

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО/GENERAL AGRICULTURE AND CROP PRODUCTION

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.58.2>

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА В КАЧЕСТВЕ АКТИВАТОРА
КОМПСТИРОВАНИЯ**

Научная статья

Анисимова Т.Ю.^{1*}, Зазыкина Л.А.²

¹ORCID : 0000-0003-1654-7783;

²ORCID : 0000-0003-2215-9031;

¹Всероссийский НИИ органических удобрений и торфа – филиал ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», Владимир,
Российская Федерация

²Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства РАН, Сергиев Посад,
Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (anistan2009[at]mail.ru)

Аннотация

Получены данные об эффективности использования интенсивной технологии аэробной переработки компостных смесей на основе ОСВ и торфа с применением активаторов биотермических процессов. Установлено, что интенсивная аэробная переработка в ферментационных камерах активизировала биотермические процессы, обеспечила надежное обеззараживание компостной смеси в составе птичьего помета, ОСВ, торфа. Аэрация компостных смесей, проводимая в крайне сжатые сроки, при введении в смесь птичьего помета сопровождалась меньшими потерями органического вещества, азота, увеличением содержания подвижного калия, избирательным накоплением подвижных форм тяжелых металлов (меди, цинка, свинца), не оказавшим влияние на фитотоксичность биокомпостов.

Ключевые слова: птичий помет, торф, осадки сточных вод, микробные удобрения, компостные смеси, биокомпосты, аэробное компстирование.

EFFICIENCY OF USING POULTRY MANURE AS A COMPOSTING ACTIVATOR

Research article

Anisimova T.Y.^{1*}, Zazikina L.A.²

¹ORCID : 0000-0003-1654-7783;

²ORCID : 0000-0003-2215-9031;

¹All-Russian Research Institute of Organic Fertilizers and Peat – a branch unit of «Upper Volga Federal Agrarian Research Centre», Vladimir, Russian Federation

²All-Russian Scientific Research and Technological Institute of Poultry Farming RAS, Sergiev Posad, Russian Federation

* Corresponding author (anistan2009[at]mail.ru)

Abstract

The data on the efficiency of using intensive technology of aerobic processing of compost mixtures based on WWP and peat with the use of activators of biothermal processes have been obtained. It was established that intensive aerobic processing in fermentation chambers activated biothermal processes, provided reliable disinfection of compost mixture consisting of poultry manure, WWP and peat. Aeration of compost mixtures, carried out in extremely short time, when poultry manure was introduced into the mixture, was accompanied by lower losses of organic matter, nitrogen, increased content of mobile potassium, selective accumulation of mobile forms of heavy metals (copper, zinc, lead), which did not affect the phytotoxicity of biocomposts.

Keywords: poultry manure, peat, sewage sludge, microbial fertilisers, compost mixtures, biocomposts, aerobic composting.

Введение

Сельскохозяйственные и антропогенные органические отходы являются одним из основных отходов производственной и бытовой деятельности человека. Одним из видов данных отходов являются различные виды животноводческих и городских отходов, в частности, осадки сточных вод (ОСВ).

Эффективность производства органических удобрений на основе ОСВ посредством ускоренного компстирования в РФ изучена мало. Не определены оптимальные ингредиентные составы компостных смесей на основе ОСВ, не установлены энергосберегающие режимы, сроки их твердофазной интенсивной аэробной переработки. Отсутствуют сведения о целесообразности применения различных препаратов многофункционального спектра действия при производстве биокомпостов на основе ОСВ методом ускоренного компстирования. Не разработаны рекомендации их применения.

Снизить инфекционный потенциал и токсичность ОСВ, можно контролируемым компстированием. Согласно зарубежной практике, концепции разумного потребления и устойчивого развития (“Sustainable Development”) наиболее перспективными технологиями производства органических удобрений на основе отходов коммунального хозяйства являются технологии аэробной твердофазной переработки в интенсивном режиме, позволяющие получать биокомпосты, используемые в лесонасаждениях, сельских и озеленительных хозяйствах [1].

Разработка научно обоснованных экологически безопасных приемов использования отходов от производственной деятельности АПК в хозяйственном обороте, внедрение и совершенствование технологии по их переработке способствуют сокращению объемов, накопленных и вновь образованных, отходов. Объектами исследования являлись компостные смеси на основе птичьего помета, торфа, осадков сточных вод, навоза, микробных удобрений.

