

## Производство биоорганических удобрений как направление реализации безотходных технологий в свиноводстве

© 2017. А. В. Сазанов<sup>1</sup>, к. б. н., доцент, Ю. Н. Терентьев<sup>2</sup>, главный технолог, Н. В. Сырчина<sup>1</sup>, к. х. н., доцент, Т. Я. Ашихмина<sup>1</sup>, д. т. н., профессор, зав. кафедрой, зав. лабораторией, В. А. Козвонин<sup>1</sup>, к. м. н., старший научный сотрудник,

<sup>1</sup> Вятский государственный университет, 610000, Россия, г. Киров, ул. Московская, 36,

<sup>2</sup> АО «ЭнергоГазИнжиниринг» ОРП КЧ, 613050, Россия, Кировская обл., г. Кирово-Чепецк, ул. Луначарского, 23, e-mail: usr11759@vyatsu.ru, teryun@yandex.ru

Основным отходом промышленного свиноводства является навоз, проблема утилизации которого до настоящего времени не нашла экологически обоснованного решения. Наиболее перспективным направлением утилизации свиного навоза является переработка этого отхода в удобрение. Цель работы состояла в разработке технологии переработки свежего свиного навоза в сбалансированное по составу биоорганическое удобрение, стабильное при хранении и транспортировке и не представляющее опасности для окружающей среды. Производство биоорганических удобрений на основе свежего свиного навоза позволяет минимизировать загрязнение окружающей среды отходами свиноводства и снизить вероятность распространения вируса африканской чумы свиней. Для выполнения экспериментов использовался бесподстилочный свиной навоз влажностью 88,1%. В ходе исследований установлено, что включение в состав удобрения композиции из натуральных минеральных сорбентов, мелиорантов, хлорида калия и сульфата аммония позволяет устранить выраженный неприятный запах навоза и сбалансировать состав удобрения по содержанию основных элементов питания (НРК). Высушивание композиции из свиного навоза и минеральных компонентов при температурах 120–140 °С приводит к полному устранению патогенной микрофлоры и яиц гельминтов. В качестве микробиологической составляющей для включения в состав удобрения использовали непатогенные и нетоксигенные дрожжи рода *Saccharomyces* и *Candida*, а также изоляты родов *Acuformis*, *Plectridium*, *Bacillus* и микромицеты *Trichoderma viride* штаммов S11 и S23. Нанесение микробиологической композиции позволяет интенсифицировать процессы биодеструкции органических компонентов удобрений во внешней среде. Коэффициент возобновляемости колоний при попадании гранул удобрения в благоприятную среду после 6 месяцев хранения в условиях сухого помещения при комнатной температуре составлял 74,7%. На основе выполненных исследований разработана технологическая схема переработки навоза в органическое удобрение. При использовании существующего здания и инженерной инфраструктуры расчётная стоимость цеха по производству биоорганического удобрения производительностью 10000 т/год составляет 30 млн рублей (в ценах 2017 г). Цеховая себестоимость готового продукта составит 7200 руб./т. Срок окупаемости проекта – 2,5 года.

**Ключевые слова:** утилизация свиного навоза, биоорганические удобрения, безотходные технологии в сельском хозяйстве.

## Production of bioorganomineral fertilizers as the direction of realization of waste-free technologies in pig-breeding

A. V. Sazanov<sup>1</sup>, Yu. N. Terentyev<sup>2</sup>, N. V. Syrchina<sup>1</sup>, T. Ya. Ashikhmina<sup>1</sup>, V. A. Kozvonin<sup>1</sup>,

