

**ВЛИЯНИЕ СИЛЬВИНИТА НА ПРОЦЕССЫ МОБИЛИЗАЦИИ  
БИОГЕНОВ ИЗ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РЫБОВОДНЫХ ПРУДОВ И  
РЫБОПРОДУКТИВНОСТЬ**

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

*РУП «Институт рыбного хозяйства»,  
220 024, ул. Стебенева, 22, г. Минск, Республика Беларусь,  
[belniirh@tut.by](mailto:belniirh@tut.by)*

**INFLUENCE OF SYLVINITE UPON THE PROCESSES OF BIOGENES  
MOBILIZATION FROM BOTTOM DEPOSITS OF FISH BREEDING  
PONDS AND FISH CAPACITY**

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

*RUE «Fish Industry Institute»,  
Stebeneva str., 22, Minsk, 220 024, Belarus, [belniirh@tut.by](mailto:belniirh@tut.by)*

**Реферат.** Показана эффективность применения сильвинита в прудах в качестве десорбирующего вещества, приводящего к мобилизации биогенов из грунтов, что способствует усилению фотосинтеза в прудах, увеличению естественной кормовой базы и рыбопродуктивности при снижении кормовых затрат, и затрат на применение минеральных удобрений на единицу площади пруда.

**Ключевые слова:** пруд, грунты, сильвинит, десорбция биогенов, рыбопродуктивность.

**Abstract.** There was demonstrated the efficiency of sylvinite application in the ponds as the desorbing substance which causes the mobilization of biogenes from the soils that contributes to photosynthesis intensification in the ponds, increase of natural fodder supply and fish capacity at decrease of fodder consumption and also costs and expenses for application of mineral fertilizers for a unit of pond area.

**Key words:** pond, soils, sylvinite, biogenes desorption, fish capacity.

**Введение**

Современное рыбоводство характеризуется высокоинтенсивными формами ведения хозяйства, связанными с всевозрастающими плотностями посадок рыб и интенсивным их кормлением, что приводит к значительному накоплению в воде и грунтах прудов органических веществ и биогенных элементов. Запас последних в грунтах возрастает с каждым годом за счет пополнения иловых отложений [1].

Кроме того, следует отметить, что свыше 50% внесенных в воду азотно-фосфорных удобрений аккумулируется грунтами и переводится в трудно растворимые соединения, которые практически исключаются из биотического круговорота прудовых экосистем [2,3].

В связи с чем в настоящее время актуальным становится разработка эффективных приемов и методов по мобилизации биогенов из донных отложений, что позволит значительно снизить потребность в них первичного звена: фитопланктона и макрофитов, рационально использовать в прудах минеральные удобрения.

В практике прудового рыбоводства для усиления процессов минерализации органического вещества в грунтах и десорбции биогенов применяют вывод прудов в летование, боронование, известкование. Положительные результаты по мобилизации биогенов и их влиянию на производственные процессы рыбоводных прудов были получены при воздействии на донные отложения дефекационными осадками сахарного производства, содержащими до 85% углекислого кальция и магния [4,5], а также химическими реагентами - аммиачной водой и сильвинитом [6,7]. В тоже время предложенные ранее нормы десорбирующих реагентов, в частности сильвинита (от 370 до 1000 кг/га), в настоящее время требуют пересмотра, так как были разработаны более 30 лет назад для отдельных категорий прудов без учета типа почв на которых они расположены, имеющих разную обеспеченность органическим веществом и биогенными элементами.

Целью данной работы является изучение влияния сильвинита на процессы мобилизации биогенных элементов из донных отложений и рыбопродуктивность рыбоводных прудов.

### **Материалы и методы исследования**

Исследования проводили в 2012-2013 гг. на четырех экспериментальных нагульных прудах рыбхоза "Вилейка" Минской области, общей площадью 0,96 га и двух производственных выростных прудах рыбхоза "Белое" Гомельской области, общей площадью 20 га.

