



С.Н. Пантелей¹, В.Д. Сенникова¹, Г.В. Наумова², Н.А. Жмакова²,
А.А. Макеенко²

¹РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Минск, Беларусь
²Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь

ПОБОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ ПРОИЗВОДСТВА ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ТОРФА И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРУДОВОМ РЫБОВОДСТВЕ

Аннотация: В статье представлены результаты комплекса научных исследований по изучению физико-химических свойств, химического состава, органической и минеральной части твердых остатков, образующихся при производстве жидких гуминовых препаратов на основе торфа на промышленных установках. Выход растворимых продуктов при этом достигает 60–80 % от органической массы исходного торфяного сырья. Твердый остаток является отходом производства, его выход на тонну гуминового препарата, в зависимости от технологии производства, составляет от 25 до 35 %. Выявлено присутствие в составе твердых отходов значительного количества активизированных гуминовых кислот и других биологически активных соединений органической и минеральной природы, оказывающих положительное воздействие на рост и развитие живых организмов. Это явилось основанием для их исследования в качестве гуматсодержащих добавок в прудовом рыбоводстве, как средства расширения естественной кормовой базы рыб. С положительными результатами проведены испытания этих гуматсодержащих остатков в экспериментальных нагульных и выростных прудах. Разработан способ их применения, обеспечивающий повышение рыбопродуктивности прудов при существенной экономии кормовых средств и удобрений. Разработана нормативно-техническая документация на их получение и применение, что позволяет эффективно использовать гуматсодержащие остатки от производства биологически активных препаратов из торфа в прудовом рыбоводстве.

Ключевые слова: твердый остаток, химический состав, токсичность, рыбоводство, кормовая база, гуматсодержащая добавка



S.N. Panteley¹, V.D. Sennikova¹, G.V. Naumova², N.A. Zhmakova², A.A. Makeenko²

¹RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry», Minsk, Belarus

²Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

BY-PRODUCTS OF HUMIC PREPARATIONS PRODUCTION ON THE PEAT BASIS AND EFFICIENCY EVALUATION OF THEIR USE IN POND FISHING

Abstract: The article presents the results of a complex of scientific research on the study of physical and chemical properties, chemical composition, organic and mineral parts of solid residues formed during the production of liquid humic preparations based on peat at industrial plants. It is shown that with these by-products from 25 to 35 % of the original peat raw material is lost. Revealed the presence in their composition of a significant amount of activated humic acids and other biologically active compounds of organic and mineral nature, which have a positive effect on the growth and development of living organisms. This was the basis for their study as humate-containing additives in pond fish farming, as a means of expanding the natural food base of fish. With positive results, these humate-containing residues were tested in experimental feeding and nursery ponds. A method for their application has been developed, which ensures an increase in the fish productivity of ponds and a significant saving of fodder and fertilizers. The technical documentation for their receipt and application has been developed, which allows them to be effectively used in pond fish farming.

Keywords: solid residue, chemical composition, toxicity, fish farming, feed base, humate-containing additive

Введение. Развитие аквакультуры в последние десятилетия демонстрирует стремительный рост. Объемы выращиваемой рыбы в ряде стран уже превышают объемы выловленной из естественных водоемов [1].

Рыбоводная отрасль относится к важной составляющей сельскохозяйственного комплекса нашей страны. В ее задачу входит более полное обеспечение продуктовой безопасности населения путем поставки на внутренний рынок рыбы и рыбопродукции с качественным, легкоусвояемым белком [2].

В настоящее время в Беларуси функционируют 16 специализированных рыбоводческих хозяйств, которые включают 16 тыс. га нагульных



и 5,4 тыс. га выростных прудов, пригодных к эксплуатации. Из всего объема производимой в стране рыбы 86 % поставляют прудовые рыбоводческие хозяйства, однако основным поставщиком рыбной продукции населению остается ее импорт [3].

Рассматривая перспективы развития рыбной отрасли в Республике Беларусь, специалисты отмечают, что одним из сдерживающих факторов дальнейшего увеличения рыбопродуктивности в прудовом рыбоводстве является недостаточное обеспечение рыбоводных хозяйств полноценными кормами и минеральными удобрениями. Это обусловлено высокими финансовыми затратами на их закупку и недостатком отдельных видов сырья для их производства, что не способствует повышению рентабельности рыбоводных хозяйств.

Современные мероприятия, направленные на повышение рыбопродуктивности прудового рыбоводства, требуют не только решения проблемы разработки новых эффективных кормовых продуктов и усовершенствования технологий их производства, но и расширения естественной кормовой базы самих водоемов, с использованием отходов пищевых и иных производств, органических и минеральных удобрений. Однако, учитывая тот факт, что ранее используемые вторичные ресурсы и отходы становятся все менее доступными, учеными ведется поиск новых, эффективных, ранее не востребуемых в рыбоводстве субстратов [4].

К таким ранее не используемым в прудовом рыбоводстве вторичным продуктам и относятся гуматсодержащие твердые остатки, образующиеся в промышленном производстве гуминовых препаратов на основе торфа, пока не нашедшие достойного применения, учитывая их биологическую активность.

Обобщенные результаты совместных исследований Института природопользования НАН Беларуси и РУП «Институт рыбного хозяйства» представлены в данной статье.

Объекты и методы.

