



УДК 579.66:577.112

Поступила в редакцию 11.10.2022

<https://doi.org/10.47612/978-985-880-00000-0-2022-38-184-198>

Received 11.10.2022

**В.Ю. Агеец¹, Г.П. Воронова¹, А.Г. Литвинова¹, О.М. Таврыкина²,
В.К. Дашкевич¹, С.И. Ракач¹, В.А. Хотин¹**

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

²РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», Минск, Беларусь

ИЗУЧЕНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ МОДЕЛЕЙ БИОКОМПОСТОВ ДЛЯ ПРУДОВЫХ ЭКОСИСТЕМ

Аннотация: Разработка компостов на основе местных биоресурсов для стимуляции развития естественной кормовой базы прудов и повышения их продуктивности является актуальной задачей в свете интенсификации рыбоводных процессов. В связи с этим на базе лаборатории гидробиологии и гидрохимии РУП «Институт рыбного хозяйства» в 2021 г. была осуществлена закладка 10 вариантов многокомпонентных компостируемых смесей на основе местного сырья рыбоводческих предприятий с применением различных способов их биоактивации. Изучены химические показатели исходного сырья, показатели качества готовых компостных смесей, проведен анализ динамики основных физико-химических показателей в процессе их созревания (температура, рН, влажность, убыль массы, содержание органических веществ, азота, фосфора и калия). Были выявлены 2 состава биокомпостов с наилучшими показателями качества и минимальными сроками их созревания.

Ключевые слова: компосты, удобрение, бактериальный препарат, отходы пищевого производства, химические показатели, влажность, температура, биогенные элементы, органическое вещество, созревание, минерализация

**U. Aheyets¹, G. Voronova¹, A. Litvinova¹, O. Tavrykina², V. Dashkevich¹,
S. Rakach¹, V. Khotin¹**

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

²RUE “Central Research Institute for integrated use of water resources”, Minsk, Belarus

STUDY OF LABORATORY MULTI-COMPONENT MODELS OF BIOCOMPOSTS FOR POND ECOSYSTEMS

Abstract: Working of composts, including local bioresources, to stimulate the development of the natural food base of ponds and increase their productivity,



is an urgent task in the light of the intensification of fish breeding processes. Thereby, on the base of the Laboratory of hydrobiology and hydrochemistry of the RUE «Fish Industry Institute», 10 variants of multicomponent compostable mixtures, based on local raw materials from fish farms, were laid down in 2021, using various methods of their bioactivation. Chemical parameters of initial raw materials, as well as the quality of mature compost mixtures were studied, the dynamics of the main physical and chemical parameters in the process of their maturation (temperature, pH, humidity, weight loss, content of organic substances, nitrogen, phosphorus and potassium) were analyzed. 2 compositions of biocomposts with the best quality indicators and minimum maturation time were identified.

Keywords: composts, fertilizer, microbial substance, food product waste, chemical parameters, humidity, temperature, biogenic elements, organic matter, maturation, mineralization

Введение. Одной из главных задач прудового рыбоводства выступает его интенсификация путем воздействия на продукционные процессы в биоценозе пруда, на оптимизацию трофических связей, выявление возможностей получения максимальной естественной рыбопродуктивности и снижение затрат комбикормов. В этом контексте оправданным является производство и применение в рыбоводных прудах биокomпостов. Оно по своей сути направлено на вовлечение в хозяйственно-биологический круговорот инертных по удобрительным свойствам органо-минеральных субстратов — растительных остатков и донных отложений рыбоводческих прудов [1–3]. В результате микробиологических процессов компостирования данных смесей происходит перегруппировка питательных веществ: из труднодоступной для гидробионтов формы они переходят в легкоусвояемые соединения, утилизируемые гидробионтами. Полученные удобрения становятся более концентрированными, биологически активными, обладают хорошими физико-механическими свойствами (сыпучестью, гомогенностью, транспортабельностью и т.д.) и могут применяться как в традиционном, так и в органическом рыбоводстве [4].

Изучение компостирования для рыбоводных прудов, начатое еще в 1940–1960 гг., первоначально было трудоемким и длительным процессом [5–6]. Эффективность производства компостов значительно повысилась после изучения микроорганизмов, целиком определяющих данный процесс своей активностью. Известно, что в процессе компостирования принимает участие множество бактерий (более 2000) и не менее 50 видов грибов, причем состав микроорганизмов хорошо изучен



на разных этапах компостирования в цикле азота, фосфора, образования гумусовых кислот и т.д.