Испытывали действие сильвинита на экосистему прудов, внесенного по заиленным и заторфованным грунтам в дозах, которые были предварительно отработаны в модельных опытах [8]. Внесение сильвинита по грунту проводили за 2-4 недели до заливания прудов водой из расчета 400 кг/га по заиленным гумусированным пескам рыбхоза "Вилейка" и 500 кг/га по сильно заторфованным пескам рыбхоза "Белое". Азотно-фосфорные удобрения вносили по воде исходя из биологической потребности [9].

Экспериментальные пруды рыбхоза "Вилейка" зарыбляли двухгодовиками карпа и пестрого толстолобика из расчета 1,57 тыс. экз/га. Производственные пруды рыбхоза "Белое" - личинкой карпа от заводского воспроизводства из расчета 55,0 тыс. экз/га (опытный пруд Гулевичи - 3а) и 70,0 тыс. экз/га (контрольный пруд Гулевичи- 5а). Дополнительно опытный пруд зарыбляли личинкой сома по 3 тыс. экз/га.

### **Результаты исследований и их обсуждение**

При изучении ионного обмена между грунтом и водой И.В. Цыганковым [10] было установлено, что воздействие на грунты одновалентными катионами сильвинита (смесь солей KCl и NaCl) активизирует ионный обмен и мобилизацию биогенных веществ в водную среду. Помимо азота и фосфора в воде рыбоводных прудов увеличивается содержание кальция, магния, железа.

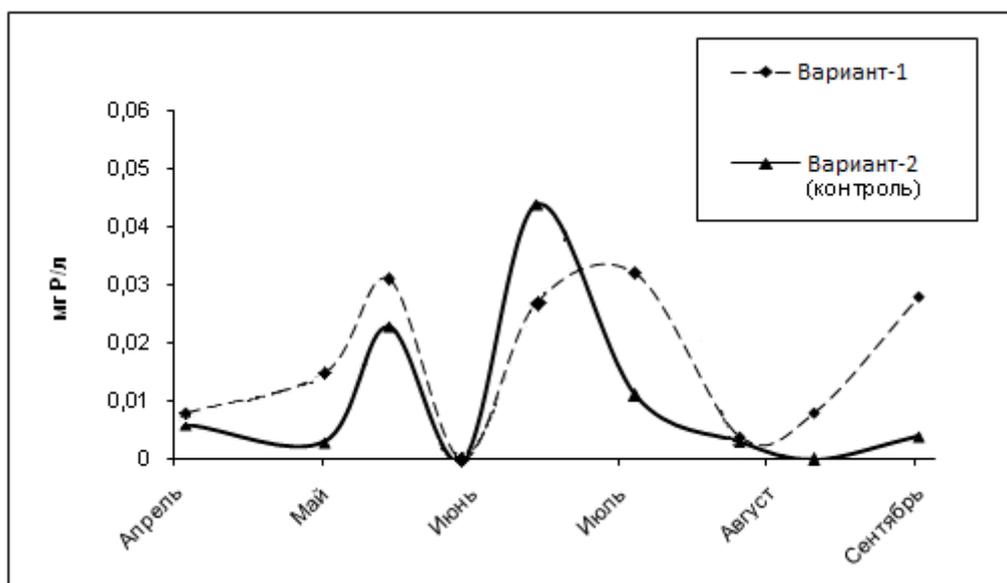
Как показали проведенные исследования, применение сильвинита по грунту в опытных нагульных прудах рыбхоза «Вилейка» способствовало в среднем за сезон увеличению в воде общего минерального азота и фосфора в 1,5 раза (таблица 1). Следует отметить, что экспериментальные пруды рыбхоза «Вилейка» расположены на песках, грунты слабо обеспечены минеральным фосфором (4,15 мг P/100 г воздушно-сухого грунта) и минеральным азотом (0,7 мг N/100 г воздушно-сухого грунта). Содержание гумуса в грунтах не превышает 0,8%. Пруды интенсивно фильтруют, что сказывается на содержании биогенов в воде и эффекте от применения десорбирующих веществ. В тоже время обработка сильвинитом

