

ПРОФИЛАКТИКА И ЛЕЧЕНИЕ

УДК 628.357.3:66.067.9

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОБНОГО ПРЕПАРАТА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ В РЫБОВОДНЫХ ПРУДАХ

*В.Ю. Агеец**, *Г.П. Воронова**, *В.В. Супранович**, *Э.И. Коломиец***,
*Н.В. Сверчкова***, *И.А. Проскурина***

**РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «НПЦ НАН Беларуси по
животноводству»,*

*220024, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Стебенева, 22,
e-mail: belniirh@tut.by*

***Институт микробиологии НАН Беларуси,
г. Минск, Беларусь*

USE OF MICROBIAL DRUG FOR WATER PURIFICATION IN FISHERY PONDS

*V. Ageyets **, *G. Voronova**, *V. Supranovich**, *E. Kolomeetz***, *N. Sverchkova***,
*I. Proskurina***

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

*** Institute of Microbiology, National Academy of Sciences of the Republic of
Belarus,
Minsk, Republic of Belarus*

Реферат. Показана возможность применения микробного препарата для улучшения качества среды при выращивании товарной рыбы в прудах и снижения органического и биогенного загрязнения в отводимой с прудов воды.

Ключевые слова: микробный препарат, качество воды, рыбоводные пруды, взвешенные вещества, органическое и биогенное загрязнение воды.

Abstract. There is shown the possibility of using microbial drug for water quality improvement at commercial fish growing in the ponds and decrease of organic and biogenic contaminations in the waters drained off from the ponds.

Key words: microbial drug, water quality, fishery ponds, suspended substances, organic and biogenic water contamination.

Введение

Современное рыбоводство характеризуется высокой степенью интенсификации производственного процесса. Применение органических и минеральных удобрений, выращивание рыбы при высоких плотностях посадки, кормление ее концентрированными кормами, приводит к загрязнению прудов органическим веществом и биогенными элементами, массовому развитию слабо потребляемых токсичных сине-зеленых водорослей, ухудшению гидрохимического режима [1-3]. В период интенсивного кормления рыбы и массового развития фитопланктона в предутренние часы (июль-август) в прудах отмечается резкое снижение растворенного в воде кислорода до 2 мг/л и ниже, что может привести к асфиксии и гибели рыбы. В этот период наблюдается подщелачивание среды до рН 9,5 и выше, приводящее при высоких температурах воды к жаберному некрозу и аммиачному токсикозу рыб. При сильном органическом загрязнении водной среды образуется в больших количествах углекислота, которая действует на организм рыб угнетающе. В результате разложения органического вещества в придонных слоях могут образовываться сероводородные зоны, которые служат признаком острого дефицита кислорода и развития заморных явлений в прудах [4-6].

Исследования по влиянию рыбоводческих хозяйств на естественные водотоки дают основание заключить, что сбросные воды увеличивают содержание в принимающих водоемах и водотоках органических и взвешенных веществ, неорганических форм азота и фосфора, растворенных солей, что в свою очередь ведет к закономерному увеличению продуктивности автотрофных сообществ, и повышению трофности водных объектов [7,8].

Для улучшения качества воды в прудах при выращивании рыбы и снижения загрязнения в отводимой с рыбоводных хозяйств воде первостепенное значение приобретает разработка системы биологической очистки воды, признанной как наиболее дешевой и эффективной по сравнению с химическими и механическими способами очистки [9-12].

Целью данной работы была разработка способа биологической очистки,

позволяющей минимизировать загрязнение воды в процессе выращивания рыбы непосредственно в прудах.

