

*М. С. Кожикин, Я. А. Масютин*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕРАБОТКИ ЖИРОСОДЕРЖАЩЕГО ШЛАМА С ПОМОЩЬЮ ВЕРМИКОПОСТИРОВАНИЯ

76

Цель работы – исследование процесса переработки жиросодержащего шлама, образующегося в качестве отхода предприятия пищевой промышленности Калининградской области, методом вермикомпостирования для получения экологически чистого биоудобрения. Проведено исследование химического состава и физико-химических свойств жиросодержащего шлама и образцов почвы до и после процесса вермикомпостирования. Также произведена оценка соответствия полученного биоудобрения основным нормативным показателям, по результатам которой основные показатели – рН, органическое вещество и общий фосфор – признаны соответствующими требованиям, предъявляемым к биоудобрениям. Сделан вывод о допустимости применения полученного органического удобрения в сельскохозяйственной отрасли.

*The work aims to study processing fat-based sludge generated as a waste from the food enterprise in the Kaliningrad region through vermicomposting to obtain environmentally friendly bio-fertilizer. The research focused on chemical composition and physicochemical properties of fat-containing sludge and soil samples before and after the process of vermicomposting. The biofertilizer has been studied to conform to the basic regulatory indicators, and the main indicators: pH, organic matter and total phosphorus were assessed to meet the requirements for biofertilizers. The authors conclude that the use of the organic fertilizer obtained is permissible for the agricultural industry.*

**Ключевые слова:** жиросодержащий шлам, вермикультивирование, вермикопостирование, биоудобрение, переработка, аэрация.

**Keywords:** fat-based sludge, vermicultivation, vermicomposting, bio-fertilizer, processing, aeration.

### Введение

Развитие сельскохозяйственных и мясоперерабатывающих предприятий в настоящее время набирает активный темп. Так, в России сегодня функционируют более 4000 крупных животноводческих предприятий [1]. В 2018 г. на территории Российской Федерации было зарегистрировано около 7266 млн т отходов, в частности навоз, помет, стоки, различные виды шламов, которые мало используются. Около 3805 млн т отходов подверглось рециклингу [2].

Предприятия и полигоны по утилизации, обезвреживанию и захоронению отходов на 2018 г. перерабатывали только 516,17 тыс. т/г. Для реализации работы этих предприятий требуется огромные площа-



ди земли, что несет экологическую угрозу. В связи с этим были даны поручения Президента РФ по ликвидации незаконных свалок и созданию индустрии переработки отходов [3], разрабатываются законопроекты «Об отходах» [4], в которых говорится о поэтапном уменьшении захоронения отходов пищевой, сельскохозяйственной и лесоперерабатывающей отраслей промышленности. Уже к 2028 г. планируется перерабатывать свыше 70 % всех отходов данных отраслей промышленности. Существуют различные технологии по переработке шлама, что может обеспечить максимальную пользу его утилизации. Например, шлам, который представляет собой органические отходы животноводства и птицеводства, может пойти на переработку в виде биотоплива для получения энергии или на получение биоудобрения для обеспечения плодородности почв.

В Калининградской области насчитывается около 45 мясоперерабатывающих предприятий, а также наблюдается активное развитие сельского хозяйства в связи с проводимой политикой импортозамещения [5]. Объем производства продукции сельского хозяйства в 2018 г. вырос на 9,1 % по сравнению с предыдущим годом, а образование отходов производства и потребления на территории Калининградской области составило 334 229,98 т [6]. Одним из таких отходов является жиросодержащий шлам, утилизация которого является серьезной проблемой для предприятий пищевой промышленности. Поэтому для безопасной утилизации отходов производств и их реализации в сельскохозяйственной отрасли может быть применен один из перспективных и экологически безопасных способов – вермикомпостирование. В результате вермикомпостирования образуется органическое удобрение, которое, в отличие от минерального удобрения, усваивается практически полностью [7].

Применяя вермикомпостирование как способ дальнейшей переработки органических отходов, предприятия не только улучшают экологическую обстановку, но и создают дополнительный продукт – биоудобрение, имеющий высокую добавочную стоимость.

Цель настоящей работы – исследование процесса переработки жиросодержащего шлама методом вермикомпостирования для получения экологически чистого биоудобрения.