Объектами исследования являлись твердые остатки от производства гуминовых препаратов, отобранные на промышленных установках ЧПУП «ЧервеньАГРО», ЗАО «Юнатекс» и ООО «Фермент», осуществляющих выпуск биологически активных гуминовых препаратов Гидрогумат, Оксигумат, Оксидат торфа и Консил. Они же явились основными объектами исследования в аквариумах, а затем в рыбоводческих экспериментальных прудах, как гуматсодержащие добавки. Объектами



исследования также служили фитопланктон, зоопланктон, выращиваемая рыба различных видов и возрастных категорий, а также вода экспериментальных и контрольных прудов.

При оценке физико-химических свойств указанных твердых остатков, использовали стандартные методы и приборы, применяемые в лабораторной практике в торфохимии [5].

Исследование компонентного состава образцов твердых остатков гуминовых препаратов, проводили по методикам, предварительно разработанных для этих целей путем модификации методик определения компонентного состава самого торфа [6].

При оценке этих отходов, как гуматсодержащих добавок для внесения в экспериментальные выростные и нагульные пруды, использовали стандартные методы, рекомендуемые в рыбоводстве.

Обсуждение результатов исследований. В рамках ГНТП «Природопользование и экологические риски» на 2016–2020 гг. по заданию П.1.8 Институт природопользования НАН Беларуси, совместно с РУП «Институт рыбного хозяйства» выполнен комплекс НИР, направленных на изучение возможностей и перспективности использования в прудовом рыбоводстве твердых гуматсодержащих остатков от производства биологически активных препаратов из торфа для сельского хозяйства. При производстве этих препаратов образуются не только жидкие целевые продукты, но и твердые остатки, с которыми теряется значительная часть органических составляющих исходного торфяного сырья.

Исследованиями специалистов лаборатории экотехнологии Института природопользования НАН Беларуси дана оценка выхода твердых гуматсодержащих отходов, образующихся при производстве гуминовых препаратов Гидрогумат, Оксигумат, Оксидат торфа, используемых в качестве регуляторов роста растений и биологически активных добавок к удобрениям и кормам, а также твердого остатка от производства гуминового препарат Консил, применяемого при силосовании травяных кормов. Показано, что в зависимости от технологии производства гуминовых препаратов, выход твердых остатков составляет от 17 до 42 % от органической массы торфа, взятого на переработку.

Установлено содержание основных компонентов в органическом веществе этих остатков: битумов (Б), легкогидролизуемых веществ (ЛГ), гуминовых веществ (ГВ), гуминовых кислот (ГК) и фульвокислот (ФК), трудногидролизуемых веществ (ТВ) и «лигнина» (Л).

Результаты исследований представлены в табл. 1.



Таблица 1. Групповой состав твердых остатков, образующихся в производстве Гидрогумата, Оксигумата, Оксидата торфа и Консила
Table 1. Group composition of solid residues formed in the production of Hydrohumate, Oxygumate, Peat Oxidate and Consila

Объект исследования	Содержание компонентов в органической массе, % на ОМ						
	Б	ЛГ	ГВ, в т.ч.			ТГ	«Л»
			сумма	ГК	ФК		
Остаток Оксигумат	4,2	9,5	30,4	20,3	10,1	25,2	30,7
Остаток Оксидата торфа	3,0	11,6	33,9	22,6	11,3	20,9	30,6
Остаток Гидрогумата	3,9	0,6	31,0	19,5	11,5	27,3	37,2
Остаток Консила	3,2	9,6	30,7	20,4	16,3	26,1	30,4

Установлено, что в процессе получения жидких гуминовых препаратов в твердые отходы переходит от 30 до 34 % гуминовых веществ, в расчете на органическую массу, что является важным, так как эти соединения обладают многогранным биологическим действием и способностью положительно воздействовать на различные процессы в живых организмах.

В этих остатках происходит относительное накопление целлюлозы и лигнина, содержание которых находится в пределах 20,9—37,2 %. При этом в остатках от Консила и Оксигумата доля лигнина несколько ниже, чем в других остатках. Это связано с тем, что процессы их получения осуществляются в достаточно жестких условиях по температурным и расходным параметрам реагентов, а также с применением катализатора окисления, а в производстве Гидрогумата, и особенно Оксидата торфа, происходит менее глубокая деструкция торфа не затрагивающая полифенилпропановые структуры торфяного «лигнина». Характерно, что наряду с указанными компонентами органическая часть этих побочных продуктов содержит целый комплекс карбоновых, оксикарбоновых, фенолкарбоновых кислот, а также меланоидины, обладающие биологической активностью, а остаток от получения Гидрогумата дополнительно обогащен серосодержащими минеральными соединениями.

Физико-химическая характеристика этих остатков показала, что они включают значительное количество минеральных веществ, их содержание в сухом веществе твердого остатка Гидрогумата составляет 47,3 %, остатка от Оксигумата — 29,7 %, остатка от Консила — 27,6 %, а в сухом остатке от Оксидата торфа — 3,4 %. Различия в содержании



минеральных веществ в этих остатках связаны с применением в производстве гуминовых препаратов различных химических реагентов. Содержание макроэлементов в твердых остатках представлена в табл. 2.

