

## АНОТАЦІЯ

*Шинкарчук М.В.* Біотехнологія отримання біогазу із жировмісної сировини. - Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань 16 Хімічна та біоінженерія за спеціальністю 162 Біотехнології та біоінженерія. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, 2020.

Робота виконана на кафедрі екобіотехнології та біоенергетики КПІ ім. Ігоря Сікорського.

На сьогодні підприємства шкіряної промисловості є одними із найбільш високозабруднювальних та токсичних виробництв за рахунок широкого спектру відходів галузі: органічних (міздря, жири, вовна, кров) та хімічних забруднювачів (сполуки хрому, сульфур, хлориди, кислоти, луки, антисептики). Шкіряна промисловість є однією із найбільш старих галузей виробництва і питаннями її впливу на навколишнє середовище в Європі займаються ще з 1998 року [*5th Framework Programme, 1999*]. Завдяки високим екологічним стандартам, які закладено в програмі ЄС з навколишнього середовища та клімату Tannet, наукові розробки щодо покращення екологічних показників виробничих (повторне використання реагентів, зменшення використання токсичних сполук у технології) та поствиробничих процесів шкіряної галузі (зменшення обсягів стічних вод, відходів, викидів у атмосферу) сприяли зниженню антропогенного навантаження на довкілля. Однак до теперішнього часу відбувається пошук та реалізація технологій «екологізації» шкіряного виробництва.

Також перед виробництвом України постає проблема диверсифікації енергетичних джерел [*Голуб Г.А., 2015*], а саме необхідність впровадження інноваційних енергозберігаючих технологій, орієнтованих на виробництво відновлювального палива.

Тому актуальним завданням для шкіряної промисловості є переробка жирових відходів з отримання джерел енергії та добрива.

Проблема утилізації жировмісних відходів шкіряного виробництва з метою одержання біогазу полягає в тому, що такі відходи погано піддаються процесам метанового зброджування внаслідок незначного вмісту азоту в жирі та високих концентрацій хімічних солей, які використовуються у технології виробництва шкіри. Для зниження концентрації хімічних сполук, підвищення вмісту азоту та збільшення виходу біогазу застосовують процес коферментації з N-вмісною сировиною. Як косубстрат можливо використовувати послід птахів та відходи сільськогосподарських рослин, частка яких збільшується у зв'язку з процесами євроінтеграції України.

Для здійснення процесу зброджування конкретного субстрату важливо забезпечити раціональні параметри процесу: вміст сухої органічної сировини, рН, співвідношення інокулят:субстрат та косубстратів, раціональний час перебігу ферментації. Основним недоліком анаеробного зброджування відходів шкіряного виробництва є наявність сполук, які пригнічують діяльність анаеробної асоціації мікроорганізмів.

В дисертаційній роботі встановлено раціональні параметри для зброджування жировмісних відходів, визначено гранично допустимі концентрації хімічних сполук та антибіотиків, за яких процес анаеробного зброджування залишається стабільним.

Для забезпечення процесу метаногенезу на основі жировмісних відходів важливими питанням є походження та склад сировини, що дозволить забезпечити раціональне співвідношення C/N завдяки підбору косубстрату. В науковій літературі відсутня інформація щодо раціонального косубстрату для ферментації жировмісної сировини, не досліджено раціональне співвідношення косубстратів для ферментації, за яких вихід біогазу та метану є максимальним.

В дисертаційній роботі досліджено різні за хімічним складом косубстрати, за використання яких в процесі коферментації з жировмісною сировиною збільшується продукування біогазу та вміст метану в ньому. Встановлення раціонального співвідношення жировмісна сировина : косубстрат за правильно підбраного навантаження за органічною речовиною сприяє підвищенню виходу

біогазу, сталому значенню рН середовища зброджування. Встановлено, що за використання посліду як косубстрату раціональним співвідношенням жирова/сировина/послід є 9:1, інокулят/субстрат – 1:4; за таких умов вихід біогазу –  $84,6 \pm 3,9$  см<sup>3</sup>/г СОР, вміст метану  $56 \pm 2,7$  %.