Цель исследований — разработать экологически безопасные методы и технологии биоконверсии органических отходов агропромышленного комплекса и коммунального хозяйства для производства и использования новых видов органических и органоминеральных удобрений в земледелии.

Методы и принципы исследования

Изучение приемов и технологий биоконверсии отходов АПК и городского хозяйства проводили в модельном опыте, материалом для исследований служили компостные смеси на основе ОСВ станций биологической очистки г. Владимира и торфа верхового. Для ускорения деструкции органических отходов и повышения удобрительного потенциала биокомпостов в компостную смесь на основе ОСВ и торфа добавляли высушенный птичий помет влажностью 36% и микробное удобрение Бамил (разработка ВНИИСХМ).

Исследования проводили по следующей схеме:

1. ОСВ + торф 1:2 — контроль.
2. ОСВ + торф 1:2 + *Salmonella*.
3. ОСВ + торф 1:2 + *Salmonella* + Бамил (25%).
4. ОСВ + торф 1:2 + *Salmonella* + помет (25%).

Бамил и птичий помет добавляли в объеме 25% от веса смеси. Препараты *Salmonella* добавляли в качестве индикатора для оценки степени обеззараживания биокомпоста от патогенной микрофлоры.

Агрохимическая характеристика исходных компонентов компостных смесей приведена в таблице 1.

Пилотная опытно-производственная установка аэробной твердофазной переработки в интенсивном режиме представляет собой капитальное строение прямоугольной формы размерами 9х4 м и высотой 3 м из кирпичных стен и оцинкованных пола и крыши, в полу предусмотрены перфорации для поступления воздуха. Управление технологическим процессом ручное, аэрацию проводили в течение 4 часов в сутки на протяжении 15 дней. Подача воздуха проводилась непрерывно посредством компрессора 2АФ мощностью 2,5 кВт с интенсивностью 4,0–4,5 м³/т в минуту.

Компоненты компостных смесей для интенсивной аэрации измельчали, тщательно перемешивали и помещали в контейнеры из полистирола объемом 0,02–0,04 м³ с перфорированными днищем и стенками, затем контейнеры устанавливали в биоферментационную установку. Замеры температуры в буртах проводили каждые сутки в среднем слое смесей с помощью контактного цифрового термометра «Hanna HI 98509 Checktemp».

В компостных смесях до и после переработки определяли физико-химические свойства:

- 1) pH — по ГОСТ 27979;
- 2) влажность — по ГОСТ 26713;
- 3) содержание органического вещества — по ГОСТ 27980;
- 4) общий азот — по ГОСТ 26715;
- 5) общий фосфор — по ГОСТ 26717;
- 6) общий калий — по ГОСТ 26718;
- 7) подвижные фосфор, калий — по ГОСТ 26204.

При изучении эффективности обеззараживания компостных смесей на основе ОСВ и торфа в камере использовали тест-объекты, которыми служили навески смесей массой 1 кг, помещенные в капроновые мешки. Тест-объекты были контаминированы суспензией паспортизированного штамма бактерий группы сальмонелл *Salmonella typhi* из расчета 4 тыс. микробных клеток/г. Тест-объекты закладывали в средние слои компостных смесей и затем по окончании переработки извлекали для проведения анализов. Санитарно-гигиенические характеристики (общее микробное число, коли-титр, наличие энтеробактерий рода *Salmonella*) компостных смесей до и после переработки определяли общепринятыми методами [2]. Оценку степени эпидемиологической опасности нативных и обработанных компостных смесей проводили по СанПиН 2.1.3684-21, ГОСТ Р 55570, ГОСТ Р 54651, Регламента ЕС 2019/1009 [3], [4], [5], национального стандарта Канады CAN/BNQ 0413-200 [6], [7], [8], [9] в соответствии с «Инструкцией по лабораторному контролю очистных сооружений на животноводческих комплексах». Численность, выживаемость санитарно-показательных микроорганизмов проводили согласно общепринятым методикам с последующим их посевом на питательных средах. При определении:

- 1) общего микробного числа использовали мясопептонный агар;
- 2) коли-титра — среду Кесслера;
- 3) титра анаэробов — среду Вильсона-Блера;
- 4) сальмонелл — среду Висмут сульфит агар;
- 5) БГКП — среду Эндо.

Для оценки эффективности обеззараживания компостных смесей на основе ОСВ и торфа пробы нативных и инфицированных компостных смесей отбирали до постановки опытов и после их окончания — через 15 дней. Содержание валовых и подвижных тяжелых металлов определяли методом пламенной атомной абсорбции согласно ГОСТ Р 53218-2008, СанПиН 1.2.3685-21, МУК 4.1.1471-03.