### **Материалы и методы исследования**

В качестве объектов были изучены:

- 1) производственный жиросодержащий шлам;
- 2) образцы почвы до и после процесса вермикомпостирования;
- 3) почвенный субстрат для выращивания вермиккультуры.

Предмет исследования – определение основных физико-химических свойств объектов исследования, а также оценка соответствия данных свойств требованиям, предъявляемым к биоудобрениям, для полученного образца почвы после вермикомпостирования жиросодержащего шлама.



Для исследования изменения структурных и химических свойств образцов почвы в результате вермикомпостирования жиросодержащего шлама был предоставлен опытный образец от предприятия Калининградской области по переработке мяса птицы. Производственный жиросодержащий шлам состоит из продуктов переработки мяса птицы, фекалий и продуктов переработки сточных вод (коагулянт, активный ил).

Свежий жиросодержащий шлам использовать для вермикомпостирования не представляется целесообразным, так как он содержит большое количество губительных для червей газов, например аммиак. Поэтому проводилась предварительная обработка жиросодержащего шлама барботированием воздуха в смеси с активным илом и целлюлозосодержащим наполнителем, что необходимо для ускорения окислительных процессов и «выветривания» избытка газов.

Смесь образца шлама, активного ила и целлюлозосодержащего наполнителя в соотношениях 1:1:1–1:1:4 и общим объемом 700 мл помещалась в 3 конические колбы на 1 л. Далее было экспериментально установлено оптимальное соотношение 1:1:1, которое и использовалось в последующих экспериментах. Большее количество целлюлозосодержащего наполнителя не обеспечивало равномерное барботирование воздуха, и, соответственно, эффективность стадии аэрации была ниже. Каждая колба опускалась в лабораторную термостатическую водяную баню на 28 л *UT-4328 (Ullab)*, в которой поддерживалась определенная температура. Для барботирования смеси воздухом в каждую колбу погружалась система трубок, подключенных к компрессору *JUN-AIR 6-15*. Аэрация проводилась в течение 30 суток.

Во время обработки производственного жиросодержащего шлама для исследования полноты протекания процессов обезвреживания при различных температурах отбирались 3 пробы:

- 1) проба №1: температура обработки – 30°С;
- 2) проба №2: температура обработки – 50°С;
- 3) проба №3: температура обработки – 70°С.

Следующим этапом эксперимента является процесс вермикомпостирования. Для этого шлам, прошедший процедуру аэрации воздухом в смеси с активным илом и целлюлозосодержащим наполнителем, смешивают с субстратом (питательная среда для вермикультивирования, состоящая из почвы, торфа и компоста) в соотношении 1:2. Смесь помещалась в пластиковую емкость объемом 6 литров, в которой происходил процесс вермикомпостирования. Рекомендуемое количество червей на м<sup>2</sup> составляет 2–4 тыс. особей или в среднем в пересчете на используемые нами объемы почвы – 65–75 червей. Вермикомпостирование проводилось в течение 30–45 суток с поддержанием оптимальной влажности (70–80 %) и температуры (16–25°С) [8].

После процесса вермикомпостирования были взяты 3 образца для сравнительного исследования структурных и химических свойств образцов почвы до и после вермикомпостирования:

- 1) образец №1 – субстрат (питательная среда для вермикультивирования, состоящая из почвы, торфа и компоста) в качестве эталонного образца;
- 2) образец №2 – почва после вермикомпостирования;
- 3) образец №3 – неплодородный грунт.



Методами исследования в настоящей работе являются:

1) гравиметрия. Гравиметрический анализ проводился согласно МУ 4287-86, ГОСТ 26713-85, ГОСТ 21560.1-82 и ГОСТ 27980-88. В качестве оборудования использовалась муфельная печь ПМ-10 (Россия), аналитические весы *Pioneer PA-210 (OHAUS)*, технические весы ВЛТЭ-Т (ГОСМЕТ);

2) титриметрия. Титриметрический анализ проводился согласно МУ 4287-86, ГОСТ 26715-85 и ГОСТ 20851.2-75. Использовалась лабораторная химическая посуда согласно ранее перечисленным ГОСТам;

3) ионометрия. Определение рН-среды проводилось согласно ГОСТ 26423-85. В качестве оборудования использовался Ионмер лабораторный И-160 МИ (НПО Измерительная техника);