Соответственно, возможно значительное ускорение процесса компостирования за счет направленного использования микроорганизмов, способствующих расщеплению и минерализации сложных органических соединений [7]. Кроме того, в последнее время проводятся исследования различных составов компостов, в том числе с точки зрения содержания в них аминокислот, на которые оказывают значительное влияние условия и способы компостирования.

Компосты могут широко применяться в разных способах и нормах их внесения для удобрения всех категорий рыбноводных прудов. Нерестовые пруды удобряют компостом (10 ц/га) в процессе заливки пруда. Мальковые пруды удобряются после осушения в августе, при этом на их дно вносят по 20 ц/га компоста. Выростные пруды удобряют компостом (20 ц/га) ранней весной по сухому, предварительно прокультивированному ложу. Затем засевают дно и за 9–10 суток до посадки рыб пруд заливают водой [8].

Учитывая, что в последнее время в Беларуси, как и во всем мире, большое внимание уделяется органическому и малозатратному производству сельскохозяйственной продукции, в том числе и в аквакультуре, разработка биокомпостов на основе местных биоресурсов для стимуляции развития естественной кормовой базы прудов и повышение их продуктивности является своевременным, позволит получить экологически чистую продукцию с одновременным снижением себестоимости рыбы и затрат на комбикорма.

Целью работы являлось исследование многокомпонентных биокомпостов для рыбохозяйственных предприятий на основе местного сырья и с применением биоактивации. **Задачами** работы выступали: 1) Изучение химического состава сырья для компостов; 2) лабораторная закладка биокомпостов разного состава и способа биоактивации; 3) Определение основных физико-химических параметров процесса компостирования; 4) Установление химических показателей готовых биокомпостов, выявление биокомпостов с наиболее качественным составом.

Материалы и методы. Материалом для закладки биокомпостов являлись: в качестве **основы** — наземная и водная растительность прудов рыбохозов, донные отложения из прудов и органические удобрения (навоз КРС), а также отходы пищевого производства и биоактиваторы.



Наземная растительность (разнотравье, мелкие осоки, злаки и бобовые) была взята из РУ «Вилейка», прибрежно-водная растительность (тростник, рогоз, осоки, стрелолист, камыш) — из ОАО «Рыбокомбинат «Любань». Растительность была скошена и высушена.

Донные отложения были взяты из прудов ОАО «Рыбокомбинат «Любань», РУ «Вилейка», СПУ «Изобелино», в дальнейшем из них был составлен один смешанный образец.

Апробированы 2 вида отходов пищевого производства: в одной серии компостов к основе добавляли картофельную мезгу (остаток растертого картофеля после извлечения из него крахмала), в другой — спиртовую барду (первичный отход при производстве спирта).

Для ускорения созревания компостов использовались биоактиваторы: микробные препараты «Биовир» (Беларусь), «Полибакт» (Беларусь) и «Биокомпост Турбоускоритель» (Россия), а также жидкое азотсодержащее удобрение КАС (карбамидо-аммиачная смесь) (Беларусь).

При закладке компостов было использовано весовое соотношение донные отложения :навоз : растительность, равное 1:1:0,8. Количество мезги картофельной применялось из расчета 32 кг/100 кг составной массы компоста, барды спиртовой — 55 л/100 кг массы компоста. В биокомпосты была добавлена вода для их увлажнения и доведения до требуемой влажности 60–70 %. Биоактиваторы вносились в растворенном виде по всему объему компоста в концентрациях согласно инструкции. Во все варианты, за исключением с КАС (поскольку там уже содержался фосфор), было добавлено фосфорное удобрение — монофосфат калия в количестве 1 % от массы компоста.

В опыте было заложено и исследовано 10 вариантов компостов, каждый — в двукратной повторности. Их состав:

1	Основа+мезга (Контроль)	6	Основа+барда (Контроль)
2	Основа+мезга+Биовир	7	Основа+барда+Биовир
3	Основа+мезга+Полибакт	8	Основа+барда+Полибакт
4	Основа+мезга+Турбоускоритель	9	Основа+барда+Турбоускоритель
5	Основа+мезга+КАС	10	Основа+барда+КАС

Отбор проб для определения содержания органического вещества и биогенных элементов проводился на разных стадиях созревания и в готовых компостах по вариантам.

