

НАУКОВІ ГОРИЗОНТИ



Засновник, редакція, видавець –

ЖИТОМИРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Свідоцтво про державну реєстрацію
Серія КВ № 23134-12974 ПР від 19.02.2018 р.

Науковий журнал включено до категорії Б Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата ветеринарних, економічних, сільськогосподарських та технічних наук зі спеціальностей – 051, 071, 072, 073, 075, 076, 101, 133, 183, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 208, 211, 281, 292 (наказ МОН України № 1643 від 28.12.2019 р., наказ МОН України № 409 від 17.03.2020 р.).

Журнал включено до міжнародних наукометричних баз і каталогів наукових видань: Index Copernicus; Directory of Open Access Journals (DOAJ); Open Academic Journals Index (OAJI); Google Scholar; Crossref; Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського.

Друкується за рішенням Вченої ради
ЖНАЕУ, протокол № 11 від 24.06.2020 р.

Підписано до друку 24.06.2020 р.

Формат 210×297. Ум. друк. арк. 24.1.
Наклад 100 пр.

ISSN: 2663-2144

© Житомирський національний
агроєкологічний університет, 2020

SCIENTIFIC HORIZONS



Founder, Editorial and Publisher –

ZHYTOMYR NATIONAL AGROECOLOGICAL UNIVERSITY

Certificate of state registration
KV № 23134-12974 PR of February 19, 2018.

The scientific journal is included in category B of the List of scientific professional periodicals of Ukraine. It enables publishing the thesis results for Doctor and Candidate degrees in economic agricultural, technical and veterinary sciences (Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine No 1643 of December 28, 2019; Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine No 409 of March 18, 2020). It comprises the following specialties – 051, 071, 072, 073, 075, 076, 101, 133, 183, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 208, 211, 281, 292.

The journal is included in the international scientific databases and catalogs of scientific publications: Index Copernicus; Directory of Open Access Journals (DOAJ); Open Academic Journals Index (OAJI); Google Scholar; Crossref; National Library of Ukraine named after V. I. Vernadskiy.

Recommended for publication by the
decision of the Academic Council ZhNAU
Minutes No. 11 of 24.06.2020.

Signed for publication 24.06.2020.

ISSN: 2663-2144

Format 210×297.
Circulation 100 copies

© Zhytomyr National
Agroecological University, 2020

НАУКОВІ ГОРИЗОНТИ

№ 7 (92),
2020

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Засновано 12 березня 1998 р.

Періодичність випуску: дванадцять разів на рік

Редакційна колегія:

Головний редактор: Л. Д. Романчук, д. с.-г. н. (Україна)

**Заступники
головного редактора:** Ю. Раманаускас, д. н. (Литва)
Л. П. Горальський, д. вет. н. (Україна)
С. М. Кухарець, д. т. н. (Україна)

**Відповідальні
секретарі:** Н. О. Куровська, к. е. н. (Україна)
Т. М. Тимошук, к. с.-г. н. (Україна)

Л. М. Бондарева, к. с.-г. н. (Україна)
С. І. Веремесенко, д. с.-г. н. (Україна)
В. В. Гамаюнова, д. с.-г. н. (Україна)
І. Г. Грабар, д. т. н. (Україна)
І. М. Дідур, к. с.-г. н. (Україна)
В. Є. Данкевич, д. е. н. (Україна)
В. П. Журавльов, д. ф.-м. н. (Україна)
А. А. Зимаросєва, к. б. н. (Україна)
В. В. Зіновчук, д. е. н. (Україна)
Т. О. Зінчук, д. е. н. (Україна)
І. Є. Іванова, к. с.-г. н. (Україна)
І. В. Іващенко, к. б. н. (Україна)
Н. Л. Колеснік, к. вет. н. (Україна)
Л. А. Котюк, д. б. н. (Україна)
С. М. Кульман, к. т. н. (Україна)
Н. М. Куцмус, д. е. н. (Україна)
І. Левкович, д. н. (Німеччина)
А. Т. Мармоза, к. е. н. (Україна)
О. Є. Марковська, д. с.-г. н. (Україна)

О. В. Медведський, к. т. н. (Україна)
А. М. Михайлов, д. е. н. (Україна)
К. В. Молодецька, д. т. н. (Україна)
В. В. Мойсієнко, д. с.-г. н. (Україна)
М. Ф. Плотнікова, к. е. н. (Україна)
Я.-У. Санда, д. н. (Норвегія)
О. В. Скидан, д. е. н. (Україна)
З. Собек, д. н. (Польща)
Н. М. Сорока, д. вет. н. (Україна)
Р. В. Ставецька, д. с.-г. н. (Україна)
Т. П. Федонюк, д. с.-г. н. (Україна)
О. В. Чайкін, к. е. н. (Україна)
Л. В. Чижевська, д. е. н. (Україна)
П. Я. Чумак, к. с.-г. н. (Україна)
Е. Шараускіс, д. н. (Литва)
Л. В. Шірінян, д. е. н. (Україна)
В. П. Шлапак, д. с.-г. н. (Україна)
Я. Д. Ярош, д. т. н. (Україна)

Редагування англomовних текстів: Г. О. Хант, О. М. Мосейчук, К. А. Разумна

Літературний редактор: Л. В. Якубовська

Редагування бібліографічних списків: О. І. Касянюк, Н. Г. Яремчук

Макетування: М. М. Кравчук

Адреса редакції та видавництва:

10008, м. Житомир, бульвар Старий, 7, ЖНАЕУ, Україна.