зоторфованного песчаного ложа выростного производственного пруда рыбхоза "Белое", грунты которого характеризуются более высоким содержанием гумуса (4,4%) и биогенов, приводила к увеличению в воде минерального азота в среднем за сезон в 1,6 раза, минерального фосфора в 3,3 раза (таблица 1).

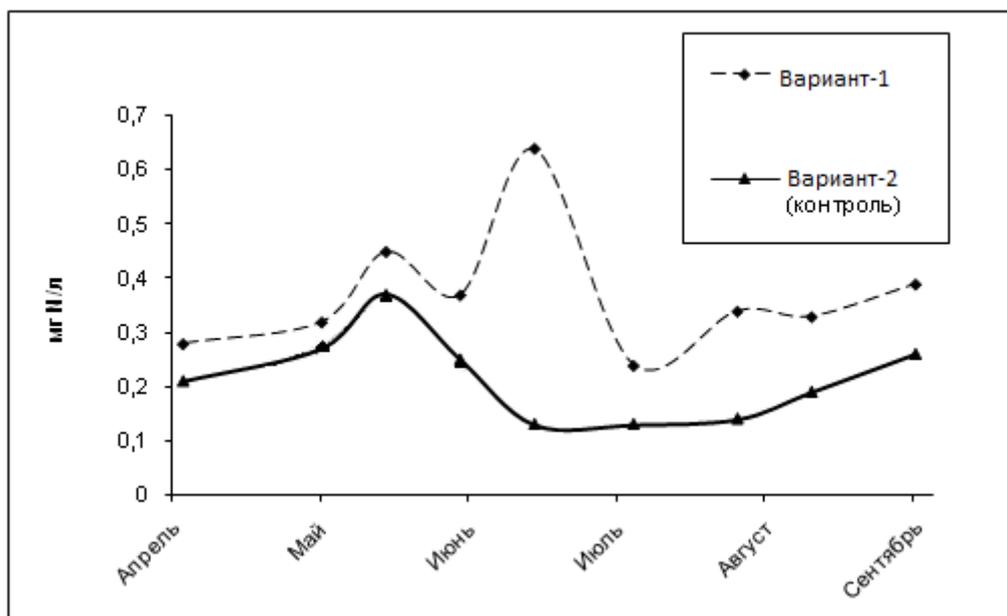
**Таблица 1 - Среднесезонные показатели гидрохимического режима рыбоводных прудов при использовании сильвинита**

Показатели	Рыбхозы			
	"Вилейка"		"Белое"	
	Вариант 1 (опытный)	Вариант 2 (контрольный)	Гулевичи 3а (опытный)	Гулевичи 5а (контрольный)
Кислород растворенный, мг/л	8,8	9,6	9,8	6,8
Водородный показатель (рН)	8,0	8,4	8,6	8,1
Температура, С°	19,6	19,9	22,4	22,9
Диоксид углерода, мг/л	7,7	0,5	0,0	5,7
Гидрокарбонаты, мг/л	171,4	152,1	178,6	166,4
Кальций, мг/л	38,1	34,0	45,6	40,0
Магний, мг/л	8,9	8,5	14,0	14,5
Общая жесткость, мг-экв./л	2,6	2,6	3,4	3,2
Аммонийный азот, мг N/л	0,37	0,21	0,61	0,33
Нитраты, мг N/л	0,17	0,16	0,26	0,22
Нитриты, мг N/л	0,005	0,002	0,002	0,002
Азот минеральный, мг N/л	0,545	0,372	0,87	0,55
Фосфор минеральный, мг P/л	0,017	0,011	0,101	0,030
Железо общее, мг/л	0,19	0,11	0,16	0,16
Хлориды, мг/л	15,6	7,6	32,0	28,9
Сульфаты, мг/л	4,9	5,1	18,9	16,1
Окисляемость перманганатная, мг O/л	19,2	21,2	33,4	24,4
Общая минерализация, мг/л	238,9	207,3	289,1	265,9