Таблица 2. Содержание основных макроэлементов в золе твердых остатков от производства гуминовых препаратов

Table 2. The content of the main macroelements in the ash of solid residues from the production of humic preparations

Элемент	Содержание в золе, %			
	Остаток от Оксигумата	Остаток от Гидрогумата	Остаток от Консила	Остаток от Оксидата торфа
Al	7,88	6,60	7,20	17,77
Ca	6,54	5,63	6,11	17,34
Fe	5,21	3,52	4,22	15,98
S	4,15	23,50	4,00	9,11
Mg	3,99	3,38	4,10	12,56
P	2,58	2,37	2,01	8,42
Si	4,23	2,62	3,25	10,35
K	1,12	0,78	0,90	4,15
Na	64,30	51,60	68,21	4,32
Сумма	100,00	100,00	100,00	100,00

При производстве Гидрогумата, Оксигуматат и Консила в качестве реагента используют гидроксид натрия, поэтому доля натрия в золе их остатков составляет от 51,6 до 68,21 %. В значительном количестве в зольной части этих твердых остатков присутствуют такие жизненно важные макроэлементы как алюминий (от 6,6 до 7,8 %), кальций (от 5,5 до 6,5 %), магний (от 3,5 до 4 %), железо (от 3 до 4 %), фосфор (от 2,4 до 2,6 %), калий (до 1 %). При производстве Оксидата торфа в качестве щелочного агента применяют гидроксид аммония, поэтому доля натрия в золе его твердого остатка составляет лишь 4,3 % и, в связи с этим, относительно возрастают доли других макроэлементов.

Изучение содержания микроэлементов в золе твердых остатков показало, что в их составе преобладают марганец (до 188 мг/кг), кобальт (до 92 мг/кг), медь (до 49 мг/кг) и цинк (до 25 мг/кг) (табл. 3). Массовая доля марганца в золе остатков от Гидрогумата и Консила находилась в пределах 34,5—75,3 мг/кг, в золе остальных исследуемых остатков — в пределах 168—188 мг/кг. В золе остатков от Оксигумата и Консила значительно больше содержание кобальта (88, 69 и 92,33 мг/кг), чем



в остатках от Гидрогумата и Оксидата торфа (0,23 и 6,35 мг/кг). Это связано с его использованием как катализатора окисления при производстве первых двух препаратов.

Таблица 3. Содержание отдельных микроэлементов в золе твердых остатков от производства гуминовых препаратов
Table 3. The content of individual microelements in the ash of solid residues from the production of humic preparations

Микро-элемент	Содержание в золе, мг/кг			
	Остаток от Оксигумата	Остаток от Гидрогумата	Остаток от Консила	Остаток от Оксидата торфа
Ni	2,31	4,30	2,54	6,43
Cu	5,98	48,52	36,73	8,48
Cd	1,50	1,20	1,26	1,55
Pb	0,73	0,45	0,82	0,44
Zn	4,15	23,97	25,48	13,38
Mn	188,55	34,58	75,32	167,96
Co	88,69	0,23	92,33	6,35

Оценка твердых остатков по содержанию тяжелых металлов выявила, что они являются безопасными продуктами и содержат соли тяжелых металлов в незначительных количествах. Например, в золе этих остатков содержание свинца находится на уровне 0,44—0,82 мг/кг.

Исследование реакций среды указанных остатков показало, что рН водной вытяжки составляет 10,5—11,0.

Детально химический состав и физико-химические свойства, указанных твердых остатков, представлены в научной статье [7].

Проведенные специалистами Института рыбного хозяйства токсикологические исследования гуматсодержащих остатков по оценке острой водной токсичности показали, что в тестируемых концентрациях 0,1—100 мг/л (однократное внесение), они практически не токсичны для ракообразных (рачки *Moina macropora*) и для рыб гуппи (*Poecilia reticulata*). При этом ЛК₅₀₋₉₆ составляет для рыб менее 100 мг/л, а для ракообразных ЭК₅₀₋₄₈ менее 100 мг/л.

Учитывая, что одноклеточные водоросли являются наиболее эффективным продуцентом пресноводных гидробиоценозов, а его продукция служит основой питания планктонных ракообразных и растительноядных рыб, выполнена оценка влияния исследуемых гуматсодержащих остатков на культивируемые водоросли *Scenedesmus quadricauda* при их



первоначальной концентрации в воде 25 мг/л. Результаты исследований представлены в табл. 4.

Таблица 4. Изменение концентрации культуры *Scenedesmus quadricauda* за 5 сут при использовании твердых остатков от производства гуминовых препаратов

Table 4. Change in the concentration of the culture *Scenedesmus quadricauda* for 5 days when using solid residues from the production of humic preparations

Концентрация препарата, мг/л	0	50	100	200
	концентрация организмов, мг/л			
№1 Гидрогумат	46,4	54,0	54,8	50,5
№2 Оксигумат		51,3	53,3	49,3
№3 Оксидат торфа		52,3	53,3	51,0
№4 Консил		51,8	54,3	51,5

Как видно из данных, приведенных в таблице, наблюдается выраженный стимулирующий эффект у всех остатков, который достигает максимума при дозировке 100 мг/л и в дальнейшем снижается.

Лабораторные исследования гуматсодержащих остатков были проведены также на планктонных ракообразных, являющихся источником белка для рыбы, в частности для карпа. В качестве тест-культуры в опытах использовали рачков *Moina macroptera*. Плотность посадки рачков в начале опыта 100 экз/л, концентрация культуры для питания рачков — 30 мг/л. Гуматсодержащие остатки внесены в дозах 50—200 мг/л. Результаты оценки биомассы рачков в экспозиции представлены в табл. 5.

