

УДК 628-385

05.20.01–Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)

БИОГАЗОВАЯ УСТАНОВКА С АКТИВНОЙ СИСТЕМОЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СБРАЖИВАЕМОЙ МАССЫ

Игнатъев Сергей Петрович

к.т.н., доцент

РИНЦ SPIN-код:7045-1354

ignatevsp@mail.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия», 426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, д.11

Касаткина Надежда Юрьевна

к.т.н., доцент

РИНЦ SPIN-код: 3348-8052

kasatnu@yandex.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия», 426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, д.11

Литвинюк Анастасия Андреевна

аспирант

litaa2014@yandex.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный университет», 426034, г. Ижевск, ул. Университетская, д.1

Соловьева Елена Анатольевна

аспирант

alena-moon@yandex.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия», 426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, д.11

Касаткин Владимир Вениаминович

д.т.н., профессор

РИНЦ SPIN-код 5677-8089

kasww@mail.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия», 426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, д.11

Внедрение биогазовых комплексов в целях утилизации органических отходов является одной из приоритетных задач для сельского хозяйства.

UDC 628-385

05.20.01–Technologies and means of mechanization of agriculture (technical sciences)

BIOGAS PLANT WITH AN ACTIVE SYSTEM FOR MOVING THE FERMENTED MASS

Ignatiev Sergey Petrovich

Cand.Tech.Sci., associate professor

RSCI SPIN-code:7045-1354

ignatevsp@mail.ru

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Izhevsk State Agricultural Academy", 426069, Izhevsk, Studencheskaya, 11

Kasatkina Nadezhda Yurievna

Cand.Tech.Sci., associate professor

RSCI SPIN-code:3348-8052

kasatnu@yandex.ru

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Izhevsk State Agricultural Academy", 426069, Izhevsk, Studencheskaya, 11

Litvinyuk Anastasia Andreevna

graduate student

litaa2014@yandex.ru

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Udmurt State University", 426034, Izhevsk, Universitetskaya, 1

Solovyova Elena Anatolyevna

graduate student

alena-moon@yandex.ru

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Izhevsk State Agricultural Academy", 426069, Izhevsk, Studencheskaya, 11

Kasatkin Vladimir Veniaminovich

Doctor of Technical Sciences, Professor

RSCI SPIN-code: 5677-8089

kasww@mail.ru

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Izhevsk State Agricultural Academy", 426069, Izhevsk, Studencheskaya, 11

The introduction of biogas complexes for the disposal of organic waste is one of the priorities for agriculture. During the fermentation of

При сбраживании органики в преобразовании веществ участвует микрофлора. На начальном этапе бактерии гидролизуют и конвертируют биомассу в спирты и органические кислоты, далее ацетогенными бактериями синтезируется уксусная кислота. На завершающем этапе непосредственно метаногенными организмами вырабатывается метан. Анаэробное сбраживание навоза сопровождается его дегельминтизацией, дезодорацией, переводом состава в легкоусвояемую растениями форму. Однако, несмотря на положительные эффекты анаэробной обработки навоза в биогазовых реакторах, серьезным тормозом их внедрения в сельское хозяйство России является их относительно низкая энергетическая эффективность при производстве биогаза. Трехсекционные биогазовые установки повышают энергетическую эффективность утилизации органических отходов, однако проблема отведения осадка, образующегося при метановом сбраживании, из двух периферийных секций не решена. Предлагаемое техническое решение, заключающееся в размещении устройств создающих напор для перемещения осадочного слоя из нижней части периферийной и промежуточных секций в верхнюю часть промежуточной и центральной секций реактора. Каждое из устройств перекачивает осадочный слой сбраживаемых органических отходов по напорным трубам за счет пропеллерных мешалок. Стабильное перемещение осадка между секциями обеспечивает стабильное функционирование биогазовой установки, предотвращая ее забивание, тем самым создавая высокие предпосылки для повышения эффективности ее работы