<sup>1</sup> Vyatka State University,

36 Moskovskaya St., Kirov, Russia, 610000,

<sup>2</sup> JSC “Energogazinzhiniring”, ORP KCh,

23 Lunacharsky St., Kirovo-Chepetsk, Russia, 613050,

e-mail: usr11759@vyatsu.ru, teryun@yandex.ru

Manure is the main waste in the production of pig-breeding. The problem of pig manure utilization has not found ecologically reasonable solution. The most perspective direction of utilization of pig manure is processing of this withdrawal into fertilizer. The purpose of this work was development of technology of processing of fresh pig manure in a bioorganic-mineral fertilizer balanced in structure, stable at storage and transportation, and not dangerous to the environment. Production of bioorganic-mineral fertilizers on the basis of fresh pig manure allows to minimize the environmental pollution by wastage of

pig-breeding and to reduce probability of spread of the virus of African swine fever virus. To carry out the experiments, we used unbedded pig manure with humidity of 88.1%. During the research it was established that the composition of natural mineral sorbents, ameliorants, potassium chloride and ammonium sulfate included in fertilizer's composition allows to eliminate the expressed off-flavor of manure and to balance fertilizer's composition on the maintenance of basic elements of plant nutrition (NPK). Exsiccation of granular composition from pig manure and mineral components at temperatures 120–140 °C leads to complete elimination of pathogenic microflora and helminths eggs. Nonpathogenic and nontoxigenic species of yeasts *Saccharomyces* and *Candida*, and also isolates of species *Acuformis*, *Plectridium*, *Bacillus* and micromycetes *Trichoderma viride* of the strains S11 and S23 were used as microbiological components of the fertilizer. Application of microbiological composition allows intensifying the process of biodegradation of fertilizers' organic components in the environment. At the hit of granules of fertilizer in a favorable environment after 6 months of storage in the conditions of dry apartment at a room temperature the coefficient of renewableness of colonies was 74.7%. The flow chart of processing manure into organic-mineral fertilizer was developed on the basis of the research. When using of the existing building and engineering infrastructure the calculated cost of the shop for production of bioorganic-mineral fertilizer with efficiency of 10000 tons/year is 30 million rubles (in prices of 2017). The shop prime cost of a finished stock will be 7200 rub/t. The project payback period will be 2.5 years.

**Keywords:** utilization of pig manure, bioorganic-mineral fertilizers, waste-free technologies in agriculture.

Переход к безотходным технологиям является существенным элементом успешного развития национальной экономики и важнейшим условием предотвращения загрязнения окружающей среды. Реализация безотходных технологий предполагает максимально полную переработку образующихся в производственном процессе отходов в товарную продукцию. Разработка и внедрение безотходных технологий становится ведущим трендом современного крупномасштабного производства. Особую остроту проблема повышения степени переработки отходов приобретает в материалоёмких отраслях. К таким отраслям можно отнести современное промышленное животноводство, основным отходом которого является навоз. Масса образующегося навоза на фермах в сутки достигает 6–8% от массы животного [1]. Несмотря на то, что навоз может быть использован в качестве эффективного органического удобрения, проблема его утилизации до сих пор не получила экологически обоснованного решения. Недостаточное внимание к организации рациональной утилизации соответствующего отхода приводит к возникновению резкого дисбаланса в распределении органических ресурсов по различным территориям: земли сельскохозяйственного назначения вблизи животноводческих ферм оказываются в зоне избыточного поступления органики, а удаленные – в зоне выраженного дефицита органических удобрений. Локализация больших масс органических отходов на ограниченных территориях приводит к существенному ухудшению экологической обстановки в районах размещения животноводческих комплексов и снижает качество жизни проживающих и работающих на соответствующих территориях людей [2].

Наибольшие проблемы возникают при утилизации свиного навоза, который обладает рядом свойств, затрудняющих его применение в

земледелии. Согласно Федеральному классификационному каталогу отходов Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, свежий свиной навоз относится к умеренно опасным отходам 3-го класса, превратившись свиной навоз классифицируется как малоопасный отход 4-го класса опасности [3]. Свиной навоз характеризуется высокой влажностью, несбалансированным содержанием основных элементов питания растений (избыток содержания фосфора по отношению к содержанию калия), повышенным содержанием некоторых тяжёлых металлов (в частности Cu и Zn), выраженным неприятным запахом, а также наличием компонентов (яйца гельминтов, патогенные микроорганизмы [4]), вызывающих биологическое загрязнение окружающей среды. Устранить соответствующие недостатки можно за счёт внедрения прогрессивных технологий переработки нативного свиного навоза в гранулированное биоорганоминеральное удобрение. Возможность и целесообразность переработки навоза в удобрение соответствует рекомендациям СанПиН [5].