Таблица 5. Изменение численности *Moina macroptera* за 5 сут при использовании твердых остатков от производства гуминовых препаратов
Table 5. Change in the number of *Moina macroptera* for 5 days when using solid residues from the production of humic preparations

Концентрация препарата, мг/л	0	50	100	200
	численность рачков, экз/л			
№1 Гидрогумат	170	210	428	484
№2 Оксигумат	260	270	250	240
№3 Оксидат торфа	150	192	170	75
№4 Консил	196	240	198	152

Как видно из этих данных, ни один из препаратов не приводил к гибели рачков в течение 5 сут, т.е. не был токсичным для ракообразных. Однако в концентрациях, превышающих 100 мг/л, прирост был ниже по сравнению с контролем, за исключением остатка от производства



Гидрогумата, в последнем случае даже при дозе 200 мг/л прирост их численности превышал аналогичный показатель в 2,8 раза. Исходя из этого можно заключить, что оптимальной дозой для остатков № 2—4 является доза около 50 мг/л, а для остатка № 1 — 100 мг/л. Таким образом, исследуемые твердые остатки в этих дозах могут использоваться как в выростных, так и в нагульных прудах без опасности нарушения функционирования гидробиоценоза.

Проведены также исследования по влиянию доз остатков 100—1000 мг/л на рыб гуппи *Poecilia reticulata*. В результате опытов установлено, что при одинаковом рационе рыб и концентрации остатков (1 г/л или 10 т/га) прирост несколько отличался от приростов в контроле и вариантах с более низкими концентрациями этих остатков. Так, у рыб в контрольных группах после 14 сут экспериментов прирост составлял 2,2 мг/экз, а при дозах 55—500 мг, находились в пределах 2,2—2,3 мг/экз. В то время как при дозе остатка 1 г/л составил 2,4 мг/экз. Для остатка № 2 и № 3 — 2 мг/экз, для № 4 — 2,2 мг/экз. Исходя из этого можно заключить, что очень высокие дозы остатков № 2—4 не оказывает положительного влияния на гуппи, в то время как доза 1 г/л остатка № 1 положительно влияет на темп роста гуппи в эксперименте.

Влияние твердых остатков на изменение биомассы сеголеток карпа за 14 сут при использовании указанных твердых остатков приведены в табл. 6.

Таблица 6. Изменение биомассы сеголеток карпа за 14 сут при использовании указанных твердых остатков

Table 6. Changes in the biomass of carp underyearlings for 14 days when using the specified solid residues

Концентрация препарата, мг/л	0	100	200
	Биомасса сеголетков карпа, г		
№1 Гидрогумат	127,9	129,0	128,9
№2 Оксигумат		128,4	128,0
№3 Оксидат торфа		126,7	126,6
№4 Консил		128,9	128,0

По данным представленным в таблице можно проследить тенденцию по увеличению биомассы тела рыб в вариантах с остатками от Гидрогумата, Оксигумат и Консила в дозировке 100 мг/л. А в дозировке 200 мг/л этот эффект сохраняется только лишь для Гидрогумата. Из полученных данных следует, что указанные препараты, кроме Оксидата торфа могут



быть использованы для стимулирования компонентов естественной кормовой базы в прудах в дозировке до 1 т/га. В случае остатка от Оксидата торфа необходимы более продолжительные исследования.

Таким образом, выявлена тенденция к увеличению массы тела рыб в вариантах с остатками от Оксигумата и Консила в дозировке 100 мг/л, а для остатка от Гидрогумата в дозировке 200 мг/л. Исследуемые остатки в дозах 500—1000 кг/га могут использоваться для проведения работ в экспериментальных выростных и нагульных прудах для стимулирования количественного развития компонентов гидробиоценозов прудов без опасности нарушения их функционирования.

В 2019 г. специалистами РУП «Института рыбного хозяйства» работы по оценке влияния гуматсодержащих добавок, как средств расширения естественной кормовой базы рыбоводных хозяйств, были проведены в выростных и экспериментальных прудах СПУ «Изобелино» и в нагульных экспериментальных прудах ХРУ «Вилейка». Одновременно осуществлялся гидрохимический контроль опытных и контрольных прудов, отрабатывались дозы внесения гуматсодержащих субстратов, изучалась возможность снижения расходов по внесению минеральных и органических удобрений, применяемых при выращивании рыбы по экстенсивной технологии.

Гидрохимические исследования показали, что в опытных и контрольных прудах СПУ «Изобелино» отдельные показатели заметно отличаются, но находятся в пределах нормы. Так, в экспериментальных прудах почти в 2,5 раза меньше содержание нитратов и существенно больше аммонийного азота, а в их минеральной части больше водорастворимого фосфора и железа. Активная кислотность воды в контрольных и опытных вариантах была одинаковой ($\text{pH} = 7,7$), однако жесткость воды была несколько ниже в экспериментальных прудах. Она снижалась с 4,0 мг-экв/л в контроле до 3,8 мг-экв/л в прудах, где внесены гуматсодержащие остатки.

Учитывая важную роль фитопланктона рыбоводческих прудов, как единственного источника природного питания для зоопланктона, определяющего продукционные показатели, было изучено его развитие в выростных прудах СПУ «Изобелино». Приведены средние показатели количественного развития фитопланктона в экспериментальных прудах, в которые вносили исследуемые остатки от производства гуминовых препаратов в дозах 400 и 600 кг/га, по сравнению с их развитием в контрольных водоемах, куда эти продукты не вносились.