Материалы и методы исследований

Эффективность утилизации биогенных элементов и деструкции органических веществ при использовании разных доз препарата отработывали на шести экспериментальных прудах рыбхоза "Вилейка", Минской области, общей площадью 1,44 га. Испытывали действие препарата, состоящего из комплекса штаммов бактерий родов *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Serratia*, *Rhodococcus*, обладающих антагонистической, гидролитической, нитрифицирующей активностью в концентрациях от 0,5 л/га до 5,0 л/га, оптимальные дозы которых были выявлены в лабораторных условиях. В пруды раз в месяц с мая по июль (28.05, 17.06, 23.07.2014 г.) вносили малые дозы препарата в концентрации 0,5 л/га. В августе (21.08.2014 г.), в период максимального накопления в водной среде органического вещества, в пруды вносили по 3,0 л/га (вариант 1) и по 5,0 л/га (вариант 2). В контрольных прудах препарат не использовали (вариант 3). Для стимуляции кормовой базы во все пруды вносили азотно-фосфорные удобрения. Удобрения вносили по биологической потребности исходя из развития водорослей и прозрачности воды в прудах. При прозрачности воды меньше 1/3 глубины пруда удобрения не вносили. Пруды зарыбляли поликультурой рыб (двухгодовиками карпа и белого амура, трехгодовиками пестрого толстолобика), общей плотностью 1,45 тыс. экз/га.

Результаты исследований и их обсуждение

Гидрохимический режим прудов в течение вегетационного периода при использовании микробного препарата был в основном благоприятным для выращивания рыбы. Содержание растворенного в воде кислорода за период наблюдений колебалось в пределах от 3,2 до 14,8 мг/л, в среднем составив 8,7-10,1 (таблица 1). Внесение препарата в большинстве случаев не оказывало

отрицательного влияния на содержание в воде кислорода. В тоже время при высоких температурах воды 24,3-26,2 °С, которые наблюдались в июле и августе, применение препарата вызывало снижение содержание кислорода в воде до 3,2-4,1 мг/л (рисунок 1).

Таблица 1 – Гидрохимический режим опытных прудов рыбхоза «Вилейка» при внесении микробного препарата, 2014 г. (средние показатели)

Показатели	Вариант		
	1	2	3 (контроль)
Кислород растворенный, мг/л	8,7	9,2	10,1
Водородный показатель (рН)	7,99	7,97	8,14
Температура, °С	18,6	18,5	18,7
Прозрачность, см	47	48	40
Диоксид углерода, мг/л	5,1	3,8	3,0
Гидрокарбонаты, мг/л	152,5	135,6	128,1
Аммонийный азот, мгN/л	0,29	0,30	0,28
Нитраты, мгN/л	0,11	0,11	0,12
Нитриты, мгN/л	0,002	0,002	0,002
Фосфор минеральный, мгP/л	0,020	0,031	0,046
Кальций, мг/л	29,1	24,6	21,2
Магний, мг/л	9,4	9,0	8,0
Общая жесткость, мг-экв/л	2,2	2,0	1,7
Железо общее, мг/л	0,06	0,06	0,07
Хлориды, мг/л	4,9	4,9	4,8
Сульфаты, мг/л	1,3	1,5	2,4
Окисляемость перманганатная, мгО/л	21,3	21,6	23,3
Взвешенные вещества, мг/л	21,18	40,78	51,45

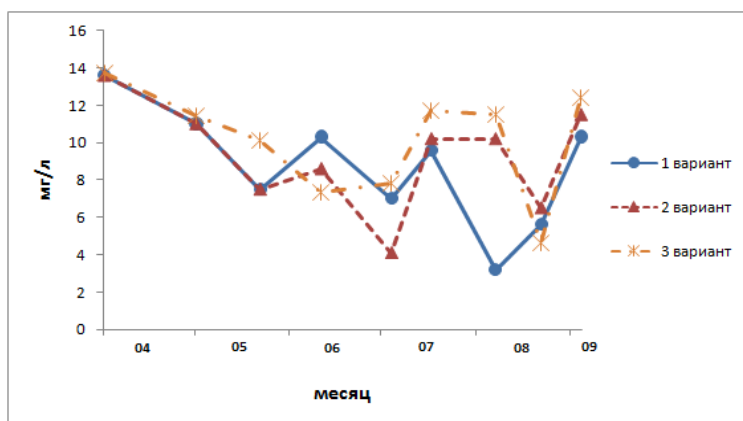


Рисунок 1 – Содержание растворенного кислорода в воде опытных прудов рыбхоза «Вилейка» при внесении микробного препарата

