



# ЭКОБИОТЕХ

ISSN 2618-964X

http://ecobiotech-journal.ru



## РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОЙ МИКРОБНОЙ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ БИОКОНВЕРСИИ ОТХОДОВ ПТИЦЕВОДСТВА

**Кузина Е.В., Рафикова Г.Ф., Логинов О.Н.**

Уфимский Институт биологии Уфимского  
федерального исследовательского центра РАН, Уфа,  
E-mail: [biolab316@yandex.ru](mailto:biolab316@yandex.ru)

Целью данного исследования был подбор консорциума штаммов микроорганизмов для эффективного компостирования помета птицы. Предложена композиция биологического препарата, а также технология, при использовании которой может быть достигнута быстрая и полноценная переработка помета с образованием высококачественного органического удобрения. В состав биологического препарата для переработки птичьего помета входят бактерии родов *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Cellulomonas*, *Delftia*. Около 80 % от общего количества микроорганизмов в препарате приходится на долю бактерий *B. methylotrophicus* BMCH-IB-ONF- K1, *B. subtilis* BMCH-IB-ONF- 14, *Lactobacillus plantarum* BMCH-IB-M -3. Предложенная технология микробной конверсии отходов птицефабрики состоит из нескольких этапов: выдерживание свежего помета с целью естественной подсушки в течение 4 дней, обработка его биопрепаратом из расчета 1,5 л на 1т помета, складирование обработанной массы на площадке ворошения для биоферментации на срок 30 дней. Показано, что реализация данной биотехнологической разработки позволяет произвести удобрение, которое отвечает физико-механическим и санитарно-бактериологическим требованиям, предъявляемым к подобного рода продуктам.

**Ключевые слова:** *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Cellulomonas*, помет куриный, удобрение органическое, биологический препарат

## DEVELOPMENT OF EFFECTIVE MICROBIAL COMPOSITION FOR THE BIOCONVERSION OF POULTRY WASTE

**Kuzina E.V., Rafikova G.F., Loginov O.N.**

Ufa Institute of biology of the Ufa Federal Research  
Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa,  
E-mail: [biolab316@yandex.ru](mailto:biolab316@yandex.ru)

The purpose of this study was to select consortium of microbial strains for efficient composting of poultry litter. A composition of a biological preparation is proposed, as well as a technology that can be used to quickly and fully reprocess poultry litter with the formation of high-quality organic fertilizer. The biological preparation for the processing of poultry litter includes the bacteria of the genera *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Cellulomonas*, *Delftia*. About 80% of the total number of microorganisms in the preparation are bacteria of *B. methylotrophicus* BMCH-IB-ONF-K1, *B. subtilis* BMCH-IB-ONF-14, *Lactobacillus plantarum* BMCH-IB-M -3. The proposed technology of microbial conversion of waste from a poultry farm consists of several stages: keeping the fresh poultry litter for natural drying for 4 days, treating it with a biological preparation at the rate of 1.5 liters per 1 ton of poultry litter, storing the treated mass on the platform for stirring for biofermentation for a period of 30 days. It is shown that the implementation of this biotechnological development makes it possible to produce fertilizer that meets the physico-mechanical and sanitary-bacteriological requirements for such products.

**Keywords:** *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Cellulomonas*, poultry litter, organic fertilizer, biological preparation

Поступила в редакцию: 13.03.2018

DOI: 10.31163/2618-964X-2018-1-1-33-38

## ВВЕДЕНИЕ

На птицефабрике средней мощности образуется до 40 тыс. т помета в год, а всего на территории нашей страны действуют более шестисот сорока промышленных птицефабрик. Федеральным законом от 24.06.1998 № 89-ФЗ (ред. от 29.12.2015) помет отнесен к отходам III класса опасности (умеренно опасные). В связи с этим проблема предотвращения накопления отходов птицеводства является одной из острейших экологических проблем в России. При непринятии или несвоевременном принятии мер по утилизации этих отходов они служат источником загрязнения воздушной среды, почвы, водоемов и подземных вод

токсическими веществами, а также способствуют распространению болезнетворных микроорганизмов и семян сорняков; кроме того, под их складирование и хранение из хозяйственного оборота изымаются большие площади сельскохозяйственных угодий [Гнеуш и др., 2014; Емельянова и др., 2016; Лысенко, 2011].

С другой стороны, куриный помет в естественном состоянии представляет собой концентрированное органическое удобрение с высоким содержанием основных питательных веществ и микроэлементов. Однако неудовлетворительные физико-механические и санитарно-бактериологические свойства свежего помета затрудняют его использование в агропромышленном производстве.

Вышеназванные проблемы могут быть решены путем трансформации отходов птицеводства в готовое органическое удобрение с использованием различных технологий [Суховеркова, 2016]. При этом одним из самых простых, экологически безопасных и экономически целесообразных способов утилизации данной категории отходов признано компостирование с применением биопрепаратов на основе микроорганизмов.