Несмотря на снижение концентрации биогенов в воде в отдельные месяцы, вызванное потреблением их первичным звеном (фитопланктоном и макрофитами), применение сильвинита в качестве десорбирующего вещества приводило к увеличению содержания в воде минеральных форм азота и фосфора на протяжении всего сезона выращивания рыбы (рисунки 1, 2).



**Рисунок 1** – Динамика содержания минерального фосфора в воде опытных прудов рыбхоза «Вилейка».



**Рисунок 2** – Динамика содержания аммонийного азота в воде опытных прудов рыбхоза «Вилейка».

Обработка грунтов сильвинитом приводила к увеличению на 9-15 % общей минерализации воды, в основном за счет повышения концентрации хлоридов и кальция, что должно способствовать профилактике эктопаразитарных заболеваний у рыб. В прудах с заторфованными грунтами при использовании сильвинита отмечено увеличение в воде перманганатной окисляемости.

Использование в прудах десорбирующего реагента не оказывало отрицательного воздействия на газовый режим прудов. Содержание в воде кислорода в среднем за сезон было на уровне 8,8-9,8 мг O<sub>2</sub>/л, рН 8,0-8,6, что соответствовало норме для летних карповых прудов [11].

Внесение в пруды минеральных удобрений стимулирует образование первичной продукции и увеличивает биопотенциал экосистемы прудов в целом. Как показали исследования, проведенные на прудах рыбхозов "Вилейка" и "Белое", совместное применение сильвинита по грунту и азотно-фосфорных удобрений по воде способствовало усилению интенсивности фотосинтеза планктона в прудах по сравнению с контрольными прудами в среднем на 31-32% (таблицы 2, 3). Среднесуточный валовый фотосинтез в этой группе прудов составил 3,1-5,47 г O<sub>2</sub>/м<sup>3</sup>·сут<sup>-1</sup> что соответствует показателям продуктивных прудов [12]. При этом затраты на минеральные удобрения на единицу площади в этой группе прудов были снижены более чем на 50% по сравнению с нормативом [13].

**Таблица 2 – Валовая первичная продукция и деструкция планктона (средняя за сезон) в опытных прудах рыбхоза «Вилейка»**

Вариант	A, г O <sub>2</sub> /м <sup>3</sup> ·сут <sup>-1</sup>	R, г O <sub>2</sub> /м <sup>3</sup> ·сут <sup>-1</sup>	A-R, г O <sub>2</sub> /м <sup>3</sup> ·сут <sup>-1</sup>	P <sub>ф.</sub> , г O <sub>2</sub> /м <sup>3</sup> ·сут <sup>-1</sup>	A/R
1	5,47	4,28	2,18	4,38	1,3
2(контроль)	4,18	3,40	0,78	3,34	1,2

**Примечание:** A – валовая продукция; R – деструкция планктона;  
A-R – чистая продукция планктона; P<sub>ф</sub> – продукция фитопланктона

**Таблица 3 – Валовая первичная продукция и деструкция планктона в производственных прудах рыбхоза «Белое»**

Вариант	A, г O <sub>2</sub> /м <sup>3</sup> ·сут <sup>-1</sup>	R, г O <sub>2</sub> /м <sup>3</sup> ·сут <sup>-1</sup>	A-R, г O <sub>2</sub> /м <sup>3</sup> ·сут <sup>-1</sup>	P <sub>ф.</sub> , г O <sub>2</sub> /м <sup>3</sup> ·сут <sup>-1</sup>	A/R
Гулевичи 3а (опытный)	3,16	3,66	-0,50	2,52	0,9
Гулевичи 5а (контрольный)	2,39	2,95	0,22	1,91	0,8

Совместное применение сальвинита с ограниченным количеством азотно-фосфорных удобрений оказывало как прямое, так и опосредованное влияние на развитие планктонных гидробионтов. В прудах обоих рыбхозов отмечено увеличение как биомассы, так и продукции фитопланктона, бактериопланктона, зоопланктона (таблицы 4, 5).