Ключевые слова: БИОГАЗОВАЯ УСТАНОВКА, ОСАДОК, МЕШАЛКА, СЕКЦИЯ, АНАЛИЗ

manure, microflora develops in biogas complexes, which consistently destroys organic substances to acids, and the latter, under the action of syntrophic bacteria and methane-forming agents, turn into gaseous products - methane and carbon dioxide. At the same time, during the fermentation of manure, its deodorization, deworming, and the transfer of fertilizers into a form easily digestible by plants are ensured. However, despite the positive effects of anaerobic treatment of manure in biogas reactors, a serious obstacle to their introduction into agriculture in Russia is their relatively low energy efficiency in the production of biogas. Three-section biogas plants increase the energy efficiency of organic waste disposal, however, the problem of removing sediment formed during methane fermentation from two peripheral sections has not been solved. The proposed technical solution consists in the placement of devices that create pressure to move the sedimentary layer from the lower part of the peripheral and intermediate sections to the upper part of the intermediate and central sections of the reactor. Each of the devices pumps the sedimentary layer of fermentable organic waste through pressure pipes due to propeller agitators. Stable movement of sediment between sections ensures stable functioning of the biogas plant, preventing its clogging, thereby creating high prerequisites for improving its efficiency

Keywords: BIOGAS PLANT, SEDIMENT, AGITATOR, SECTION, ANALYSIS

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-180-007> .

Актуальность. В соответствии со стратегией социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года принятой распоряжением правительства РФ от 29 октября 2021 г. № 3052-р, внедрение биогазовых комплексов в целях утилизации органических отходов является одной из приоритетных задач для сельского хозяйства.[1]

При сбраживании органических отходов в метантенках в преобразовании веществ участвует микрофлора. Во время начального этапа бактерии гидролизуют и конвертируют составные части биомассы

<http://ej.kubagro.ru/2022/06/pdf/07.pdf>

в спирты и органические кислоты, далее в результате жизнедеятельности ацетогенных бактерий синтезируется уксусная кислота. На завершающем этапе непосредственно метаногенными организмами вырабатывается метан. При анаэробной обработке навоза происходит устранение неприятно пахнущих веществ, уничтожение гельминтов и перевод питательных веществ в хорошо усваиваемую растениями форму. Однако, несмотря на положительные эффекты анаэробной обработки навоза в биогазовых реакторах, серьезным тормозом их внедрения в сельское хозяйство России является их относительно низкая энергетическая эффективность при производстве биогаза.[2]

Методика исследований. При проведении исследований используется теоретический метод, основанный на анализе исследований технического уровня и тенденций развития объектов техники по анаэробной переработке органических отходов.

Результаты исследований. Анализ открытых источников и патентной информации показал, что переработка органических отходов методом метанового сбраживания возможно с использованием биогазовых установок разных конструкций [3-19], классификация которых представлена в рисунке 1.

Устранение проблемы связанной с низкой энергетической эффективностью может быть достигнуто тем, что для переработки органических отходов возможно использование биогазовой установки состоящей из трех вертикальных цилиндрических резервуаров с концентричным расположением, системы отбора биогаза, трубопроводов подачи исходной биомассы и отвода полученного удобрения. Биомасса в секциях биогазовой установки находится на одном уровне, так как все секции соединены между собой по принципу сообщающихся сосудов. Наружная и средняя секции сообщаются в нижней части, а средняя и центральная в верхней части. Перемещение обрабатываемой массы

происходит от периферии к центру емкости. Теплообменником, расположенным в центре многосекционной установки, поддерживается более высокая температура и поддерживается термофильный режим сбраживания. Промежуточная и периферийные секции обеспечивают энергосбережение и позволяют уже на начальном этапе перемещения массы внутри биогазовой установки осуществлять мезофильное сбраживание субстрата. Наружная секция оснащена крыльчаткой для перемешивания биомассы. [15]

