

Выбор системы рециклинга навоза для молочной фермы с привязным содержанием

Роман Алексеевич Уваров,

кандидат технических наук, научный сотрудник,

e-mail: rauvarov@yandex.ru

Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал Федерального научного агроинженерного центра ВИМ, Санкт-Петербург, Российская Федерация

Реферат. Разработка и апробация новых эффективных и экологически безопасных технологий утилизации отходов представляет собой приоритетную задачу агроэкологии и рационального природопользования. Одна из таких технологий – переработка навоза крупного рогатого скота в подстилку для животных. (*Цель исследования*) Экономически обосновать применение различных вариантов технологии производства подстилки из навоза в условиях функционирующего животноводческого предприятия. (*Материалы и методы*) На примере молочной животноводческой фермы с поголовьем 100 коров дойного стада рассмотрели три варианта реализации данной технологии: I – разделение навоза на фракции с последующей аэробной ферментацией твердой фракции навоза в установках барабанного типа; II – смешивание несепакированного навоза с торфом и последующая аэробная ферментация в установках барабанного типа; III – смешивание несепакированного навоза с торфом и последующая аэробная ферментация в установках камерного типа. Сравнили капитальные, эксплуатационные и трудовые затраты, а также срок окупаемости. (*Результаты и обсуждение*) Определили комплекс необходимых сооружений и оборудования для переработки навоза и хранения полученного продукта для всех вариантов. Провели экономическую оценку указанных вариантов. Показали, что для варианта I капитальные затраты на внедрение составили 18,2 миллиона рублей, эксплуатационные – 8,9 миллиона рублей, трудозатраты – 5,1 человеко-часа на тонну, срок окупаемости – 2,1 года. Выявили, что вариантам II и III соответствовали высокие затраты, то есть производство подстилки с добавлением торфа оказалось убыточным. (*Выводы*) Определили наиболее эффективный и экономически обоснованный вариант технологии переработки навоза: разделение его на фракции, аэробная ферментация твердой фракции в установках барабанного типа и длительное выдерживание жидкой фракции в навозохранилище. Варианты II и III экономически нецелесообразны.

Ключевые слова: рециклинг навоза, молочная ферма, подстилка, аэробная ферментация, экономическая эффективность.

■ **Для цитирования:** Уваров Р.А. Выбор системы рециклинга навоза для молочной фермы с привязным содержанием // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2019. Т. 13. №3. С. 24-29. DOI 10.22314/2073-7599-2019-13-3-24-29.

Choosing a Manure Recycling System for a Dairy Farm with Tied Housing

Roman A. Uvarov,

Ph.D.(Eng.), research engineer

Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – Branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Saint Petersburg, Russian Federation

Abstract. Development and testing of new more efficient and environmentally friendly waste management technologies is one of the priorities of agroecology aimed at introducing the basic principles of the sustainable use of natural resources. An example of such a technology may be the recycling of cattle manure into the bedding for farm animals. (*Research purpose*) Feasibility study of different technological options for the production of bedding from manure under conditions of an operating livestock enterprise. (*Materials and methods*) In the study, three options of this technology were considered as exemplified by a dairy farm for 100 milking cows: Option 1 – separation of manure into fractions followed by aerobic fermentation of the solid manure fraction in a drum-type fermentor; Option 2 – mixing the unprocessed manure with peat and its subsequent aerobic fermentation in a drum-type fermentor; Option 3 – mixing the unprocessed manure with peat and its subsequent aerobic fermentation in a chamber-type fermentor. The author has estimated capital and operation costs as well as labour inputs and payback period. (*Results and*

discussion) The number of facilities and equipment required for manure recycling and the resulting product storage has been calculated for each option. The author has made an economic assessment of the three options. For Option 1, the capital costs of implementation amount to 18.2 million roubles, operating costs – 8.9 million roubles, labour inputs – 5.1 man-hour per tonne, and the payback period – 2.1 years. It has been revealed that options 2 and 3 feature high capital costs, therefore, bedding production with the use of peat proved to be inefficient. (*Conclusions*) The study has allowed to determine the most efficient and economically feasible technological method of manure recycling: manure separation into fractions with subsequent aerobic fermentation of the solid fraction in a drum-type fermentor. Options 2 and 3 have been found economically unfeasible.