Тел. (0412) 22-04-17; E-mail: schor.znau@gmail.com; [www: http://journal.znau.edu.ua/horizons](http://journal.znau.edu.ua/horizons)

SCIENTIFIC HORIZONS

№ 7 (92),
2020

SCIENTIFIC JOURNAL

Year of establishment: since March 1998.

Publication frequency: twelve times a year

Editorial Board:

Editor-in-chief: L. Romanchuk, Dr. of Agr. Sc. (Ukraine)

Deputies editor-in-chief: J. Ramanauskas, Dr. Hab. (Lithuania)
L. Goralsky, Dr. of Vt. Sc. (Ukraine)
S. Kuharets, Dr. of Eng. Sc. (Ukraine)

Executive editors: N. Kurovska, Cand. of Ec. Sc. (Ukraine)
T. Tymoshchuk, Cand. of Agr. Sc. (Ukraine)

L. Bondareva, Cand. of Agr. Sc. (Ukraine)
S. Veremeyenko, Dr. of Agr. Sc. (Ukraine)
V. Gamayunova, Dr. of Agr. Sc. (Ukraine)
I. Grabar, Dr. of Eng. Sc. (Ukraine)
I. Didur, Cand. of Agr. Sc. (Ukraine)
V. Dankevych, Dr. of Ec. Sc. (Ukraine)
V. Zhuravlyov, Dr. of Phys. and Math. Sc. (Ukraine)
A. Zymarioieva, Cand. of Biol. Sc. (Ukraine)
V. Zinovchuk, Dr. of Ec. Sc. (Ukraine)
T. Zinchuk, Dr. of Ec. Sc. (Ukraine)
I. Ivanova, Cand. of Agr. Sc. (Ukraine)
I. Ivashchenko, Cand. of Biol. Sc. (Ukraine)
N. Kolesnik, Cand. of Vt. Sc. (Ukraine)
L. Kotyuk, Dr. of Biol. Sc. (Ukraine)
S. Kulman, Dr. of Eng. Sc. (Ukraine)
N. Kutsmus, Dr. of Ec. Sc. (Ukraine)
I. Levkovysh, Fil. Dr. (Germany)
A. Marmoza, Cand. of Ec. Sc. (Ukraine)
O. Markovska, Dr. of Agr. Sc. (Ukraine)

O. Medvedskyi, Cand. of Eng. Sc. (Ukraine)
A. Mykhailov, Dr. of Ec. Sc. (Ukraine)
K. Molodetska, Dr. of Eng. Sc. (Ukraine)
V. Moisiienko, Dr. of Agr. Sc. (Ukraine)
M. Plotnikova, Cand. of Ec. Sc. (Ukraine)
Jan-U. Sandal, Fil. Dr. (Norway)
O. Skydan, Dr. of Ec. Sc. (Ukraine)
Z. Sobek, Dr. Hab. (Poland)
N. Soroka, Dr. of Vt. Sc. (Ukraine)
R. Stavetska, Dr. of Agr. Sc. (Ukraine)
T. Fedonyuk, Dr. of Agr. Sc. (Ukraine)
O. Chaikin, Cand. of Ec. Sc. (Ukraine)
L. Chyzhevska, Dr. of Ec. Sc. (Ukraine)
P. Chumak, Cand. of Agr. Sc. (Ukraine)
E. Sarauskis, Dr. Hab. (Lithuania)
L. Shirinyan, Dr. of Ec. Sc. (Ukraine)
V. Shlapak, Dr. of Agr. Sc. (Ukraine)
Ya. Yarosh, Dr. of Eng. Sc. (Ukraine)

Editing English-language texts: G. Khant, O. Moseichuk, K. Razumna

Literary editor: L. Yyakubovska

Editing bibliographic lists: O. Kasyanyuk, N. Yaremchuk

Modeling: M. Kravchuk

Address of the publishers:

10008, 7, Staryi Blvd, Zhytomyr, ZhNAU, Ukraine

Tel. (0412) 22-04-17; E-mail: schor.znau@gmail.com; www: <http://journal.znau.edu.ua/horizons>

