлено действие минеральных удобрений, на высоком уровне (24-115 г/м³ в среднем за сезон).

При этом величина валового фотосинтеза в интенсивно эксплуатируемых прудах составляла от 2,0 до 6,8 г O₂/м³·сут⁻¹, что соответствует продуктивным и высокопродуктивным прудам [7] (таблица 5).

Несмотря на интенсивное развитие фитопланктона в прудах рыбхоза «Красная Слобода», где биомассы в среднем за сезон составляли 73,6-112,0 г/м³, процессы продуцирования органического вещества в основном преобладали над деструкцией (A/R>1) (таблица 5). В то время как в прудах рыбхоза «Вилейка» при более низких показателях развития водорослей (24,8-39,6 г/м³ в среднем за сезон) процессы распада органического вещества преобладали над фотосинтезом. Возможно, это связано с интенсивной минерализацией органического вещества микробальным сообществом, или вызвано слабой инсоляцией из-за пасмурных дней, приходящих на период постановки опытов.

Таблица 5 - Средние значения валовой первичной продукции и деструкции планктона в производственных выростных и нагульных прудах рыбхозов «Красная Слобода» и «Вилейка», 2011 г.

Пруд №№	A г O ₂ /м ³ ·сут ⁻¹	R г O ₂ /м ³ ·сут ⁻¹	A-R г O ₂ /м ³ ·сут ⁻¹	A/R
рыбхоз «Красная Слобода»				
В-10	4,3	3,7	0,6	1,2
В-11	2,8	4,3	-1,5	0,6
Н-3	5,7	4,6	1,1	1,2
Н-4	6,8	4,4	2,4	1,5
рыбхоз «Вилейка»				
В-6	2,0	2,2	-0,2	0,9
Н-8	2,3	2,5	-0,2	0,9

Примечание:

A – валовая продукция; R – деструкция планктона; A-R – чистая продукция планктона.

Основная масса органического вещества в рыбководных прудах образуется в результате фотосинтеза фитопланктона и макрофитов, биохимический состав которого наряду с бактериальными ценозами, температурой и степенью кислородного насыщения воды в основном определяют скорость бактериальной деструкции. Расчеты показали, что в исследуемых выростных и нагульных прудах за вегетационный сезон минерализуется от 861 до 2108 кг/га сухого вещества, что составляет от 30,4 до 95,0 % продукции фитопланктона (таблица 6).

За вегетационный сезон в результате минерализующей деятельности бактериопланктона в пруды поступает от 4,1 до 9,9 кг/га фосфора и от 65,0 до 159,1 кг/га азота, которые активно включаются в биотический круговорот экосистемы пруда, определяя тем самым формирование первичной продукции в водоеме.

Таблица 6 - Интенсивность минерализации (D, кг/га сухого вещества) и регенерации биогенных элементов (азот, фосфор) и возможный за счет этого фотосинтез за вегетационный сезон 150 суток в нагульных и 90 суток в выростных прудах рыбхозов «Вилейка» и «Красная Слобода»

Рыбхоз, пруд №	D, кг/га	D/P ф*, %	Регенерируемый, кг/га		P ₂ ***, кг С/га	P ₁ ** , кг С/га	P ₂ /P ₁ , %
			азот	фосфор			
рыбхоз «Красная Слобода»							
В-10	924	42,6	69,7	4,3	430	1431	30,0
В-11	1027	72,8	77,5	4,8	480	936	51,3
Н-3	2108	44,0	159,1	9,9	990	3165	31,3
<i>Продолжение таблицы 6.</i>							
Н-4	1735	30,4	130,9	8,2	820	3780	21,7
рыбхоз «Вилейка»							
В-6	861	85,4	65,0	4,1	410	540	75,9
Н-8	1835	95,0	137,6	8,6	860	1275	67,5

Примечание:

* D/P ф, % - отношение количества минерализованного вещества к первичной продукции фитопланктона, последняя рассчитывалась как 80 % от валового фотосинтеза.

** P₁ – валовая первичная продукция в прудах

*** P₂ – возможный фотосинтез за счет бактериальной регенерации фосфора

Учитывая значимость процессов регенерации для обогащения фотического слоя в водоемах, представляет интерес оценить, какая часть общей первичной продукции в исследуемых нами рыбоводных прудах синтезируется за счет бактериальной регенерации фосфора. Расчеты показали, что за счет бактериальной регенерации фосфора в интенсивно эксплуатируемых прудах за вегетационный сезон 90-150 суток возможен синтез от 410 до 990 кг С/га, что составляет от 21,7 до 75,9 % валовой первичной продукции.

Заключение

Проведенными исследованиями выявлено, что внутренние резервы интенсивно эксплуатируемых прудовых экосистем позволяют поддерживать концентрацию первичного звена – фитопланктона, на которое направлено

действие минеральных удобрений, на высоком уровне (24-115 г/м³ в среднем за сезон).

Показано, что величина валового фотосинтеза в интенсивно эксплуатируемых прудах составляла 2,0-6,8 г O₂/м³·сут⁻¹, что соответствует продуктивным и высокопродуктивным прудам.