Запропоновано технологічну та апаратурну схеми технології переробки жировамісних відходів шкіряного виробництва. Біотехнологія переробки відходів передбачає одержання газоподібного енергоносія – біогазу та добрива.

Відомо, що переброджена фракція з метантенків (дігестат), може застосовуватись як органічне добриво для вирощування с/г культур. Але в літературних джерелах відсутні дані щодо використання добрива з ферментованих відходів жировамісної сировини. В роботі наведено результати дослідження впливу кількості внесеного в ґрунт дігестату на ріст найбільш поширених сільськогосподарських культур.

Також не вирішеним та актуальним лишається питання очищення стічної води, що містить антибіотики. В роботі обґрунтовано та експериментально доведено ефективність анаеробного способу очищення води з використанням адаптованої до антибіотиків асоціації мікроорганізмів. Визначено, що до складу адаптованої до тетрацикліну та норфлораксацину асоціації входять мікроорганізми видів *Methanobacterium formicicum* та *Methanoseta* spp..

Тема дисертаційної роботи відповідає напрямкам розвитку науки і техніки «Раціональне природокористування» та стратегічним пріоритетним напрямкам інноваційної діяльності в Україні на 2009 – 2020 роки, а саме: «Вдосконалення хімічних технологій, нові матеріали, розвиток біотехнологій»; «Охорона і оздоровлення людини та навколишнього середовища».

**Мета роботи і задачі дослідження.** Метою роботи є обґрунтування та розробка технологічних основ біотехнологічних рішень переробки жировамісних відходів виробництва шкіри у біогаз.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні задачі:

- встановити раціональні параметри процесу анаеробного зброджування жировамісних відходів шкіряного виробництва в лабораторних умовах (склад

субстрату (в т. ч. встановити граничний рівень інгібуючих сполук у субстраті), співвідношення субстрат : інокулят, рН, навантаження за СОР в реакторі);

- визначити раціональне співвідношення жирівмісна сировина : косубстрат на процес одержання біогазу та вміст метану в ньому для різних типів косубстратів (послід, відходи кукурудзи, картоплі та яблучного жому);

- провести адаптацію анаеробної асоціації мікроорганізмів до антибіотиків та встановити види метаногенів, які виживають за таких умов;

- дослідити процес отримання біогазу при застосуванні адаптованої до антибіотиків асоціації мікроорганізмів;

- визначити раціональні концентрації рідкої та твердої фракції переродженого субстрату для внесення в ґрунт при вирощуванні сільськогосподарських рослин;

- розробити технологічну та апаратурну схеми переробки жирівмісних відходів виробництва, які отримують в процесі підготовки сировини до дублення; та розробити рекомендації щодо можливості застосування технології отримання біогазу з жирівмісної сировини для переробки недублених відходів підприємства.

**Об'єктом досліджень** є біотехнологія отримання біогазу із жирівмісних відходів виробництва шкіри.

**Предметом досліджень** є параметри одержання біогазу при коферментації жирівмісних відходів виробництва шкіри.

**Методи дослідження.** Для виконання поставлених завдань у процесі дослідження використано: для визначення характеристик процесу застосовано фізико-хімічні методи (рН-метрія, тощо); для визначення кількості сухої органічної речовини та зольності застосовували гравіметричний метод; для визначення якісного складу біогазу використовували метод газової хроматографії; для визначення видового різноманіття використовували методи молекулярної біології (виділення ДНК, полімеразна ланцюгова реакція (ПЛР), секвенування); для визначення вмісту мікроорганізмів, концентрації ДНК використовували методи спектрофотометрії; для обробки результатів секвенування використовували біоінформаційні методи.

Методи теорії графів використано із застосуванням програмного забезпечення MSExcel та AutoCAD.