4) спектрофотометрия. Спектрофотометрический анализ проводился согласно ГОСТ 26715-85 и ГОСТ 20851.2-75. В качестве оборудования использовался спектрофотометр *UV-1800 (Shimadzu)*, стандартная кварцевая кювета толщиной 10 мм. ГСО 7864-2000 (Азот аммония) и ГСО 7241-96 (Общий фосфор);

5) ГХ с масс-спектрометрическим детектированием. ГХ-МС проводилось согласно ГОСТ 31663-2012. В качестве оборудования использовался газовый хроматограф *Agilent 7890B (Agilent Technologies)* с масс-спектрометрическим детектором *MSD 5977B (Agilent Technologies)*, колонка HP-5, 30 м.

Пробоподготовка образца жиросодержащего шлама проводилась согласно ГОСТ Р 57758-2017. Сущность метода заключается в определении потери массы пробы после сублимационного высушивания.

Так как исследуемый жиросодержащий шлам является продуктом производства пищевого предприятия, то оптимальные указания по проведению его анализа является МУ 4287-86 «Методические указания по гигиеническому контролю за питанием в организованных коллективах» (1986).

Жиросодержащий шлам был исследован по следующим показателям:

- 1) содержание сухого остатка согласно МУ 4287-86;
- 2) зольность согласно МУ 4287-86;
- 3) содержание белков согласно МУ 4287-86;
- 4) содержание жиров согласно МУ 4287-86;
- 5) содержание углеводов согласно МУ 4287-86;
- 6) жирнокислотный состав согласно ГОСТ 31663-2012.

Пробоподготовка образцов почвы проводилась согласно ГОСТ 21560.0-82. Предварительно перед проведением исследований черви вручную извлекались из почвы.

Образцы почвы и субстрат для вермиккультуры были исследованы по следующим показателям:

- 1) гранулометрический состав согласно ГОСТ 21560.1-82;
- 2) рН почвенных водных вытяжек согласно ГОСТ 26423-85;
- 3) влажность образцов почвы согласно ГОСТ 26713-85;
- 4) содержание органического вещества согласно ГОСТ 27980-88;
- 5) общий азот согласно ГОСТ 26715-85;
- 6) аммонийный азот согласно ГОСТ 26716-85;
- 7) общий фосфор согласно ГОСТ 20851.2-75.



Правильность и достоверность полученных результатов подтвердились выбором современных методик, калиброванного оборудования, числом повторности анализов, равным трем параллелям, и методами математической статистики.

### Результаты исследования и обсуждение

Первоначальным этапом является исследование физико-химических показателей жиросодержащего шлама, а также подтверждение наличие достаточно большого количество жиров в образце. Результаты исследования химического состава образца шлама представлены в таблице 1.

Таблица 1

#### Результаты определения химического состава образца производственного шлама

Показатель	Значение показателя, % мас.
Содержание сухого остатка	30,00 ± 3,00
Массовая доля золы	3,20 ± 0,10
Массовая доля белка	5,02 ± 0,09
Массовая доля сырого жира	66,00 ± 2,00
Массовая доля углеводов	25,80 ± 0,20

В результате проведения анализа химического состава жиросодержащего шлама было установлено, что он обладает высокой влажностью (порядка 70 %). Основным классом соединений, содержащимся в шламе, являются жиры, что указывает на проблему его дальнейшей утилизации классическими методами.

Для уточнения липидного состава жиросодержащего шлама была произведена пробоподготовка образца и дальнейшее анализирование методом ГХ-МС согласно ГОСТ 31663-2012. Результаты исследования липидного состава образца производственного шлама представлены в таблице 2.

Таблица 2

#### Результаты изучения липидного состава методом ГХ-МС

Компонент	Содержание, % мас.	Метод испытаний
Метилловый эфир пальмитиновой кислоты	8,781	ГОСТ 31663-2012
Метилловый эфир 9,12-октадекадиеновой (Z,Z)- (линолевой) кислоты	20,353	
Метилловый эфир 8-октадеценовой кислоты	63,024	
Метилловый эфир 9-октадеценовой (олеиновой) кислоты		
Метилловый эфир 11-октадеценовой кислоты	3,970	
Метилловый эфир стеариновой кислоты	2,560	
Метилловый эфир 11-эйкозеновой кислоты	1,134	
Прочие компоненты	0,178	



По результатам исследования липидного состава жиросодержащего шлама было установлено, что он в большей степени состоит из различных эфиров растительного происхождения с участием как ненасыщенных кислот, в частности олеиновой кислоты (63,024 %), линолевой кислоты (20,353 %), так и насыщенных кислот (пальмитиновой кислоты (8,781 %)).