В основе метода биоконверсии отходов лежит грамотно подобранный микробный препарат с определенным соотношением специфических групп микроорганизмов, характеризующихся наличием целлюлозолитических, протеолитических, амилалитических ферментов, обладающих антибактериальными, азотфиксирующими, термотолерантными свойствами. На наш взгляд, эффективность биологического препарата определяет не только разнообразие трофических групп микроорганизмов, входящих в его состав, но и соотношение их в препарате [Актуганов и др., 2017].

**Целью данного исследования** являлся подбор композиции штаммов бактерий для эффективного компостирования помета птицы и получения на его основе органического удобрения.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования по обработке птичьего помета биопрепаратами были проведены в 2017 г. на промышленных площадках АО «Башкирский Бройлер» (Республика Башкортостан, Альшеевский р-н, с. Новосеяшево). Продолжительность эксперимента составила 30 календарных дней.

На первом этапе сырье (свежий помет) выдерживалось на транспортной ленте, где происходил процесс естественной подсушки до 4 дней. На втором этапе при выгрузке сырья из корпуса с помощью наклонной транспортной ленты производилась его обработка биопрепаратами из расчета 1,5 л на 1т помета (0,15 %) с использованием стационарной установки. Затем помет складировался на площадках ворошения органического удобрения в кучи высотой 1,5-2 м для биоферментации. В дальнейшем осуществлялось периодическое перемешивание компостируемой смеси с целью аэрации и равномерного распределения микроорганизмов препарата внутри смеси для увеличения интенсивности процессов компостирования.

Штаммы микроорганизмов, включенные в состав композиций, а также их процентное соотношение представлены в табл. 1. Данные культуры выделены из различных почвенных образцов (в том числе техногенно загрязненных), не относятся к патогенным и условно патогенным микроорганизмам, депонированы в ВКМ. Штаммы, входящие в состав биопрепаратов, выращивали глубинно, используя питательную среду следующего состава

(г/л): мука пшеничная – 10,0;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  – 0,5;  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  – 0,5;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 0,2; дрожжевой автолизат – 20 мл. Муку заливали водопроводной водой, хорошо перемешивали и выдерживали при 55-60°C 15 минут с добавлением 5% амилосубтилина, затем вносили питательные соли и дрожжевой автолизат. Концентрация клеток и спор в составленных композициях биопрепаратов суммарно составляла  $3,0-6,0 \times 10^8$  КОЕ/мл.

**Таблица 1. Соотношение культур микроорганизмов в композициях, примененных для биоконверсии куриного помета, %**

Наименование микроорганизма	Композиция 1	Композиция 2	Композиция 3	Композиция 4
<i>B. methylotrophicus</i> ВМСН-ІВ-ОНF- K1	27,0	24,5	18,0	14,0
<i>B. subtilis</i> ВМСН-ІВ-ОНF- 14	27,0	21,5	18,0	13,0
<i>Lactobacillus plantarum</i> ВМСН-ІВ-М -3	30,0	37,5	45,5	52,0
<i>Lactobacillus casei</i> ВМСН-ІВ-М -5	10,0	12,5	14,5	18,0
<i>Cellulomonas persica</i> ВМСН-ІВ-С-35	3,0	2,0	2,0	1,5
<i>Delfia lacustris</i> ВМСН-ІВ-С-142	3,0	2,0	2,0	1,5

Для проверки качества партий органического удобрения щупом отбирали точечные пробы объемом не менее 0,5 л. Из точечных проб составляли объединенную пробу, из которой после тщательного перемешивания отбирали среднюю пробу. Для учета численности микроорганизмов в составе свежего куриного помета и полученного на его основе удобрения использовали агаризованные питательные среды: для учета общей численности микроорганизмов – мясо-пептонный агар; среда Хетчинсона с фильтровальной бумагой - для целлюлозолитических микроорганизмов; среда Эшби - для олигонитрофилов; молочный агар - для молочнокислых бактерий; среда Эндо – для выявления бактерий группы кишечной палочки; висмут-сульфит агар – селективная среда для обнаружения сальмонелл [Практикум по микробиологии, 2005]. Для анализа микрофлоры 1 г образца помещали в колбу со 100 мл стерильной воды и в течение 1 ч перемешивали на качалке (180 об/мин), затем проводили посев на питательные среды методом серийных разведений.

Эффективность компостирования при использовании каждого из вариантов биопрепарата оценивали путем учета следующих показателей: содержание общего азота и фосфора, а также органического и сухого вещества в компостируемой массе, кислотность компостируемой массы. Определение массовой доли общего азота проводили по ГОСТ 26715, общего фосфора - ГОСТ 26717, органического вещества - ГОСТ 27980, влаги и сухого остатка - ГОСТ 26713, pH - ГОСТ 27979. Внешний вид органического удобрения определяли визуально, запах - органолептически.