ЗМІСТ

Л. П. Горальський, І. М. Сокульський, О. М. Ковальчук, І. Ю. Горальська ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ ПІДШЛУНКОВОЇ ЗАЛОЗИ КЛІНІЧНО ЗДОРОВИХ СОБАК ТА КОТІВ	7
Е. О. Шнуренко, А. А. Студенок, В. І. Карповський, В. О. Трокоз, Р. В. Постой ВПЛИВ ТОНУСУ АВТОНОМНОЇ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ РОСТУ У КУРЕЙ	14
О. Г. Васенко, І. В. Зінченко, К. О. Цитлішвілі, В. М. Бикасов ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ІНАКТИВАЦІЇ АНТИБІОТИКА ЦИПРОФЛОКСАЦИНА З МЕТОЮ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ТА ЗАХИСТУ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ	19
Л.П. Горальський, О.Ф. Дунаєвська, Н.Л. Колеснік, І.М. Сокульський, І.Ю. Горальська ЦИТО- ТА ГІСТОМЕТРІЯ МЕЗЕНТЕРІАЛЬНИХ ЛІМФАТИЧНИХ ВУЗЛІВ ЖУЙНИХ ТА КОНЕЙ	26
В. Г. Молдован, Ж. А. Молдован, С. І. Собчук ВПЛИВ СТРОКІВ СІВБИ ТА НОРМ ВИСІВУ НА БІОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ СОРТІВ СОЇ З РІЗНИМ ВЕГЕТАЦІЙНИМ ПЕРІОДОМ	32
Л. С. Квасніцька КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА СІВОЗМІН З РІЗНИМ НАСИЧЕННЯМ ОЛІЙНИМИ КУЛЬТУРАМИ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ	40
О. В. Сидякіна, В. Ф. Дворецький ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ФОНІВ ЖИВЛЕННЯ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ	45
О. В. Гурманчук, Н. М. Плотницька, О. М. Невмержицька, І. О. Павлюк, Т. М. Тимошук, Л. М. Бондарева КОНТРОЛЮВАННЯ БУР'ЯНОВОГО КОМПОНЕНТУ У ПОСІВАХ КУКУРУДЗИ ЗА ВИКОРИСТАННЯ СТРАХОВИХ ГЕРБИЦІДІВ	53
В. А. Левицька, А. Б. Мушинський, А. В. Березовський МИШОПОДІБНІ ГРИЗУНИ ЯК ПЕРСИСТЕНТНЕ ДЖЕРЕЛО ТРАНСМІСИВНИХ ХВОРОБ	59
Л. Д. Романчук, В. І. Устименко, П. В. Діденко, В. В. Бадзян ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ ВИДОВОГО РІЗНОМАНІТТЯ БОРІВ ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА «ДРЕВЛЯНСЬКИЙ»	65
Н. О. Бублієнко, О. І. Семенова, О. О. Лавринюк МЕТАНОВА ФЕРМЕНТАЦІЯ СТОКІВ СВИНОФЕРМ	74
М. Д. Камбур, А. А. Замазій ЗМІНА СПІВВІДНОШЕННЯ КОРМІВ В РАЦІОНІ – ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРИЙОМ ПІДВИЩЕННЯ РУБЦЕВОЇ ФЕРМЕНТАЦІЇ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ КОРІВ	80
С. М. Кульман ДІДЖИТАЛІЗАЦІЯ ПРОДУКЦІЇ – УНІКАЛЬНА ПРОПОЗИЦІЯ ДЛЯ ЗАЛУЧЕННЯ КЛІЄНТІВ ТА РОЗШИРЕННЯ РИНКУ ЗБУТУ ТОВАРУ	88
Д. А. Дерев'янка, В. М. Поліщук, О. М. Сукманюк, О. Д. Дерев'янка ВПЛИВ РОБОЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВІБРОСІПАРАТОРА НА ТРАВМУВАННЯ І ЯКІСТЬ НАСІННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ТА ЖИТА	98
В. М. Каретін КІНЕМАТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ЕТАЛОННОЇ КОМПОНУВАЛЬНОЇ СХЕМИ ІНЕРЦІЙНОГО МОДУЛЯ	104
Е. Б. Алієв, О. Ю. Алієва, Р. Д. Малєгін ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМПЛЕКСНОЇ БЕЗВИДХОДНОЇ ПЕРЕРОБКИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР У КОРМИ ДЛЯ ОРГАНІЧНОГО ТВАРИННИЦТВА	112
М. П. Волоха ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЦУКРОСИРОВИНИ ШЛЯХОМ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ОЧИЩЕННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ ПРИ ЇХ ВИКОПУВАННІ	120
М. Я. Довжик, О. М. Калнагуз, Ю. В. Сіренко КРИВОЛІНІЙНИЙ РУХ ЧОТИРЬОХКОЛІСНОЇ МАШИНИ З ВИКОРИСТАННЯМ СУПУТНИКОВОЇ НАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ	126
І. В. Вербіч, О. В. Медвідь М'ЯСНА ПРОДУКТИВНІСТЬ БУГАЙЦІВ МОЛОЧНИХ ПОРІД РІЗНИХ ГЕНОТИПІВ	136
В. П. Кирилюк, Т. М. Тимошук, Г. М. Котельницька, В. П. Барладюга, Д. Є. Долід ЗАПАСИ ПРОДУКТИВНОЇ ВОЛОГИ ТА УРОЖАЙНІСТЬ КУЛЬТУР СІВОЗМІНИ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА УДОБРЕННЯ	141
ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ	149