У дисертації *вперше* одержані такі наукові результати:

- встановлено залежність утворення метану від компонентного складу жировмісних відходів виробництва шкіри;
- визначено залежність продукування біогазу від компонентного складу косубстратів (послід, відходи кукурудзи, яблучний жом) при коферментації жировмісних відходів;
- вперше встановлено види метаногенів, які присутні в анаеробній асоціації, що адаптована до високих концентрацій норфлуксацину і тетрацикліну, методом секвенування ДНК мікроорганізмів, що дає можливість збагачення мікробної асоціації цими видами для підвищення виходу біогазу та вмісту метану в ньому;
- обгрунтовано раціональні умови процесу зброджування жировмісної сировини за високих концентрацій солей та антибіотиків, що дає можливість створення технології переробки жировмісних відходів шкіряної промисловості;
- показана можливість використання твердих та рідких відходів зброженої жировмісної сировини як добрива.

Практичне значення дисертаційної роботи полягає у вирішенні проблеми утилізації жировмісних відходів шкіряного виробництва з одержанням біогазу.

Визначено косубстрати, які можна використовувати для забезпечення процесу зброджування жировмісної сировини нітрогеном та мікроелементами для підвищення виходу біогазу. Встановлені раціональні технологічні параметри зброджування жировмісних відходів дозволяють отримати біогаз з концентрацією метану до 72 %, що дозволяє підвищити енергоефективність заводів з виробництва шкіри, зменшити антропогенний вплив на навколишнє середовище та знизити собівартість продукції. Розроблені технологічні рішення анаеробної переробки жировмісних відходів впроваджено у проектну документацію в розділі «Технологія виробництва» ДП «Державний будівельний комбінат управління

справами Апарату Верховної Ради України» та надано рекомендації для підприємства ТОВ «Слава».

Встановлені дози внесення перебродженої твердої та рідкої фракції жиркових відходів для вирощування сільськогосподарських рослин, що створює додаткове джерело прибутку при одержанні біогазу, підвищує економічність використання таких добрив.

Результати досліджень впроваджено у навчальний процес підготовки фахівців спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія».

Особистий внесок здобувача. Результати роботи, які викладено в дисертації, одержані автором особисто або за його безпосередньої участі. Планування роботи та обговорення результатів проводили спільно із науковим керівником. Автором особисто проведено розробку та конструювання лабораторної установки, визначення раціональних параметрів отримання біогазу при ферментації жировмісної сировини, проведення коферментації жировмісних відходів з різними видами косубстратів, проведення дослідження впливу дігестату на ріст рослин, адаптація анаеробної асоціації мікроорганізмів, створення апаратурних та технологічних схем отримання біогазу.

За темою дисертації опубліковано 23 наукові праці, у тому числі: 6 наукових статей, з яких 3 статі у наукових фахових виданнях України, які входять до наукометричних баз, 1 стаття у періодичному науковому фаховому виданні держави, яка входить до Організації економічного співробітництва та розвитку та Європейського Союзу (Угорщина), 2 – у інших виданнях; 1 патент України на корисну модель; 16 тез на всеукраїнських та міжнародних конференціях.

Ключові слова: біогаз, метан, анаеробне зброджування, жировмісні відходи, коферментація, послід, антибіотики, норфлуксацин, тетрациклін, дігестат.

## SUMMARY

*Shynkarchuk M.* Biotechnology of biogas production from fatty raw materials. – Qualifying scientific work on the rights of manuscript.

Thesis for candidate of Doctor of Philosophy the degree in the specialty 162 Biotechnology and Bioengineering. – National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2020.

The work was done at the Department of Ecological biotechnology and bioenergy Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute.

Today, the leather industry is one of the most highly polluting and toxic industries due to a wide range of industry waste: organic (mist, fats, wool, blood) and chemical contaminants (chromium, sulfur, chloride, acids, alkalis, antiseptics). The leather industry is one of the oldest industries and its environmental impact has been addressed in Europe since 1998 [*5th Framework Program, 1999*]. Due to the high environmental standards set by the EU's environment and climate program "Tannet", scientific developments to improve environmental performance (reuse of reagents, reduce the use of toxic compounds in technology) and post-production processes of the leather industry (reduction of wastewater, waste , have contributed to the reduction of anthropogenic load on the environment. However, to date, there is a search and implementation of technologies for "greening" leather production.