Обсуждение результатов. Перед закладкой компостируемых смесей были изучены химические показатели исходного сырья.



Установлено, что *донные отложения* характеризуются нейтральной реакцией среды, значения обменной кислотности составили 6,3–6,4 ед. Они достаточно богаты органическим веществом, массовая доля которого в образце составила 37,1–39,2 и общим азотом — 2,05 %, содержание фосфора — 0,025–0,044 %. Соотношение С : N в донных отложениях составило 9,1–9,6.

По химическому составу *растительность*, произрастающая в прибрежной зоне и вокруг прудов, относится к сырью с высоким содержанием в первую очередь углерода ($C_{\text{орг}}$ — 47,1–50 %), а также фосфора (до 0,62 %) и калия (до 2,26 %). Соотношение С : N в растительности составило 71,4–78,5.

Содержание элементов питания в *навозе* крупного рогатого скота в среднем составило: 2,32–2,42 % азота, 0,78–0,86 % фосфора, 2,5–2,6 % калия. Содержание органического вещества составило 78,4–79,8 %, золы — 20,2–21,6 %. Навоз относится к сырью, богатому азотом, соотношение С : N в нем составило 16,5–16,8.

Как показали исследования химического состава *картофельной мезги*, она обладала высокой влажностью 93,6–97,6 %, кислотностью (рН) — 3,9–4,9 ед. Массовая доля органических веществ в сухой массе составила 2,24–3,80 %. Содержание биогенных элементов (NPK) составляло 0,24–1,85 % в пересчете на сухой вес. *Зерновая барда* на 90,2–93,3 % представлена водой, содержание органического вещества составило 9,1 %. Выявлена высокая концентрация в барде общего фосфора (до 0,3 %) и азота (0,10–0,46 %).

После закладки компостов и на этапе их созревания нами регулярно проводилась аэрация смесей и измерялись основные физико-химические показатели (рН, температура, влажность), ход изменения которых проанализирован ниже.

Температура является одним из важнейших параметров, обеспечивающих эффективность компостирования. Процесс компостирования с точки зрения изменения температуры можно разделить на четыре стадии: мезофильную, термофильную, остывание, созревание.

Температура в исследуемых компостах в начале компостирования повышалась достаточно медленно, мезофильная стадия длилась 30–40 суток и сопровождалась повышением температуры до 40–55 °С, длительность термофильной стадии (разогревание до 60 °С) была короткой — 5–7 суток. Стадии остывания и созревания биокомпостов составили 30–35 суток. Наибольшее разогревание происходило в варианте с применением **КАС**.



В исследуемых биокомпостных смесях значения кислотности составляли 7,00–8,78 в вариантах с мезгой картофельной и 7,17–8,36 в вариантах с бардой спиртовой. Первоначальное повышение рН в компостируемых смесях происходило на стадии высоких температур за счет процессов аммонификации, снижение рН на заключительной стадии компостирования происходило в связи с превалированием процессов нитрификации [9]. Максимальные значения отмечены в середине компостирования на 38–40 сутки, за исключением вариантов с применением **КАС**, где значения рН были выше на начальной стадии компостирования, постепенно снижаясь в процессе созревания.

В процессе компостирования отмечены снижение влажности компостов и уменьшение их массы. Так, если влажность исследуемых биокомпостов в начале компостирования составляла 63,4–71,4 %, то влажность готового компоста в вариантах с мезгой картофельной не превышала 38,4–45,1 %, в вариантах с бардой — 33,3–42,5 %. Выход исследуемых биокомпостов после потерь массы колебался от 50,2 до 65,6 %. Наибольший выход биокомпостов (61,6–62,3 %) наблюдался в вариантах, где в качестве биоактиватора использовался препарат «**Биовир**», наименьший (50,3–57,4 %) — в вариантах с препаратом «**Турбоускоритель**».

Установленное время созревания биокомпостов составило по вариантам (описание составов приведено выше): **1** — 90–95, **2** — 70–75; **3** — 65–70; **4** — 70–75; **5** — 55–60; **6** — 85–90; **7** — 75–80; **8** — 70–75; **9** — 75–80; **10** — 50–55 суток соответственно. Применение биоактиваторов ускоряет производство компостов и позволяет значительно сократить сроки их созревания. Так, в контрольных вариантах без использования биоактиватора в лабораторных условиях сроки созревания компостов составили 85–95 суток, использование биоактиваторов сократило созревание компостов на 20–25 суток в вариантах с мезгой и на 10–15 суток в вариантах с бардой. Наименьшими сроками созревания характеризовались два компоста анаэробного созревания с использованием **КАС**, они созрели спустя 50–60 суток. Из аэробных компостов наиболее предпочтительным оказался вариант с использованием в качестве биоактиватора препарата «**Полибакт**», сроки созревания которого составили 65–70 суток на фоне применения мезги картофельной и 70–75 суток на фоне применения барды спиртовой.

