

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА / MELIORATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.39.8>

АНАЛИЗ ПОДХОДА К УПРАВЛЕНИЮ ОТХОДАМИ СВИНОКОМПЛЕКСОВ

Научная статья

Монастырский Д.^{1,*}, Куликова М.², Волчек А.³

^{1,2,3} Южно-Российский Государственный Политехнический Университет имени М.И. Платова, Новочеркасск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (danya.monastyrskij.95[at]mail.ru)

Аннотация

В статье рассмотрены исследования, подтверждающие актуальность и востребованность разработки технологий переработки и утилизации отходов аграрно-промышленного кластера, в частности, отходов свинокомплексов. Целью данной статьи является анализ эффективных подходов к управлению отходами агропромышленного кластера. Были изучены работы отечественных и зарубежных авторов. Для исследования применялся смешанный метод, включающий: метод системного анализа, синтеза информации, методы статистического анализа данных, который позволил выявить существующие проблемы. Рассмотрен период с 2000 года по 2020 год. Выявлены наиболее востребованные направления и отрасли. Проведен количественный анализ научных работ по теме переработке и утилизации отходов аграрно-промышленного кластера. На основании полученных данных построены графики, проведено сравнение, сделаны выводы о востребованности разработки ресурсосберегающих технологий и утилизации отходов. На основе анализа существующих подходов авторами предложена кластерная форма организации и управления отходами.

Ключевые слова: свинокомплекс, органические отходы, управление отходами.

AN ANALYSIS OF A WASTE MANAGEMENT APPROACH FOR PIG FARMS

Research article

Monastirskii D.^{1,*}, Kulikova M.², Volchek A.³

^{1,2,3} South Russian State Polytechnic University named after M.I. Platov, Novocherkassk, Russian Federation

* Corresponding author (danya.monastyrskij.95[at]mail.ru)

Abstract

The article examines the research confirming the relevance and demand for the development of technologies for processing and utilization of agro-industrial cluster waste, in particular, pig farm waste. The aim of this article is to analyse effective approaches to agro-industrial cluster waste management. The works of domestic and foreign authors were studied. A mixed method was used for the research, including the method of system analysis, synthesis of information, methods of statistical analysis of data, which allowed to identify existing problems. The period from 2000 to 2020 was examined. The most demanded directions and branches were identified. A quantitative analysis of scientific works on the topic of processing and utilization of waste of agrarian-industrial cluster was carried out. On the basis of the obtained data the graphs are constructed, comparison is made, conclusions are drawn about the demand for the development of resource-saving technologies and waste utilization. Based on the analysis of existing approaches, the authors proposed a cluster form of organization and waste management.

Keywords: pig farm, organic waste, waste management.

Введение

В последние годы все чаще проводятся обширные исследования по практике переработки и утилизации отходов агропромышленного кластера. Они включают в себя внедрение имеющихся технологий, но не ограничиваются только этим, выявляются барьеры и проблемы при переходе на круговое ресурсопотребление. Рассматриваются отходы и вспомогательные средства. Библиометрический анализ помог исследователям проанализировать многочисленные публикации в области управления отходами и ресурсосбережения. Однако деятельность исследователей, соответствующая принципам переработки отходов на практике, все еще размыта в существующих исследованиях и остаются проблемы. Следовательно, в литературе отсутствует целостная карта тем и тенденций исследований, соответствующих перспективам. Настоящее исследование направлено на обеспечение объема знаний об утилизации и переработке отходов агропромышленного кластера, его основных тем и тенденций, характеристик, эволюции и направлений для будущих изысканий путем тщательного изучения литературы. Для достижения цели этого исследования применяется смешанный методический подход, включающий библиометрический анализ, интеллектуальный анализ текста и контент-анализ, чтобы ответить на следующие вопросы исследования: как развивалась область исследований; каковы основные темы исследований и тенденции; каковы возможные направления будущих исследований [1]. В [2] описана возможность использования биомассы, образующейся как отход сельского хозяйства, способствующая сокращению использования ископаемого топлива и выбросов парниковых газов. Это помогает развитию новых рынков и рабочих мест путем конверсии растительных отходов в продукты с добавленной стоимостью. Аспекты исследования актуальны для фермеров и других заинтересованных сторон в сельскохозяйственных системах, поскольку они находятся в процессе перехода к новой экономической модели.