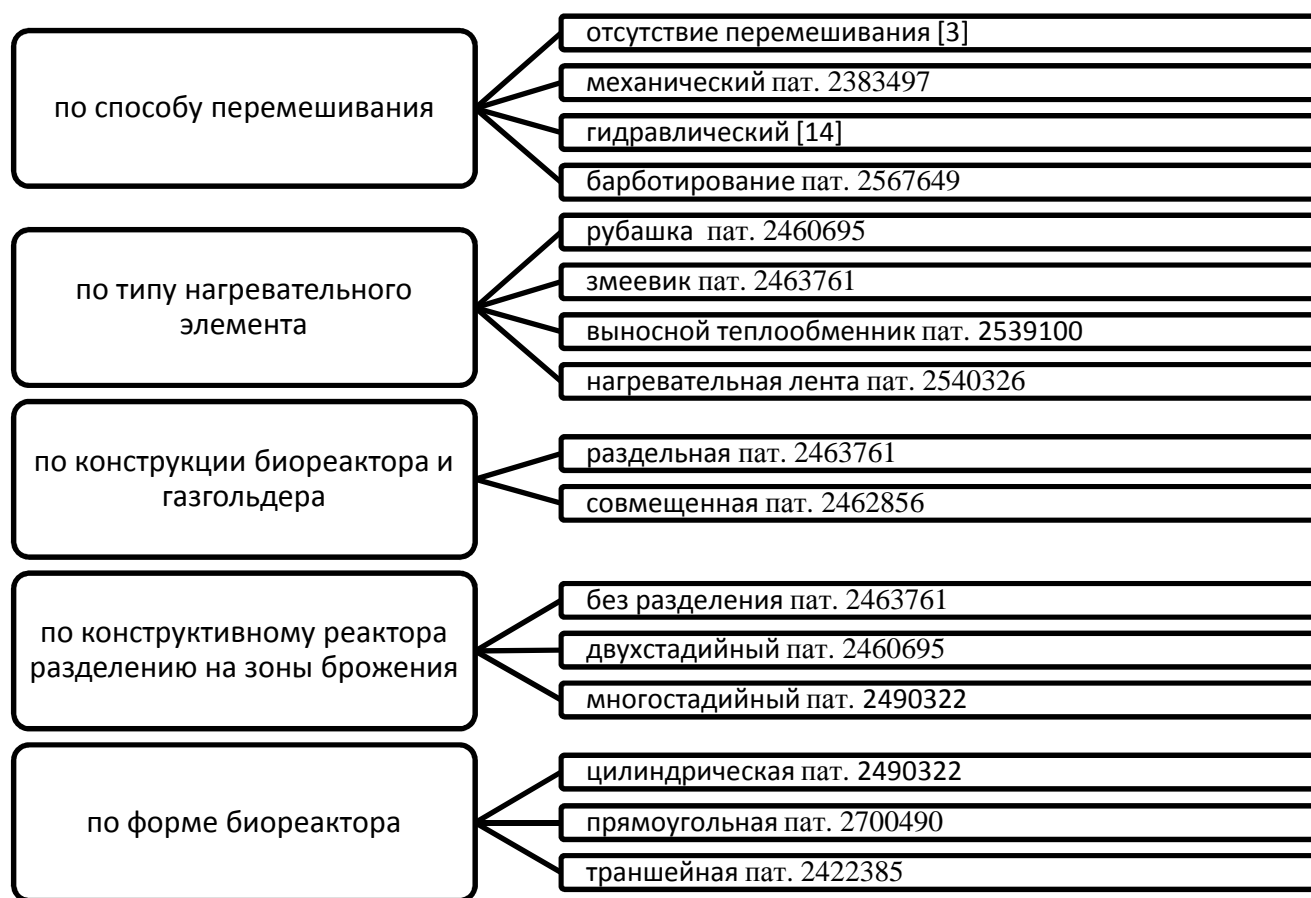


Рис. 1 – Классификация биогазовых установок

Основное назначение перемешивающего устройства в реакторе биогазовой установки интенсификация процесса сбраживания за счет сведения к минимуму температурной неоднородности обрабатываемой массы и устранение препятствий для отвода образующегося биогаза

путем предотвращения образования поверхностной корки. Однако конструкция реактора, описанного в патенте на изобретение RU 2404240, в части его практической реализации имеет существенный недостаток, связанный с невозможностью удаления осадка образующегося в его наружной и средней секциях. Использование для удаления осадка аварийного люка приведет прерыванию непрерывного процесса получения биогаза и к снижению эффективности работы установки.