В процессе приготовления компостов под действием микроорганизмов происходила минерализация органического вещества, в результате



в вариантах наблюдалось снижение содержания органического вещества с одновременным увеличением содержания минеральных элементов. Изменение содержания органического вещества и биогенных элементов в компостах по мере их созревания отражено на рис. 1–3.

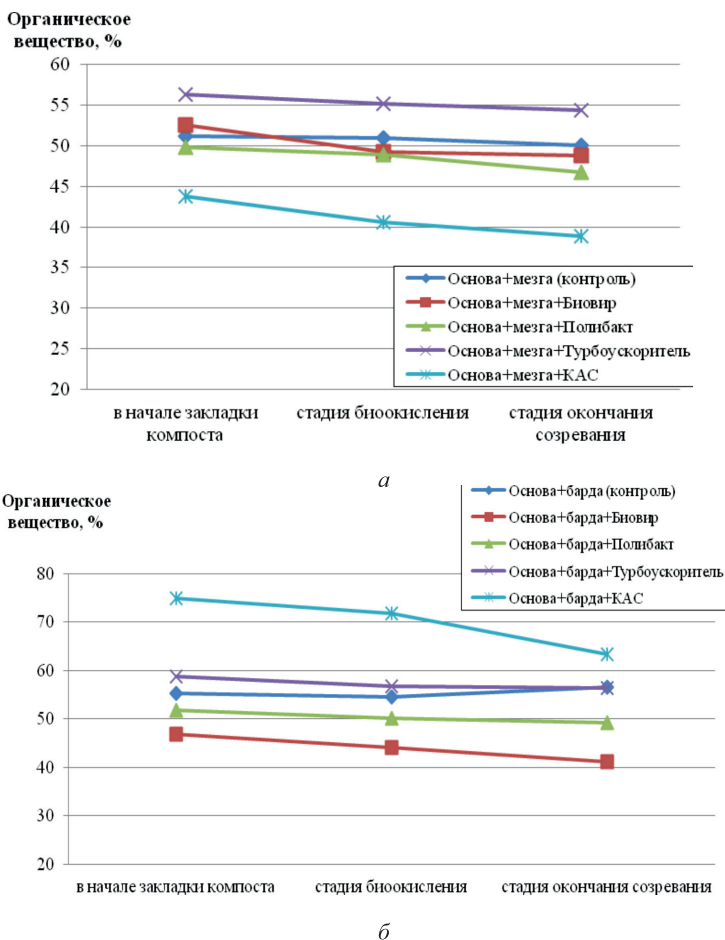
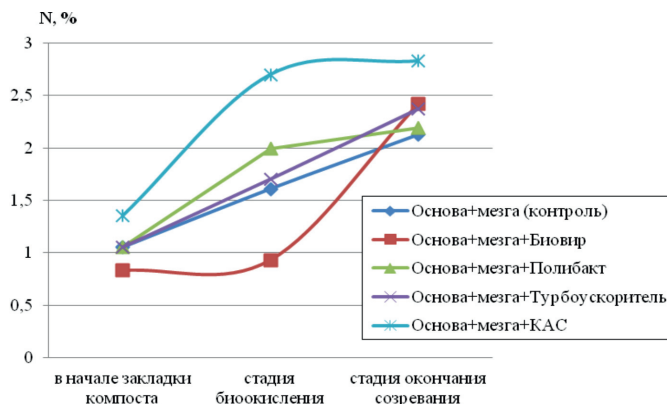
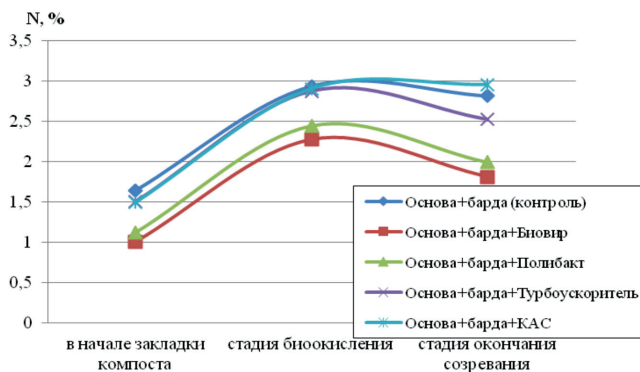