CONTENT

L. Horalsky, I. Sokulskii, O. Kovalchuk, I. Horalska FEATURES OF PANCREAS STRUCTURE IN CLINICALLY HEALTHY DOGS AND CATS	7
E. Shnurenko, A. Studenok, V. Karpovskiy, V. Trokoz, R. Postoi INFLUENCE OF TONE OF AUTONOMOUS NERVOUS SYSTEM ON GROWTH INTENSITY IN CHICKENS	14
O. Vasenko, I. Zinchenko, K. Tsytlshvili, V. Bikasov RESEARCH OF METHODS OF INACTIVATION OF THE ANTIBIOTIC CYPROFLOXACIN IN ORDER TO PREVENT ENVIRONMENTAL POLLUTION AND PROTECT HUMAN HEALTH ...	19
L. Horalskyi, O. Dunaievska, N. Kolesnik, I. Sokulskyi, I. Horalska CYTO- AND HISTOMETRY OF RUMINANTIA'S AND HORSES MESENTERIAL LYMPH NODES ..	26
V. Moldovan, Zh. Moldovan, S. Sobchuk INFLUENCE OF SOWING TIMES AND SOWING RATES ON BIOMETRIC INDICATORS OF SOYBEAN VARIETIES WITH DIFFERENT VEGETATION PERIOD	32
L. Kvasnitska COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF CROPS ROTATIONS WITH DIFFERENT SATURATION OF OILSEEDS IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE	40
O. Sydiakina, V. Dvoretzkyi PRODUCTIVITY OF WINTER WHEAT DEPENDING ON FOOD BACKGROUNDS IN THE CONDITIONS OF WESTERN POLISSIA	45
O. Gurmanchuk, N. Plotnytska, O. Nevmerzhytska, I. Pavliuk, T. Tymoshchuk, L. Bondareva CONTROL OF WEED COMPONENT IN MAIZE CROPS WHEN APPLYING POSTEMERGENT HERBICIDES	53
V. Levytska, A. Mushynskyi, A. Berezovskyi RODENTS AS A PERSISTENT SOURCE OF TICK-BORNE DISEASES	59
L. Romanchuk, V. Ustymenko, P. Didenko, V. Badzian DETERMINATION OF THE MAIN INDICATORS OF SPECIES DIVERSITY IN "DREVLANSKY" NATURE RESERVE'S FORESTS	65
N. Bublienko, O. Semenova, O. Lavryniuk METHANE FERMENTATION OF PIG STOCK	74
M. Kambur, A. Zamazij CHANGING THE RATIO OF FEED IN THE DIET – A TECHNOLOGICAL WAY TO INCREASE SCAR FERMENTATION AND PRODUCTIVITY OF ANIMALS	80
S. Kulman DIGITALIZATION OF PRODUCTS - UNIQUE OFFER TO ATTRACT CUSTOMERS AND EXPAND SALES MARKET	88
D. Derevyanko, V. Polischuk, E. Sukmaniuk, O. Derevyanko THE EFFECTS OF THE WORKING ORGANS OF A VIBRATORY SEPARATOR ON WINTER WHEAT AND RYE DAMAGE AND QUALITY	98
V. Karetin KINEMATIC STUDY OF THE STANDARD LAYOUT CIRCUIT OF THE INERTIA MODULE	104
E. Aliiev, O. Aliieva, R. Malegin TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL PROVISION OF COMPLEX WASTE PROCESSING OF PLANT RAW OIL CULTURES IN FOOD FOR ORGANIC ANIMALS	112
M. Volokha INCREASING SUGAR BEET FEEDSTOCK QUALITY THROUGH INTENSIFICATION OF ROOT CLEANING AT HARVESTING	120
M. Dovzhik, A. Kalnaguz, Yu. Sirenko CURVILINEAR MOVEMENT OF A FOUR-WHEEL MACHINE USING A SATELLITE NAVIGATION SYSTEM	126
I. Verbuch, O. Medvid DAIRY BEEF PRODUCTION OF DIFFERENT GENOTYPES	136
V. Kyryliuk, T. Tymoshchuk, H. Kotelnytska, V. Barladiuha, D. Dolid SUPPLIES OF PRODUCTIVE MOISTURE AND YIELDING CAPACITY OF CROPS ROTATION DEPENDING ON THE SYSTEMS OF BASIC TILLAGE AND FERTILIZING	141
RULES FOR AUTHORS.....	149

UDC 628.35, 628.385, 628.381

METHANE FERMENTATION OF PIG STOCK

N. Bublienکو¹, O. Semenova¹, O. Lavryniuk²

Article info

Received
27.04.2020

Accepted
24.06.2020

¹ National
University
of Food
Technology
68, Volodymyrska
Str., Kyiv,
01601, Ukraine

² Zhytomyr
National
Agroecological
University
7, Saryi Blvd,
Zhytomyr,
10008, Ukraine

E-mail: 3110nb@
gmail.com;
olena.semenova07
@gmail.com

Bublienکو, N., Semenova, O., Lavryniuk, O. (2020). Methane fermentation of pig stock. Scientific Horizons, 07 (92), 74–79. doi: 10.33249/2663-2144-2020-92-7-74-79.

Pig farms are a significant source of environmental pollution, since their activity is accompanied by the generation of large volumes of concentrated waste and wastewater. Particularly dangerous for the environment are sewage effluents, which are characterized by a high content of contaminants. Therefore, it is urgent to solve the problem of biotechnological utilization of liquid waste of pig farms, which, through the use of biogas, would not only improve the local environmental situation, but would also be economically viable.

The purpose of the work is to study modern methods of ecological biotechnology, namely methane fermentation of manure waste from pig farms. This will solve the problem of wastewater disposal, while ensuring the production of a significant amount of biogas and of fermented biomass, which is a fertilizer.

The authors determined that the slurry is subjected to continuous methane fermentation at a temperature of 45°C. Methane digestion of the substrate with a moisture content of 96,1; 93,8 and 91,12 % were carried out at the dilution rates of $4,2 \cdot 10^{-3}$, $5,0 \cdot 10^{-3}$, $6,3 \cdot 10^{-3} \text{ h}^{-1}$.

The amount of biogas synthesized per unit of dry matter loaded (DM_{loaded}) depends largely on concentration and dilution rate. The maximum production of biogas ($220 \text{ dm}^3/\text{kg } DM_{loaded}$) was recorded at a dilution rate of $4,2 \cdot 10^{-3} \text{ h}^{-1}$.

The methane content of biogas was 70–78 % depending on the substrate concentration and process conditions, which testifies to its full use as fuel. The pH of the culture fluid ranged from 7,5 to 8,5 and did not require artificial regulation.