В рыбоводных прудах, где интенсификация направлена на развитие первичного звена, резко возрастает доля фитопланктона в потреблении кислорода (до 50-60%), а бактериопланктона снижается [13]. Это хорошо подтверждается данными полученными на опытных прудах в 3-ей декаде августа, когда в контрольном пруду содержание кислорода снизилось до 4,6 мг/л и практически было на уровне опытных прудов, где применяли микробный препарат (рисунок 1).

Водородный показатель в течении сезона был на уровне 7,99-8,68, в среднем составив 7,99-8,89. Диоксид углерода присутствовал на протяжении всего сезона (с мая по сентябрь) в опытных прудах 1 и 2 варианта, и частично в контрольных прудах, что свидетельствует об интенсивном протекании процессов деструкции органического вещества, вызванных активностью препарата. В среднем за период выращивания рыбы содержание диоксида углерода в прудах составило от 3,0 до 5,1 мг/л (таблица 1).

По солевому составу вода опытных прудов относится к гидрокарбонатному классу группы кальция. В анионном составе преобладают гидрокарбонаты (128,1-152,5 мг/л), катионном - кальций (21,2-29,1 мг/л). Содержание хлоридов и сульфатов было на уровне 4,8-4,9 мг/л, 1,3-2,4 мг/л, соответственно.

Из минеральных форм азота в воде опытных прудов преобладал аммонийный азот. Концентрация его в течение сезона колебалась от 0,08 до

0,81 мг N/л, составив в среднем за сезон 0,28-0,30 мг N/л (таблица 1). Содержание нитратов было на уровне 0,11-0,12 мг N/л. Динамика содержания аммонийного азота в течение сезона в основном повторяла динамику содержания в воде легкоокисляемого органического вещества. Внесение препарата приводило в большинстве случаев в последующие периоды к снижению аммонийного азота в воде (рисунок 2) и росту нитратного азота (рисунок 3).

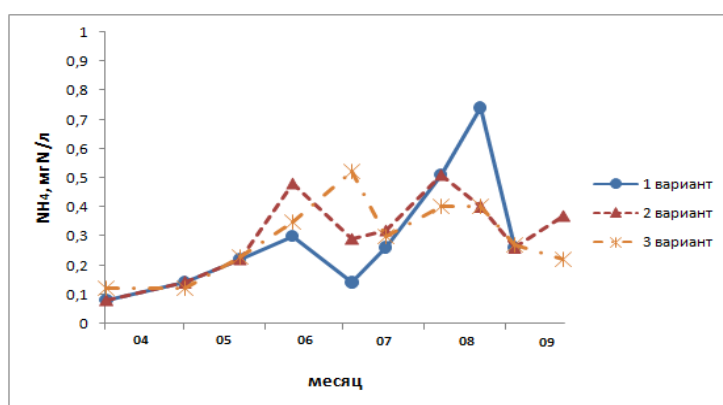


Рисунок 2 – Содержание аммонийного азота в воде опытных прудов рыбхоза «Вилейка» при внесении микробного препарата

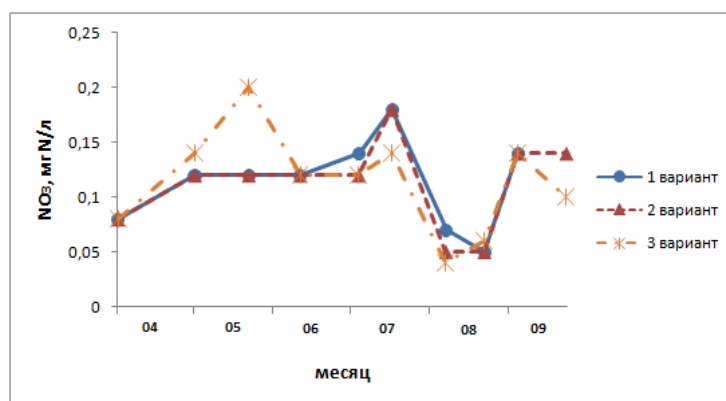


Рисунок 3 – Содержание нитратов в воде опытных прудов рыбхоза «Вилейка» при внесении микробного препарата