Рис. 1. Изменение содержания органического вещества в процессе созревания: А — биокomпосты на основе мезги картофельной, Б — биокomпосты на основе спиртовой барды

Fig. 1. Change in organic matter content during maturation: А — biocomposts based on potato pulp, Б — biocomposts based on alcohol bard



а



б

Рис. 2. Изменение содержания азота в процессе созревания:

А — биокomпосты на основе мезги картофельной,

Б — биокomпосты на основе спиртовой барды

Fig. 2. Change in total nitrogen content during maturation:

А — biocomposts based on potato pulp, Б — biocomposts based on alcohol bard

Наиболее интенсивно разложение органического вещества происходило в вариантах с использованием в качестве биоактиваторов препарата «Биовир» и КАС, в которых его содержание снизилось на 3,8–11,5 %, а скорость деструкции органического вещества достигала значений 0,05–0,08 % / сут.

В готовых биокomпостах возрастание содержания азота за счет распада безольных соединений составило 2–3 раза в вариантах с мезгой



(в начале закладки опыта содержание азота составило 0,83–1,35 %, в готовых компостах — 2,13–2,83 %) и 1,7-2 раза в вариантах с бардой (до 1,81–2,95 % в готовых компостах). В биокомпостах на основе спиртовой барды наибольшее содержание азота пришлось на стадию биоокисления, постепенно снижаясь по мере их созревания, вероятно, за счет потерь при улетучивании NH_3 и N_2 . Наибольшим содержанием общего азота характеризовался вариант, где применяли **КАС**, как с картофельной мезгой, так и со спиртовой бардой.

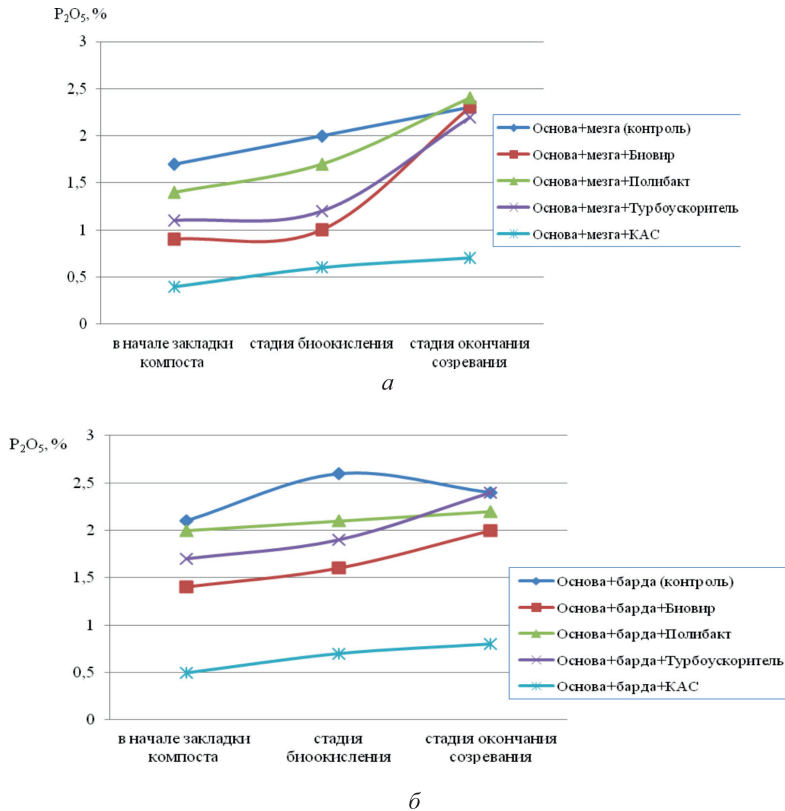


Рис. 3. Изменение содержания фосфора в процессе созревания:
А — биокомпосты на основе мезги картофельной,
Б — биокомпосты на основе спиртовой барды

Fig. 3. Change in total phosphorous content during maturation:
А — biocomposts based on potato pulp, Б — biocomposts based on alcohol bard