Более интенсивное механическое воздействие на обрабатываемую массу в реакторе, состоящем из трех концентрически расположенных секций, предлагается в конструкции, описанной в патентах RU 2490322, RU 147889. В наружной и центральной секциях установок описанных в указанных патентах установлены лопастные перемешивающие устройства. Биомасса при этом проходит через секции в которых поддерживаются температурные режимы обеспечивающие психрофильную, мезофильную и термофильную стадии анаэробного сбраживания. [9, 16] Однако, проблема отведения осадка, образующегося при метановом сбраживании, из двух периферийных секций в описанной конструкции не решена.

Перемешивание осадочных и поверхностных слоев в биогазовой установке возможно при помощи конструкции состоящей из трубы, в которой расположена пропеллерная мешалка создающая напор для перемещения осадочного слоя в верхнюю часть реактора [14]. Однако данный способ перемещения осадочной массы энергоемок, малоэффективен, имеет сложное конструктивное исполнение. Схема описанного способа перемещения осадочного слоя представлена на рисунке 2 а.

Отбор осадка из промежуточной секции и его транспортировка возможна без дополнительных движущихся рабочих органов в биореакторе, но при этом возникает потребность в необходимости

нагнетать в промежуточную секцию газ. Подаваемый под повышенным давлением газ поступает в нижнюю часть вертикальной трубы. Смесь жидкости и пузырьков газа поднимается по вертикальной трубе, затагивая за собой осадочные слои из нижней части реактора перемещая их в верхнюю зону центральной секции, рисунок 2 б. Ограничением в использовании описанного устройства является необходимость в использовании дополнительного оборудования для нагнетания газа.

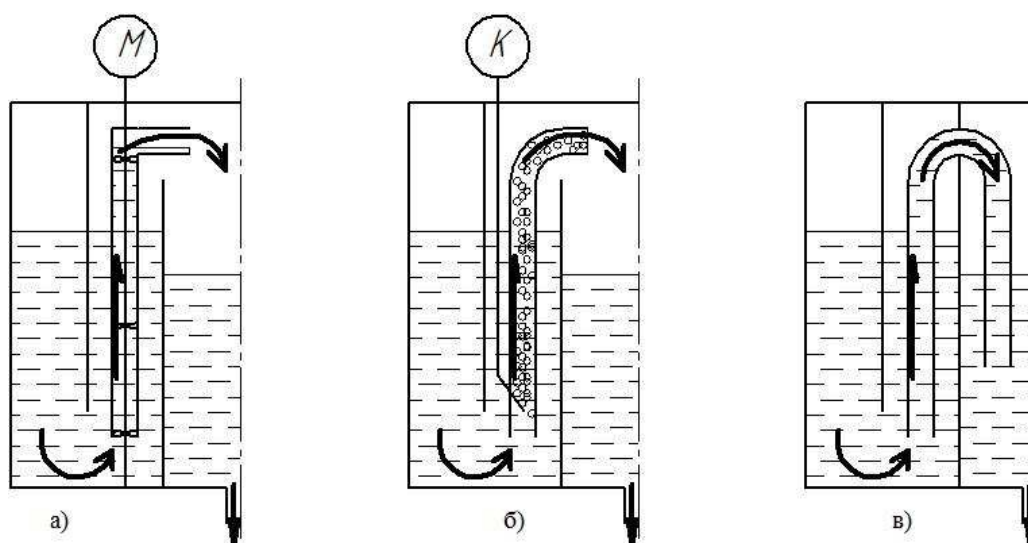


Рис. 2 – Схемы устройств перемещающих осадочные массы между секциями биореактора: а – с механическим побуждением; б – с пневматическим побуждением; в – с сифонным водостоком; М – привод; К – компрессорная установка

Наиболее простым является устройство, состоящее из сифонного трубопровода. Один конец, которого находится в нижней части промежуточной секции, а другой конец размещается в центральной секции биогазовой установки, рисунок 2 в. Перемещение биомассы из одной секции в другую происходит по правилу сообщающихся сосудов, но отличительной особенностью от конструкций, описанных в патентах RU 2404240, RU 2490322, RU 147889 является то, что забор биомассы перед ее подачей в центральную секцию происходит из нижней части реактора благодаря чему предотвращается заиливание реактора.