Keywords: manure recycling, dairy farm, bedding, aerobic fermentation, economic efficiency.

For citation: Uvarov R.A. Vybor sistemy retsiklinga navoza dlya molochnoi fermy s privyaznym soderzhaniem [Choosing a Manure Recycling System for a Dairy Farm with Tied Housing]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2019. Vol. 13. N3. 24-29 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2019-13-3-24-29.

Интенсификация сельского хозяйства, внедрение наилучших доступных технологий, переход на новые технологии содержания животных – все это повышает объемы производства не только основной продукции сельхозпредприятий (молока, мяса, яиц, поголовья животных и птицы), но и сопутствующего вторичного сырья – навоза и помета [1].

Многие животноводческие предприятия не имеют собственных земельных угодий сельскохозяйственного назначения, достаточных для внесения обильного навоза, поэтому вынуждены искать новые, более эффективные способы его переработки и применения. Один из таких способов – производство подстилки для животных на основе навоза. Данная технология впервые была апробирована полвека назад в засушливых западных районах США. Ввиду высокого риска бактериальной нагрузки на животных в технологию включили дополнительные стадии обработки, направленные на снижение количества патогенов в конечном продукте путем повышения температуры [2]. В последние несколько лет эта технология все шире распространяется и в других странах [3-5].

Указанный способ переработки навоза позволяет повысить рентабельность предприятия в результате снижения затрат на внесение переработанного навоза и закупку материала для подстилки.

Различают два способа производства подстилки из навоза:

- разделение навоза на фракции с последующей аэробной ферментацией твердой фракции [6];
- смешивание навоза и влагопоглотителя с последующим компостированием [7].

Цель исследования – экономически обосновать применение различных вариантов технологии производства подстилки из навоза крупного рогатого скота (КРС) в условиях функционирующего животноводческого предприятия.

Материалы и методы. В качестве рассматриваемого предприятия выбрана молочная ферма на 100 голов дойного стада привязного содержания [8]. В течение года она дает около 800 т молока, 18 т мяса в живом весе и 16 сверхремонтных нетелей. Предпри-

ятие располагает собственными земельными угодьями в размере 100 га, расположенными в радиусе до 20 км от фермы, на которых выращивают яровые и озимые злаковые. На предприятии применяют привязную систему содержания животных. Годовая потребность предприятия в подстилке составляет 36,5 т. При расчете выбран наиболее близкий по органолептическим и физико-химическим свойствам к переработанной твердой фракции навоза материал – торф (в соответствии с методическими рекомендациями РД-АПК 1.10.01.01-18, Росинформагротех, 2018).

В качестве вариантов технологий переработки рассмотрены:

- разделение навоза на фракции с последующей аэробной ферментацией твердой фракции навоза в установках барабанного типа;
- смешивание цельного навоза с торфом и последующая аэробная ферментация в установках барабанного типа;
- смешивание цельного навоза с торфом и последующая аэробная ферментация в установках камерного типа.

Суточный и годовой выход навоза рассчитали при помощи разработанной методики, апробированной на 20 животноводческих и птицеводческих предприятиях [8].

Суточная производительность биоферментационных установок обусловлена их типоразмерным рядом, сформированным с учетом гарантированного обеззараживания материала [9-12].

Выполняя расчеты, предположили, что протекание процесса аэробной ферментации в твердой фракции навоза КРС и смеси навоза КРС с торфом не требует добавления иных компонентов [13]. Для расчета экономической эффективности рассматриваемых вариантов технологии применили регламентированную методику определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники (ГОСТ Р 53056-2008. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки). Стоимостные характеристики объектов и технических средств утилизации навоза актуальны на декабрь 2018 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. При привязном способе содержания средняя влажность навоза в исходном состоянии составляет 88% (по данным РД-АПК 1.10.15.02-17, Росинформагротех, 2018). Выход навоза для фермы с рассматриваемым поголовьем составляет 9,7 т/сут (3540,5 т/год).