**Таблица 4 – Количественное развитие и продукция гидробионтов в опытных прудах рыбхоза «Вилейка»**

Вариант	Фитопланктон		Бактериопланктон		Зоопланктон		Зообентос	
	B, г/м <sup>3</sup>	P, г/м <sup>3</sup> ·сут <sup>-1</sup>	B, г/м <sup>3</sup>	P, г/м <sup>3</sup> ·сут <sup>-1</sup>	B, г/м <sup>3</sup>	P, г/м <sup>3</sup> ·сут <sup>-1</sup>	B, г/м <sup>2</sup>	P, г/м <sup>2</sup> за сезон
1	21,58	15,37	3,0	2,40	3,60	0,72	0,82	8,45
2 (контроль)	18,16	11,72	2,39	2,15	1,79	0,34	1,28	8,99

**Примечания:** В - биомасса;  
Р - продукция

**Таблица 5 – Количественное развитие и продукция гидробионтов в производственных выростных прудах рыбхоза «Белое»**

Пруд	Фитопланктон		Бактериопланктон		Зоопланктон		Зообентос	
	B, г/м <sup>3</sup>	P, г/м <sup>3</sup> ·сут <sup>-1</sup>	B, г/м <sup>3</sup>	P, г/м <sup>3</sup> ·сут <sup>-1</sup>	B, г/м <sup>3</sup>	P, г/м <sup>3</sup> ·сут <sup>-1</sup>	B, г/м <sup>2</sup>	P, г/м <sup>2</sup> за сезон
Гулевичи 3а (опытный)	13,280	19,305	2,700	1,460	5,200	0,720	0,600	1,20
Гулевичи 5а (контроль)	11,580	6,318	2,360	1,420	1,980	0,320	1,920	3,90

По сравнению с контрольными прудами концентрация фитопланктона увеличилась на 14-19%, бактериопланктона на 14-25%, зоопланктона на 101-162%. Влияние сильвинита на макрозообентос не выявлено. Возможно это связано с тем, что из-за интенсивного роста карпа в опытной группе прудов макрозообентос активнее элиминировался чем в контрольных прудах.

В таксономической структуре фитопланктона опытных и контрольных прудов доминировали зеленые и синезеленые водоросли, которые составляли до 72-80% биомассы фитопланктона. Бактериопланктон на 95-99% был представлен кокковидными формами, что свидетельствует об активности протекания процессов минерализации органического вещества в прудах. Биомасса зоопланктона в опытных прудах в основном формировалась за счет копепод и клadoцер. Основу бентического сообщества в опытных прудах составляли ценные в пищевом отношении личинки из семейства хирономид. Анализ данных по развитию естественной кормовой базы показал, что в опытных и производственных прудах, где выращивали трехлетков и сеголетков наибольшему прессу со стороны рыбы подвергался зоопланктон и зообентос. Поэтому, несмотря на хорошо развитый фитопланктон, концентрация зоопланктона и макрозообентоса в прудах была небольшой.