Для повышения эффективности работы многосекционной биогазовой установки, следует между промежуточной и центральной

секциями установить устройства для перекачки осевшей смеси из нижней части наружной и промежуточной секций в центральную. Каждое из перекачивающих устройств состоит из сифонного трубопровода. Один конец, которого находится в нижней части промежуточной секции, а другой конец размещается в центральной секции биогазовой установки.

Принцип работы трехстадийного реактора биогазовой установки с активной системой перемещения сбразживаемой массы заключается в том, что подготовленная масса поступает в периферийную (психрофильную) секцию биореактора. Затем биомасса по принципу сообщающихся сосудов, в том числе с использованием сифонного водослива, последовательно проходит промежуточную (мезофильную) и центральную (термофильную) секции реактора. Перемешивание субстрата в периферийной и центральной секций осуществляется пропеллерной мешалкой.

Выводы и рекомендации. Предлагаемое техническое решение, заключающееся в размещении устройств для перемещения осадочного слоя из периферийной и промежуточных секций в центральную секцию реактора. Каждое из устройств работает по принципу сифонного водослива. Стабильное перемещение осадка между секциями обеспечивает эффективное функционирование биогазовой установки, предотвращая ее заиливание.

Список литературы

1. Распоряжение Правительства РФ от 29.10.2021 N 3052-р «Об утверждении стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года». – Доступ из справочно правовой системы Консультант Плюс.
2. Ковалев, А.А. Возможные пути повышения энергетической эффективности биогазовой установки / А.А.Ковалев, Д.А.Ковалев: Вестник ВНИИМЖ №4(8)-2012 г.- С. 36-40.

3. Комина, Г. П. Получение и использование биогаза в решении задач энергосбережения и экологической безопасности: учеб.пособие / Г. П. Комина, А. В. Сауц; СПбГАСУ. – СПб.,2017. – 95 с.

4. Патент 2383497 Российская Федерация, МПК C02F3/28. Установка и способ производства биогаза из содержащего жидкие и твердые компоненты биологически разлагаемого материала, в частности отходов производства, а также резервуар для производства биогаза для использования в такой установке: №2008128492/15; заявл.12.12.2006; опубл. 10.03.2010 / Айхлер Дитрих, Вайганд Фридрих, Рабенер Маттиас; заявитель и патентообладатель Ререн-УНД Пумпенверк Бауер Гезелльшафт М.Б.Х. (АТ). - 12 с.: ил.

5. Патент 2422385 Российская Федерация, МПК C02F11/04. Установка для анаэробного сбраживания органических отходов с получением биогаза: №2009144467/05; заявл. 30.11.2009; опубл. 27.06.2011 / А.Е. Кондратьев, Г.И. Павлов, С.Г. Борисов, А.Р. Загреддинов; заявитель и патентообладатель А.Е. Кондратьев, Г.И. Павлов. - 4 с.: ил.

6. Патент 2460695 Российская Федерация, МПК C02F11/04. Установка для получения биогаза, электрической, тепловой энергии и удобрений из отходов сельского хозяйства: №2011113567/05; заявл. 07.04.2011; опубл. 10.09.2012 / М.И. Дектев, С.А. Иларионов, В.Н. Басов, А.С. Максимов и др.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Межрегиональный центр биологических и химических технологий» . - 5 с.: ил.

7. Патент 2462856 Российская Федерация, МПК A01C/00. Биогазовая установка для переработки навоза: №2011106695/13; заявл. 22.02.2011; опубл. 10.10.2012 / С.Г. Емельянов, Н.С. Кобелев, А.Н. Плетнев, Т.В. Алябьева и др.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО ЮЗГУ . - 8 с.: ил.