Вариант I. Разделение навоза на фракции с последующей аэробной ферментацией твердой фракции навоза в установках барабанного типа.

Использование механических сепараторов позволяет добиться снижения влажности твердой фракции в среднем до 68%, что близко к оптимальным значениям для протекания процесса аэробной ферментации. Количество продуктов, получаемое при привязном способе содержания животных:

- выход твердой фракции навоза – 2546 кг/сут (3,9 м³/сут);
- влажность после сепарации – 68%;
- количество сухого вещества в навозе – 1164 кг;
- количество сухого вещества в твердой фракции 814,8 кг;
- необходимая производительность биоферментатора с учетом типоразмерного ряда – 3 т/сут.

Использование переработанного навоза в качестве подстилки требует соблюдения правил безопасности для животных. Экспериментально установлено, что гарантированное обеззараживание от патогенной микрофлоры и паразитов наступает по истечении 120 ч (5 сут) с момента начала ферментации при запуске процесса и при 96 ч (4 сут) – при потоковом режиме ферментации [13]. С учетом регламентированного срока переработки и разработанного типоразмерного ряда биоферментационных установок, установлено, что для переработки твердой фракции необходим биоферментатор производительностью 3 т/сут: при степени заполнения 0,75 рабочий объем барабана биоферментатора составляет 18,8 м³, что достаточно для его потокового функционирования [9]. Количество образуемой подстилки с учетом потерь массы и влажности составляет 1,91 т/сут.

Годовое количество произведенной подстилки – 697 т, что существенно превышает требуемые 660,5 т. Излишки могут быть вывезены на поля и использованы в качестве органического удобрения.

Вариант II. Смешивание цельного навоза с торфом и последующая аэробная ферментация в установках барабанного типа.

Для успешного протекания процесса аэробной ферментации необходимо приведение влажности субстрата для ферментирования к содержанию влаги 68%. Требуемое количество влагопоглотителя (торфа) находим по формуле (1):

$$m_T = m_H(W_H - W_C) / W_C - W_T, \quad (1)$$

где m_T – необходимая масса торфа, т;

m_H – масса образуемого навоза, т;

W_H – влажность навоза, %;

W_C – влажность субстрата, %;

W_T – влажность торфа, %.

При условии ежедневного образования 9,7 т навоза необходимо 14,9 т торфа влажностью 55%. Общая масса субстрата для ферментации составляет 24,6 т. Для его переработки требуются 2 установки производительностью 9 т исходного субстрата в сутки (объемом 73,85 м³) и 1 установка производительностью 6 т/сут (объемом 49,2 м³).

С учетом потерь массы и влажности в процессе ферментации, суточное количество образующейся подстилки составит 18,5 т, годовое – 6740,6 т. Этот объем существенно перекрывает потребность предприятия в подстилке, а также ставит задачу реализации излишков, так как 6740,1 т переработанного материала в год превышает допустимое количество органического удобрения, которое может быть внесено на земельные угодья, сопутствующие животноводческому предприятию такого размера.

Вариант III. Смешивание цельного навоза с торфом и последующая аэробная ферментация в установках камерного типа.

Переработка органических отходов в установках камерного типа характеризуется меньшей интенсивностью по сравнению с установками барабанного типа, что приводит к меньшим потерям влаги и большей продолжительности процесса ферментации. Годовое количество произведенной таким способом подстилки составит 7189,9 т.

Отличительная особенность аэробной ферментации в установках камерного типа заключается в цикличности процесса переработки, то есть в невозможности ежедневной отгрузки части готового продукта и загрузки в биоферментатор свежей порции субстрата. С учетом производства подстилки, а значит, более жестких санитарно-гигиенических требований к получаемому продукту и повышенной степени его подсушки длительность одного цикла биоферментации принята равной 8 сут в соответствии с методическими рекомендациями РД-АПК 1.10.15.02-17.