Все измерения осуществляли дважды: в начале эксперимента и через месяц после постановки опыта. Повторность опыта трехкратная.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для обеспечения эффективной биотрансформации помета необходимо было подобрать такие микроорганизмы, которые обладали бы способностью не только к

воспроизведению в перерабатываемой среде, но и способствовали бы улучшению качества продукта. Процесс биоконверсии проводили в аэробных условиях в мезофильном режиме.

Все микробные композиции, примененные в данном исследовании, содержали в своем составе целлюлозолитические, протеолитические и молочнокислые бактерии. Каждая из привлеченных групп микроорганизмов ответственна за решение определенной задачи: разрушение клетчатки и крахмала до легкодоступных субстратов; разложение органического вещества с высвобождением аммонийного азота для последующего перевода его в доступную для растений форму; подавление развития патогенной микрофлоры, консервация питательных веществ образующегося компоста. Основное различие описанных в работе консорциумов состояло в соотношении молочнокислых бактерий и аммонификаторов.

С точки зрения улучшения санитарных показателей готового продукта можно выделить композиции №№ 1 и 2, где количество молочнокислых бактерий и аммонификаторов в препарате находилось приблизительно в равных соотношениях в пределах 40-50 % и 46-54 %, соответственно (табл. 2). При проведении оценки влияния различных композиций биопрепаратов на количество колиформных бактерий и сальмонелл установлено, что после обработки помета композициями №№ 1 и 2 патогенные микроорганизмы в готовом удобрении не обнаруживаются, а применение композиций №№ 3 и 4 (доля молочнокислых бактерий значительно превышает количество бацилл) обеспечивает лишь незначительное снижение численности патогенных микроорганизмов. Можно предположить, что в случае композиций №№ 3 и 4 эффективного подавления роста патогенной микрофлоры не происходит потому, что в среде не достает антибактериальных веществ, за синтез которых отвечают бактерии рода *Bacillus*, находящиеся в меньшинстве.

**Таблица 2. Анализ микрофлоры куриного помета до и после применения микробиологической обработки**

Вариант опыта	Общая численность м/о, КОЕ/г	Патогенная микрофлора		Олигонитрофильные м/о, КОЕ/г	Молочно-кислые бактерии, КОЕ/г	Целлюлозолитические бактерии, КОЕ/г
		БГКП, КОЕ/г	Сальмонелла, КОЕ/г			
Композиция № 1						
I	$5,3 \cdot 10^8$	$1,0 \cdot 10^7$	$1,0 \cdot 10^7$	-	-	-
II	$2,1 \cdot 10^7$	но	но	$5,3 \cdot 10^6$	$5,6 \cdot 10^5$	$1,0 \cdot 10^4$
Композиция № 2						
I	$9,2 \cdot 10^9$	$5,8 \cdot 10^7$	$2,5 \cdot 10^7$	-	-	-
II	$8,4 \cdot 10^6$	но	но	$2,0 \cdot 10^6$	$8,0 \cdot 10^6$	$2,1 \cdot 10^4$
Композиция № 3						
I	$7,3 \cdot 10^8$	$2,0 \cdot 10^7$	$2,0 \cdot 10^7$	-	-	-
II	$3,3 \cdot 10^9$	$1,0 \cdot 10^6$	$5,0 \cdot 10^6$	$4,5 \cdot 10^6$	$2,7 \cdot 10^4$	$1,7 \cdot 10^3$
Композиция № 4						
I	$1,4 \cdot 10^9$	$1,5 \cdot 10^7$	$8,5 \cdot 10^6$	-	-	-
II	$2,2 \cdot 10^9$	$7,0 \cdot 10^6$	$1,0 \cdot 10^6$	$5,3 \cdot 10^6$	$3,6 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^3$

Примечание: БГКП – бактерии группы кишечной палочки; м/о – микроорганизмы; I – до обработки; II – через 30 суток после применения биопрепаратов; но – не обнаружено; «-» – не исследовали.

Исходный куриный помет имел следующие характеристики, %: азот общий – 3,4-6,2; фосфор общий – 1,9-2,9; органическое вещество – 37,2-40,5; сухое вещество – 24,7-33,5; pH – 6,7-7,3; слежавшаяся масса со зловонным запахом. Таким образом, он соответствовал требованиям, предъявляемым к сырью для производства органического удобрения [ТУ 9849-008-00008064-95], при этом отличался достаточно высоким содержанием азота. При оценке

качества готового продукта установлено, что с точки зрения физико-химических свойств наиболее соответствует требованиям удобрение, полученное в варианте с использованием композиции № 2 [Бобренко, 2017; ГОСТ Р 53117-2008]: в результате биокомпостирования количество общего азота и сухого вещества выросло до 5,3 и 38,4 %, соответственно, содержание фосфора осталось на прежнем уровне, показатель активности водородных ионов - 7,3 (табл. 3). Удобрение, получившееся в результате биокомпостирования, представляло собой однородную рыхлую, землистую темно-бурую массу со слабым специфическим запахом и обладало следующими физико-механическими свойствами: сыпучесть, транспортабельность, неприлипаемость к сельскохозяйственным орудиям и машинам.