Минеральный фосфор присутствовал в воде в количестве от 0,003 до 0,130 мг P/л, составив в среднем за сезон 0,020-0,046 мг P/л. Применение препарата способствовало снижению минерального фосфора в воде по сравнению с контролем на 33-56% (с 0,046 до 0,020-0,031 мг P/л) (таблица 1).

Наиболее четко прослеживается действие препарата в сезонной динамике минерального фосфора. Внесение его в пруды приводило к снижению содержания фосфора в воде в течение 3 летних месяцев (июнь, июль, август) до минимальных значений (рисунок 4). В этот период минеральный фосфор в прудах интенсивно утилизировался как микрофлорой так и микроводорослями. Несмотря на временное увеличение концентрации фосфора в воде в 1-ой декаде сентября, к концу сентября во время облова рыбы во всех группах прудов, куда вносили препарат, содержание минерального фосфора в воде было в 1,7-9,0 раз ниже чем в контроле (рисунок 4).

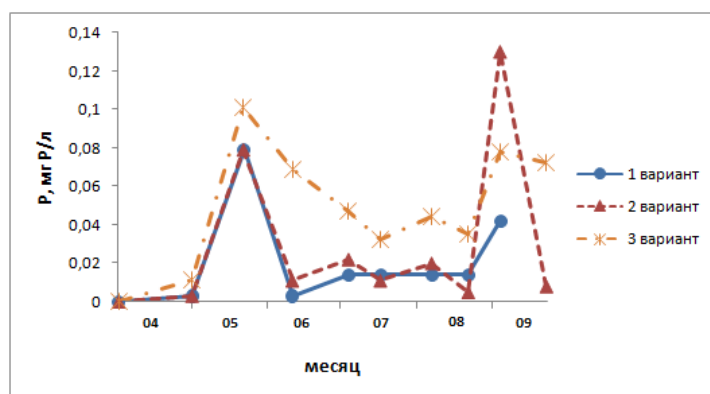


Рисунок 4 – Содержание минерального фосфора в воде опытных прудов рыбхоза «Вилейка» при внесении микробного препарата

Активная утилизация микробным препаратом фосфора приводила к снижению в прудах развития фитопланктона по сравнению с контролем в 1,2-2,3 раза, что не могло не отразиться на содержании в воде взвешенных веществ (сестона), в основном на 80% представленного фитопланктоном.

Величина перманганатной окисляемости, характеризующая легко-окисляемое органическое вещество, в течение вегетационного периода колебалась от 12 мг О/л до 38,5 мг О/л, составив в среднем за сезон 21,3-23,3 мг О/л, что соответствовало нормативным требованиям к качеству воды при выращивании карпа в поликультуре [14]. Сезонная динамика содержания органического вещества в опытных и контрольных прудах была однотипной (рисунок 5).