В зависимости от степени загрузки биоферментатора и плотности перерабатываемого материала вместимость одной камерной установки составляет 55-65 т исходного субстрата. При выполнении расчетов принята вместимость 60 т. Для ферментации полученного субстрата требуется 5 ферментационных установок камерного типа (табл. 1).

Для выявления оптимальной технологии оценим экономическую эффективность все трех вариантов. При расчете необходимого количества зданий, сооружений и технических средств, учтены задействованные объемы, площади, производительность транспортных средств, нормы выработки и рекомендуемые дозы внесения твердых органических удобрений.

При разделении навоза на фракции и последую-

Таблица 1

Table 1

ЦИКЛОГРАММА ЗАПОЛНЕНИЯ ФЕРМЕНТАЦИОННЫХ УСТАНОВОК КАМЕРНОГО ТИПА
SEQUENCE DIAGRAM OF FILLING CHAMBER-TYPE FERMENTERS

№ Биоферментатора Biofermenter	Сутки цикла переработки / Day of a recycling cycle											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	24,6*	24,6*	10,8*	п	п	п	п	п	п	п	п	в
2	п	в	13,8*	24,6*	21,6*	п	п	п	п	п	п	п
3	п	п	п	в	3	24,6*	24,6*	7,8*	п	п	п	п
4	п	п	п	п	п	п	в	16,8*	24,6*	18,6*	п	п
5	п	п	п	п	п	п	п	п	в	6*	24,6*	24,6*

Примечание: * – масса загружаемого в ферментатор субстрата, т;

п – переработка субстрата;

в – выгрузка готового продукта.

Note: * – mass of the substrate fed into the fermenter, t;

п – the substrate processing;

в – the finished product unloading.

щей аэробной ферментации твердой фракции навоза в установках барабанного типа (*вариант I*) переработка навоза требует следующих затрат:

- на участке сепарации навоза: 1 здание объемом $9 \times 6 \times 3 \text{ м}^3$ (810 тыс. руб.); 1 емкость накопления объемом $9 \times 4 \times 3 \text{ м}^3$ (540 тыс. руб.); 1 сепаратор заданной производительности (850 тыс. руб.); 1 насос для навоза (260 тыс. руб.); 1 миксер (650 тыс. руб.);

- на участке производства подстилки: 1 бетонированная площадка площадью $4 \times 10 \text{ м}^2$ (100 тыс. руб.); 1 биоферментационная установка барабанного типа производительностью 3 т/сут (3500 тыс. руб.); 1 приемный бункер (100 тыс. руб.); 1 загрузочное устройство (60 тыс. руб.);

- на участке хранения продуктов переработки навоза и прочих компонентов для производства подстилки: 2 хранилища жидкой фракции объемом 1500 м^3 (2200 тыс. руб.); 1 бетонированная площадка с навесом площадью $18 \times 12 \text{ м}^2$ (540 тыс. руб.);

- технические средства, задействованные при транспортировке навоза и продуктов его переработки: 1 трубопроводный транспорт с насосом (280 тыс. руб.); 1 трактор кл. тяги 2,0 (1250 тыс. руб.); 1 прицеп вместимостью 6 т (750 тыс. руб.); 1 фронтальный погрузчик объемом ковша не менее $1,5 \text{ м}^3$ (1450 тыс. руб.);

- технические средства, задействованные при внесении органического удобрения: 1 трактор с кл. тяги 2,0 (1250 тыс. руб.); 1 машина для внесения твердых органических удобрений вместимостью 6 т (800 тыс. руб.); 1 трактор кл. тяги 3,0 (1800 тыс. руб.); 1 машина для внесения жидких органических удобрений вместимостью 11 т (1800 тыс. руб.).