Суммарную фитотоксичность биокомпостов определяли по степени подавления роста корешков проростков редиса согласно ГОСТ Р ИСО 18763— 2019 [8].

Таблица 1 - Химический состав исходных компонентов компостных смесей

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.58.2.1>

Виды органического удобрения	Влажность, %	Зола, %	Содержание общих, %	Содержание общих, %	Содержание общих, %	N-NO ₃ , мг/кг	N-NH ₄ , %	Подвижные, мг/кг	Подвижные, мг/кг	C, %	pH
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O			P ₂ O ₅	K ₂ O		
ОСВ + торф - контроль	63,9	22,0	<u>0,78</u> 0,28	<u>0,46</u> 0,17	<u>0,14</u> 0,05	3,4	<u>0,069</u> 0,025	24,0	6,9	39,0	4,40
ОСВ + торф + Бамил	67,8	18,5	<u>0,90</u> 0,29	<u>0,74</u> 0,24	<u>0,15</u> 0,05	2,5	<u>0,093</u> 0,003	24,5	6,5	45,8	4,70
ОСВ + торф + птичий помет	66,8	26,0	<u>1,28</u> 0,42	<u>1,47</u> 0,49	<u>0,52</u> 0,17	1,3	<u>0,15</u> 0,05	24,9	20,5	37,0	6,27
Птичий помет	35,8	3,5	<u>1,43</u> 0,92	<u>3,19</u> 2,04	<u>1,52</u> 0,97	15,1	<u>0,30</u> 0,125	160,0	75,7	34,8	7,58
Торф	65,3	7,0	<u>0,74</u> 0,26	<u>0,7</u> 0,25	<u>0,1</u> 0,04	4,1	<u>0,058</u> 0,02	31,0	4,0	46,5	3,79
ОСВ	72,5	38,5	<u>1,63</u> 0,44	<u>2,45</u> 0,69	<u>0,38</u> 0,11	6,8	<u>0,2</u> 0,055	92,0	11,0	30,8	7,31

Примечание: над чертой – на сухое вещество, под чертой – на сырое вещество

Основные результаты

В ходе исследований получены результаты наблюдений за температурным режимом в процессе компостирования, динамикой изменения физической массы, содержания органического вещества, основных биогенных элементов и тяжелых металлов, санитарно-гигиенических характеристик в компостных смесях и биокомпостах.

При интенсивной непрерывной аэрации в течение 4 часов наибольшая температура смесей при переработке составила 55,8°C в варианте с птичьим пометом, при использовании микробного удобрения Бамил температура в смеси повышалась до 42,9°C, в контрольном варианте наибольшая температура в смеси составила 32,3°C (рисунок 1).

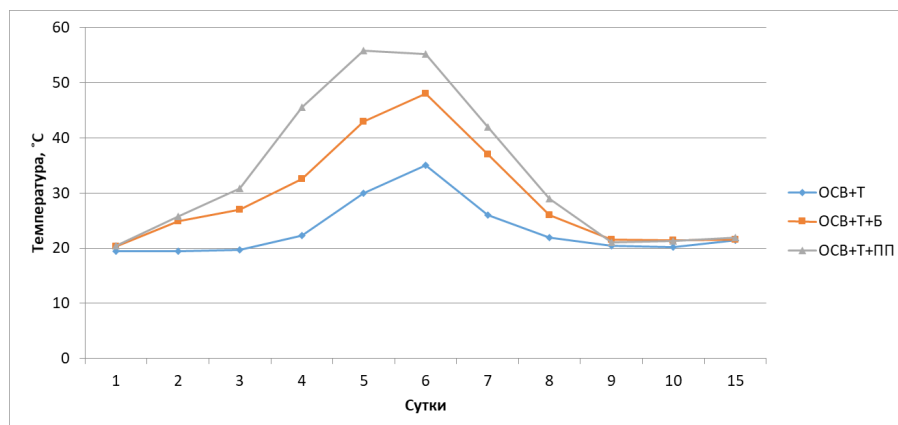


Рисунок 1 - Изменение температуры при компостировании в ферментационной камере

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.58.2.2>

Основными показателями качества и безопасности биокомпостов являются содержание в них органического вещества, питательных элементов, в том числе в подвижной форме, санитарно-гигиенические и токсикологические характеристики.