Reducing the intensity of the process of purification by chemical oxygen demand (COD) has a direct dependence on the substrate moisture and reversed the speed of dilution. The highest purification efficiency (88,92 %) was achieved when the substrate was digested with maximum humidity (96,1 %) and the lowest dilution rate ($4,2 \cdot 10^{-3} \text{ h}^{-1}$).

The following forms of vitamins of the cobalamin group have been found in fermented biomass: B_{12} and factor III, which are active forms of the vitamin, and factor B is inactive, with a large number of them. The total content of vitamins largely depends on the characteristics of the substrate (type and concentration of pollutants), fermentation parameters, etc. and ranges from 21,23 to 43,74 mg/kg DM.

Keywords: methanogenesis, continuous mode, biotransformation, biogas, vitamins, fertilizers.

МЕТАНОВА ФЕРМЕНТАЦІЯ СТОКІВ СВИНОФЕРМ

Н. О. Бублієнко¹, О. І. Семенова¹, О. О. Лавринюк²

¹Національний університет харчових технологій
вул. Володимирська, 68, м. Київ, 01601, Україна

²Житомирський національний агроекологічний університет
бульвар Старий, 7, м. Житомир, 10008, Україна

Свинокомплекси є значним джерелом забруднення навколишнього природного середовища, адже їх діяльність супроводжується утворенням значних обсягів гнойових стоків з високим вмістом забруднювальних компонентів. Вирішення проблеми біотехнологічної утилізації рідких відходів свиноферм сприяло б покращенню не лише екологічної ситуації, але і було б економічно вигідним.

Метою роботи було дослідження сучасних методів екологічної біотехнології, а саме метанової ферментації гнойових стоків свиноферм для отримання біогазу та збродженої біомаси у якості добрива.

Встановлено, що гнойові стоки піддаються метановій ферментації у безперервному режимі, при температурі 45°C. Метанове збродження субстрату вологостями 96,1; 93,8 та 91,12 % здійснювали при швидкостях розбавлення $4,2 \cdot 10^{-3}$, $5,0 \cdot 10^{-3}$, $6,3 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$.

Кількість біогазу, синтезованого з одиниці завантаженої сухої речовини ($CP_{\text{завант}}$) значно залежить від концентрації та швидкості розбавлення. Максимальне продукування біогазу ($220 \text{ дм}^3/\text{кг } CP_{\text{завант}}$) зафіксовано при швидкості розбавлення $4,2 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$.

Вміст метану в біогазі становив 70–78 % залежно від концентрації субстрату та умов здійснення процесу, що свідчить про повноцінність використання його як палива. рН культуральної рідини коливалося в межах 7,5–8,5 і не потребувало штучного регулювання.

Зниження інтенсивності процесу очищення за хімічним споживання кисню (ХСК) має пряму залежність від вологості субстрату та обернену від швидкості розбавлення. Найбільша ефективність очищення (88,92 %) досягнута при збродженні субстрату з максимальною вологістю (96,1 %) та найменшій швидкості розбавлення ($4,2 \times 10^{-3} \text{ год}^{-1}$).

У зброженій біомасі було виявлено такі форми вітамінів кобаламінової групи: B_{12} і фактор III, що є активними формами вітаміну, а також фактор В – неактивна. Загальний вміст вітамінів значно залежить від характеристик субстрату (типу і концентрації забруднювальних речовин), параметрів ферментації тощо і коливається від 21,23 до 43,74 мкг/г СР.

Ключові слова: метаногенез, безперервний режим, біотрансформація, біогаз, вітаміни, добрива.

Вступ

Біотехнологічна переробка відходів сільського господарства, харчової та переробної промисловості повинна забезпечувати не лише вирішення екологічних проблем, але й бути економічно виправданою. Особливо це є важливим при розробленні технологій утилізації відходів свиноферм, кількість яких, а також концентрація забруднювальних речовин в них, є дуже значними (Makara & Kowalskib, 2018; Rexasa et al., 2020).

Такі великі обсяги стоків пояснюються високими нормами водоспоживання на одну голову худоби: 15 $\text{дм}^3/\text{добу}$ (свині на відгодівлі), 25 $\text{дм}^3/\text{добу}$ (свиноматки дорослі), 60 $\text{дм}^3/\text{добу}$ (свиноматки з приплодом), суттєвими витратами води для видалення гною (від 1,5 до 25 $\text{дм}^3/\text{добу}$ на тварину, залежно від використовуваної системи видалення) тощо (Svynarski ..., 2005).

Особливістю стічних вод свинокомплексів є

висока концентрація в них органічних речовин і надзвичайно високий вміст сполук азоту. Гнойові стоки містять екскременти тварин різних статевовікових груп, залишки підстилкового матеріалу і корму, лікарські препарати, інсектициди, гормони для лікування й стимуляції росту свиней, речовини для дезінфекції й дезінсекції приміщень утримання худоби.

Склад стоків залежить не лише від типу годівлі свиней (концентратний чи комбінований), але також особливостей технології утримання худоби. Хімічний склад стоків наведено у таблиці 1 (Yaremchuk et al., 2012). Значення показників загального мікробного числа ($27,0 \times 10^6$ – $20,1 \times 10^9$), колі-титру (10^{-8} – 10^{-10}) та титру ентерокока (10^{-7}) свідчать про високу бактеріальну забрудненість гнойових стоків свиноферм, що обмежує їх використання як добрив та потребує спеціальної обробки (Yaremchuk et al., 2012).