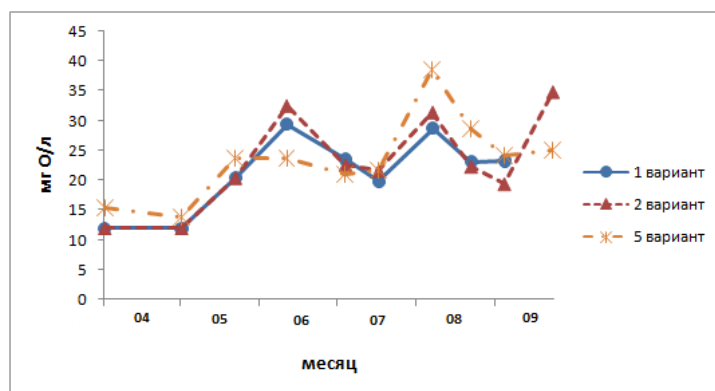


Рисунок 5 – Концентрация легкоокисляемого органического вещества в воде опытных прудов рыбхоза «Вилейка» при внесении микробного препарата

Выявлено три пика в накоплении органического вещества в воде приходящиеся на июнь, август и сентябрь. В эти периоды концентрация лабильного органического вещества в отдельных прудах превышала допустимую норму, составив 31,4-38,5 мг О/л [14].

Внесение во второй декаде августа биологически активного препарата в концентрациях 3,0 и 5,0 л/га приводило к снижению перманганатной окисляемости до нормативных значений (19,4-27,0 мг О/л) в течение последующих 30 дней (до 2-ой декады сентября). Отмеченное к концу сентября увеличение концентрации лабильного органического вещества в прудах в основном было вызвано взмучиванием воды илами во время сброса части воды при облове.

Важным показателем качества воды является содержание в ней взвешенных веществ, которые в основном представлены органическими и частично минеральными соединениями. Как показали данные сестона, во всех опытных прудах, куда вносили препарат, содержание взвешенных веществ в среднем за сезон было ниже (на 10-59%) чем в контроле (таблица 1). Минимальные значения были отмечены в первом варианте, куда вносили препарат в концентрации 4,5 л/га за сезон. В сезонной динамике отмечалось два пика в содержании сестона в прудах приходящие на вторую декаду июня и первую декаду сентября, когда концентрация взвешенных веществ в прудах возрастала до 57-88 мг/л (рисунок 6).

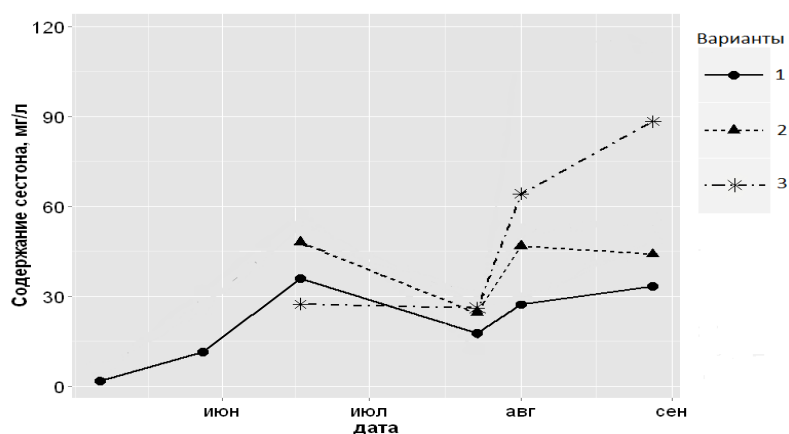


Рисунок 6 – Содержание сестона в опытных прудах рыбхоза «Вилейка» при применении микробного препарата

Наиболее интересны данные, которые характеризуют взвешенное вещество в конце сезона перед сбросом воды с прудов в водоприемники. Как показали исследования, только вода с прудов первого варианта, где применяли препарат, укладывается в норматив качества загрязненных вод сбрасываемых с рыбоводных прудов (33 мг/л), в то время как в остальных вариантах эти показатели превышали норматив в 1,3-2,7 раза. Наиболее грязная вода по взвешенным веществам была отмечена в контрольных прудах 88,0 мг/л (рисунок 6).