Добавление в компостную смесь птичьего помета способствовало более быстрому разогреву и более длительному прохождению термофазы, что в связи с повышением убыли физической массы сопровождалось большими потерями биогенных элементов. По сравнению с контрольным вариантом снижение содержания органического вещества составило 8%, общего азота — 9% и аммонийного азота — на 0,029 мг/кг, фосфора валового — на 1,8%, фосфора подвижного — 8мг/кг. Валовое содержание калия не изменялось, повысилось содержание его подвижной формы на 20,2 мг/кг.

Согласно результатам санитарно-гигиенических исследований, в компостные смеси на основе ОСВ, торфа, Бамила, птичьего помета характеризовались крайне высокой микробной численностью (таблицы 2).

Таблица 2 - Влияние интенсивной аэробной переработки (в установке) на эпидемиологическую безопасность компостных смесей на основе ОСВ и торфа

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.58.2.3>

Показатели эпидемиологической опасности	Виды компостных смесей							
	исходные компостные смеси				компостные смеси после переработки			
	температура до постановки опыта, °C				максимальная температура переработки, °C			
	18-20				32,3	32,2	42,9	55,8
	ОСВ+ торф 1:2 (контроль)	ОСВ+ торф 1:2 + <i>Salmonella</i>	ОСВ+ торф 1:2 + <i>Salmonella</i> + Бамил (25%)	ОСВ+ торф 1:2 + <i>Salmonella</i> + птичий помет (25%)	ОСВ+ торф 1:2 (контроль)	ОСВ+ торф 1:2 + <i>Salmonella</i>	ОСВ+ торф 1:2 + <i>Salmonella</i> + Бамил (25%)	ОСВ+ торф 1:2 + <i>Salmonella</i> + птичий помет (25%)
Общее микробное число, (млн/1г)	19,5	20,0	26,0	26,0	15,6	15,8	16,2	15,8
Коли-титр, г	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,01	0,01	0,01	0,1
Титр анаэробов, г	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,01	0,01	0,01	0,1
Наличие сальмонеллы	0,2	2,6	2,4	3,4	0,1	1,8	0,1	отсутствуют

Показатели эпидемиологической опасности	Виды компостных смесей							
	исходные компостные смеси				компостные смеси после переработки			
	температура до постановки опыта, °C				максимальная температура переработки, °C			
	18-20				32,3	32,2	42,9	55,8
	ОСВ+ торф 1:2 (контроль)	ОСВ+ торф 1:2 + <i>Salmonella</i>	ОСВ+ торф 1:2 + <i>Salmonella</i> + Бамил (25%)	ОСВ+ торф 1:2 + <i>Salmonella</i> + птичий помет (25%)	ОСВ+ торф 1:2 (контроль)	ОСВ+ торф 1:2 + <i>Salmonella</i>	ОСВ+ торф 1:2 + <i>Salmonella</i> + Бамил (25%)	ОСВ+ торф 1:2 + <i>Salmonella</i> + птичий помет (25%)
лл, КОЕ, тыс./г								

Согласно результатам исследований, применение интенсивной аэробной переработки в стационарной установке в течение 15 суток не обеспечило активизацию биотермических процессов в компостных смесях на основе ОСВ, торфа, Бамила. Максимальные значения температуры при их переработке не превысили 55°C. В соответствии с СанПиН 2.1.3684-21 [10], указанные компостные смеси после их интенсивной аэрации оставались «загрязненными, опасными» с высокой их контаминацией бактериями рода *Salmonella typhi*, группы кишечной палочки, анаэробных клостридий.

Эффективная высокотемпературная переработка в установках интенсивной аэрации отмечена лишь при использовании компостной смеси на основе ОСВ, торфа и птичьего помета. Переработка в интенсивном режиме при температурах, превышающих 50°C, с максимальными ее значениями 55,8°C на протяжении 48 часов, обеспечила надежное обеззараживание компостной смеси. Полученный биокомпост на основе ОСВ, торфа и птичьего помета соответствовал требованиям безопасности:

1) содержание бактерий группы кишечной палочки, анаэробных клостридий не превышало 1000 микробных клеток/1г;

2) бактерии рода *Salmonella typhi* отсутствовали.

В условиях интенсивной аэробной переработки при температурах 32-55,8°C содержание тяжелых металлов в компостных смесях имело тенденцию к снижению (таблица 3).