Рассчитана бактериальная минерализация органического вещества. Выявлено, что за счет регенерации фосфора в прудах создавалось от 21,7 до 75,9 % первичной продукции фитопланктона.

Используя комплексный подход, при оценке потребности прудов в минеральных удобрениях выявлена нуждаемость в них выростных прудов, расположенных на песках, в начале сезона. В выростных прудах, расположенных на торфяниках, и нагульных прудах независимо от типа грунтов применение минеральных удобрений было нецелесообразно, из-за интенсивного развития фитопланктона.

Показано, что при определении потребности прудов в минеральных удобрениях как экспресс-метод можно использовать показатели прозрачности воды в прудах по белому диску Секки. При прозрачности воды более 50 % глубины пруда необходимо проведение дополнительных исследований методами биологических испытаний и стационарных наблюдений.

Список использованных источников

10. Бахтина В.И. Влияние минеральных и органических удобрений на развитие естественной кормовой базы в выростных прудах / В.И Бахтина // Тр. Всес. науч.-исслед ин-та пруд. рыб. х-ва. – 1967. – Т. 15. – С. 130-153.

11. Ляхнович В.П. Зоопланктон нагульных прудов БССР / В.П Ляхнович // Тр. Бел.. науч.-исслед. ин-та рыб. х-ва. – 1964. –Т.5. – С. 3-8.

12. Просяник Л.В. Влияние удобрений на развитие фитопланктона в рыбоводных прудах / Л.В.Просяник // Тез. докл. X науч. конф. по внутр. вод. Прибалтики. – Минск, 1963. – С. 123-124.

13. Просяник Л.В. Продуктивность прудового фитопланктона и ее регулирование/ Л.В.Просяник // Сб. науч. тр. Бел. науч.-исслед. ин-та рыб. х-ва. – Минск, 1974. – Т.10. – С. 38-51.
14. Wrobel S. Production of basic communities in ponds with mineral fertilization / S.Wrobel // Pol. archive. hydrobiol. – 1971. – № 18, Part. 2. – P. 167-173.
15. Ляхнович В.П. Соотношение кормовой биомассы и рыбопродукции в карповых прудах / В.П.Ляхнович // Тр. Всес. гидробиол. общ. – 1961. – Т II. – С. 299-308.
16. Винберг Г.Г. Первичная продукция водоемов / Г.Г. Винберг – Минск, 1960. – 328 с.
17. Винберг Г.Г. Материалы по первичной продукции планктона рыбоводных прудов / Г.Г. Винберг, А.В. Лешина, В.В. Васильев // Тр. Биол. ст. на оз. Нарочь. – Минск, 1958. – Вып. 1. – С. 23-36.
18. Щербина М.А., Киселев А.Ю. Изменение химического состава и потери питательных веществ комбикормов в воде/ М.А. Щербина, А.Ю. Киселев// Рыбное хоз-во-1985.- №3- С. 38-41.
19. Хабибуллин Э. Т. Влияние карпа и белого амура на гидрохимический режим, первичную продукцию и рыбопродуктивность прудов Белоруссии / Э. Т. Хабибуллин // Автореф. на соиск. уч. степени к.б.н.. – Минск, 1980. – 23 с.
20. Горюнова С. В. Прижизненные выделения органических кислот в окружающую среду сине-зеленой водорослью *Oscillatoria splendiler* / С. В. Горюнова // Москва: АН ССР, 1948. – Т. 60, № 8. – С. 1409-1411.
21. Горюнова С. В. Прижизненные выделения азотсодержащих веществ *Lungbya aestuarii* и их физиологическая роль / С. В. Горюнова, Г. Н. Ржанова // Биология синезеленых водорослей. – Москва: МГУ, 1964. – С. 111-118.
22. Ржанова Г. Н. Внутриклеточные и внеклеточные аминокислоты некоторых сине-зеленых водорослей / Г. Н. Ржанова // Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Москва, 1968. – 24 с.

23. Кузьменко М. И. Усвоение L-с-¹⁴аланина и 5-с-¹⁴глутаминовой кислоты некоторыми синезелеными водорослями / М. И. Кузьменко // Гидробиологический журнал, 1968. – Т. 4, № 3. – С. 41-49.
24. Мережко А. И. Взаимоотношения различных видов водорослей и высших растений, обусловленные их метаболитами / А. И. Мережко, М. И. Кузьменко, И. М. Величко // Сб. «Летучие биологически активные соединения биогенного происхождения». – Москва: МГУ, 1971. – С. 143-152.
25. Акимова Г. Г. Влияние минеральных и органических веществ на развитие фито-планктона в рыбоводных прудах / Г. Г. Акимова // Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Москва, 1972. – 24 с.
26. Инструкция по применению минеральных удобрений в прудах рыбоводных организаций. – 2005.- 10 с.
27. Киселев И. А. Методы исследования планктона / И. А. Киселев // Жизнь пресных вод. – 1956. – № 4. – Ч. 1. – 163 с.
28. Алекин О. А. Руководство по химическому анализу вод суши / О. А. Алекин [и др.]. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1973. – С. 262
29. Крисс А. Е. Морская микробиология (глубоководная) / А. Е. Крисс. – Москва, 1959. – 453 с.