Наиболее перспективным путем переработки свиного навоза является производство на его основе гранулированных удобрений с использованием стадии высокотемпературной сушки. При нагревании материала в барабанной сушилке в течение 20–30 минут до 120–140 °C погибают все содержащиеся в навозе гельминты, бактерии, а так же вирусы, в результате чего опасность микробиологического загрязнения среды этим отходом сводится к минимуму. Термическая обработка гранул играет значимую роль в профилактике распространения африканской чумы свиней (АЧС) [6]. По некоторым данным [7] в свином навозе вирус АЧС может сохранять вирулентность от 60 до 100 дней, то есть попадание этого отхода в окружающую среду без соответствующей обработки

может привести к новым очагам распространения АЧС. В этом отношении внедрение новых эффективных технологических решений по реализации проблемы полной утилизации свиного навоза без накопления его в буртах и лагунах является особенно актуальным и своевременным мероприятием.

Цель работы состояла в разработке технологии переработки свежего свиного навоза в сбалансированное по составу биоорганическое удобрение, стабильное при хранении и транспортировке и не представляющее опасности для окружающей среды.

В задачи исследования входило:

- определить экономически и экологически приемлемый способ дезодорации свежего свиного навоза и стандартизации удобрения по содержанию НРК;
- разработать технологию включения хозяйственно полезных микробных сообществ-деструкторов органических отходов в состав удобрения;
- разработать технологическую схему производства биоорганического удобрения, которую можно реализовать в условиях свиноводческого комплекса.

### Материалы и методы

Для выполнения экспериментов использовался бесподстилочный свиной навоз влажностью 88,1%, полученный на одном из свиноводческих комплексов Кировской области (цех откорма). В таблице приведены данные о химическом составе соответствующего материала.

Определение общего азота в навозе выполняли по методу Кьельдаля; фосфор и калий определяли методом пламенной фотометрии; зольные вещества и органическое вещество – термогравиметрическим методом; содержание влаги – гравиметрическим методом; pH – ионометрическим методом.

Санитарно-микробиологическую оценку навоза осуществляли на основании результатов исследований по определению общей микробной обсемененности, бактерий группы кишечных палочек, сальмонелл, стафилококков, микроскопических грибов. Определение численности различных групп микроорганиз-

мов проводили методами посева гомогенизированного субстрата и серийных разведений на агаризованные питательные среды с последующим подсчетом выросших колоний. Для определения общей микробной обсемененности субстрата использовали питательную среду МПА (мясо-пептонный агар), бактерий группы кишечной палочки – агар Эндо, сальмонелл – висмут-сульфитный агар, стафилококков – желточно-солевой агар, микроскопических грибов – агар Чапека. Популяционный уровень каждой группы микроорганизмов выражали в десятичных логарифмах [8].

Выявление в образцах яиц гельминтов и ооцист простейших проводили общепринятыми методами.

В качестве компонентов для дезодорации и оптимизации состава удобрения применялись вещества и материалы, характеризующиеся низкой стоимостью, доступностью и экологической безопасностью: гашёная известь (мелиорант, дезодорант), глауконитсодержащий эфель Верхнекамского фосфоритного рудника (мелиорант, дезодорант, источник фосфора, калия, известковых компонентов, микроэлементов), хлорид калия (источник калия, консервант), сульфат аммония (источник азота). В качестве микробиологической составляющей для включения в состав удобрения использовали непатогенные и нетоксигенные дрожжи рода *Saccharomyces* и *Candida*, а также изоляты родов *Acuformis*, *Plectridium*, *Bacillus* и микромицеты *Trichoderma viride* штаммов S11 и S23, обладающие способностью роста в широком диапазоне pH и устойчивостью к химическим загрязнителям. Культуральную жидкость микроорганизмов с титром  $10^8$  КОЕ/см<sup>3</sup> использовали в дозе 3 см<sup>3</sup> на тонну гранулированного продукта. Культуральную жидкость микроорганизмов перед нанесением на гранулы разводили водой в отношении 1:1000. Включение микробиологической композиции позволяет интенсифицировать процессы биодеструкции органических компонентов удобрения в почве [9].