Однако данные изменения были крайне незначительными и не превышали значений ошибки измерений. Наиболее очевидным являлось повышение содержания в компостных смесях подвижных форм меди, цинка, свинца, соответственно на 15, 7, 110% с учетом ошибки измерения. Анализ на общую токсичность по биотесту с применением экспресс-метода показал, что компостные смеси всех вариантов опыта не являлись токсичными для растений (таблица 4).

Таблица 3 - Фитотоксичность компостных смесей после их активной аэрации в ферментационной камере

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.58.2.4>

Вариант	Общее количество семян, шт	Всхожесть, %	Общая длина корней, см	Средняя длина одного корня, см	+ - к контролю, см	к контролю, %	Токсичность, %
Контроль с дистиллированной водой	50	85,0	130	2,9	-	100	-
ОСВ + торф	50	90,0	142	3,3	+0,4	114	-
ОСВ + торф + Бамил	50	92,0	184	3,9	+1,0	135	-
ОСВ + торф + птичий помет	50	90,0	146	4,2	+1,3	145	-

В результате проведенных исследований проведена оценка эффективности производства органических удобрений на основе ОСВ, торфа, птичьего помета посредством ускоренного компостирования, показавшая преимущество интенсивной аэрации при компостировании в ферментационной камере компостной смеси на основе торфа, ОСВ и птичьего помета, в результате чего был получен биокомпост, соответствующий требованиям отечественных и зарубежных нормативов.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено:

1. Компостные смеси на основе ОСВ, торфа характеризуются крайне низкой способностью к биотермической переработке, что, вероятно, обусловлено инертностью органического вещества торфа, наличием в составе ОСВ веществ, подавляющих биоконверсионные процессы.
2. Интенсивная переработки в ферментационной установке сопровождалась потерями в компостных смесях органического вещества, общего и аммонийного азота. Более высокие их потери в буртах, вероятно, обусловлены длительностью переработки, пролонгацией биотермических процессов в мезофильном режиме при температурах 25–30°C.
3. Применение птичьего помета в условиях интенсивной аэрации в ферментационной установке способствовало активации биотермических процессов. Длительная переработка компостной смеси при температурах, превышающих 55°C, обеспечило ее гарантированное обеззараживание, производство биокомпостов, соответствующих требованиям ГОСТ Р 55570, ГОСТ Р 54651.
4. В условиях интенсивной аэрации отмечено избирательное повышение содержания подвижных форм тяжелых металлов (меди, цинка, свинца) в компостных смесях, что не сопровождалось увеличением их токсичности.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Ганиев И.М., Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности, Казань
Российская Федерация
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.58.2.5>
Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

Ganiev I.M., Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, Kazan Russian Federation
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.58.2.5>
All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Wang X. Relationship between bacterial diversity and environmental parameters during composting of different raw materials / X. Wang // *Bioresource technology*. — 2015. — № 198. — P. 395–402.
2. Еськов А.И. Методы анализов органических удобрений / А.И. Еськов. — Москва : РСХА-ГНУ ВНИПТИОУ, 2003. — 552 с.
3. СанПиН 2.1.3684-21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий // Garant.ru. — URL: <https://base.garant.ru/400289764/> (дата обращения: 18.01.2025).
4. ГОСТ Р 55570-2013. Удобрения органические. Биокомпосты. Технические условия. — Москва, 2020. — 12 с.
5. ГОСТ 26713-85. Удобрения органические. Метод определения влаги и сухого остатка // Росстандарт. — URL: https://www.gost.ru/portal/gost/home/standarts/cataloginter?portal:componentId=26cba537-adcd-44ed-9a44-72c63a7c7bc2&portal:isSecure=false&portal:portletMode=view&navigationalstate=JBPNs_rO0ABXdkAAZhY3Rpb24AAAABABVjb25jcmV0ZURvY3VtZW50AARmcm9tAAAAQAEMjk0MAAGZG9jX2lkAAAAQAQAFMjgxnjUAB19fRU9GX18* (дата обращения: 13.01.25).
6. СанПиН 2.1.7.573-96. Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения. — 1995. — URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293825/4293825376.pdf> (дата обращения: 13.01.25).
7. Тюрин В.Г. Использование отходов птицефабрик / В.Г. Тюрин, В.П. Лысенко, В.Г. Семенов. — Чебоксары : ООО "Крона-2", 2021. — 514 с.
8. Анисимова Т.Ю. Эффективность приемов биоконверсии питательных веществ удобрений в зелёных корма на торфянике/ Т.Ю. Анисимова // *Агрохимия*. — 2023. — № 2. — С. 10–14.
9. Лысенко В.П. Переработка отходов птицеводческих хозяйств / В.П. Лысенко, В.Г. Тюрин. — Москва : ГНЦ РФ ВНИИГиГС, 2018. — С. 428.
10. Шаланда А.В. Нормативные требования к компостам / А.В. Шаланда // *Журнал «Коммерческая биотехнология»*. — 2009. — URL: <https://cbio.ru/page/50/id/3958/> (дата обращения: 07.02.25).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Wang X. Relationship between bacterial diversity and environmental parameters during composting of different raw materials / X. Wang // *Bioresource technology*. — 2015. — № 198. — P. 395–402.