Сельскохозяйственные отходы и побочные продукты могут быть превращены в ценные ресурсы с использованием интенсифицированных процессов конверсии, что приводит к появлению новых продуктов с добавленной стоимостью, таких как биоэнергия, биоудобрения, биоматериалы и биомолекулы, в зависимости от объема биомассы. Однако выгодная эксплуатация отходов является очень сложной и междисциплинарной проблемой, требующей знания материалов, технологий, рынка и социально-экономических вопросов, связанных с валоризацией бокового потока. Исследования переработки сельскохозяйственных отходов осуществляются на протяжении более 60 лет, в основном в США, Индии и Китае, но также в Латинской Америке (Бразилия и Мексика, а также Чили, Колумбии, Перу, Тринидад-Тобаго и других стран), а в Европе с особым акцентом на сбор и переработку питательных веществ с целью внесения на сельскохозяйственные поля. Число публикаций сильно возросло за последние 13 лет; это коррелирует с внедрением новой нормативно-правовой базы для устойчивого развития и новой политики и стратегий для круговой экономики и биоэкономики. Пространственная кластеризация различных предприятий рассматривается как один из адекватных способов сделать валоризацию биомассы возможной [3]. В [4] исследовалась кластеризация при переработке и утилизации отходов, представлены различные алгоритмы анализа управления ими. Растет спрос на использование насекомых в качестве высококачественных белковых ингредиентов в кормах для животных. Эффективность разложения этих органических отходов личинками колеблется от 55 до 80%. Потенциал коммерциализации личинок и удобрений является относительно новым, но в последние пару лет получил повышенный интерес. Создание удобрений в качестве второго продукта с добавленной стоимостью от выращивания увеличило бы прибыль фермеров, а также непосредственно способствовало бы повышению плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур [5]. Были описаны и сопоставлены данные из литературы, опубликованной в период 2013-2020 годов, о технологиях и практиках повторного использования и восстановления питательных веществ и углерода, применяемых в сточных водах и сельскохозяйственных отходах. Изучение сельскохозяйственных процессов выявило 177 исследований, описывающих 25 технологий восстановления и повторного использования отходов. Для сектора сточных вод 476 исследований, проведенных во всем мире, описано 28 технологий повторного использования и восстановления [6]. Экологическая промышленная цепочка сельскохозяйственной биомассы может не только устранить загрязнение окружающей среды, вызванное лесными и полевыми отходами, но и способствовать занятости сельских рабочих и увеличению доходов фермеров [7]. Ожидается, что органические отходы будут играть ключевую роль в качестве ценного исходного материала при преобразовании в экономически эффективную возобновляемую энергию. Хотя концепция преобразования того, что обычно утилизируется как отходы, в полезную энергию, химикаты и топливо не нова, ее применимость значительно расширилась в последние годы даже при обработке отходов. Действуя параллельно, новая модель, называемая круговой биоэкономикой, рассматривает потенциал биоресурсов для получения возобновляемых биологических ресурсов и их преобразования в биопродукты с добавленной стоимостью. В рамках этой биообоснованной модели отходы биомассы могут представлять собой возможность извлечения ценных питательных веществ для обогащения и улучшения качества почвы или для извлечения биоэнергии и продуктов [8]. Существуют различные возможности валоризации в альтернативных секторах, ведущих к новым продуктам и приложениям с более низкой или более высокой стоимостью [9]. Проблемно-ориентированные исследования были сосредоточены на устойчивом снабжении питательными веществами растениеводства и животноводства [10]. Комбинированное применение минеральных и органических удобрений потенциально может привести к более высоким урожаям, чем применение одного или другого отдельно. В ряде публикаций [11], [12], [13], [14] обоснована целесообразность способа реагентной обработки отходов свинокомплексов с целью получения органо-минеральных удобрений. Рассмотрена эффективность их применения для повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Исследованы особенности сушки удобрения, установлены оптимальные параметры процесса, предложен вариант технологической схемы обезвоживания готового удобрения. В работе [15] показано, что из-за значительного воздействия на окружающую среду животноводческая отрасль все чаще и чаще сталкивается с необходимостью тщательного изучения строгой правовой базы в попытке уменьшить это воздействие. Эти амбициозные цели сокращения не могут быть достигнуты только одной мерой, они требуют разумного сочетания нескольких технологий смягчения последствий, таких как точное кормление животных и концепции обработки, улучшенное хранение навоза, обработка и применение технологий для оптимизации корма для животных в пищевой цепи с учетом его воздействия на окружающую среду. Представленная в [16] интегрированная биоэкономическая модель включает в себя сельскохозяйственное производство и системы утилизации отходов для моделирования влияния технологических улучшений в обработке свиного навоза на экономические и экологические выгоды для случая пилотной фермы в Пекине, Китай. Результаты моделирования показывают, что экономико-экологические преимущества животноводческой фермы могут быть улучшены за счет сокращения внесения навоза в пахотные земли и увеличения производства компостирования с использованием современных технологий. При этом техническая эффективность, мощность переработки отходов и экономические выгоды могут быть дополнительно улучшены за счет внедрения новых технологий. Анализы, проведенные на сточных водах свинокомплекса, показали высокую эффективность рециркуляции воды и извлечения питательных веществ [17]. В исследовании [18] был сделан вывод, что использование муниципальных пищевых отходов для целей питания животных приведет к меньшему негативному воздействию на окружающую среду и здоровье, чем переработка отходов компостированием или анаэробным сбраживанием. Обобщено законодательство по использованию пищевых продуктов в кормах, рассмотрены питательные свойства, обработка отходов, ресурсные и экологические последствия. Навоз животных, эффективно экспортируемый в определенные сезоны года на близлежащие или отдаленные поля сельскохозяйственных культур, может в конечном итоге стать ценным ресурсом. Для рассмотрения этой возможности необходимо учитывать финансовые и экологические затраты на транспортировку больших объемов навоза в качестве ограничивающих факторов в процессе переноса питательных веществ с животноводческих ферм на сельскохозяйственные поля. В статье [19] предложен оптимальный централизованный метод решения проблемы транспортировки навоза с