Смешивание всех компонентов (кроме микробиологической составляющей) выполнялось в лабораторном роторном смесителе. Для гранулирования смеси использовался шнековый лабораторный гранулятор (диаметр отвер-

Таблица

Состав бесподстилочного свиного навоза

Содержание, % на сухое вещество			Органическое вещество, %	Зольные вещества, %	pH
азот общий (N)	фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	калий (K <sub>2</sub> O)			
6,10±0,08	4,50±0,15	1,90±0,03	76,0±0,6	24,0±0,6	7,8±0,2

стей – 5 мм). Высушивание (стабилизация) гранул производилось в термостатируемых условиях при температуре 140 °С в течение 40 минут, что обеспечивало не только обезвоживание материала до остаточной влажности 15%, но и полное устранение патогенной микрофлоры. Культуральная жидкость наносилась на охлаждённые до комнатной температуры гранулы удобрения с помощью пульверизатора, имитирующего форсунки тонкого распыления при промышленном производстве гранул.

Готовые гранулы имели светло-серый цвет, характеризовались слабо выраженным запахом и выдерживали нагрузку не менее 1,5 кг на гранулу. Коэффициент возобновляемости колоний при попадании гранул удобрения в благоприятную среду после 6 месяцев хранения в условиях сухого помещения при комнатной температуре составлял 74,7%.

### Технология получения гранулированного биоорганического удобрения

На основании результатов лабораторных экспериментов была разработана технологическая схема круглогодичной переработки свежего свиного навоза в биоорганическое удобрение, которую можно реализовать непосредственно на территории свиноводческого комплекса (рис.). Круглогодичный режим работы линии переработки навоза имеет большое практическое значение в условиях сезонности сельскохозяйственных работ, поскольку исключает накопление непереработанного навоза в открытом состоянии. Переработанный в гранулированное удобрение навоз можно хранить в течение нескольких месяцев (и более) в закрытом складском помещении и использовать в наиболее благоприятный период для внесения в почву.

Согласно предлагаемой технологии, свежий свиной навоз из приёмника подается винтовым насосом на осадительные центрифуги, где происходит его предварительное обезвоживание до влажности 70–80% масс. После осадительных центрифуг осадок направляется на ленточный конвейер, а фугат (жидкая фракция) – в накопитель сточных вод для отстоя, фильтрации, реагентной и биохимической очистки. Очищенный до нормативных требований фугат сбрасывается в открытую гидрографическую сеть или используется взамен свежей производственной воды.

Частично обезвоженный осадок с ленточного конвейера направляется на винтовой конвейер для подачи его в отдельный утеплённый

ангар. Ангар оборудован гидроизолированным поддоном с приямком для сбора стоков и подвесным грейферным краном грузоподъёмностью 3,2 т. Дренаж из приямка выводится в накопитель сточных вод. Ангар разделяется на три отсека:

- отсек гравитационного отстоя выдерживания осадка в течение суток;
- отсек смешения осадка с глауконитсодержащим эфелем и строительной известью для дезодорации осадка;
- отсек хранения и разгрузки эфеля, а также строительной извести в мягких контейнерах. Согласно предлагаемой технологии эфель в количестве 20 т завозится самосвалом внутрь ангара.

Подвесной грейферный кран используется для перегрузки эфеля, извести и осадка, перемешивания осадка с эфелем, известью, погрузки дезодорированного осадка в приёмный бункер винтового конвейера, подающего продукт в барабанную сушилку первой ступени.