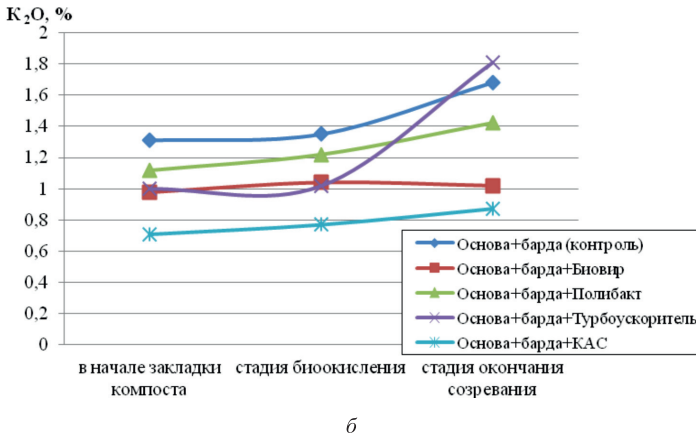
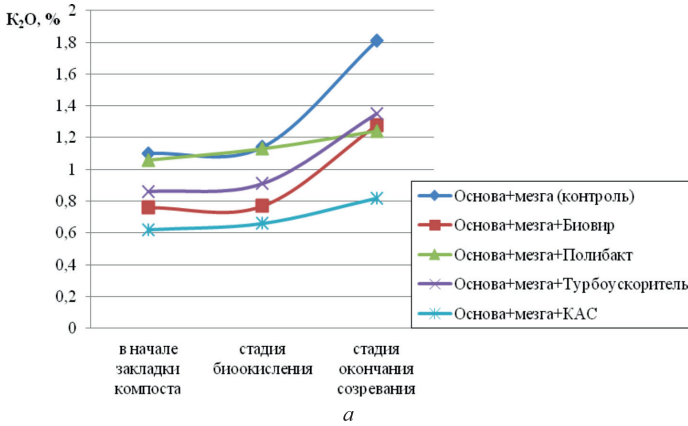


Рис. 4. Изменение содержания калия в процессе созревания:

А — биокомпосты на основе мезги картофельной,

Б — биокомпосты на основе спиртовой барды

Fig. 4. Change in total potassium content during maturation:

A — biocomposts based on potato pulp, Б — biocomposts based on alcohol bard

Содержание фосфора в готовых компостах повышалось в 1,4–2,6 раза по сравнению с начальной стадией компостирования и при использовании биоактиваторов достигало 2,0–2,4 %. При этом в вариантах с использованием биоактиваторов наблюдалась заметное повышение содержания фосфора в конце созревания биокомпостов. Наибольшее содержание фосфора отмечалось в вариантах с применением в качестве биоактивато-



ров препаратов «Полибакт» и «Турбоускоритель» — 2,2–2,4 %, как на фоне применения картофельной мезги, так и спиртовой барды. Содержание калия в процессе компостирования возрастало до 1,8 раз (рис. 4).

В целом, в вариантах готовых компостов с мезгой картофельной содержание калия было выше, чем в вариантах с использованием барды спиртовой, возможно, в том числе и за счет его более высокого содержания в исходном компоненте мезге по сравнению с бардой. Необходимо отметить, что в контрольных вариантах содержание калия было выше по сравнению с вариантами, где применялись микробные препараты, что, видимо, может быть связано с потреблением элемента микроорганизмами в процессе своей жизнедеятельности. Показатели качества полученных компостов представлены в табл.

Таблица. Качественные показатели созревших биокомпостов, % на сухое вещество
Table. Quality characteristics of matured biocomposts, % per dry matter

Вариант	Влажность	Зольность	pH	Орг. в-во	N _{общ}	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
1	38,4	49,9	7,6	50,1	2,13	2,3	1,81	2,09	1,12
2	38,9	51,2	7,4	48,8	2,42	2,3	1,28	2,13	0,87
3	40,4	53,2	7,6	46,8	2,19	2,4	1,24	2,69	1,17
4	39,3	45,6	7,5	54,4	2,37	2,2	1,35	2,24	1,02
5	45,1	61,1	7,5	38,9	2,83	0,7	0,82	0,59	1,10
6	34,5	43,4	7,3	56,6	2,81	2,4	1,68	3,01	0,96
7	42,5	58,8	7,4	41,2	1,81	2,0	1,02	3,53	1,17
8	36,9	50,8	7,3	49,2	1,99	2,2	1,42	4,43	1,00
9	33,3	43,7	7,4	56,3	2,52	2,4	1,81	3,52	0,98
10	42,1	36,6	7,3	63,4	2,95	0,8	0,87	1,65	1,12

Показатели pH по вариантам изменялись незначительно, составив 7,3–7,6, содержание органического вещества варьировало от 38,9 % до 63,4 %. Наибольшим содержанием общего азота характеризовались биокомпосты с КАС — 2,83–2,95 %, фосфора, калия и кальция — с биоактиваторами «Полибакт» и «Турбоускоритель» — 2,4–2,4 %, 1,24–1,84 % и 2,24–4,43 % соответственно.