животноводческих ферм на поля сельскохозяйственных культур для использования в качестве органического удобрения на примере Каталонии (Испания). Некоторые виды обработки жидких отходов свиноккомплексов (например, подкисление, удаление аммиака, разделение на твердую и жидкую составляющие) могут повысить их ценность. Разделение твердого вещества и жидкости представляет собой технологию, которая производит твердую фракцию с более высоким содержанием сухого вещества и более богатым содержанием питательных веществ, особенно Р и N, что позволяет транспортировать их на большие расстояния. Новый подход, предложенный в исследовании [20], позволит получить новые органические удобрения с известным соотношением N:P, близким к тому, что обычно используется фермерами.

Методы и принципы исследования

В ходе исследования был проведен анализ существующих технологий по утилизации и переработке отходов агропромышленных кластеров и свиноккомплексов. На основании библиографического обзора выявлено разнообразие современных технологий и решаемых ими задач. Поиск научных публикаций осуществлялся в базе ScienceDirect. Было выделено два основных направления поиска: агропромышленный кластер и свиноккомплексы. Область поиска сужалась по запросам используемых ключевых слов: отходы агропромышленных кластеров, переработка отходов агропромышленных кластеров, удобрения из отходов агропромышленных кластеров, отходы свиноккомплексов, переработка отходов свиноккомплексов, удобрения из отходов свиноккомплексов. Глубина поиска для формирования статистики и выявления роста спроса составила 20 лет, период с 2000 по 2020 годы. Для анализа были построены графики зависимости количества публикаций от исследуемого года. Определена динамика публикаций по авторской принадлежности к различным странам.

В ходе исследований по всем поисковым запросам выявлена тенденция роста числа публикаций в выбранный период времени. Это можно объяснить повышенным интересом к отходу как к потенциальному ценному ресурсу. В то же время наблюдается отставание количества исследований, связанных с переработкой отходов и получением из них удобрений. Отмечен существенный рост числа публикаций, начиная с 2012 года.

Результаты анализа динамики публикаций по исследуемому направлению «свиноккомплексы» представлены на рисунке 1.