Для предотвращения загрязнения воздушной среды газообразными компонентами, выделяющимися при переработке навоза, помещение ангара оборудовано аспирационной системой с выводом на самостоятельную газоочистную установку, состоящую из мокрого скруббера с орошением раствором гипохлорита натрия. Очищенный воздух выбрасывается через выбросную трубу высотой 20 м.

Дезодорированный осадок в барабанной сушилке первой ступени подсушивается до влажности 40–50% масс. топочными газами, нагретыми в газовом калорифере.

Частично подсушенный осадок направляется в 2-х уровневую валковую дробилку-смеситель, в которую винтовыми конвейерами подается сульфат аммония и хлорид калия. Бункеры загружаются из мягких контейнеров краном. Благодаря этой операции происходит удаление образовавшейся на поверхности навоза в процессе сушки корки и стандартизация удобрения по содержанию азота, фосфора и калия. Добавка минеральных компонентов (хлорид калия, сульфат аммония, глауконитсодержащий эфель) позволяет изменять соотношение **НРК в готовом удобрении в широких пределах** и адаптировать готовый продукт к потребностям различных культур в соответствии с запросами агрономической службы.

Приготовленная и сбалансированная по содержанию НРК смесь органических и минеральных компонентов подается в барабанную сушилку второй ступени, где происходит ее обезвоживание до влажности 12–18% масс. Соот-