Результаты исследования показали, что развитие фитопланктона в экспериментальных прудах проходило более интенсивно, чем в контрольных. Так, биомасса фитопланктона в контроле составила 3,78 мг/л, а при внесении гуматсодержащих остатков в дозе 400 кг/га она достигала 4,22 мг/л. При повышении дозы гуматсодержащих остатков до 600 кг/га этот показатель практически был вдвое больше (8,56 мг/л). Таким образом гуматсодержащие остатки целесообразно вносить в выростные пруды в дозах до 600 кг/га.

Что касается зоопланктона, являющегося основной пищей молоди прудовых рыб, биомасса в экспериментальных прудах 400 кг/га составляла 5,59 мг/л, при увеличении дозы до 600 кг/га этот показатель увеличивался до 7,55 мг/л, в то время как в контроле он находился на уровне 3,24 мг/л. Как видно из приведенных данных, биомасса зоопланктона увеличивается с увеличением дозы вносимого гуматсодержащего продукта, т.е. положительно влияет на сообщество планктона выростных прудов. При этом, судя по показателям численности, в присутствии гуматсодержащих добавок развиваются более крупные формы зоопланктона.

В ходе осеннего облова экспериментальных выростных прудов, осуществлявшегося в первой декаде ноября, были получены данные, приведенные в табл. 7.

Таблица 7. Результаты облова экспериментальных прудов СПУ «Изобелино»
Table 7. The results of fishing experimental ponds SPU «Isobelino»

Вариант	Вид рыбы, возраст	Плотность посадки, экз/га	Выход			Рыбопродуктивность, ц/га
			%	кг/га	средняя масса, г	
1 (дозировка 400 кг/га)	Карп, личинка	20000	43	232,2	27	2,3
2 (дозировка 600 кг/га)	Карп, личинка	20000	51	265,2	26	2,7
Контроль*	Карп, личинка	20000	54	259,2	24	2,6

Из данных, приведенных в табл. 7, видно, что максимальная рыбопродуктивность 2,7 ц/га достигнута во втором варианте опыта, где вносилось 600 кг/га, где средняя масса экземпляра 26 г на 4 % выше норматива (25 г).

При этом, величина рыбопродуктивности в контроле сопоставима с таковой в полученном 2 варианте, однако средняя масса на 4 % ниже

норматива. Характерно, что в 1 варианте средняя масса экземпляра была на 8 % выше норматива. Таким образом, дозировка гуматсодержащей добавки 600 кг/га, при совместном использовании с аммофосом (150 кг/га), позволяет превысить нормативные показатели рыбопродуктивности на 8 % и сэкономить следующие ресурсы: известь негашеная — 1 т/га, компостируемый навоз 2,5 т/га, аммофос 20 кг/га, селитра аммиачная — 200 кг/га. Это достигается за счет положительного влияния гуматсодержащего остатка на важнейшие компоненты естественной кормовой базы сеголеток крапа в прудах.

В нагульных прудах ХРУ «Вилейка», где также, начиная с момента зарыбления, осуществлялся контроль за гидрохимическим режимом после внесения гуматсодержащих остатков (2-я декада мая), было установлено, что как в контрольных, так и опытных водоемах, куда внесены указанные добавки в дозах 400 кг/га и 600 кг/га, не наблюдается превышение допустимых величин учитываемых показателей. Характерно, что в прудовой воде, где внесены добавки, отчетливо прослеживается заметное увеличение содержания аммонийного азота в зависимости от дозы внесения остатков: от 0,45 мгN/л в контроле до 0,52 и 0,82 мг N/л в опытах. Это наблюдалось ранее и в выростных прудах. Другие показатели также мало отличались.

Изучение количественных показателей развития фитопланктонов также являлось важным элементом проводимой работы в нагульных прудах, результаты которой представлены на рис. 1.

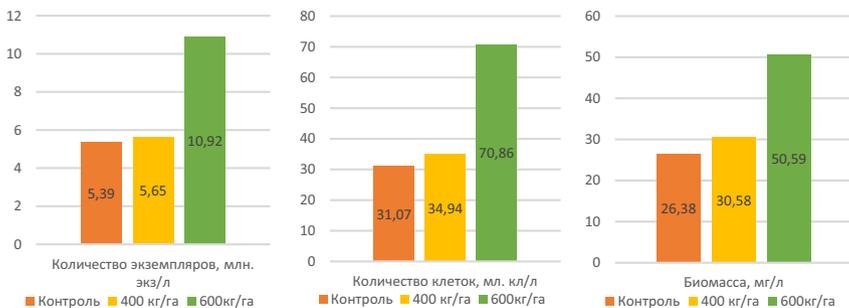


Рис. 1. Средние показатели количественного развития фитопланктона в экспериментальных и контрольных нагульных прудах, 2019 г.

Fig. 1. Average indicators of the quantitative development of phytoplankton in experimental and control feeding ponds, 2019



Как видно из данных, приведенных на рис. 1, в контрольных и экспериментальных прудах, где внесены остатки в количестве 400 кг/га, биомасса фитопланктона отличается незначительно. Однако в прудах, удобренных гуматсодержащим остатком из расчета 600 кг/га, она значительно выше (50,59 мг/л). Следовательно, такая дозировка является эффективной и положительно влияет на гидробиоценоз нагульных прудов. Характерно, что основу фитопланктона во всех прудах составляли наиболее ценные в пищевом отношении зеленые водоросли, количество которых находится в пределах от 83,0 до 88,6 % от общего содержания.