8. Патент 2463761 Российская Федерация, МПК A01C3/00. Способ производства биогаза из сельскохозяйственных отходов и биогазовая установка для его осуществления: №2011113107/13; заявл. 06.04.2011; опубл. 20.10.2012 / А.А. Уйминов.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Инженерный центр «Прогресс» . - 14 с.: ил.

9. Патент 2490322 Российская Федерация, МПК C12M1/00. Биогазовая установка с дозированным СВЧ-нагревом: №2490322; заявл. 05.12.2011; опубл. 20.08.2013 / И.В. Решетникова, В.В. Касаткин, В.С. Вохмин и др.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. - 4 с.: ил.

10. Патент 2539100 Российская Федерация, МПК C02F3/28, C02F11/04, C12M1/107, C12M1/00. Биогазовая установка: №2013132095/10; заявл. 10.07.2013; опубл. 10.01.2015 / С.Е. Щеклеин, А.И. Попов, В.И. Велькин, Е.В. Арбузова и др.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» . - 8 с.: ил.

11. Патент 2540326 Российская Федерация, МПК C02F11/04, A01C3/00. Биогазовая установка: №2013159076/04; заявл. 30.12.2013; опубл. 10.02.2015 / С.С. Ямпиллов, В.П. Друзьянова, Е.Н. Кобякова, А.В. Спиридонова.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО ВСГУТУ. - 6 с.: ил.

12. Патент 2567649 Российская Федерация, МПК C12M1/04, C12M1/107, C02F11/04, C05F3/00, B09B3/00. Биогазовая установка: №2014154346/10; заявл. 30.12.2014; опубл. 10.11.2015 / С.С. Ямпиллов, В.П. Друзьянова, Е.Н. Кобякова, Л.Н. Дьячковская.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО ВСГУТУ. - 7 с.: ил.

13. Патент 2700490 Российская Федерация, МПК C12M1/107, C12M1/38, C02F11/04, C05F3/06. Биореакторная установка для анаэробной обработки органических отходов животного и растительного происхождения с получением

органических удобрений и биогаза: №2018137745; заявл. 25.10.2018; опубл. 17.09.2019 / Д.Р. Абубикеров, А.П. Матвеев, А.В. Подсекин, Ю.В. Рогов.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Эволюция Биогазовых Систем» . - 14 с.: ил.

14. Экология учебник и практикум для среднего профессионального образования О. Е. Кондратьева [и др.] ; под редакцией О. Е. Кондратьевой. — Москва Издательство Юрайт, 2018. — 283 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-01077-0. — Текст электронный Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URLhttpsurait.rubcode414593 (дата обращения 10.02.2022).

15. Патент 2404240 Российская Федерация, МПК С12М1/107. Биогазовая установка: № 2404240/10; заявлено 02.03.2009; опубл. 20.11.2010 /С.В. Свалова, Ф.М. Бурлакова, В.В. Касаткин, С. П. Игнатъев, И. В. Решетникова, М.В, Кошкин, В.С. Вохмин.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. - 12 с.: ил.

16. Патент 147889 Российская Федерация, МПК С12М1/00. Биогазовая установка с равномерным распределением СВЧ энергии: №147889; заявл. 11.04.2014; опубл. 20.11.2014 / Решетникова И.В., Батанов С.Д., Поспелова И.Г., Прокопьев А.В., Возмищев И.В.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. - 5 с. : ил.

17. Trefilov R, Dorodov P, Kasatkin V etc. 2019 Evaluation of the process of pelleting for pre-sowing treatment of flax seeds *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* **421** 62010

18. Kasatkin V, Kasatkina N and Svalova M 2019 Intelligent process control system of water treatment for nutrient solutions of drip irrigation *Digital agriculture - development strategy ISPC* (Ekaterinburg: Russia) p 289-92

19. Kasatkin V, Kasatkina N, Ignatyev S.P., Litvinyuk A.A. 2022 Recycling of animal waste *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* **949(1)** 012112

References

1. Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 29.10.2021 N 3052-r «Ob utverzhdenii strategii social'no-jekonomicheskogo razvitija Rossijskoj Federacii s nizkim urovnem vybrosov parnikovyh gazov do 2050 goda». – Dostup iz spravочно pravovoj sistemy Konsul'tant Pljus.