Also facing the Ukrainian production is the problem of diversification of energy sources [*Golub GA, 2015*], namely the need to introduce innovative energy-saving technologies focused on the production of renewable fuels.

Therefore, the urgent task for the leather industry is the processing of fat waste from energy sources and fertilizers.

The problem of utilization of fat-containing waste from leather production for biogas production is that such waste is poorly exposed to methane digestion processes due to the low nitrogen content in the fat and the high concentrations of chemical salts used in leather production technology. In order to reduce the concentration of compounds, increase the nitrogen content and increase the biogas yield, the process of

co-fermentation with N-content is used. It is possible to use birds manure and agricultural wastes as a cosubstrate, which share is increasing due to Ukraine's European integration processes.

For the implementation of the process of fermentation of a particular substrate, it is important to ensure the rational parameters of the process: the content of dry organic raw materials, pH, ratio inoculum: substrate and cosubstrates, rational fermentation time.

The main disadvantage of anaerobic digestion of waste from leather production is the presence of compounds that inhibit the activities of the anaerobic association of microorganisms. In the dissertation the rational parameters for the fermentation of fatty waste are established, the maximum permissible concentrations of chemical compounds and antibiotics are determined, under which the anaerobic digestion process remains stable.

To ensure the process of methanogenesis on the basis of fat-containing waste, the origin and composition of raw materials is an important issue, which will ensure a rational C / N ratio due to the selection of cosubstrate. Information on rational cosubstrate for the fermentation of fat-containing raw materials is not available in the scientific literature; the rational ratio of cosubstrate for fermentation, in which the biogas and methane yield is maximum, was investigated.

In the dissertation, the different chemical compositions of cosubstrates were investigated, the use of which in the process of co-fermentation with fatty raw materials increases the production of biogas and the content of methane in it. Established a rational ratio of fat-containing raw materials: cosubstrate with a properly selected load on organic matter contributes to the increase of biogas yield and a stable pH value of the fermentation medium. It is established that when using manure as cosubstrate with a rational ratio of fat-containing raw material / manure is 9:1, inoculum / substrate is 1:4; under such conditions the biogas yield is  $84.6 \pm 3.9 \text{ cm}^3 / \text{g}$  of dry organic matter, the methane content is  $56 \pm 2.7\%$ .



The technological and apparatus schemes of technology of processing of fatty waste of leather production are offered. The biotechnology of waste processing involves the production of gaseous energy - biogas and fertilizers.

It is well known that the digested fraction of methanetanks (digestat) can be used as an organic fertilizer for growing agricultural crops. However, there are no literature sources on the use of the fertilizer from the fermented waste of fatty raw materials. The influence of the amount of digestat introduced into the soil on the growth of the most common crops are presented in this thesis.

Also, the issue of sewage treatment containing antibiotics remains unresolved and urgent. The efficiency of anaerobic method of water purification using the antibiotic-adapted association of microorganisms is substantiated and experimentally proved in the work. It was determined that the tetracycline-adapted and norfloxacin-adapted microorganisms of *Methanobacterium formicicum* and *Methanosaeta spp.*

The theme of the dissertation corresponds to the directions of science and technology development «Rational Use of Nature» and innovation activity strategic priority directions in Ukraine for 2009 – 2020, namely: «Improvement of chemical technologies, new materials, development of biotechnologies"; "Protection and rehabilitation of man and the environment».

**The purpose** of the work is to substantiate and develop the technological basis of biotechnological solutions for the processing of fat-containing waste products of leather production into biogas.

To achieve this goal it was necessary to solve the following problems:

- to establish rational parameters of the process of anaerobic digestion of fat-containing waste of leather production in laboratory conditions (composition of the substrate (including setting the limit level of inhibitory compounds in the substrate), the ratio of the substrate: inoculum, pH, load on dry organic matter;

- to determine the rational ratio of fat-containing raw materials: cosubstrate for the process of biogas production and the content of methane in it for different types of cosubstrates (waste, corn, potatoes and apple pulp);

- adapt the anaerobic association of microorganisms to antibiotics and identify the types of methanogens that survive under such conditions;
- to investigate the process of biogas production with the use of an antibiotic-adapted microorganism association;
- to determine rational concentrations of the liquid and solid fraction of the degenerate substrate for introduction into the soil during cultivation of agricultural plants;
- to develop technological and apparatus schemes for processing of fat-containing production wastes, which are received in the process of preparation of raw materials for tanning; and to develop recommendations on the feasibility of using biogas from fat-containing raw materials for processing of non-tanning waste of the enterprise.