Переработка навоза, смешанного с торфом, в установках барабанного типа (*вариант II*) требует наличия следующих сооружений и оборудования:

- на участке производства подстилки: 1 бетонированная площадка площадью $15 \times 15 \text{ м}^2$ (562,5 тыс. руб.); 1 биоферментационная установка барабанного типа производительностью 6 т/сут (7500 тыс. руб.); 2 биоферментационные установки барабанного типа про-

изводительностью 9 т/сут (25000 тыс. руб.); 3 приемных бункера (420 тыс. руб.); 3 загрузочных устройства (180 тыс. руб.);

- на участке хранения продуктов переработки навоза и прочих компонентов для производства подстилки: 1 бетонированная площадка с навесом для хранения торфа с учетом трехдневного запаса $27 \times 10 \text{ м}^2$ (675 тыс. руб.); 1 бетонированная площадка с навесом для хранения готовой подстилки $50 \times 40 \text{ м}^2$ (5000 тыс. руб.);

- технические средства, задействованные при транспортировке навоза и продуктов его переработки: 3 трактора кл. тяги 2,0 (3750 тыс. руб.); 3 прицепа вместимостью 6 т (2250 тыс. руб.); 2 фронтальных погрузчика с ковшом объемом не менее 3 м^3 (4500 тыс. руб.);

- технические средства, задействованные при внесении органического удобрения: 6 тракторов кл. тяги 2,0 (7500 тыс. руб.); 6 машин для внесения твердых органических удобрений вместимостью 6 т (4800 тыс. руб.).

Переработка навоза, смешанного с торфом, в установках камерного типа (*вариант III*) требует следующих сооружений и оборудования:

- на участке производства подстилки: 1 бетонированная площадка площадью $27 \times 16 \text{ м}^2$ (1080 тыс. руб.); 5 биоферментационных установок камерного типа (10000 тыс. руб.); 1 фронтальный погрузчик с ковшом объемом не менее 3 м^3 (2250 тыс. руб.);

- на участке хранения продуктов переработки навоза и прочих компонентов для производства подстилки: 1 бетонированная площадка с навесом для хранения торфа с учетом трехдневного запаса $27 \times 10 \text{ м}^2$ (675 тыс. руб.); 1 бетонированная площадка с навесом для хранения готовой подстилки $40 \times 40 \text{ м}^2$ (4000 тыс. руб.);

- технические средства, задействованные при транспортировке навоза и продуктов его переработки: 3 трактора кл. тяги 2,0 (3750 тыс. руб.); 3 прицепа вместимостью 6 т (2250 тыс. руб.); 2 фронтальных погрузчика с ковшом объемом не менее 3 м^3 (4500 тыс. руб.);

- технические средства, задействованные при внесении органического удобрения: 6 тракторов кл. тяги

Таблица 2

Table 2

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЙ РЕЦИКЛИНГА НАВОЗА В ПОДСТИЛКУ
COMPARATIVE ECONOMIC ASSESSMENT OF THE OPTIONS OF MANURE RECYCLING INTO BEDDING FOR ANIMALS

Показатели Indicators	Варианты / Variants		
	I	II	III
Капитальные затраты, тыс. руб., в т.ч.: здания и сооружения технические средства и оборудование Capital costs, thousand rubles, including: buildings and facilities technical means and equipment	18190 4190 14000	62137,5 6237,5 55900	40805 15755 25050
Удельные капитальные затраты, тыс. руб./т Specific capital costs, thousand rubles / t	5,14	17,55	11,53
Эксплуатационные затраты, тыс. руб./год, в т.ч.: амортизационные отчисления затраты на ТО и ремонт оборудования затраты на топливо затраты на электроэнергию заработная плата работников затраты на закупку торфа Operating costs, thousand rubles / year, including: depreciation charges maintenance and repair costs fuel costs electricity costs salaries and wages of employees peat purchase costs	8886,6 1483,9 1302 3237,9 1147,9 1715 —	24819,5 5714,7 5198,7 6428,8 2913,3 3515 1414	21327,8 2820,1 2329,65 9290,4 1903,66 3570 1414
Удельные эксплуатационные затраты, тыс.руб./т·год Specific operating costs, thousand rubles / t · year	2,51	7,01	6,02
Затраты труда, чел.·ч/т Labour costs, people · H/t	5,1	9,3	10,5
Прибыль, тыс. руб. Profit, thousand rubles	8815,9	–7117,1	–3625,3
Срок окупаемости, лет Payback period, years	2,1	—	—

2,0 (7500 тыс. руб.); 6 машин для внесения твердых органических удобрений вместимостью 6 т (4800 тыс. руб.).