Оценка средних показателей гидрохимического режима показала, что наиболее эффективно по улучшению качества воды в прудах сработал микробный препарат в концентрации 4,5 л/га за сезон. Применение его приводило к увеличению прозрачности воды в прудах по сравнению с контролем на 20% (с 40 см до 48 см), снижало содержание в воде минерального фосфора на 56% (с 0,046 мг P/л до 0,020 мг P/л), уменьшало органическое загрязнение воды на 9% (с 23,3 до 21,3 мг O/л), снижало содержание взвешенных веществ на 136% (с 51,45 до 21,18 мг/л).

Высокая степень индустриализации страны способствовала усилению процессов эвтрофикации открытых водотоков. В связи с чем в последние годы в стране большое внимание уделяется качеству отводимой с предприятий воды. В разработанном техническом кодексе качества сбросных вод с рыбоводческих хозяйств выделено 7 основных показателей: ХПК, БПК₅, взвешенное вещество,

минеральные формы азота (аммоний ион, нитрат ион, нитрит ион), общий фосфор, которые характеризуют в основном органическое и биогенное загрязнение водотоков [15]. Как показали исследования, проведенные нами ранее, основное загрязнение водоприемников при сбросе отводимых вод с рыбоводческих прудов происходит в основном за счет взвешенных веществ и биогенов [7, 8].

В условиях наших экспериментальных прудов применение препарата способствовало снижению в сбрасываемой с прудов воде по сравнению с контролем общего фосфора в 1,7-2,7 раза, а по отношению к допустимым значениям в 4-6 раз (таблица 2).

Таблица 2 – Концентрация загрязняющих веществ в составе сточных вод сбрасываемых с прудов во время облова рыбы в рыбхозе «Вилейка», 2014 г.

Загрязняющие вещества	Вариант			Допустимые значения не более
	1	2	3	
Бихроматная окисляемость (ХПК), мг О/л	100	118,5	89,6	100,0
БПК ₅ , мг О ₂ /л*	-	-	-	20,0
Взвешенные вещества, мг/л	44,48	46,30	86,02	33,0
Аммоний-ион, мг N/л	0,28	0,37	0,22	1,0
Нитрат-ион, мг N/л	0,14	0,14	0,10	3,0
Нитрит-ион, мг N/л	0,002	0,002	0,005	0,2
Фосфор общий, мг/л	0,160	0,257	0,428	1,0

* не определялось

Минеральные формы азота (аммиачный и нитратный) в сточных водах как с опытных, так и с контрольных прудов были в 3-21 раз ниже допустимых значений, а содержание нитритного азота на два порядка ниже допустимых

норм для сточных вод [15]. Принимая во внимание, что пробы на анализ отбирались в период, когда пруды на половину были спущены, а вода подверглась взмучиванию за счет иловых масс, количество взвешенных веществ во всех прудах было выше допустимой нормы. Однако максимальные значения, превышающие в 2,6 раза норму были отмечены в контрольных прудах (таблица 2).

Анализ отводимой воды из рыбоводческих прудов показал, что применение микробного препарата в концентрациях 4,5 л/га за сезон наиболее эффективно для снижения биогенной нагрузки, органического и взвешенного вещества в прудах. Препарат в применяемых дозах не оказывал отрицательного действия на продуктивность прудовой экосистемы. В прудах, где применяли препарат, рыбопродукция была на 9-22%, а рыбопродуктивность на 22-33% выше, чем в контрольных прудах.

Опыт использования микробного препарата для улучшения качества среды при выращивании товарной рыбы в прудах показал возможность его применения в других слабопроточных водоемах (водоемах-приемниках садковых линий и в УЗВ).

Заключение

Проведенными исследованиями установлена возможность использования микробного препарата для улучшения качества среды при выращивании товарной рыбы в прудах.

Применение препарата в концентрациях 4,5 л/га за сезон приводило в среднем за сезон к увеличению прозрачности воды в прудах по сравнению с контролем на 20% (с 40 см до 48 см), снижало содержание в воде минерального фосфора на 56% (с 0,046 мг Р/л до 0,020 мг Р/л), уменьшало органическое загрязнение воды на 9% (с 23,3 до 21,3 мг О/л), снижало содержание взвешенных веществ на 136% (с 51,45 до 21,18 мг/л).