Обработка исследуемого производственного шлама проводилась аэрированием воздухом в смеси с активным илом и целлюлозосодержащим наполнителем компрессором JUN-AIR 6-15 под давлением 0,5 бар на водяных банях с подбором оптимальной температуры процесса, представленной в таблице 3 [8]. Подбор оптимальной температуры аэрации необходим, потому что при низкой температуре окислительные процессы идут медленнее и, соответственно, процесс переработки происходит дольше, а при высокой температуре могут погибнуть бактерии, входящие в состав активного ила, и на выходе шлам может стать непригодным для процесса вермикомпостирования. К тому же высокие температуры требуют больших затрат энергии, что экономически невыгодно.

Таблица 3

**Подбор оптимальной температуры обработки производственного шлама при аэрировании в смеси с активным илом**

№ пробы	Температура обработки, °С	Объемное соотношение компонентов (шлам: активный ил: опилки)	Давление подачи воздуха, бар	Продолжительность обработки шлама, сутки	Поддерживаемая влажность шлама, %
1	30	1 : 1 : 1	0,5	30	70–80
2	50				
3	70				

Для отслеживания полноты протекания обработки шлама в течение всего процесса аэрации при различных температурах было выбрано исследование содержания аммонийного азота и рН.

Результаты исследования концентрации аммонийного азота при различных температурах в течение аэрации образца жиросодержащего шлама представлены на рисунке 1.

По результатам исследования содержания аммонийного азота проб шлама, обрабатывающихся при различных температурах, можно сделать вывод, что концентрация аммонийного азота в независимости от температуры обработки уменьшилась в первые 2 недели аэрации на большую долю. Вдобавок, исходя из гистограммы, при увеличении температуры аэрации уменьшается концентрация аммонийного азота. Однако значения концентрации аммонийного азота проб при температуре обработки 50 и 70°С не сильно различимы, поэтому можно заключить, что экономически нецелесообразно использовать температуры аэрации выше 50°С. Результаты исследования рН проб жиросодержащего шлама при разных температурах в течение его аэрации представлены в таблице 4.

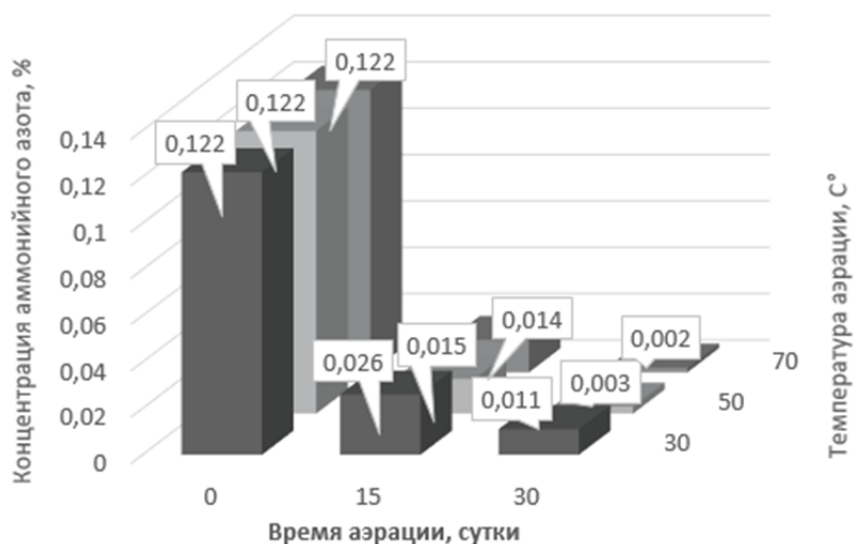


Рис. 1. Концентрация аммонийного азота при различных температурах в течение аэрации жиросодержащего шлама

Таблица 4

**Результаты исследования рН проб жиросодержащего шлама при разных температурах в течение его аэрации**

Время аэрации, сутки	Температура обработки, °С	рН
0	30	4,600±0,048
	50	4,600±0,048
	70	4,600±0,048
15	30	5,870±0,420
	50	5,169±0,415
	70	5,809±1,076
30	30	6,171±0,389
	50	6,692±0,275
	70	6,665±0,334

По результатам исследования рН проб жиросодержащего шлама при разных температурах аэрации в течение времени можно сделать вывод о постепенном изменении рН среды в сторону оптимальных значений для использования шлама при процессе вермикомпостирования.