2. Kovalev, A.A. Vozmozhnye puti povysheniya jenergeticheskoj jeffektivnosti biogazovoj ustanovki / A.A.Kovalev, D.A.Kovalev: Vestnik VNIIMZh №4(8)-2012 g.- S. 36-40.

3. Komina, G. P. Poluchenie i ispol'zovanie biogaza v reshenii zadach jenergosberezhenija i jekologicheskoi bezopasnosti: ucheb.posobie / G. P. Komina, A. V. Sauc; SPbGASU. – SPb.,2017. – 95 s.

4. Patent 2383497 Rossijskaja Federacija, MPK C02F3/28. Ustanovka i sposob proizvodstva biogaza iz soderzhashhego zhidkie i tverdye komponenty biologicheski razlagaemogo materiala, v chastnosti othodov proizvodstva, a takzhe rezervuar dlja proizvodstva biogaza dlja ispol'zovanija v takoj ustanovke: №2008128492/15; zajavl.12.12.2006; opubl. 10.03.2010 / Ajhler Ditrih, Vajgand Fridrih, Rabener Mattias; zajavitel' i patentoobladatel' Reren-UND Pumpenverk Bauer Gezell'shaft M.B.H. (AT). - 12 s.: il.

5. Patent 2422385 Rossijskaja Federacija, MPK S02F11/04. Ustanovka dlja anajerobnogo sbrazhivaniya organicheskikh othodov s polucheniem biogaza: №2009144467/05; zajavl. 30.11.2009; opubl. 27.06.2011 / A.E. Kondrat'ev, G.I. Pavlov, S.G. Borisov, A.R. Zagretidinov; zajavitel' i patentoobladatel' A.E. Kondrat'ev, G.I. Pavlov. - 4 s.: il.

6. Patent 2460695 Rossijskaja Federacija, MPK S02F11/04. Ustanovka dlja poluchenija

biogaza, jelektricheskoj, teplovoj jenergii i udobrenij iz othodov sel'skogo hozjajstva: №2011113567/05; zajavl. 07.04.2011; opubl. 10.09.2012 / M.I. Dektev, S.A. Ilarionov, V.N. Basov, A.S. Maksimov i dr.; zajavitel' i patentoobladatel' Obshhestvo s ogranichennoj otvetstvenost'ju «Mezhregional'nyj centr biologicheskikh i himicheskikh tehnologij» . - 5 s.: il.

7. Patent 2462856 Rossijskaja Federacija, MPK A01S/00. Biogazovaja ustanovka dlja pererabotki navoza: №2011106695/13; zajavl. 22.02.2011; opubl. 10.10.2012 / S.G. Emel'janov, N.S. Kobelev, A.N. Pletnev, T.V. Aljab'eva i dr.; zajavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO JuZGU . - 8 s.: il.

8. Patent 2463761 Rossijskaja Federacija, MPK A01S3/00. Sposob proizvodstva biogaza iz sel'skohozjajstvennyh othodov i biogazovaja ustanovka dlja ego osushhestvlenija: №2011113107/13; zajavl. 06.04.2011; opubl. 20.10.2012 / A.A. Ujminov.; zajavitel' i patentoobladatel' Obshhestvo s ogranichennoj otvetstvenost'ju «Inzhenernyj centr «Progress» . - 14 s.: il.

9. Patent 2490322 Rossijskaja Federacija, MPK C12M1/00. Biogazovaja ustanovka s dozirovannym SVCh-nagrevom: №2490322; zajavl. 05.12.2011; opubl. 20.08.2013 / I.V. Reshetnikova, V.V. Kasatkin, V.S. Vohmin i dr.; zajavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO Izhevskaja GSHA. - 4 s.: il.