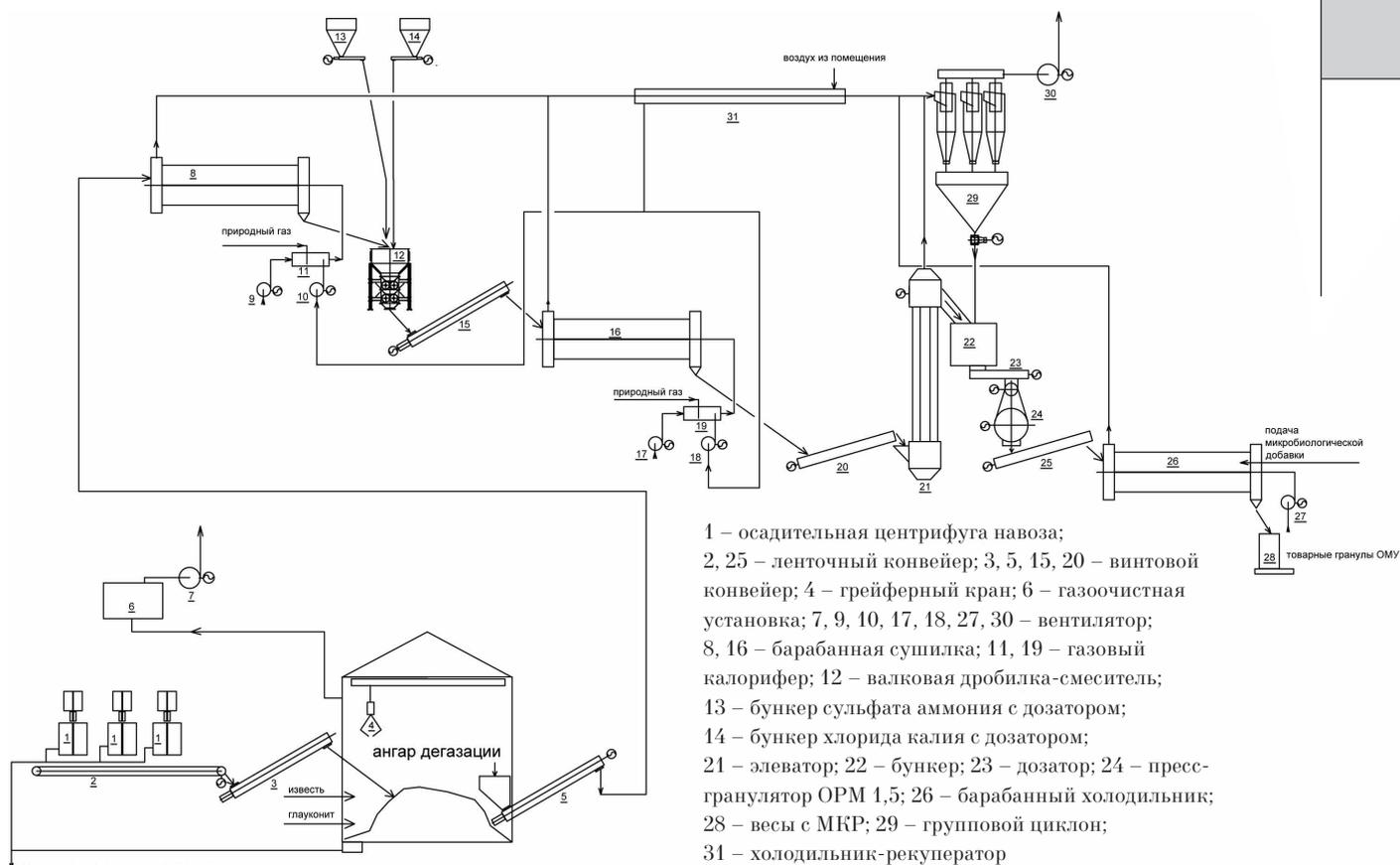


Рис. Технологическая схема получения биоорганического удобрения на основе свиного навоза

ветствующая влажность является оптимальной для работы пресс-гранулятора ОГМ 1,5. Подача сушильного агента на второй ступени осуществляется аналогично процессу сушки на первой ступени. Время пребывания гранул в сушильных барабанах составляет 20–30 мин, а температура получаемых гранул достигает 120–140 °С.

Для подогрева вторичного воздуха, поступающего в газовые калориферы, коллектор аспирационных выбросов от барабанных сушилок перед системой пылеочистки оборудован рекуператором «труба в трубе». Вторичный воздух забирается из производственного помещения как отсасываемый воздух общеобменной вентиляции, что фактически означает огневое обезвреживание газообразных веществ в газовом калорифере.

Подсушенный осадок подаётся винтовым конвейером на элеватор и далее в расходный бункер пресс-гранулятора ОГМ 1,5. Из пресс-гранулятора полученные гранулы (пеллеты) диаметром 3–5 мм и длиной 3–5 мм подаются ленточным конвейером в барабанный холо-

дильник. В холодильнике происходит охлаждение гранул до температуры 20–40 °С. На охлаждённые гранулы наносится микробиологическая составляющая методом орошения через форсунки тонкого распыла на выходе гранул из барабана.

Готовые гранулы можно расфасовывать в мешки или мягкие контейнеры и хранить в сухом холодном складе или транспортировать любым видом транспорта.

При использовании существующих помещений и инженерной инфраструктуры расчётная стоимость цеха по производству биоорганического удобрения производительностью 10000 т/год составляет 30 млн рублей (в ценах 2017 г); цеховая себестоимость готового продукта при реализации предлагаемой технологии – 7200 руб./т; срок окупаемости проекта – 2,5 года.

### Заключение

В результате выполненных исследований установлено, что характерный запах свежего

свиного навоза можно практически полностью устранить за счёт включения в его состав композиции из глауконитсодержащего эфеля, содержащего 50% глауконита, и гашёной строительной извести с последующим высушиванием смеси. Дезодорирующие компоненты не представляют угрозы для окружающей среды, обладают мелиорирующими свойствами и низкой стоимостью. Соотношение азота, фосфора и калия в готовом удобрении можно регулировать в широких пределах за счёт включения в состав удобрения сульфата аммония, хлорида калия и глауконитсодержащего эфеля.