Таблиця 1. Хімічний склад стоків свинарських підприємств за різних типів годівлі, %

Показник	Концентратний тип годівлі		Комбінований тип годівлі	
	свиноматки (підсисні)	молодняк на відгодівлі	свиноматки (підсисні)	молодняк на відгодівлі
Вологість	94,3	93,83	90,10	93,10
Сухі речовини	5,70	6,20	9,90	6,90
Протеїн	18,42	21,63	10,03	11,22
Клітковина	18,80	22,63	25,10	26,10
Жир	3,63	4,30	2,60	1,80
Зола	21,20	19,53	16,42	17,16

Найчастіше такі гнойові стоки скидають у гноєсховища, де їх витримують протягом 8–12 місяців, після чого зазвичай використовують на сільськогосподарських угіддях як добриво.

При витримуванні гнойових стоків у гноєсховищах відбувається випаровування рідини, фільтрування в ґрунт, а також самовільне природне метанове бродіння. Це зумовлює неконтрольоване виділення в атмосферне повітря небезпечних сполук, речовин з неприємним запахом, парникових газів (аміак, сірководень, меркаптани, метан, вуглекислий газ тощо) (Fridrich et al., 2014; Pramod et al., 2016). Ці викиди є неорганізованими, очищення їх зорганізувати технічно складно, тому для захисту жителів прилеглих територій та працівників свиногомплексу необхідне обов'язкове дотримання розмірів санітарно-захисної зони, прийнятої для підприємств такого профілю, що не завжди виконується.

Також використання гноєсховищ супроводжується значним забрудненням ґрунтів і ґрунтових вод усіма компонентами стоків, сприяє розповсюдженню шкідливих і небезпечних видів флори і фауни.

Суттєвим є також те, що водночас

втрачаються корисні компоненти гнойових стоків, які можливо раціонально використати, перш за все, для отримання цінного енергопалива – біогазу.

Біогаз складається переважно із метану (CH_4), діоксиду карбону (CO_2) та незначної кількості сірководню, водню, меркаптанів. Співвідношення між основними компонентами (метан:діоксид карбону) може становити від 50:50 до 80:20, залежно від особливостей здійснення метанової ферментації, субстрату, що зброджується тощо (Pipatmanomaia et al., 2009).

Завдяки високому вмісту метану, біогаз використовується як альтернативне джерело енергії (O'Shea et al., 2017). Його або спалюють для отримання теплової енергії, або отримують електричну енергію, яку продають за «зеленим тарифом» (Henning et al., 2014; Hengeveld et al., 2016). Останнє є найефективнішим з огляду на економічні показники (Börjesson & Ahlgren, 2012).

Така технологія є не лише екологічно, але і економічно виправданою, про що свідчать прискорені темпи будівництва біогазових установок, у тому числі, в Україні (таблиця 2) (Derzhavne agentstvo ..., 2020).

Таблиця 2. Динаміка зростання біогазових потужностей в Україні (що працюють за «зеленим тарифом»)

Роки	Кількість біогазових установок,		Встановлені потужності, МВт	
	сільськогосподарська сировина	з полігонів твердих побутових відходів	сільськогосподарська сировина	з полігонів твердих побутових відходів
2012	—	7	—	7
2013	2	7	7	7
2014	3	7	8	7
2015	5	7	11	7
2016	6	7	14	7
2017	9	12	23	11
2018	13	20	28	18
2019 (III квартал)	20	25	47	23

Тому метою роботи було дослідження методів екологічної біотехнології, а саме метанової ферментації гнойових стоків свиноферм, що дасть можливість отримання із відходів біопалива для заміни вичерпних джерел енергії та збродженої біомаси, збагаченої цінними біокомпонентами (Corbala-Robles et al., 2018; Ghirardinia et al., 2020).

Матеріали та методи дослідження

Дослідження проводили щодо утилізації гнойових стоків свиноферм із використанням метанової ферментації на кафедрі екологічної безпеки та охорони праці Національного університету харчових технологій.

Метанову ферментацію гнойових стоків свиноферм здійснювали у лабораторній установці, що складалась із метантенка (об'єм 2 дм³) і водяного газгольдера. Метантенок розміщувався у термостаті для забезпечення температури 45 °С (початкові значення термофільного режиму бродіння).

Біогаз накопичувався у водяному газгольдері. Кількість біогазу реєстрували за кількістю рідини, що витіснає біогазом із газгольдера у приймальну колбу. Вміст основних компонентів визначали прискореним методом шляхом пропускання біогазу через 10 %-ний розчин натрію гідроксиду.

Показник рН визначався портативним рН-метром лабораторним рН-305.

Для визначення основних показників процесу використовували стандартні методики (Muravev, 2010; Semenova & Bublienکو, 2019).

Результати досліджень та обговорення

Гній свинокомплексів завантажували у біореактор об'ємом 2 дм³, в якому відбувалася

метанова ферментація. Субстрат подавався за допомогою саморегульованої системи, причому його кількість відповідала кількості культуральної рідини, що безперервно виводилась із апарату за допомогою перистальтичного насоса. Тобто, бродіння здійснювали у безперервному режимі. Для досліджень був використаний анаеробний активний мул із Юзефо-Миколаївської біогазової станції (Вінницька обл.).

Безперервний режим бродіння дає можливість здійснювати процес у стабільних умовах, регулювати параметри ферментації та отримувати цільові продукти з необхідними, заздалегідь визначеними, властивостями. Також важливою є можливість автоматизації процесу.