В гидробиологических исследованиях особое внимание уделяется сообществу зоопланктона, как наиболее показательного звена, позволяющего проследить эффективность трансформации вещества продуцентов в вещество консументов 1-го порядка. В ходе мониторинга показателей количественного развития зоопланктона были получены усредненные данные, приведенные на рис. 2.

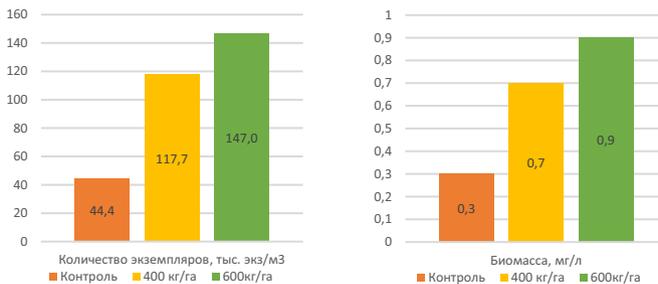


Рис. 2. Средние показатели количественного развития зоопланктона в экспериментальных и контрольных нагульных прудах, 2019 г.

Fig. 2. Average indicators of the quantitative development of zooplankton in the experimental and control feeding ponds, 2019

Как видно из этих данных, численность и биомасса зоопланктона заметно выше в экспериментальных прудах, при этом с увеличением дозы гуматсодержащей добавки показатели увеличиваются.

В ходе осеннего облова экспериментальных нагульных прудов, осуществлявшегося в 3 декаде октября, были получены данные, приведенные в табл. 8.

Как видно из этих данных, в экспериментальных прудах общая рыбопродуктивность была выше по сравнению с контролем и составляла



2,65—2,66 ц/га, при нормативе 2,4 ц/га. Выше была также и средняя масса рыбы, что говорит о положительном влиянии вносимых гуматсодержащих остатков на производственные показатели нагульных прудов при выращивании рыбы по экстенсивной технологии. Поскольку показатели рыбопродуктивности при внесении как 400, так и 600 кг/га остатка, мало отличаются, то оптимальной для нагульных прудов является доза 400 кг/га.

Таблица 8. Результаты облова нагульных прудов, 2019 г.
Table 8. Results of harvesting feeding ponds, 2019

Вариант	Вид рыб, возраст	Плотность посадки, кг/га	Выход рыбы,		Рыбопродуктивность, ц/га
			кг/га	средняя масса, г	
Контроль: Аммофос — 200–250 кг/га Селитра аммиачная — 200–250 кг/га	Карп, 1+	20	145,0	247	2,37
	Пестрый толстолобик, 2+	4	12,8	530	
	Белый амур, 1+	8	37,6	224	
	Щука, 0+	400	3,6	300	
	Сор	-	38,0	88	
Опыт: Остаток — 400 кг/га Аммофос — 150–170 кг/га	Карп, 1+	20	212,0	274	2,66
	Пестрый толстолобик, 2+	4	11,6	490	
	Белый амур, 1+	8	31,2	189	
	Щука, 0+	400	11,6	290	
	Сор	-	21,2	74	
Опыт: Остаток — 600 кг/га Аммофос — 150–170 кг/га	Карп, 1+	20	213,0	295	2,65
	Пестрый толстолобик, 2+	4	11,6	533	
	Белый амур, 1+	8	37,8	239	
	Щука, 0+	400	11,2	307	
	Сор	-	12,8	89	

В 2020 г. разработана и реализована схема производственной проверки гуматсодержащих добавок в прудовом рыбоводстве.

Производственная проверка в условиях интенсивного выращивания рыбы проводилась в ОАО «Опытный рыбхоз «Белое» Гомельской облас-



ти на экспериментальных выростных (0,20—0,24 га) и нагульных прудах (9,0—9,1 га). Разработанная схема предусматривала, в том числе, применение гуматсодержащих остатков и частичную и полную замену обычных органических удобрений (навозного компоста). Затраты кормов были рассчитаны исходя из естественной рыбопродуктивности для третьей рыбоводной зоны (190 кг/га) и кормового коэффициента (4,7).

Изучено влияние на гидрохимический и гидробиологический режимы прудов при выращивании рыбы по интенсивной технологии в условиях производственной проверки. Судя по результатам гидрохимических исследований, все средние показатели прудовой воды укладывались в норматив. Существенных различий по вариантам не наблюдалось, за исключением перманганатной окисляемости, которая в контрольных прудах имела более высокие показатели — 17,1 мг О/л, а в опытных 14,7—14,9 мг О/л, что связано с внесением в контрольные пруды 2,5 т навозного компоста.

Гидробиологические исследования показали, что количественное развитие фитопланктона в контроле составляло 5656 тыс. клеток/л, в прудах с внесением остатка Гидрогумата в дозе 300 кг/га — 11590 тыс. клеток/л, а при внесении композиции остатка Гидрогумата и Консила (1:1) в дозе 300 кг/га — 12544 тыс. клеток/л, при этом даже внесение остатка от Гидрогумата в дозе 600 кг/га было менее эффективно — 7515 тыс. клеток/л.