**The object** of the research is biotechnology for the production of biogas from fat-containing waste from leather production.

**The subject** of research is the parameters of biogas production in the co-fermentation of fatty waste production of leather.

**Research methods.** To accomplish the tasks in the research process was used: physicochemical methods (pH-metry, etc.) were applied to determine the process characteristics; gravimetric method was used to determine the amount of dry organic matter and ash content; gas chromatography was used to determine the qualitative composition of biogas; molecular biology methods (DNA isolation, polymerase chain reaction (PCR), sequencing) were used to determine species diversity; to determine the content of microorganisms, DNA concentrations were used methods of spectrophotometry; bioinformatic methods were used to process sequencing results.

The methods of graph theory were used with the use of MSExcel and AutoCAD software.

The following scientific results were obtained for the first time in the dissertation:

- determined the dependence of methane formation on the component composition of the fat-containing waste of leather production;
- determined the dependence of biogas production on the component composition of cosubstrates (litter, corn waste, apple pulp) during the co-fermentation of fatty waste;

- identified the types of methanogens present in the anaerobic association, adapted to high concentrations of norfloxacin and tetracycline, by DNA sequencing of microorganisms, enabling the enrichment of the microbial association with these species to increase biogas output and methane content;

- substantiated the rational conditions of the process of fermentation of fatty raw materials at high concentrations of salts and antibiotics, which makes it possible to create technology for the processing of fatty waste products of the leather industry;

- shown the possibility of using solid and liquid waste of digested fatty raw materials as fertilizer.

The practical significance of dissertation is to solve the problem of utilization of fatty waste of leather production with the biogas production.

Cosubstrates that can be used to provide a process for the digestion of fatty raw materials by nitrogen and trace elements to enhance biogas yield have been identified. Established rational technological parameters of digestion of fat-containing waste allow obtaining biogas with a concentration of methane up to 72%, which allows to increase the energy efficiency of tanneries, to reduce anthropogenic impact on the environment and to reduce the cost of production. Developed technological solutions for anaerobic processing of fat-containing waste were introduced into the project documentation in the section "Production Technology" of SE "State Building Combine of Management of Affairs of the Apparatus of the Verkhovna Rada of Ukraine" and recommendations for the enterprise of "Slava" LLC were given.

The established doses of introduction of the digested solid and liquid fraction of fat waste for cultivation of agricultural plants, which creates an additional source of profit when receiving biogas, increases the efficiency of using such fertilizers.

The results of the research have been implemented into the specialists educational process in specialty 162 «Biotechnologies and bioengineering».

Personal contribution of the competitor. All the results of dissertation were received personally by the competitor or with his direct participation. The work planning and discussion of the results were carried out together with the scientific supervisor. The author personally worked out the development and design of a laboratory installation,

the determination of the rational parameters of biogas production during the fermentation of fat-containing raw materials, the co-fermentation of fat-containing waste with different types of cosubstrates, researched the effect of digestate on plant growth, adaptation of anaerobic association of microorganisms, creation of apparatus and technological schemes for biogas obtaining.

23 scientific works were published on the topic of the dissertation, including: 6 scientific articles, of which 3 are articles in scientific professional editions of Ukraine, which are part of scientometric bases, 1 article in the periodic scientific professional edition of the state, which is a member of the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (Hungary), 2 articles in other editions; 1 patent of Ukraine for utility model; 16 theses reports at national and international conferences.

Keywords: biogas, methane, anaerobic digestion, fat-containing waste, co-fermentation, litter, antibiotics, norfloxacin, tetracycline, digestat.