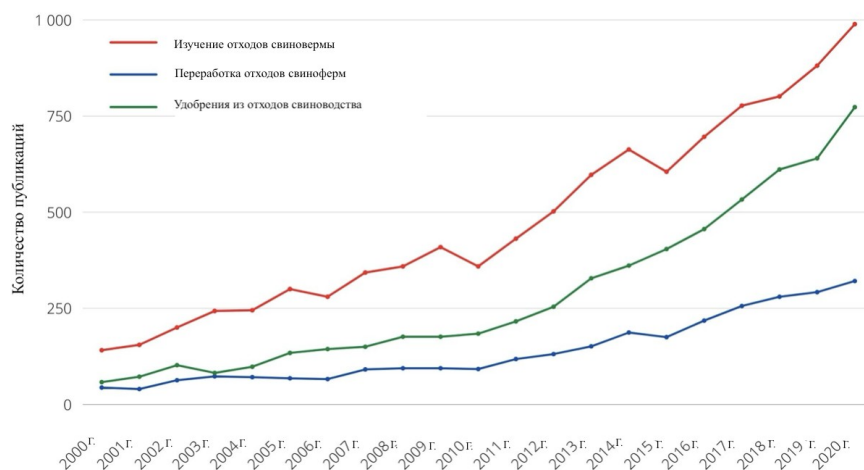


Рисунок 1 - Динамика научных публикаций по запросам в поисковой системе ScienceDirect по ключевым словам «отходы свиноккомплексов, переработка отходов свиноккомплексов, удобрения из отходов свиноккомплексов»

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.39.8.1>

Анализ изменения числа публикаций за исследуемый период позволил выявить постоянное возрастание количества научных работ по темам поиска. При этом отмечен скачок числа работ (практически в 2 раза) в период с 2010 по 2014 годы. Количество исследований, посвящённых получению удобрений из отходов, растет пропорционально числу публикаций, связанных с изучением отходов свиноккомплексов.

Результаты сравнения количества публикаций по направлениям исследования в зависимости от принадлежности авторов к различным странам представлены на рисунке 2.

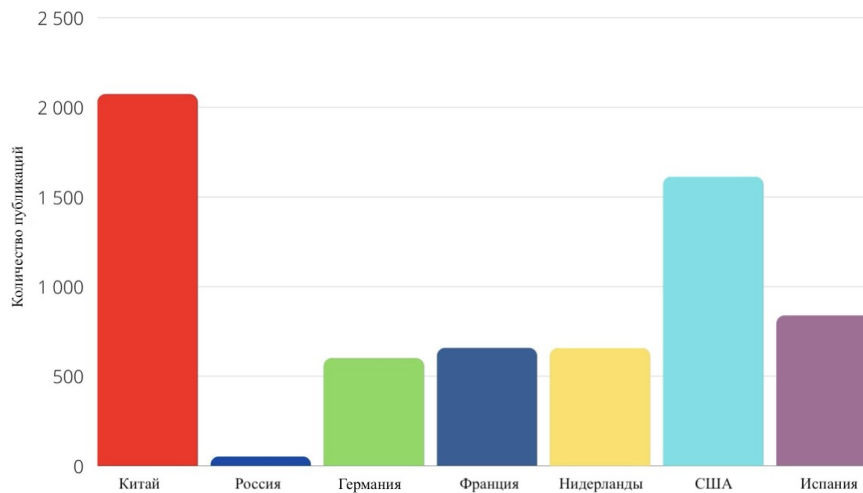


Рисунок 2 - Анализ числа публикаций по направлению «отходы свинокомплексов» в зависимости от принадлежности автора к стране
DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.39.8.2>

Количество публикаций в 2021 году по запросу «отходы агропромышленного кластера» составило 562, а по запросу «отходы свинокомплексов» – 1258. Это свидетельствует о существовании ряда актуальных проблем в этой области, требующих детальной проработки.

Основные результаты

На первом этапе проанализированы двадцать источников с различными технологиями по утилизации и переработке отходов агропромышленных кластеров. Наиболее остро стоит проблема переработки отходов свинокомплексов. В статье выделены три основных направления для проведения анализа и определена наиболее актуальная из них. Установлено, что особо востребованным является получение удобрений из отходов свинокомплексов. Проанализирована актуальность научных исследований в странах. Выявлены страны, вносящие наибольший вклад по научным исследованиям, связанным с отходами свинокомплексов. Построены и проанализированы графики, показывающие количество публикаций по годам и в зависимости принадлежности автора к стране. Проведены исследования существующих подходов к управлению отходами агропромышленных кластеров, включающие в себя переработку максимального их числа (рисунок 3).