Сравнительная экономическая оценка технологий рециклинга навоза в подстилку выявила преимущество первого варианта, остальные два оказались убыточными (табл. 2).

Годовое производство подстилки превышает потребность предприятия в ней (36,5 т). Излишки можно использовать на полях как качественное органическое удобрение или реализовывать сторонним предприятиям, тем самым повышая рентабельность производства.

При реализации *варианта I* технологии рециклинга годовое количество произведенной подстилки составляет 697 т, *вариантов II и III* – 6740,6 и 7189,9 т соответственно. Перед предприятием встает новая задача – поиск потенциальных потребителей произведенного материала, так как данное количество пе-

реработанного навоза в виде органического удобрения не может быть внесено на собственные земельные угодья в регламентированные сроки.

Выводы. Наиболее экономически оправданный способ утилизации навоза – это *вариант I* технологии рециклинга (разделение навоза на фракции, аэробная ферментация твердой фракции в установках барабанного типа и длительное выдерживание жидкой фракции в навозохранилище). Он характеризуется наименьшими капитальными (18,2 млн руб.) и эксплуатационными (8,9 млн руб.) затратами, наименьшими затратами труда (5,1 чел.·ч/т), а также коротким сроком окупаемости (2,1 года). *Варианты II и III* требуют существенно больших затрат на внедрение и эксплуатацию, что в конечном итоге делает производство убыточным.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Брюханов А.Ю. Обеспечение экологической безопасности животноводческих и птицеводческих предприятий (Наилучшие доступные технологии). СПб.: ИАЭП. 2017. 296 с.
- Carroll E.J., Jasper D.E. Distribution of Enterobacteriaceae in recycled manure bedding on California dairies. *Journal of Dairy Science*. 1978. Vol. 61(10). 1498-1508.
- Leach K.A., Archer S.C., Brcen J.E. Recycling manure as cow bedding: Potential benefits and risks for UK dairy farms. *The Veterinary Journal*. 2015. Vol. 206(2). 123-130.
- Lendelová J. Testing of property changes in recycled bedding for dairy cows. *Research in Agricultural Engineering*. 2016. Vol. 62 (Special Issue). 44-52.



5. Chenyan L., Wei Q., Melse R.W. Patterns of dairy manure management in China. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2017. Vol. 10(3). 227-236.

6. Fournel S., Ruev P., Gdbout S., Fortin A. Production of recycled manure solids for bedding in Canadian dairy farms: I. Solid-liquid separation. *Journal of Dairy Science*. 2019. Vol. 102(2). 1832-1846.

7. Гордеев В.В., Хазанов В.С., Миронов В.Н., Гордеева Т.И., Миронова Т.Ю. Молочная ферма с теплицей // *Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства*. 2014. N3(15). С. 184-187.

8. Брюханов А.Ю., Шалавина Е.В., Васильев Э.В. Методика укрупненной оценки суточного и годового выхода навоза/помета // *Молочнохозяйственный вестник*. 2014. N1(13). С. 78-85.

9. Уваров Р.А. Обоснование типоразмерного ряда барабанных биоферментаторов // *Технологии и технические сред-*

ства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2018. N94. С. 143-150.

10. Ковалев Н.Г., Гриднев П.И., Гриднева Т.Т. Научное обеспечение развития экологически безопасных систем утилизации навоза // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2016. N1(50). С. 62-69.

11. Uvarov R., Subbotin I., Briukhanov A., Shalavina E. Disinfection of solid fraction of cattle manure in drum-type bio-fermenter. *Agronomy Research*. 2017. Vol. 15(3). 915-920.