Применение сильвинита по грунтам в качестве десорбирующего вещества совместно с азотно-фосфорными удобрениями по воде оказало положительное влияние на рыбопродуктивность прудов. По сравнению с контрольными прудами, где применяли только минеральные удобрения, рыбопродукция по товарной рыбе увеличилась на 38,2%, рыбопродуктивность на 64,4%, составив в среднем по варианту 12,26 и 8,32 ц/га, соответственно. В этой группе прудов отмечалась и наибольшая средняя масса карпа и пестрого толстолобика, что свидетельствует о лучшей обеспеченности рыбы естественной пищей (таблица б). При этом кормовые затраты по сравнению с контрольными прудами были снижены на 34,8% (с 6,6 до 4,3 ед.), затраты на минеральные удобрения в расчете на единицу площади пруда уменьшены по сравнению с нормативом на 52%.

Рыбопродуктивность сеголетков в опытном пруду по сравнению с контрольным прудом увеличилась на 24% (5,18 до 7,46 ц/га), средняя масса сеголетков карпа возросла на 58% (с 19 до 30 г), при этом кормовые затраты снижены на 7% (с 4,16 до 3,87 ед.) (таблица 7). Затраты азотно-фосфорных удобрений на единицу площади пруда по сравнению с нормативом уменьшены на 73% (с 370 до 100 кг/га).

Проведенные комплексные исследования показали эффективность применения сильвинита в прудах в качестве десорбирующего вещества, приводящего к мобилизации биогенов из грунтов, усилению фотосинтеза в прудах, увеличению естественной кормовой базы и рыбопродукции при сокращении кормовых затрат и затрат на применение минеральных удобрений на единицу площади пруда.

### **Заключение**

Проведенными исследованиями установлено, что применение сильвинита по заиленным и заторфованным песчаным грунтам из расчета 400-500 кг/га усиливает десорбцию биогенов из грунтов, приводит к увеличению содержания в воде минеральных форм азота и фосфора в 1,5-3,3 раза.

Выявлено, что совместное применение сильвинита по грунту и азотно-фосфорных удобрений по воде оказывает положительное влияние на развитие естественной кормовой базы и рыбопродуктивность прудов, активизирует процессы фотосинтеза, увеличивает количественное развитие фитопланктона на 14-19%, бактериопланктона на 14-25%, зоопланктона на 101-162%; повышает рыбопродуктивность прудов в зависимости от их категории на 24-64%, уменьшает кормовые затраты на единицу прироста рыбы на 7-35%, снижает затраты на использование азотно-фосфорных удобрений на единицу площади пруда более чем на 50 % по сравнению с нормативом.

**Таблица 6 – Результаты выращивания товарных трехлеток в опытных прудах рыбхоза «Вилейка»**

Вариант	Вид рыбы	Плотность посадки, экз/га	Масса рыбы г	Выход			Рыбопродукция, ц/га	Рыбопродуктивность, ц/га	Кормовые затраты, ед.
				%	экз/га	Средняя масса трехлеток, г			
1 сильвинит по грунту + NP	Карп	970	300	81,2	787	1162	8,84	5,92	4,3
	Пестрый толстолобик	600	170	79,2	475	722	3,42	2,40	
	<b>Всего</b>	<b>1570</b>			<b>1262</b>		<b>12,26±0,329</b>	<b>8,32±0,455</b>	<b>4,3</b>
2 NP (контроль)	Карп	970	300	68,2	662	1000	6,62	3,71	6,6
	Пестрый толстолобик	600	170	63,4	392	605	2,25	1,35	
	<b>Всего</b>	<b>1570</b>			<b>1054</b>		<b>8,87±0,45</b>	<b>5,06±0,33</b>	<b>6,6</b>

**Примечания:** N- аммиачная селитра  
P- суперфосфат

**Таблица 7 - Результаты выращивания посадочного материала в производственных прудах рыбхоза «Белое»**

пруд №	Вид рыбы	Плотность посадки, тыс.экз/га	Выход			Рыбопродуктивность, ц/га	Кормовые затраты, ед.
			%	тыс. экз/га	средняя масса сеголетков, г		
Гулевичи-3а (опытный)	каrp	55	45	24,75	30	7,42	3,87
	сом	3	20	0,06	30	0,02	
	<b>всего</b>	<b>58</b>		<b>24,81</b>	<b>30</b>	<b>7,46</b>	<b>3,87</b>
Гулевичи-5а (контрольный)	каrp	<b>70</b>	<b>45</b>	<b>31,50</b>	<b>19</b>	<b>5,98</b>	<b>4,16</b>