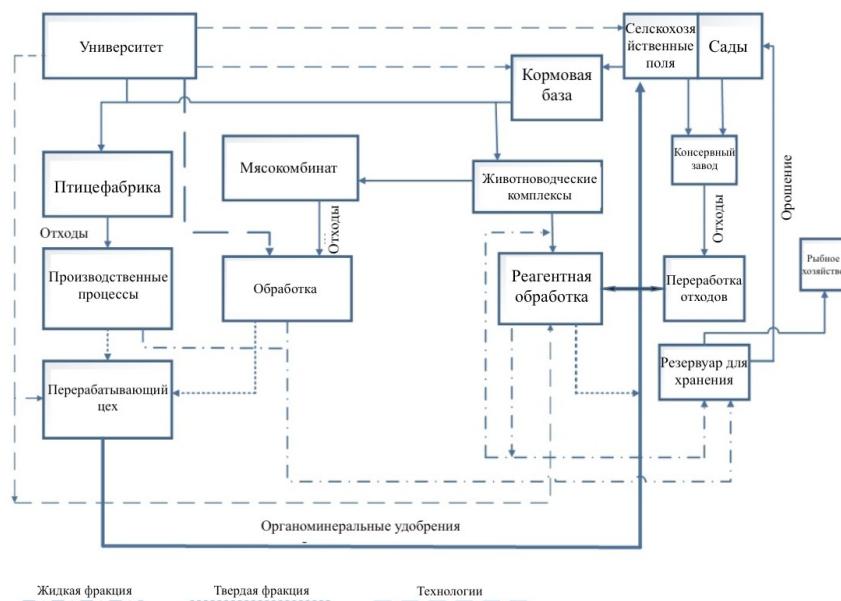


Рисунок 3 - Схема управления отходами агропромышленного кластера
DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.39.8.3>

Схема актуальна для всех стран, приоритет переработки отходов может сдвигаться в зависимости от степени развития отраслей, входящих в агропромышленный кластер.

Лидирующие позиции в области управления отходами занимают Китай и США. Следует отметить, что в остальных рассматриваемых странах проблема отходов также активно изучается. Однако количество исследований значительно ниже по сравнению с ведущими агропромышленными государствами. В России отсутствует целостная система управления отходами, поэтому предложенная схема может служить основой для развития эффективных подходов утилизации отходов агропромышленного кластера. Разработанная схема разработана на основании тесного взаимодействия между составляющими агропромышленного кластера: промышленного производства разной направленности, агрохолдингов, исследовательских комплексов, фермерских хозяйств. Схема позволит разработать эффективный подход к комплексному управлению отходами, что внесет вклад в обеспечение продовольственной независимости. Важной составляющей является использование местного сырья.

Заключение

Проведенные исследования позволили установить актуальность изучения проблем, связанных с отходами агропромышленных кластеров, в частности свинокомплексов и переработкой их в удобрения. Отмечен многократный рост числа публикаций по изучаемым направлениям. Наблюдается повышенный интерес к изучению отходов свинокомплексов по сравнению с отходами агропромышленного кластера. Следует отметить устойчивую разницу на протяжении всего исследуемого периода в количестве научных работ, посвященных темам получения удобрений из отходов свинокомплексов, и вопросу их переработки. Предложенная авторами кластерная форма организации и управления отходами отличается быстрым переходом от результатов исследований к их внедрению.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

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

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 на английском языке / References in English