В качестве микробиологической составляющей удобрения на основе свиного навоза может быть использована композиция непатогенных и нетоксигенных дрожжей родов *Saccharomyces* и *Candida*, а также изолятов родов *Acuformis*, *Plectridium*, *Bacillus* и микромицетов *Trichoderma viride* штаммов S11 и S23. Данная композиция позволяет интенсифицировать процессы биодеструкции органических компонентов удобрений во внешней среде.

На основе выполненных в лабораторных условиях экспериментов была разработана технологическая схема переработки свежего свиного навоза в гранулированное биоорганическое удобрение. Использование стадии высокотемпературной сушки позволяет получать продукт, не представляющий угрозы в плане загрязнения окружающей среды опасными патогенами.

### Литература

1. Сборник удельных показателей образования отходов производства и потребления. М.: Научно-исследовательский центр по проблемам управления ресурсосбережением и отходами. 1999. 65 с.
2. Неверова О.П. Экологический мониторинг в зоне деятельности животноводческих предприятий: Дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург. 2003. 186 с.
3. Федеральный классификационный каталог отходов: Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 22 мая 2017 года № 242 (зарегистрировано в Минюсте России 08.06.2017 № 47008).
4. Лопата Ф.Ф. Ветеринарно-санитарная оценка органических отходов животноводства // Аграрный вестник Урала. 2008. № 2. С. 72–75.

5. Санитарно-эпидемиологические правила и гигиенические нормативы: СанПиН 2.2.3.-09. Гигиенические требования к животноводческим объектам: нормативно-технический материал. М., 2009. 54 с.

6. Селянинов Ю.О., Егорова И.Ю., Прудникова Е.Ю., Балышев В.М. Изучение обеззараживающего действия некоторых физических и химических факторов на вирус АЧС // Ветеринария. 2014. № 7. С. 14–18.

7. Макаров В.В. Вирус африканской чумы свиней // Ветеринарная практика. 2011. № 3 (54). С. 10–16.

8. Смирнов А.М., Тюрин В.Г. Ветеринарно-санитарные и зоогигиенические мероприятия в свиноводстве // Ветеринария. 2012. № 9. С. 3–7.

9. Кулинич О.А., Ларченко В.В. Биодеструктор свиного навоза // Свиноводство. 2016. № 2. С. 38–40

### References

1. Sourcebook of specific indexes of formation of industrial and consumption waste. M.: Nauchno-issledovatel'skiy tsentr po problemam upravleniya resursosberezheniyem i otkhodami. 1999. 65 p. (in Russian).

2. Neverova O.P. Environmental monitoring in the area of livestock enterprises: Diss. ... kand. biol. nauk. Ekaterinburg. 2003. 186 p. (in Russian).

3. Federal classification catalog of waste: The order of the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Russian Federation of May 22, 2017 No. 242 (it is registered in the Ministry of Justice of the Russian Federation 08.06.2017 No. 47008) (in Russian).

4. Lopata F.F. Veterinary and sanitary assessment of organic wastage of livestock production // Agrarnyy vestnik Urala. 2008. No. 2. P. 72–75 (in Russian).

5. Sanitary and epidemiologic rules and hygienic standards: SanPiN 2.2.3.-09. Hygienic requirements to livestock objects: normative and technical material. Moskva, 2009 (in Russian).

6. Selyaninov Yu.O., Egorova I.Yu., Prudnikova E.Yu., Balyshev V.M. Studying of the disinfecting action of some physical and volumetric factors on the AChS virus // Veterinariya. 2014. No. 7. P. 14–18 (in Russian).

7. Makarov V.V. African swine fever virus // Veterinarnaya Praktika. 2011. No. 3 (54). P. 10–16 (in Russian).

8. Smirnov A.M., Tyurin V.G. Veterinary and sanitary and zoohygienic actions in pig-breeding // Veterinariya. 2012. No. 9. P. 3–7 (in Russian).

9. Kulinich O.A., Larchenko V.V. Biodestructor of pig manure // Svinovodstvo. 2016. No. 2. P. 38–40 (in Russian).