Температура метанової ферментації відповідала початковому значенню термофільного режиму – 45 °С, що, забезпечуючи достатню швидкість та ефективність процесу, не є надто енерговитратним.

Хід процесу контролювався за такими параметрами: температура, рН, вміст сухих речовин (СР), хімічне споживання кисню (ХСК), кількість біогазу, вміст метану в ньому, якісний та кількісний склад вітамінів кобаламінової групи, ефективність очищення.

Метанове зброджування субстрату з вологістю 96,1; 93,8 та 91,12 % здійснювалося при швидкостях розбавлення $4,2 \cdot 10^{-3}$, $5,0 \cdot 10^{-3}$, $6,3 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹.

У таблиці 3 наведені основні показники метанового бродіння гнойових стоків (об'єм біогазу в перерахунку на завантажені (СР_{завант}) та зброджуванні (СР_{збродж}) сухі речовини, ефективність очищення за ХСК) залежно від вологості та швидкості розбавлення.

Таблиця 3. Показники процесу безперервного метанового бродіння при різних швидкостях розбавлення та вологістю субстрату

Вологість субстрату, %	Швидкість розбавлення, $D \cdot 10^{-3}$ год ⁻¹	Об'єм біогазу, дм ³ /кг СР _{завант}	Об'єм біогазу, дм ³ /кг СР _{збродж}	Ефективність очищення за ХСК, %
96,1	4,2	202	477	88,82
	5,0	204	493	87,84
	6,3	215	551	86,76
93,8	4,2	220	524	83,09
	5,0	210	530	82,19
	6,3	193	672	80,82
91,12	4,2	197	510	81,09
	5,0	186	519	80,21
	6,3	156	620	78,74

Згідно з даними таблиці 3, кількість біогазу, синтезованого з одиниці завантаженої сухої речовини, в значній мірі залежить від концентрації та швидкості розбавлення. Максимальне продукування біогазу ($220 \text{ дм}^3/\text{кг СР}_{\text{завант}}$) зафіксовано при швидкості розбавлення $4,2 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$. Після цього спостерігається зниження інтенсивності синтезу біогазу. Це вказує на те, що існує деякий поріг концентрації забруднювальних компонентів та швидкості розбавлення, за яким ефективність метанової ферментації знижується. Тобто відбувається пригнічення процесу надмірною кількістю субстрату та продуктами його неповного розкладу (наприклад, леткими жирними кислотами).

Розрахунки виходу біогазу на одиницю зброджених сухих речовин субстрату свідчать, що найкращі результати газогенерації досягнуті при збродженні субстратів різної вологості з максимальною швидкістю розбавлення. Так, найбільший вихід біогазу ($672 \text{ дм}^3/\text{кг СР}_{\text{збродж}}$) отримано при вологості 93,8 % та швидкості розбавлення $6,3 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$.

Вміст метану в біогазі становив 70–78 % залежно від концентрації субстрату та умов здійснення процесу. рН культуральної рідини коливалось в межах 7,5–8,5 та не потребувало

штучного регулювання, адже у разі незначних змін параметрів система здатна до саморегулювання.

Найбільша ефективність очищення (88,92 %) досягнута при збродженні субстрату з максимальною вологістю (96,1 %) та найменшій швидкості розбавлення ($4,2 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$). Це свідчить про те, що для асоціації анаеробних бактерій найсприятливіші умови для дисиміляції забруднень утворені тоді, коли концентрація забруднень не є критично високою. Це сприяє інтенсивності масообмінних процесів, кращому перемішуванню компонентів культуральної рідини, активній взаємодії бактерій з компонентами субстрату.

Одночасно із очищенням та газогенерацією, при метановій ферментації в результаті життєдіяльності бактерій анаеробного активного мулу, утворюються біологічно активні речовини. Особливо цікавим є накопичення деяких вітамінів кобаламінової групи.

У збродженій біомасі було виявлено такі форми цих вітамінів: B_{12} і фактор III (фІІІ), які є активними формами вітаміну, а також фактор В (фВ) – неактивна форма, причому кількість їх є достатньо великою (табл. 4).

Таблиця 4. Вміст деяких вітамінів у збродженій біомасі

Вологість субстрату, %	Вміст вітамінів, мкг/г СР, при швидкості розбавлення, $D \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$											
	4,2				5,0				6,3			
	всього	фВ	B_{12}	фІІІ	всього	фВ	B_{12}	фІІІ	всього	фВ	B_{12}	фІІІ
96,1	24,39	1,29	6,00	17,10	22,53	1,55	7,37	13,61	21,23	1,66	10,53	9,04
93,8	32,08	2,44	20,24	9,40	30,95	2,51	20,33	8,11	24,72	2,10	16,44	6,18
91,12	43,74	8,09	13,21	22,44	42,37	8,35	19,83	14,19	33,65	6,80	19,75	7,10

Їх загальний вміст значно залежить від характеристик субстрату (типу і концентрації забруднювальних речовин), параметрів ферментації тощо і коливається від 21,23 до 43,74 мкг/г СР. Очевидно, що кількість вітамінів є прямопропорційна концентрації субстрату і обернено пропорційна швидкості розбавлення.