1. Ranjbari M. Two Decades of Research on Waste Management in the Circular Economy: Insights from Bibliometric, Text Mining, and Content Analyses / M. Ranjbari, M. Saidani, Z. S. Esfandabadi [et al.] // *Journal of Cleaner Production*. — 314. 128009. — 2021.
2. Duque-Acevedo M. Agricultural Waste: Review of the Evolution, Approaches and Perspectives on Alternative Uses / M. Duque-Acevedo, L. J. Belmonte-Ureña, F. J. Cortés-García // *Global Ecology and Conservation*. — 22. — e00902. — 2020.
3. Donner M. Critical Success and Risk Factors for Circular Business Models Valorising Agricultural Waste and By-products / M. Donner, A. Verniquet, J. Broeze [et al.] // *Resources, Conservation and Recycling*. — 165. — 105236. — 2021.
4. Assef F. M. A Review of Clustering Techniques for Waste Management / F. M. Assef, M. T. A. Steiner, E. P. deLima // *Heliyon*. — 8 (1). — e08784. — 2022.
5. Beesigamukama D. Low-cost Technology for Recycling Agro-industrial Waste into Nutrient-rich Organic Fertilizer Using Black Soldier fly / D. Beesigamukama, B. Mochoge, N.K.Korir [et al.] // *Waste Management*. — 119. — 183-194. — 2021.
6. Rosemarin A. Circular Nutrient Solutions for Agriculture and Wastewater – a Review of Technologies and Practices / A. Rosemarin, B. Macura, J. Carolus [et al.] // *Current Opinion in Environmental Sustainability*. — 45. — 78-91. — 2020.
7. Wang P. Research on Resilience Governance Models of Rural Biomass Energy Eco-industrial Chain / P. Wang, F. Luo, Y. Fang, *Energy Reports*. — 8. — 1508-1517. — 2022.
8. Ncube A. Biogas from Source Separated Organic Waste within a Circular and Life Cycle Perspective / A. Ncube, J. Cocker, D. mEllis [et al.] // *A Case Study in Ontario, Canada, Environmental and Sustainability Indicators*. — 11. — 100134. — 2021.
9. Donner M. A New Circular Business Model Typology for Creating Value from Agro-waste / M. Donner, R. Gohier, H. Vries // *Science of The Total Environment*. — 716. — 137065. — 2020.
10. Meylan G. Towards Assessing the Resource Criticality of Agricultural Livelihood Systems / G. Meylan, B. A. Thiombiano, Q. B. Le // *Ecological Indicators*. — 124. — 107385. — 2021.
11. Monastyrskiy D. I. Application of Modern Business Models when Implementing Resource Saving Technologies in the Agrocomplex / D. I. Monastyrskiy, T. A. Kolesnikova, M. A. Kulikova // *Earth Environ. Sci*. — 677. — 022074. — 2019.
12. Kolesnikova T. A. Optimization of the Environmentally Safe Technology for the Processing of Liquid Animal Breeding / T. A. Kolesnikova, M. A. Kulikova, D. V. Kasharin [et al.] // *Earth Environ. Sci*. — 548. — 032013. — 2019.
13. Monastyrskiy D. I. Investigation of the Method of Dehydration of Organomineral Fertilizer Based on Liquid Waste of Pig Farms / D. I. Monastyrskiy, G. N. Zemhenko, M. A. Kulikova // *Earth and Environmental Science*. — 848. — 012135. — 2021.
14. Monastyrskiy D. I. Studies of the Features of Vacuum Drying of Organic-mineral Fertilizers / D. I. Monastyrskiy, M. A. Kulikova, T. A. Kolesnikova [et al.] // *Earth Environ. Sci*. — 981. — 022015. — 2022.
15. Kaufmann T. Sustainable Livestock Production: Low Emission Farm – the Innovative Combination of Nutrient, Emission and Waste Management with Special Emphasis on Chinese Pig Production / T. Kaufmann // *Animal Nutrition*. — 1 (3). — 104-112. — 2015.

16. Wen-cong L.U. Bergmann Holger Technological Options to Ameliorate Waste Treatment of Intensive Pig Production in China: An Analysis Based on Bio-Economic Model / L.U. Wen-cong, M.A. Yong-xi // *Journal of Integrative Agriculture*. — 13 (2). — 443-454. — 2014.
17. Morand P. Brigitte Landrain Biomass Production and Water Purification from Fresh Liquid Manure – Use of Vermiculture, Macrophytes Ponds and Constructed Wetlands to Recover Nutrients and Recycle Water for Flushing in Pig Housing / P. Morand, P. Robin, A. Escande [et al.] // *Procedia Environmental Sciences*. — 9. — 130-139. — 2011.
18. Pinotti L. Recycling Food Leftovers in Feed as Opportunity to Increase the Sustainability of Livestock Production / L. Pinotti, A. Luciano, M. Ottoboni [et al.] // *Journal of Cleaner Production*. — 294. — 126290. — 2021.
19. Kamilaris A. Examining the Perspectives of Using Manure from Livestock Farms as Fertilizer to Crop Fields Based on a Realistic Simulation / A. Kamilaris, F. X. Prenafeta-Boldú // *Computers and Electronics in Agriculture*. — 191. — 106486. — 2021.
20. Prado J. A Step towards the Production of Manure-based Fertilizers: Disclosing the Effects of Animal Species and Slurry Treatment on Their Nutrients Content and Availability / J. Prado, H. Ribeiro, P. Alvarenga [et al.] // *Journal of Cleaner Production*. — 337. — 130369. — 2022.