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### *Статті у фахових наукових виданнях України та інших країн*

1. Голуб НБ, Шинкарчук МВ, Козловець ОА. Одержання біогазу при зброджуванні жировмісних відходів шкіряного виробництва. Східно-Європейський журнал передових технологій. 2017; 6/10(90):4-9. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.114216. (Фахове видання з технічних наук. Входить до міжнародних наукометричних баз: Scopus, Ulrich's Periodicals Directory, OpenAIRE, Bielefeld Academic Search Engine (BASE), Index Copernicus, WorldCat, РИНЦ, Directory of Open, Access Journals (DOAJ), EBSCO, ResearchBib, American Chemical Society, Directory Indexing of International Research Journals, Directory of Research Journals Indexing (DRJI), CrossRef, Open Academic Journals Index (OAJI), Sherpa/Romeo). *(Особистий внесок дисертантки: проводила дослідження процесу одержання біогазу при зброджуванні жировмісних відходів шкіряного виробництва та участь у написанні статті).*
2. Голуб НБ, Шинкарчук МВ, Козловець ОА. Шляхи підвищення продукування біогазу при зброджуванні жировмісних відходів шкіряного виробництва. Вісник Хмельницького національного університету (Технічні науки). 2018; 2(259):103-107. (Фахове видання з технічних наук. Входить до міжнародних наукометричних баз: Google Scholar, Index Copernicus, РИНЦ, Polish Scholarly Bibliography). *(Особистий внесок дисертантки: проводила дослідження процесу одержання біогазу при коферментації жировмісних відходів з послідом та участь у написанні статті).*
3. Голуб НБ, Шинкарчук МВ, Шинкарчук АВ, Синьхуа Ш, Йінг З, Козловець ОА. Проблемні питання при виробництві біогазу за використання жировмісних відходів шкіряної промисловості. Innov Biosyst Bioeng. 2019; 3(4):253-260. DOI: 10.20535/ibb.2019.3.4.185425. (Фахове видання з технічних наук. Входить до міжнародних наукометричних баз: DOAJ; ROAD; HINARI; Chemical Abstracts Service; CNKI Scholar; J-Gate; Public Knowledge Project Index; ICMJE; JournalTOCs; WCOSJ; Vifabio; EZB; Zeitschriftendatenbank; Polska

Bibliografia Naukowa; Scilit; Bielefeld Academic Search Engine; OpenAir; WorldCat). *(Особистий внесок дисертантки: проводила дослідження впливу інгібіторів процесу зброджування при одержанні біогазу з жировмісних відходів та участь у написанні статті).*

4. Golub N, Shinkarchuk M, Kozlovets A. Biotechnology of leather production fat-containing waste recycling using co-fermentation. The scientific heritage. 2019; 39:63-8. (Іноземне фахове видання (Угорщина). Входить до міжнародних наукометричних баз: Index Copernicus International, International Scientific Indexing, General ImpactFactor, SIS, DIIF, ISSUU та інші). *(Особистий внесок дисертантки: проводила дослідження процесу одержання біогазу при коферментації жировмісних відходів з послідом та участь у написанні статті).*

#### **Статті у інших виданнях**

5. Голуб НБ, Козловець ОА, Шинкарчук МВ, Потапова МВ. Комплексна технологія очищення стічних вод птахофабрик та фільтрату після їх анаеробного зброджування. Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. 2016; 27:70-77. *(Особистий внесок дисертантки: брала участь у проведенні експерименту).*

6. Голуб НБ, Потапова МВ, Шинкарчук МВ, Козловець ОА. Получение биогаза при очистке концентрированных сточных вод спиртзавода. Альтернативная энергетика и экология (ISJAEE). 2018; 25-30:51-59. DOI: 10.15518/isjaee.2018.25-30.051-059. *(Особистий внесок дисертантки: брала участь у проведенні експерименту).*

#### **Патенти**

7. Голуб НБ, Шинкарчук МВ, Козловець ОА, Потапова МВ, винахідники; Голуб НБ, Шинкарчук МВ, Козловець ОА, Потапова МВ, патентовласники. Установка для отримання біогазу з жировмісних відходів. Патент України на корисну модель UA 135483. 2019 лип. 10. *(Особистий внесок дисертантки: проводила патентний пошук найближчих аналогів, брала участь у підготовці патенту).*