Також характеристики субстрату та режими ферментації суттєво впливають на якісний склад вітамінів кобаламінової групи. Так, кількість активних форм вітаміну переважає та перебуває в межах 19,6–35,65 мкг/г СР. При збільшенні концентрації субстрату до середніх показників, збільшується уміст активних форм вітаміну, однак підвищення швидкості розбавлення

впливає негативно на їх біосинтез, особливо це позначається на факторі ІІІ. Найоптимальніше співвідношення активних і неактивних форм вітаміну отримують при збродженні гнойових стоків вологістю 93,8 % та швидкості розбавлення $4,2 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$.

Також зброджена в цих умовах біомаса містить такі макроелементи, як нітроген, фосфор, калій; вільна від гельмінтів, термочутливих збудників хвороб; насіння бур'янів втрачає здатність до проростання. Тому доцільним є використання збродженої біомаси як добрива у сільському господарстві, для зрошування сільськогосподарських земель, а в перспективі, за умови подальших досліджень, як добавки до корму тварин.

Висновки

1. Встановлено, що метанова ферментація стоків свиногокомплексів забезпечує повну ліквідацію цього виду відходів, водночас супроводжуючись потужною біогазовою генерацією (до 672 дм³ з 1 кг зброджених сухих речовин).

2. Біогаз містить до 78 % горючого газу метану, що робить його високоякісним заміном традиційного палива.

3. Зброджена біомаса, утворювана в процесі метанової ферментації, має комплекс біоактивних компонентів, особливо цінними серед яких є вітаміни кобаламінової групи (вміст активних форм вітаміну досягає 35,65 мкг/г СР), що зумовлює можливість використання її як добрива.

References

- Börjesson, M. & Ahlgren, E. (2012). Cost-effective biogas utilisation – A modelling assessment of gas infrastructural options in a regional energy system. *Energy*, 48 (1), 212–226. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.06.058>.
- Corbala-Roblesa, L., Sastafianaab, W. N. D. & Vanlinden, V. (2018). Life cycle assessment of biological pig manure treatment versus direct land application – a trade-off story. *Resources, Conservation and Recycling*, 131, 86–98. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.12.010>.
- Derzhavne agentstvo z energoefektivnosti ta energozberezhennya Ukrayini. Novini. – URL: <http://sae.gov.ua/uk/news/2270> [in Ukrainian].
- Fridrich, B., Krčmar, D. & Dalmacija, B. (2014). Impact of wastewater from pig farm lagoons on the quality of local groundwater. *Agriculture Water Management*, 135, 40–53. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.12.014>.
- Ghirardinia, A., Grillinia, V. & Verlicchiab, P. (2020). A review of the occurrence of selected micropollutants and microorganisms in different raw and treated manure – Environmental risk due to antibiotics after application to soil. *Science of The Total Environment*, 707, 118–136. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136118>.
- Hengeveld, E. J., Bekkering, J. & van Gemert, W. J. T. (2016). Biogas infrastructures from farm to regional scale, prospects of biogas transport grids. *Biomass and Bioenergy*, 86, 43–52. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.01.005>.
- Henning, H., Krautkremer, B. & Hartmann, K. (2014). Review of concepts for a demand-driven biogas supply for flexible power generation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 383–393. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.085>.
- Makara, A. & Kowalskib, Z. (2018). Selection of pig manure management strategies: Case study of Polish farms. *Journal of Cleaner Production*, 173, 187–195. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.095>.
- Ministerstvo ahrarnoi polityky Ukrainy (2005). Svytnarski pidpriemstva (komplekxy, fermi, mali fermi) [Pig enterprises (complexes, farms, small farms)] (VNTP–APK–02.05). Kyiv [in Ukrainian].
- Muravyev, A. G. (2010). Rukovodstvo po opredeleniyu pokazateley kachestva vody polevymi metodami [Guidance for the determination of water quality indicators by field methods]. Sankt-Peterburg : Krismas [in Russian].
- O'Shea, R., Wall, D. M. & Murphy, J. D. (2017). An energy and greenhouse gas comparison of centralised biogas production with road haulage of pig slurry, and decentralised biogas production with biogas transportation in a low-pressure pipe network. *Applied Energy*, 208, 108–122. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.10.045>.
- Pexasa, G., Mackenziea, S. & Wallace, M. (2020). Environmental impacts of housing conditions and manure management in European pig production systems through a life cycle perspective: A case study in Denmark. *Journal of Cleaner Production*, 253, 120–125. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120005>.
- Pipatmanomaia, S., Kaewluana, S. & Vitidsantb, T. (2009). Economic assessment of biogas-to-electricity generation system with H₂S removal by activated carbon in small pig farm. *Applied Energy*, 86 (5), 669–674. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2008.07.007>.
- Pramod, K., Wenlong, C. & Wang, Yi (2016). Simulating the effects of mesophilic anaerobic and aerobic digestions, lagoon system, and composting on pathogen inactivation. *Ecological Engineering*, 97, 633–641. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.10.047>.
- Semenova, O. I. & Bubliienko, N. O. (2019). Pryrodokhoronni tekhnolohii ta obladnannia: laboratornyi praktykum [Environmental technologies and equipment: laboratory workshop]. Kyiv : NUKhT [in Ukrainian].
- Yaremchuk, O. S., Zakharenko, M. O. & Kovalenko V. O. (2012). Hihienichna otsinka stokiv svynarskykh pidpriemstv za riznoho typu hodivli svynei [Hygienic assessment of effluents of pig enterprises for different types of pig feeding]. *Naukovi dopovidi NUBiP*, 3 (32), 15–26 [in Ukrainian].