10. Patent 2539100 Rossijskaja Federacija, MPK S02F3/28, C02F11/04, C12M1/107, C12M1/00. Biogazovaja ustanovka: №2013132095/10; zajavl. 10.07.2013; opubl. 10.01.2015 / S.E. Shheklein, A.I. Popov, V.I. Vel'kin, E.V. Arbuzova i dr.; zajavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO «UrFU imeni pervogo Prezidenta Rossii B.N. El'cina» . - 8 s.: il.

11. Patent 2540326 Rossijskaja Federacija, MPK S02F11/04, A01C3/00. Biogazovaja ustanovka: №2013159076/04; zajavl. 30.12.2013; opubl. 10.02.2015 / S.S. Jampilov, V.P. Druz'janova, E.N. Kobjakova, A.V. Spiridonova.; zajavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO VSGUTU. - 6 s.: il.

12. Patent 2567649 Rossijskaja Federacija, MPK S12M1/04, S12M1/107, S02F11/04, C05F3/00, B09B3/00. Biogazovaja ustanovka: №2014154346/10; zajavl. 30.12.2014; opubl. 10.11.2015 / S.S. Jampilov, V.P. Druz'janova, E.N. Kobjakova, L.N. D'jachkovskaja.; zajavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO VSGUTU. - 7 s.: il.

13. Patent 2700490 Rossijskaja Federacija, MPK S12M1/107, S12M1/38, S02F11/04, C05F3/06. Bioreaktornaja ustanovka dlja anajerobnoj obrabotki organicheskikh othodov zhivotnogo i rastitel'nogo proishozhdenija s polucheniem organicheskikh udobrenij i biogaza: №2018137745; zajavl. 25.10.2018; opubl. 17.09.2019 / D.R. Abubikerov, A.P. Matveev, A.V. Podsekin, Ju.V. Rogov.; zajavitel' i patentoobladatel' Obshhestvo s ogranichennoj otvetstvenost'ju «Jevoljucija Biogazovyh Sistem» . - 14 s.: il.

14. Jekologija uchebnik i praktikum dlja srednego professional'nogo obrazovanija O. E. Kondrat'eva [i dr.] ; pod redakciej O. E. Kondrat'evoj. — Moskva Izdatel'stvo Jurajt, 2018. — 283 s. — (Professional'noe obrazovanie). — ISBN 978-5-534-01077-0. — Tekst jelektronnyj Obrazovatel'naja platforma Jurajt [sajt]. — URLhttpsurait.rubcode414593 (data obrashhenija 10.02.2022).

15. Patent 2404240 Rossijskaja Federacija, MPK C12M1/107. Biogazovaja ustanovka: № 2404240/10; zajavleno 02.03.2009; opubl. 20.11.2010 /S.V. Svalova, FM. Burlakova, V.V. Kasatkin, S. P. Ignat'ev, I. V. Reshetnikova, M.V. Koshkin, V.S. Vohmin.; zajavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO Izhevskaja GSHA. - 12 s.: il.

16. Patent 147889 Rossijskaja Federacija, MPK C12M1/00. Biogazovaja ustanovka s ravnomernym raspredeleniem SVCh jenergii: №147889; zajavl. 11.04.2014; opubl. 20.11.2014 / Reshetnikova I.V., Batanov S.D., Pospelova I.G., Prokop'ev A.V., Vozmishhev I.V.; zajavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO Izhevskaja GSHA. - 5 s. : il.

17. Trefilov R, Dorodov P, Kasatkin V etc. 2019 Evaluation of the process of pelleting for pre-sowing treatment of flax seeds IOP Conference Series: Earth and

Environmental Science 421 62010

18. Kasatkin V, Kasatkina N and Svalova M 2019 Intelligent process control system of water treatment for nutrient solutions of drip irrigation Digital agriculture - development strategy ISPC (Ekaterinburg: Russia) p 289-92

19. Kasatkin V V, Kasatkina N Y, Ignatyev S.P., Litvinyuk A.A. 2022 Recycling of animal waste IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 949(1) 012112