## Список использованных источников

1. Воронова, Г. П. Агрохимическая характеристика грунтов рыбоводных прудов отдельных хозяйств Беларуси/ Г. П. Воронова, Л. А. Куцко, В. В. Супранович// Сб. научн. трудов: Вопросы рыбного хозяйства Беларуси.- Минск, 2012.– Вып. 28.– С. 59-66.
2. Фельдман, М. Б. Разработка і обґрунтування раціонального методу внесення у ставі мінеральних добрив/ М. Б. Фельдман, В. С. Присяный, А. В. Суховіі// Наукові праці Українського науково-дослідного інституту рибного господарства. – Київ, 1962. – N 14.– С. 59-70.
3. Астапович, И. Т. Роль грунта при минеральном удобрении рыбоводных прудов / И. Т. Астапович, Л. А. Марцинкевич// Сб. научн. трудов /Вопросы рыбного хозяйства Белоруссии. - Минск, 1970.–Т. VII.– С. 128-134.
4. Воронова, Г. П. Гидрохимический режим и естественная кормовая база выростных прудов при использовании дефекационных осадков сахарного производства/ Г. П. Воронова [и др.]// Сб. научн. трудов/ Вопросы рыбного хозяйства. – Минск, 2003. – Вып. 19. – С. 163-169.
5. Куцко, Л. А. К вопросу использования отходов сахарного производства (дефеката) для удобрения рыбоводных прудов/ Л.А. Куцко, Г. П. Воронова// Сб. научн. трудов/ Вопросы рыбного хозяйства. – Минск, 2003. – Вып. 19. – С. 159-163.
6. Цыганков, И.В. Повышение естественной рыбопродуктивности прудов путем мобилизации биогенов из донных отложений/ И.В. Цыганков // Обзорная информация. Серия: Сельское хозяйство. – Минск, 1976. – 28 с.
7. Астапович, И.Т. Инструкция по совместному применению химической обработки ложа и минерального удобрения по воде с целью повышения рыбопродуктивности прудов/ И.Т. Астапович [и др.] // Сб. научно-технологической и методической документации по аквакультуре в Беларуси.- Минск: Тонпик, 2006. – С. 229-232.
8. Воронова, Г. П. Мобилизация биогенов из грунтов разного типа при использовании химических реагентов/ Г. П. Воронова [и др.]// Сб. научн.

трудов/ Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. – Минск, 2013.– Вып. 29. – С. 87-97.

9. Инструкция по применению минеральных удобрений в прудах рыбоводных организаций: утв. Постановлением Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь 03.11.2005 № 64. – Минск, 2005. – 10 с.

10. Цыганков, И. В. Влияние химической обработки ложа прудов на ионный обмен между грунтом и водой и развитие естественной кормовой базы/ И. В. Цыганков, Э. Т. Хабибулин, О. О. Ясинская// Научная конференция по изучению и освоению водоемов Прибалтики и Белоруссии: тез. докл. – Минск, 1977. – С. 158-159.

11. СТБ 1943-2009. Вода рыбоводческих прудов. Требования. Госстандарт. – Минск: БелГИСС, 2009. – 10 с.

12. Винберг, Г.Г. Первичная продукция водоемов/ Г.Г. Винберг. – Минск: Изд-во АН БССР, 1960. – 328 с.

13. Ушакова, В. Ф. Нормы потребности прудов в минеральных удобрениях при выращивании рыб в поликультуре для различных зон рыбоводства/ В. Ф. Ушакова. – Москва: ВНИИПРХ, 1986. – 13 с.