После процесса вермикомпостирования были взяты 3 образца для сравнительного исследования структурных и химических свойств образцов почвы до и после вермикомпостирования:

1) образец №1 – субстрат (питательная среда для вермикультивирования, состоящая из почвы, торфа и компоста) в качестве эталонного образца;



- 2) образец №2 – почва после вермикомпостирования;
- 3) образец №3 – неплодородный грунт.

Результаты исследования структурных свойств образцов почвы представлены в таблице 5.

Таблица 5

**Результаты определения гранулометрического состава образцов почвы**

Размер отверстий, мм	Массовая доля в образце №1, %	Массовая доля в образце №2, %	Массовая доля в образце №3, %
4,00	52,80±0,80	85,60±0,40	96,60±0,20
3,15	37,70±0,60	23,80±0,50	92,90±0,20
2,80	33,00±4,00	30,00±1,00	91,60±0,30
2,00	20,10±0,80	53,70±0,20	89,60±0,10
0,36	1,68±0,02	3,86±0,05	32,70±0,10
0,20	0,25±0,02	1,11±0,02	15,20±0,10

По результатам исследования гранулометрического состава образцов почвы следует отметить, что массовая доля фракции 4 мм образца №2 (почва после вермикомпостирования) больше образца №1 (субстрат), что может говорить о протекании процесса вермикомпостирования. Изменение гранулометрического состава в результате вермикомпостирования позволяет ему в большей степени соответствовать требованиям, предъявляемым по данному показателю к вермикомпостам, согласно ГОСТ Р 56004-2014.

Результаты измерения рН водной вытяжки образцов почвы представлены в таблице 6.

Таблица 6

**Значения рН водной вытяжки образцов почвы**

№ образца	рН
1	8,160±0,010
2	7,726±0,008
3	7,837±0,005

В результате измерения рН почвенной водной вытяжки образцов почвы было установлено уменьшение значение рН (образец №1) до наиболее оптимальных значений (образец №2), что так же говорит о протекании процесса вермикомпостирования. Все образцы находятся в оптимальном диапазоне рН (6,0–8,0). Результаты определения влажности образцов почвы представлены в таблице 7.

Таблица 7

**Результаты определения влажности в образцах почвы**

№ образца	Влажность, % мас.
1	66,50±0,20
2	56,70±0,20
3	0,37±0,03





В результате определения влажности образцов почвы было установлено снижение влажности в образце №2 по сравнению с образцом №1, однако значения находятся в оптимальном диапазоне. Результаты определения содержания органического вещества в образцах почвы представлены в таблице 8.

Таблица 8

**Результаты определения органического вещества в образцах почвы**

№ образца	Массовая доля органического вещества, %
1	60,174±0,009
2	58,380±0,090
3	10,94±0,030

84

В результате определения органического вещества в образцах почвы было установлено незначительное уменьшение содержания органического вещества в образце №2 по сравнению с образцом №1, что может говорить о незрелости биоудобрения. Однако содержание органического вещества в образце после вермикомпостирования значительно превышает значения аналогичного показателя для почвы до вермикомпостирования, что свидетельствует о ее обогащении различными питательными веществами.

Результаты определения содержания общего азота и аммонийного азота в образцах почвы представлены в таблице 9.