Выводы. В модельных опытах были изучены состав и параметры процесса созревания биокомпостов для рыбоводных прудов на основе местного сырья и с применением ускорителей созревания. Установлено, что при компостировании температура в исследуемых биоком-



постах повышалась до 60 °С, наибольшее разогревание происходило в варианте с применением КАС. Сроки созревания компостов с применением активаторов составили 50–75 суток, компостирование шло максимально быстро при применении препаратов «Полибакт» и КАС. Повышение pH в компостируемых смесях происходило на стадии высоких температур на 38–40 суток. При созревании компостов отмечались потери воды и убыль массы. Снижение влажности наиболее выражено протекало в первые 35–50 суток компостирования. Наименьшая убыль массы, составившая 37,7–38,4 %, наблюдалась в вариантах, где в качестве биоактиватора использовался препарат «Биовир».

Наибольшим содержанием общего азота характеризовались биокомпосты с КАС — 2,83–2,95 %, фосфора, калия и кальция — с биоактиваторами «Полибакт» и «Турбоускоритель» — 2,4–2,4 %, 1,24–1,84 % и 2,24–4,43 % соответственно. Полученные биокомпосты по содержанию азота и фосфора оказались близкими к навозу КРС, по содержанию кальция и магния значительно превосходили его во всех исследуемых вариантах.

В итоге максимально быстрым созреванием, наиболее высокой минерализацией органического вещества и как следствие наибольшим содержанием биогенных элементов отличились биокомпосты, где в качестве биоактиваторов были использованы микробный препараты «Полибакт» и азотное удобрение карбамидо-аммиачная смесь.

Список использованных источников

1. Кононов, В. А. Водная растительность и ее использование в прудовом рыбном хозяйстве / В. А. Кононов, В. С. Просьяный. — Киев : Гос. изд-во с.-х. лит. УССР, 1949. — 32 с.
2. Карзинкин, Г. С. Удобрение прудов водной растительностью / Г. С. Карзинкин, С. Г. Карзинкин. — М. : Пищепромиздат, 1955. — 28 с.
3. Батенко, А. Г. Исследования ВНИИПРХ по применению в рыбоводных прудах органических и минеральных удобрений (1933–1967) / А. Г. Батенко // Сб. науч.-техн. информ. / Краснодар. фил. Всесоюз. науч.-исслед. ин-та прудового рыб. хоз-ва. — Краснодар, 1969. — Вып. 1. — С. 16–18.
4. Босак, В. Н. Особенности приготовления и применения компостов / В. Н. Босак // Наше сел. хоз-во. — 2011. — № 1. — С. 66–70.
5. Власюк, П. А. Обогащение навоза и использование биологически обогащенных компостов / П. А. Власюк, А. В. Манорик // Агробиология. — 1954. — № 3. — С. 24–33.
6. Ерофеева, Ж. И. Об оценке компостов для рыбоводных прудов / Ж. И. Ерофеева // Вопросы прудового рыбоводства : сб. науч. тр. / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т прудового рыб. хоз-ва. — М., 1971. — Вып. 6. — С. 34–49.



7. Состав микробного сообщества на разных стадиях компостирования, перспектива получения компоста из муниципальных органических отходов (обзор) / А. Н. Ножевникова [и др.] // Приклад. биохимия и микробиология. — 2019. — Т. 55, № 3. — С. 211–221. <https://doi.org/10.1134/S0555109919030103>
8. Герасимов, Ю. Л. Основы рыбного хозяйства : учеб. пособие / Ю. Л. Герасимов. — Самара : СамГУ, 2003. — 106 с.
9. Инженерная экология. Переработка органических отходов : учеб. пособие / А. Н. Иванкин [и др.] ; Моск. гос. ун-т леса. — М. : МГУЛ, 2016. — 400 с.