**Таблица 3. Химические показатели куриного помета до и после биоконверсии**

Вариант опыта	Азот общий, %	Фосфор общий (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), %	pH	Органическое вещество, %	Сухое вещество, %
Композиция № 1					
I	3,4	2,9	7,9	37,2	28,4
II	4,5	2,6	7,3	36,1	36,7
Композиция № 2					
I	3,9	1,9	7,6	38,1	33,5
II	5,3	1,9	7,3	38,4	37,6
Композиция № 3					
I	3,9	2,9	6,7	39,4	24,7
II	3,3	2,6	6,1	37,9	23,5
Композиция № 4					
I	6,2	2,9	7,1	40,5	24,8
II	4,8	2,7	7,0	39,7	22,9

Примечание: I – до обработки; II – через 30 суток после применения биопрепаратов.

Необходимо отметить, что использование биопрепаратов способствовало снижению запаха компостируемой массы. Это значит, что микроорганизмы, находящиеся в компосте, предотвращали выделение в воздух аммиака путем включения ионов аммония в процесс нитрификации. Следствием снижения концентрации аммиака в воздухе стало значительное улучшение условий труда персонала, а также санитарных показателей и экологической обстановки на территории птицеводческого комплекса. К этому следует добавить, что если использовать микробиологические средства для обработки непосредственно помещений животноводческих и птицеводческих комплексов, то это значительно упрощает последующие этапы утилизации отходов, а также повышает рост поголовья, привесы, иммунитет у животных, способствует сокращению падежа молодняка и уменьшению сроков откорма [Патент РФ № 2491264].

Таким образом, разработанная технология позволила получить качественное экологически чистое органическое удобрение с классом опасности IV-V, а уникальный по составу консорциум штаммов бактерий (композиция № 2) может быть признан перспективным для создания на его основе товарной формы продукта. К дополнительным положительным характеристикам предложенной схемы переработки отходов птицеводческого комплекса можно отнести простоту технологического процесса, невысокие затраты и короткий цикл производства. Полученное высокоэффективное, экономически доступное, удобное в использовании удобрение может быть применено в сельском хозяйстве для восстановления плодородия почв и повышения урожайности растений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актуганов Г.Э., Бойко Т.Ф., Галимзянова Н.Ф., Кузьмина Л.Ю., Гильванова Е.А., Мелентьев А.И., Кузина Е.В., Четвериков С.П., Логинов О.Н., Сафина В.Р. Особенности взаимодействия *in vitro* бактерий-антагонистов *Bacillus subtilis* IB-54 и *Pseudomonas chlororaphis* IB-51//Известия Уфимского научного центра РАН. 2017. № 3(1). С.22-28.
2. Бобренко И.А., Кормин В.П., Гоман Н.В. Эффективность применения органического удобрения на основе куриного помета под капусту белокочанную//Вестник Омского государственного аграрного университета. 2017. № 4 (28). С. 13-19.
3. Гнеуш А.Н., Петенко А.И., Дмитриев В.И., Якубенко Е.В. Перспективы биоконверсии отходов животноводства с использованием почвенных аэробных микроорганизмов//Ветеринария Кубани. 2014. № 4. С. 19-22.
4. Емельянова Е.А., Зырянов С.Б. Санитарно-ветеринарные требования по утилизации помета с птицефабрик//Молодежь и наука. 2016. № 5. С. 106.
5. Лысенко В.П. Перспективная технология переработки помета//Птицеводство. 2011. № 1. С.52-54.
6. Солдатова В.В., Большаков В.Н., Прокопьева В.И., Грудина Т.Н., Никонов И.Н., Новикова Н.И., Лаптев Г.Ю. Способ биологической переработки отходов животных//Патент РФ № 2491264. Заявл. 29.09.2011. Опубл. 10.04.2013. Бюл. № 10.
7. Суховеркова В.Е. Способы утилизации птичьего помета, представленные в современных патентах//Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 9 (143). С. 45-55.
8. ГОСТ Р 53117-2008. Удобрения органические на основе отходов животноводства.
9. Практикум по микробиологии. Под ред. Нетрусова А.И. М.: «Академия», 2005. 608 с.
10. ТУ 9849-008-00008064-95. Помет птичий для удобрения и приготовления компостов.