*Тези доповідей*

8. Голуб НБ, Шинкарчук МВ, Ліщук ВІ. Біотехнології переробки органічних відходів шкіряного виробництва. В: Мокроусова О Р, Андреева ОА, Охмат ОА, Майстренко ЛА, упорядники. Збірник тез II Міжнародного науково-практичного семінару Інноваційні матеріали та технології шкіряно-хутрового виробництва; 2016 лист. 19; Київ. Київ: КНУТД; 2016. с. 73-76. (Особистий внесок дисертантки: приймала участь у проведенні експерименту та написанні тез).

9. Шинкарчук МВ, Козловець ОА. Перспективи використання відходів шкіряної промисловості для отримання біогазу в Україні. В: Бенатов ДЕ, укладач. Збірник тез XIX Міжнародної науково-практичної конференції Екологія. Людина. Суспільство; 2016 трав. 12-13; Київ. Київ: НТУУ «КПІ»; 2016. с. 137-138. (Особистий внесок дисертантки: приймала участь у написанні тез).

10. Шинкарчук МВ, Голуб НБ, Козловець ОА. Біотехнологія переробки жировмісних відходів шкіряного виробництва шляхом коферментації. В: науково-практичний семінар присвячений 120-річчю КПІ ім. Ігоря Сікорського Екологічні біотехнології та біоенергетика [Інтернет]; 2018 груд. 14; Київ. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського; 2018. с. 95-97. (Особистий внесок дисертантки: приймала участь у проведенні експерименту та написанні тез).

11. Голуб Н, Шинкарчук М, Козловець О. Біотехнології отримання біопалива з органічних відходів шкіряного виробництва. В: Пирог ТП, Скроцька ОІ, Пенчук ЮМ, редактори. Матеріали I міжнародної науково-практичної конференції Біотехнологія: досвід, традиції та інновації; 2016 груд. 14-15; Київ. Київ: НУХТ, 2016. с. 227-233. (Особистий внесок дисертантки: приймала участь у проведенні експерименту та написанні тез).

12. Шинкарчук МВ, Голуб НБ. Сучасний стан проблеми утилізації відходів виробництва шкіряної промисловості. Перспективи отримання біогазу. В: Козар МЮ, укладач. Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції Чиста вода. Фундаментальні, прикладні та промислові аспекти; 2016 жовт. 26-28; Київ. Київ: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2016. с. 187-188. (Особистий внесок дисертантки: приймала участь у написанні тез).

13. Голуб НБ, Шинкарчук МВ, Козловець ОА. Перспективи отримання біогазу із жировмісних відходів. В: Статті та тези доповідей за матеріалами Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених, аспірантів і студентів Сучасні проблеми електроенерготехніки та автоматики [Інтернет]; 2016 груд. 10; Київ. Київ: ФЕА КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2016. с. 329-331. Міжнародний науково-технічний журнал молодих учених, аспірантів і студентів «Сучасні проблеми електроенерготехніки та автоматики». (Особистий внесок дисертантки: приймала участь у написанні тез).

14. Голуб НБ, Шинкарчук МВ, Козловець ОА. Вплив концентрації та умов обробки жировмісної сировини на вихід біогазу. В: Кудря СО, редактор. Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті; 2017 вер. 27-29; Київ. Київ: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. с. 734-736. (Особистий внесок дисертантки: приймала участь у проведенні експерименту та написанні тез).

15. Шинкарчук МВ, Голуб НБ, Чигрин ОМ. Шляхи проходження метаногенезу при анаеробній переробці жировмісних відходів. В: Мірських ГО, редактор. Матеріали 7-ї науково-технічної конференції Проблеми сучасної енергетики і автоматики в системі природокористування (теорія, практика, історія, освіта); 2018 трав. 3-27; Київ. Київ: НУБІП, 2018. – с. 45-47. (Особистий внесок дисертантки: приймала участь у написанні тез).