Таблица 9

**Результаты определения содержания общего и аммонийного азота в образцах почвы**

№ образца	Содержание общего N, % мас.	Содержание NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , % мас.
1	1,16±0,02	0,110±0,020
2	1,18±0,03	0,060±0,020
3	0,20±0,02	0,020±0,006

По результатам определения содержания общего азота и аммонийного азота в образцах почвы можно сделать вывод о небольшом увеличении содержания общего азота в образце №2 по сравнению с образцом №1. Также уменьшение содержания аммонийного азота в образце №2 по сравнению с образцом №1 может говорить о усвоении аммонийной формы азота червями в процессе вермикомпостирования. По сравнению с образцом почвы до вермикомпостирования наблюдается значительное увеличение содержания как общего, так и аммонийного азота, что способствует использованию полученного образца после вермикомпостирования в качестве биоудобрения. По показателю содержания общего азота вермикомпост соответствует требованиям ГОСТ Р 56004-2014, ГОСТ 33830-2016.

Результаты определения общего фосфора (в пересчете на P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) в образцах почвы представлены в таблице 10.



**Результаты определения общего фосфора (в пересчете на  $P_2O_5$ )  
в образцах почвы**

№ образца	Содержание общего P, %
1	1,520±0,010
2	1,750±0,002
3	0,750±0,009

В результате определения общего фосфора в образцах почвы было установлено увеличение содержания общего фосфора (в пересчете на  $P_2O_5$ ) в образце №2 по сравнению с образцом №1, что указывает на усвоение червями соединений фосфора и, соответственно, протекание процесса вермикомпостирования. По сравнению с исходным с образцом почвы до вермикомпостирования наблюдается значительное увеличение содержания общего фосфора, что способствует использованию полученного образца после вермикомпостирования в качестве биоудобрения. По содержанию общего фосфора вермикомпост соответствует требованиям ГОСТ Р 56004-2014, ГОСТ 33830-2016.

На основании полученных данных согласно ГОСТ 27980-88 (Удобрения органические. Методы определения органического вещества) можно рассчитать важнейший показатель вермикомпостирования — отношение C:N (углерод-азотный баланс), которое приведено в таблице 11.

Таблица 11

**Результаты расчета соотношения C:N  
в исследуемых образцах почвы**

№ образца	C:N
1	20,89:1
2	22,15:1
3	24,83:1

Для качества органического удобрения показатель C:N имеет огромное значение. Данное соотношение показывает весовое отношение углерода к азоту. Доля углерода намного больше доли азота. Эталонным значением является соотношение 30:1, а оптимальным — 25:1. И чем больше углерод-азотный баланс отклоняется от оптимального, тем медленнее протекает процесс компостирования [19]. В нашем случае мы можем наблюдать увеличение соотношения C:N в сторону оптимального значения (образец №2). Несмотря на то, что значение углерод-азотного баланса для образца №3 ближе всего к оптимальному диапазону, следует отметить, что содержание как углерода в органическом веществе, так и азота в нем намного ниже, чем для образцов №1 и №2.



В таблице 12 предоставлены данные для сравнения показателей образца почвы после вермикомпостирования с требованиями, предъявляемыми к органическим удобрениям (вермикомпостам) [9].

Таблица 12

**Сравнение показателей образца почвы после вермикомпостирования с требованиями, предъявляемыми к органическим удобрениям**

Наименование показателя	Норма по ГОСТ Р 56004-2014	Образец почвы после вермикомпостирования
pH	6,000 – 8,000	7,726±0,008
Массовая доля сухого вещества, %, не менее	50,0	43,3±0,2
Массовая доля органического вещества, % на сухое вещество, не менее	30,000	58,380±0,090
Массовая доля азота общего, %, не менее	1,6	1,18±0,03
Массовая доля фосфора общего, %, не менее	1,2	1,750±0,002

86

На основании данных таблицы 12 можно сделать вывод, что образец, который представляет собой почву, полученную в результате вермикомпостирования, соответствует большинству требований, предъявляемых к органическим удобрениям: pH, органическое вещество, общий фосфор. Показатели влажности и общего азота близки к требованиям, предъявляемым ГОСТ Р 56004-2014. В дальнейшем условия вермикомпостирования будут оптимизированы с целью выявления оптимальных параметров процесса (температура, время, влажность, pH и др.), благодаря чему будет возможно соответствие всем требованиям, предъявляемым ГОСТ Р 56004-2014.