12. Fournel S., Ruel P., Gdbout S., Fortin A. Production of recycled manure solids for use as bedding in Canadian dairy farms: II. Composting methods. *Journal of Dairy Science*. 2019. Vol. 102(2). 1847-1865.

13. Уваров Р.А. Результаты исследования возможности рециклинга твердой фракции навоза КРС в подстилку // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2015. N5(15). С. 174-178.

REFERENCES

1. Bryukhanov A.Yu. Obespechenie ehkologicheskoy bezopasnosti zhivotnovodcheskikh i ptitsevodcheskikh predpriyatiy (Nailuchshie dostupnye tekhnologii) [Ways to ensure environmental compatibility of livestock and poultry farms. Best Available Techniques]. Saint Petersburg: IEEP. 2017. 296 (In Russian).

2. Carroll E.J., Jasper D.E. Distribution of Enterobacteriaceae in recycled manure bedding on California dairies. *Journal of Dairy Science*. 1978. Vol. 61(10). 1498-1508 (In English).

3. Leach K.A., Archer S.C., Breen J.E. Recycling manure as cow bedding: Potential benefits and risks for UK dairy farms. *The Veterinary Journal*. 2015. Vol. 206(2). 123-130 (In English).

4. Lendelová J., Wei Q., Melse R.W. Testing of property changes in recycled bedding for dairy cows. *Research in Agricultural Engineering*. 2016. Vol. 62 (Special Issue). 44-52 (In English).

5. Chenyan L. et al. Patterns of dairy manure management in China. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2017. Vol. 10(3). 227-236 (In English).

6. Fournel S., Ruev P., Gdbout S., Fortin F. Production of recycled manure solids for bedding in Canadian dairy farms: I. Solid-liquid separation. *Journal of Dairy Science*. 2019. Vol. 102(2). 1832-1846 (In English).

7. Gordeev V.V., Hazanov V.S., Mironov V.N., Gordeeva T.I., Mironova T.Yu. Molochnaya ferma s teplitsej [Dairy farm with a greenhouse]. *Vestnik Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva*. 2014. N3(15). 184-187 (In Russian).

8. Bryukhanov A.Yu., Shalavina E.V., Vasil'ev E.V. Metodika ukрупnennoy otsenki sutochnogo i godovogo vykhoda navoza/pometa [Methodology of integrated estimation of daily and annual output of animal/poultry manure]. *Molochnokhozyaistvennyy vestnik*. 2014. N1(13). 78-85 (In Russian).

9. Uvarov R.A. Obosnovanie tiporazmernogo ryada barabannykh biofermentatorov [Determining type and size range of drum-type bio-fermenters]. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rastenievodstva i zhivotnovodstva*. 2018. N94. 143-150 (In Russian).

10. Kovalev N.G., Gridnev P.I., Gridneva T.T. Nauchnoe obespechenie razvitiya ekologicheskoy bezopasnykh sistem utilizatsii navoza [Scientific grounds for the development of environmentally safe systems of manure disposal]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2016. N1(50). 62-69 (In Russian).

11. Uvarov R., Subbotin I., Briukhanov A., Shalavina E. Disinfection of solid fraction of cattle manure in drum-type bio-fermenter. *Agronomy Research*. 2017. Vol. 15(3). 915-920 (In English).

12. Fournel S., Ruel P., Gdbout S., Fortin A. Production of recycled manure solids for use as bedding in Canadian dairy farms: II. Composting methods. *Journal of Dairy Science*. 2019. Vol. 102(2). 1847-1865 (In English).

13. Uvarov R.A. Rezul'taty issledovaniya vozmozhnosti retsiklinga tverdoi fraktsii navoza KRS v podstilku [Research results on the recyclability of solid cattle manure into bedding]. *Innovatsii v sel'skom khozyaistve*. 2015. N5(15). 174-178 (In Russian).

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 30.05.2019
The paper was submitted
to the Editorial Office on 30.05.2019

Статья принята к публикации 07.06.2019
The paper was accepted
for publication on 07.06.2019