Наилучшие результаты по выходу биомассы планктона были также выше при внесении комплексной гуматсодержащей добавки (остаток от Гидрогумата + остаток от Консила), которая составляла 5,80 мг/л, при показателе в контрольных прудах 5,33 мг/л.

Основным показателем, определяющим эффективность использования интенсифицирующих мероприятий для повышения продуктивности рыбоводных прудов, являются рыбоводческие результаты, которые обобщены и приведены в табл. 9.

Анализ данных осеннего облова, полученных на экспериментальных и контрольных нагульных прудах в производственных условиях рыбхоза «Белое» свидетельствует, что показатели рыбопродуктивности в экспериментальных прудах выше по сравнению с контрольными. Однако было выявлено, что исключение навозного компоста в одном из вариантов в экспериментальных прудах, который вносился в контрольные пруды в количестве 2500 кг/га, заметно снижает эффективность использования гуматсодержащих добавок.



Таблица 9. Рыбоводческая эффективность экспериментальных и контрольных нагульных прудов при использовании гуматсодержащих добавок, 2020 г.

Table 9. Fish breeding efficiency of experimental and control feeding ponds when using humate-containing additives, 2020

Вид рыбы	Посажено, экз/га	Навеска, г	Посажено, кг/га	Выловлено, экз/га	Выход, %	Навеска, г	Выловлено, кг/га	Рыбпродуктивность, кг/га
Вариант 1: Остаток производства гуминовых удобрений — 600 кг/га, аммофос — 150–170 кг/га								
Карп	1500	27	40,5	1245	83	354	441,0	400,5
Щука	2000	-	-	95	4,8	260	24,8	24,8
Б.амур	150	30	4,5	117	78	344	40,3	35,8
Толстолобик	300	30	9,0	243	81	402	97,7	88,7
Всего							603,8	549,8
Вариант 2: Остаток производства гуминовых удобрений — 300 кг/га, навоз компостированный — 1250 кг/га, аммофос — 150–170 кг/га								
Карп	1500	26	39	1350	90	355	479,3	440,3
Щука	2000	личинка	-	46	2,3	255	11,7	11,7
Б.амур	150	30	4,5	111	74	341	37,9	33,4
Толстолобик	300	30	9,0	246	82	386	95,0	86,0
Всего:							623,8	571,3
Вариант 2а: смесь остатков производства гуминовых удобрений 300 кг/га (гидрогумат 150 кг, консил 150 кг), навоз компостированный — 1250 кг/га, Аммофос — 150–170 кг/га								
Карп	1500	27	40,5	1320	88	362	477,8	437,3
Щука	2000	-	-	38	1,9	270	10,3	10,3
Б.амур	150	30	4,5	114	76	351	40,0	35,5
Толстолобик	300	30	9,0	255	85	395	100,1	91,1
Всего							628,2	574,2
Контроль: аммофос — 200 кг/га, селитра аммиачная — 300 кг/га, навоз компостированный — 2500 кг/га								
Карп	1500	28	42,0	1200	80	357	428,4	386,4
Щука	2000	0,001	0,002	34	1,7	271	9,2	9,2
Б.амур	150	30	4,5	125	83	351	43,9	39,4
Толстолобик	300	30	9,0	261	87	415	108,3	99,3
Всего:							589,8	534,3



Так, если при внесении 1500 кг/га навоза и 600 кг/га гуматсодержащих добавки рыбопродуктивность составила 549,8 кг/га, а данный показатель в контроле — 534,3 кг/га, то в экспериментальных прудах, где вносилась гуматсодержащих добавка, только в количестве 300 кг/га и навоза в количестве 1200 кг/га рыбопродуктивность составляла 571,3 кг/га. Характерно, что, при внесении гуматсодержащей добавки в виде композиции (1:1) остатков от Гидрогумата и Консила, рыбопродуктивность была наиболее высокой — 574,2 кг/га. Это можно объяснить присутствием в указанной композиции калия в доступной форме.

Таким образом, результаты производственной проверки подтвердили эффективность применения гуматсодержащих остатков в качестве добавки, расширяющих кормовую базу прудов и повышающих их рыбопродуктивность.

Заключение. В рамках научно-технического проекта выполнен детальный анализ физико-химических свойств и химического состава побочных продуктов, образующихся при производстве биологически активных гуминовых препаратов на основе торфа, что позволило выявить присутствие в их составе значительного количества активизированных гуминовых кислот и других биологически активных соединений органической и минеральной природы способных в определенных дозах оказывать положительное влияние на жизнедеятельность различных организмов, что явилось предпосылкой изучения возможности их использования в прудовом рыбоводстве, которое остро нуждается в расширении естественной кормовой базы выращиваемых рыб. В ходе испытаний этих гуматсодержащих остатков в аквариумах, а затем в экспериментальных рыбоводческих прудах (выростных и нагульных) выявлено отсутствие их токсического воздействия на физико-химические свойства воды и водную биоту при одновременном положительном влиянии на рост и развитие фитопланктона, зоопланктона, а также на рыбопродуктивность прудов. Отработанные в процессе экспериментальных испытаний сроки и дозы внесения гуматсодержащих добавок в рыбоводные водоемы позволили разработать способ их применения, научная новизна которого защищена патентом РФ, а также схем их производственных испытаний в промышленных прудах при выращивании рыбы по интенсивной технологии. Производственными испытаниями подтверждено, что применение гуматсодержащих добавок позволяет исключить внесение комбикормов в рыбоводные пруды, снизить на 50 % внесение органических удобрений, полностью исключить внесение аммиачной селитры и на 25 % снизить дозы внесения аммофоса. При этом применение ука-



занной схемы удобрительных мероприятий способствует повышению рыбопродуктивности на 4—5 %. На гуматсодержащую добавку для прудового рыбоводства разработаны технические условия (ТУ ВУ 10289079.080-2020), опытно-промышленный технологический регламент (ТР-П 100289079.056-2020), а также технологическая инструкция по использованию гуматсодержащих остатков в рыбоводческих прудах.