16. Голуб НБ, Шинкарчук МВ, Козловець ОА. Анаеробний спосіб очищення стічних вод з вмістом антибіотиків. В: Козар МЮ, укладач. Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції Чиста вода. Фундаментальні, прикладні та промислові аспекти; 2017 жовт. 27; Київ. Київ: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. с. 94-95. (Особистий внесок дисертантки: приймала участь у проведенні експерименту та написанні тез).

17. Shynkarchuk M, Kozlovets O, Golub N, Lahneko O, Morgun B. Features of the association of anaerobic microorganisms that have acquired resistance to antibiotics. In: Nesterenko O, Potrohov A, Khudolieieva L, Kutsokon N, Editors. Materials of the 4th International Symposium on EuroAsian Biodiversity (SEAB2018);



2018 Jul. 3-6; Kyiv. Kyiv: NASU, 2018. p. 368. (Особистий внесок дисертантки: приймала участь у проведенні експерименту та написанні тез).

18. Шинкарчук МВ, Голуб НБ, Козловець ОА. Анаеробний спосіб очищення стічних вод від антибіотиків. В: Орачевська Д, Бобуш О, укладачі. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції Водопостачання та водовідведення: проектування, будова, експлуатація, моніторинг; 2017 жовт. 18-20; Львів. Львів: ЗУКЦ, 2017. с. 111-113. (Особистий внесок дисертантки: приймала участь у проведенні експерименту та написанні тез).

19. Голуб НБ, Шинкарчук МВ, Козловець ОА, Чигрин ОМ. Отримання біогазу при використанні різних видів відходів АПК. В: Матеріали X міжнародної конференції Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні; 2019 квіт. 4-5; Львів. Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2019. с. 82-83. (Особистий внесок дисертантки: приймала участь у проведенні експерименту та написанні тез).

20. Голуб НБ, Шинкарчук МВ, Козловець ОА. Спосіб очищення стічних вод з високим вмістом сполук амонійного азоту. В: Козар МЮ, укладач. Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції Чиста вода. Фундаментальні, прикладні та промислові аспекти; 2017 жовт. 27; Київ. Київ: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. с. 92. (Особистий внесок дисертантки: приймала участь у написанні тез).

21. Козловець ОА, Голуб НБ, Шинкарчук МВ. Вплив дози інокуляту на анаеробну переробку пташиного посліду. В: Бенатов ДЕ, укладач. Збірник тез XIX Міжнародної науково-практичної конференції Екологія. Людина. Суспільство; 2016 трав. 12-13; Київ. Київ: НТУУ «КПІ»; 2016. с. 95-96. (Особистий внесок дисертантки: приймала участь у написанні тез).

22. Козловець ОА, Шинкарчук МВ. Проблемні питання виробництва біоводню шляхом анаеробного очищення стічних вод. В: науково-практичний семінар присвячений 120-річчю КПІ ім. Ігоря Сікорського «Екологічні біотехнології та біоенергетика» [Інтернет]; 2018 груд. 14; Київ. Київ: КПІ ім. Ігоря

Сікорського; 2018. с. 41-43. (Особистий внесок дисертантки: приймала участь у написанні тез).

23. Шинкарчук МВ, Голуб НБ, Козловець ОА. Отримання біогазу методом сухої ферментації. В: Мисак Й, редактор. Матеріали Дев'ятої міжнародної науково-практичної конференції Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні; 2017 квіт. 6-7; Львів. Львів: НУ «Львівська політехніка»; 2017. с. 314-316. (Особистий внесок дисертантки: приймала участь у проведенні експерименту та написанні тез).

24. Шинкарчук МВ, Голуб НБ, Козловець ОА. Отримання біогазу з відходів шкіряного виробництва. В: Кудря СО, Резцов ВФ, Суржик ТВ, відповідальні за випуск. Матеріали науково-практичної конференції Відновлювальна енергетика та енергоефективність у XXI столітті; 2018 трав. 26-28; Київ. Київ: ТОВ «НВП «Інтерсервіс»; 2018. с. 630-633. (Особистий внесок дисертантки: приймала участь у проведенні експерименту та написанні тез).