### Заключение

Обобщая результаты проведенной исследовательской работы, необходимо отметить следующее:

1) установлен химический состав жиросодержащего шлама, в составе которого основным классом являются жиры растительного происхождения ( $66 \pm 2$  % от общей массы);

2) проведено вермикомпостирование жиросодержащего шлама с целью получения экологически безопасного биоудобрения;

3) определены структурные свойства образцов почвы до и после вермикомпостирования. Доля фракции 4 мм образца почвы до вермикомпостирования составляет  $52,8 \pm 0,8$  % от общей массы, а у образца почвы после вермикомпостирования –  $85,6 \pm 0,4$  % от общей массы;

4) определена оптимальная температура аэрации жиросодержащего шлама аэрированием воздухом в смеси с активным илом и целлюлозосодержащим наполнителем –  $50^\circ\text{C}$ ;



5) определены основные химические свойства образцов почвы до и после вермикомпостирования. Образец почвы после вермикомпостирования значительно превосходит по всем основным показателям образец до проведения процесса, а также обладает содержанием питательных элементов (азот  $1,18 \pm 0,03$  %, фосфор  $1,750 \pm 0,002$  %) на уровне биоудобрений;

6) произведена оценка соответствия свойств образца почвы после вермикомпостирования нормативным требованиям. По основным показателям (органическое вещество, pH, общий фосфор) можно сделать вывод, что в результате вермикомпостирования жиросодержащего шлама было получено биоудобрение, отвечающее требованиям ГОСТ Р 56004-2014. Остальные показатели (влажность и общий азот) близки к показателям, отвечающим требованиям ГОСТ Р 56004-2014. В дальнейшем будут оптимизированы условия процесса вермикомпостирования для соответствия по всем нормативным показателям.

В заключение следует отметить, что в Калининградской области на сегодняшний момент переработка жиросодержащих шламов не развита. Нами были выполнены исследования по возможности переработки такого вида сырья, которое может быть конкурентоспособно сырью из куриного помета. Это будет способствовать экономическому развитию сельскохозяйственной промышленности и перерабатывающих отраслей Калининградской области.

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность доценту ИЖС БФУ им. И. Канта Евгению Геннадьевичу Чупахину за помощь в проведении исследований жиросодержащего шлама с помощью метода газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием (ГХ-МС).

#### Список литературы

1. Животноводческие хозяйства России // Orgpage.ru : [сайт]. URL: <http://www.orgpage.ru/rossiya/животноводство/> (дата обращения: 15.02.2020).
2. Субботина Ю.М. Совершенствование очистки животноводческих и птицеводческих отходов с помощью естественных биоценозов // Редакционная коллегия. Стерлитамак, 2016. С. 25–36.
3. Большая пресс-конференция Владимира Путина // Президент России : [сайт]. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/59455> (дата обращения: 17.02.2020).
4. Об отходах производства и потребления в Калининградской области (с изменениями на 14 ноября 2019 года) : закон Калининградской области от 25 ноября 2015 г. № 477 // Редакция Законов Калининградской области. Калининград, 2019. Ст. 7.
5. Производитель мясного сырья в Калининградской области // Meatinfo.ru : [сайт]. URL: [https://meatinfo.ru/litecat/mjasopererabatyvajushhie\\_predpriyatija\\_v\\_Kaliningradskoy\\_oblasti/](https://meatinfo.ru/litecat/mjasopererabatyvajushhie_predpriyatija_v_Kaliningradskoy_oblasti/) (дата обращения: 15.02.2020).
6. Государственный доклад «Об экологической обстановке в Калининградской области в 2018 году» // Министерство природных ресурсов и экологии Калининградской области. Калининград, 2019. С. 201.
7. Яковченко М.А., Дрёмова М.С., Курбанова О.Г. Применение биоудобрений в сельском хозяйстве // Аграрный вестник Урала. 2013. № 8 (114). С. 4–6.



8. *Спосіб* обробки жиромістких осадів стічних вод : пат. України №14786 ; заявл. 20.09.1995.

9. ГОСТ Р 56004-2014. Удобрения органические. Вермикомпосты. Технические условия. М., 2014.

#### **Об авторах**

Михаил Сергеевич Кожикин — магистрант, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: kozhikin\_mihail@mail.ru

Яков Андреевич Масютин — канд. хим. наук, доц., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: yma1989@mail.ru

88

#### **The authors**

Mikhail S. Kozhikin, Master's Student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: kozhikin\_mihail@mail.ru

Dr Iakov A. Masiutin, Associate Professor, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: yma1989@mail.ru