Микробный препарат может быть использован в слабопроточных водоемах (прудах, водоемах-приемниках садковых линий и УЗВ).

Список использованных источников

1. Харитоновна Н.Н., Шпет Г.И., Панченко С.М., Антипчук А.Ф., Лупачева Л.И., Кражан С.А., 1976. Интенсификация рыбоводства и экологическое состояние прудов Украины. Тез. доклад. 3 съезд ВГБО. Рига: Зинатне, – С. 116-119.
2. Рябова С.М., Полищук В.С., Пшеничников В.А., 1979. Взаимосвязь между плотностью посадки, гидрохимическим режимом и рыбопродуктивностью выростных прудов. Сб. науч. тр. Рост рыбы и новые объекты рыбоводства и акклиматизации. – Москва, – Вып. 26. – С. 221-230.
3. Федорченко Ф.Г., Федорченко В.И., Митякова Т.И., 1981. Гидрохимический режим прудов с водообменом при уплотненных посадках карпа и интенсивном его кормлении. Сб. науч. тр. Вопросы интенсификации прудового рыбоводства. – Москва, – Вып. 31. – С. 92-109.
4. Хабибулин Э.Т., Лемеза З.Ф., Куцко Л.А., 1991. Причины повышения и способы регулирования рН среды в рыбоводных прудах. Обзорная информация. Товарное рыбоводство. – Минск, – серия 69.09.21. – 21 с.
5. Кораблева А.И., Чаплина А.М., Винниченко А.Н., 1986. Способ определения предзаморного состояния в рыбоводных водоемах. Сб. науч. тр. Интенсификация товарного рыбоводства Молдовы. Тез. докл. – Кишинев, – С. 59-60.
6. Шестерин И.С., 1987. Определение предзаморного состояния в водоемах по показателю рН водной среды. Гидробиологический журнал. – Т.23, Вып. 16 – С. 77-78.
7. Астапович И.Т., Воронова Г.П., Просяник Л.В., Жуковская Т.И., Лебедева В.А., 1988. Химический и биологический сток из рыбоводных прудов в открытые водотоки. Рыбохозяйственное использование водоемов БССР. – Минск: Ураджай, – С. 98-101.
8. Сулимова О.С., Жукова А.А., 2013. Содержание сестона и хлорофилла в водоисточниках и сбросных водах рыбоводческих хозяйств Беларуси. Сб.

работ 70-ой научной конференции студентов и аспирантов БГУ 15-18 мая 2013 г. – Минск, – Часть 1. – С. 37-41.

9. Гусев А.Г., 1975. Охрана рыбохозяйственных водоемов от загрязнения- Москва: Пищевая промышленность, – 367 с.

10. Хмыров А.В., Шайбель А.Я., Минх Ш., Грязнева Т.Н., 2013. Новая технология биологической очистки слабопроточных водоемов с использованием пробиотика "Белолин-ЭКО". Прикладная микробиология. – Т. 1. – Вып. 2(2) – С. 14-19.

11. Gal D., Kerepeczki E., Szabo P., Pekar F., 2008. A survey on the environmental impact of pond aquaculture in Hungary. European Aquaculture Society, Special Publication . – No. 37. – P. 230-231.

12. Sugiura S.H., Dong F.M., Hardy R.W., 2000. Primary responses of rainbow trout to dietary phosphorus concentration. Aquacult. Nutr. – № 6 – P. 235-245.

13. Воронова Г.П., Астапович И.Т., 1997. Деструкция органического вещества в воде рыбоводных прудов при различной степени интенсификации рыбоводства. Сб. науч. тр. Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. – Минск, – Вып.15. – С. 150-160.

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

15. ТКП 17.06-08-2012 (02120), 2012. Охрана окружающей среды и природопользования. Порядок установления нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод: – Минск: Минприроды, 2012. – С. 40-41.