Reference

1. Kononov V. A., Prosyanyi B. C. *Aquatic vegetation and its use in pond fisheries*. Kiev, State publishing house of agricultural literature of the Ukrainian SSR, 1949. 32 p. (in Russian).
2. Karzinkin G. S., Karzinkin S. G. *Fertilization of ponds with aquatic vegetation*. Moscow, Pishchepromizdat Publ., 1955. 28 p. (in Russian).
3. Batenko A. G. VNIIPRKH research on the use of organic and mineral fertilizers in fish ponds. *Collection of scientific and technical information Krasnodar branch of the All-Union Scientific Research Institute of Pond Fisheries*. Krasnodar, 1969, iss. 1, pp. 16–18 (in Russian).
4. Bosak V. N. Features of compost preparation. *Nashe sel'skoe khozyaistvo* [Our Agriculture], 2011, no. 1, pp. 66–70 (in Russian).
5. Vlasyuk P. A., Manorik A. V. Manure enrichment and use of biologically generalized composts. *Agrobiologiya* [Agrobiology], 1954, no. 3, pp. 24–33 (in Russian).
6. Erofeeva Zh. I. Assessment of composts for fish ponds. *Voprosy prudovogo rybovodstva: sbornik nauchnykh trudov* [Issues of pond fish farming: collection of scientific works]. Moscow, 1971, iss. 6, pp. 34–49 (in Russian).
7. Nozhevnikova A. N., Mironov V. V., Botchkova E. A., Litti Y. V., Russkova Y. I. Composition of a microbial community at different stages of composting and the prospects for compost production from municipal organic waste (review). *Applied Biochemistry and Microbiology*, 2019, vol. 55, no. 3, pp. 199–208. <https://doi.org/10.1134/S0003683819030104>
8. Gerasimov Yu. L. *Fisheries fundamentals*. Samara, Samara State University, 2003. 106 p. (in Russian).
9. Ivankin A. N., Neklyudov A. D., Tarasov S. M., Zhilin Yu. N. *Engineering ecology. Organic waste treatment*. Moscow, Moscow State Forest University, 2016. 400 p. (in Russian).

Сведения об авторах

Агеец Владимир Юльянович — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор, 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



Воронова Галина Петровна — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории гидробиологии и гидрохимии, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@mail.by

Литвинова Анастасия Геннадьевна — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лабораторией гидробиологии и гидрохимии, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: nastya_litvinova_1986@mail.ru

Таврыкина Оксана Михайловна — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, начальник отдела гидрологии и водоохранных территорий РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов» (ул. Славинского, д. 1, корп. 2, 220086, Минск, Республика Беларусь). E-mail: tavrykina@scicuwrb.by

Дашкевич Виктор Карлович — кандидат химических наук, заведующий лабораторией гидробиологии и гидрохимии, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: v.dashkevich@gmail.com

Ракач Светлана Ивановна — научный сотрудник лаборатории гидробиологии и гидрохимии, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@mail.by

Хотин Виталий Андреевич — младший научный сотрудник лаборатории гидробиологии и гидрохимии, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@mail.by

Information about authors

Aheyets Uladzimir — D.Sc. (Agriculture), Professor, director, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebeneva, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

Voronova Galina — Ph.D. (Biological), Leading Researcher of Laboratory Hidrobiology and Hydrochemistry, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebeneva, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@mail.by

Litvinava Anastasiya — Ph.D. (Biological), Leading Researcher of Laboratory Hidrobiology and Hydrochemistry, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebeneva, 22, Republic of Belarus). E-mail: nastya_litvinova_1986@mail.ru

Tavrykina Oksana — Ph.D. (Agricultural), assistant professor, Head of Department of Hydrology and Water Protection Territories of the RUE «Central research institute for



integrated use of water resources» (TSNIIKIVR) (2220086, Minsk, st. Slavinsky1, building 2, Republic of Belarus). E-mail: tavrykina@cricuwr.by

Dashkevich Viktor — PhD (Chemical), Head of Laboratory Hidrobiology and Hidrochemistry, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebeneva, 22, Republic of Belarus). E-mail: v.dashkevich@gmail.com

Rakach Svetlana — Researcher of Laboratory Hidrobiology and Hidrochemistry, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebeneva, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@mail.by

Khotin Vitaly — Junior researcher of Laboratory Hidrobiology and Hidrochemistr, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebeneva, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@mail.by