Таким образом, новое эффективное направление использования побочных продуктов от производства гуминовых препаратов в прудовом рыбоводстве будет способствовать безотходному использованию торфа, повышению продуктивности прудового рыбоводства и отсутствию загрязнения окружающей среды промышленными отходами.

Список используемых источников

1. Агеец, В.Ю. Рыбоводство в Беларуси и мировой аквакультуре. Известия НАН Беларуси // серия аграрных наук — 2014. — №2. — С. 86—93.
2. Агеец, В.Ю., Пантелей, С.Н. Комбикорма для рыб 21 века. Тезисы докладов науч.-практ. семинара, Минск, 22-24 ноября 2017. — С. 13—15.
3. Агеец, В.Ю. Состояние аквакультуры в Республике Беларусь: возможности инновационного развития и научное обеспечение: сб. науч. Трудов / Вопросы рыбного хоз-ва Беларуси. — Минск, 2015. — Вып. 31. — С. 14—24.
4. Агеец, В.Ю. Рыбная отрасль: перспективы развития / В.Г. Костоусов, С.В. Банина, О.Н. Марцуль // Наука и инновации. — Минск, 2020. — №3. — С. 1—6.
5. Семенский, Е.П. Технический анализ торфа / Е.П. Семенский. — М.: Недра, 1966. — С. 232.
6. Лиштван, И.И. Основные свойства торфа и методы их определения / И.И. Лиштван, Н.Т. Король — Минск, «Наука и техника», 1975. — С. 320.
7. Лиштван, И.И. Исследование состава органической и минеральной частей твердых отходов от производства гуминовых препаратов // Г.В. Наумова, Н.А. Жмакова, Н.Л. Макарова, Т.Ф. Овчинникова, А.А. Макеенко // Природопользование. — 2021. — №1. — С. 187—191.

Reference

1. Aheyets U.Yu. Fish farming in Belarus and world aquaculture. Bulletin of the National Academy of Sciences of Belarus. Series of agricultural sciences. 2014, no. 2, pp. 86—93 (in Russian).
2. Aheyets U.Yu., Panteley S.N. Compound feed for fish of the 21st century. Abstracts of scientific and practical reports. seminar, Minsk, November 22-24, 2017, pp. 13—15 (in Russian).
3. Aheyets U.Yu. The state of aquaculture in the Republic of Belarus: opportunities for innovative development and scientific support: collection of articles. scientific. Trudy. Issues of the fish industry in Belarus. Minsk, 2015, Issue. 31, pp. 14—24 (in Russian).



4. Aheyets U.Yu., Kostousov V.G., Banina S.V., Marzul O.N. Fishing industry: development prospects. Science and innovation. Minsk, 2020. No. 3, pp. 1—6 (in Russian).
5. Semensky E.P. Technical analysis of peat. M., Nedra, 1966. P. 232 (in Russian).
6. Lishtvan I.I., Korol N.T. Basic properties of peat and methods for their determination. Minsk. Science and Technology, 1975. P. 320 (in Russian).
7. Lishtvan I.I. Investigation of the composition of the organic and mineral parts of solid waste from the production of humic preparations. Nature Management, 2021, No. 1, pp. 187—191 (in Russian).

Информация об авторах

Пантелей Сергей Николаевич — кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией прудового и индустриального рыбоводства, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: pantsialei@yandex.ru

Сенникова Виолетта Дмитриевна — старший научный сотрудник лаборатории прудового и индустриального рыбоводства, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

Наумова Галина Васильевна — доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Беларусь). E-mail: nature@ecology.basnet.by

Жмакова Надежда Анатольевна — кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Беларусь). E-mail: zhmakova@mail.ru

Макеенко Александр Александрович — аспирант, младший научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Беларусь). E-mail: makeenko1507@mail.ru

Information about the authors

Panteley Sergey N. — Ph.D. (Agriculture), RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: pantsialei@yandex.ru

Sennikova Violetta D. — senior researcher of the laboratory of pond and industrial fish farming RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

Naumova Galina V. — Professor, D.Cs (Technical), Chef Researcher, Institute for Nature Management of the NAS of Belarus (220114, Minsk, F. Scoriny str., 10, Republic of Belarus). E-mail: nature@ecology.basnet.by

Zhmakova Nadezhda A. — Ph.D. (Technical), Leading Researcher, Institute for Nature Management of the NAS of Belarus (220114, Minsk, F. Scoriny str., 10, Republic of Belarus). E-mail: zhmakova@mail.ru

Makeenko Alexander A. — Graduate Student, Junior Researcher, Institute for Nature Management of the NAS of Belarus (220114, Minsk, F. Scoriny str., 10, Republic of Belarus). E-mail: makeenko1507@mail.ru