2. Yeskov A.I. Metodi analizov organicheskikh udobrenii [Methods for analyzing organic fertilizers] / A.I. Yeskov. — Moscow : RSKhA-GNU VNIPTIOU, 2003. — 552 p. [in Russian]
3. SanPiN 2.1.3684-21. Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k sodержaniyu territorij gorodskih i sel'skih poselenij, k vodnym ob"ektam, pit'evoj vode i pit'evomu vodosnabzheniyu, atmosfernomu vozduhu, pochvam, zhilym pomeshcheniyam, ekspluatatsii proizvodstvennyh, obshchestvennyh pomeshchenij, organizatsii i provedeniyu sanitarno-protivoepidemicheskikh (profilakticheskikh) meropriyatij [SanPiN 2.1.3684-21. Sanitary and epidemiological requirements for the maintenance of territories of urban and rural settlements, for water bodies, drinking water and drinking water supply, atmospheric air, soil, residential premises, operation of industrial and public premises, organization and implementation of sanitary and anti-epidemic (preventive) measures] // Garant.ru. — URL: <https://base.garant.ru/400289764/> (accessed: 18.01.2025). [in Russian]
4. GOST R 55570-2013. Udobreniya organicheskie. Biokomposti. Tekhnicheskie usloviya [GOST R 55570-2013. Organic fertilizers. Biocomposts. Technical conditions]. — Moscow, 2020. — 12 p. [in Russian]
5. GOST 26713-85. Udobreniya organicheskie. Metod opredeleniya vlagi i sukhogo ostatka [GOST 26713-85. Organic fertilizers. Method for determination of moisture dry residue] // Rosstandart. — URL: https://www.gost.ru/portal/gost/home/standarts/cataloginter?portal:componentId=26cba537-adcd-44ed-9a44-72c63a7c7bc2&portal:isSecure=false&portal:portletMode=view&navigationalstate=JBPNs_rO0ABXdKAAZhY3Rpb24AAAABABBBjb25jcmV0ZURvY3VtZW50AARmcm9tAAAAQAEMjk0MAAGZG9jX2lkAAAAAQAFMjg5NjUAB19fRU9GX18* (accessed: 13.01.25). [in Russian]
6. SanPiN 2.1.7.573-96. Gigienicheskie trebovaniya k ispolzovaniyu stochnikh vod i ikh osadkov dlya orosheniya i udobreniya [SanPiN 2.1.7.573-96. Hygienic requirements for the use of wastewater and its sediments for irrigation and fertilization]. — 1995. — URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293825/4293825376.pdf> (accessed: 13.01.25). [in Russian]
7. Tyurin V.G. Ispolzovanie otkhodov ptitsefabrik [Use of waste from poultry farms] / V.G. Tyurin, V.P. Lisenko, V.G. Semenov. — Cheboksari : OOO "Krona-2", 2021. — 514 p. [in Russian]
8. Anisimova T.Yu. Effektivnost priemov biokonversii pitatelnykh veshchestv udobrenii v zelyonikh korma na torfyanike [Effectiveness of techniques for bioconversion of nutrients fertilizers in green forage on peatland] / T.Yu. Anisimova // Agrochemistry. — 2023. — № 2. — P. 10–14. [in Russian]
9. Lysenko V.P. Pererabotka otkhodov pticevodcheskikh hozyajstv [Recycling of poultry farm waste] / V.P. Lysenko, V.G. Tyurin. — Moscow : SSC RF VNIIGiGS, 2018. — P. 428. [in Russian]
10. Shalanda A.V. Normativnye trebovaniya k kompostam [Regulatory requirements for composts] / A.V. Shalanda // Journal "Commercial Biotechnology". — 2009. — URL: <https://cbio.ru/page/50/id/3958/> (accessed: 07.02.25). [in Russian]