

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**ІНСТИТУТ БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА ЗДОРОВ'Я ТВАРИН**

**ФАКУЛЬТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ МЕДИЦИНИ**

**Спеціальність: 211 «Ветеринарна медицина»**

**Спеціалізація: «Лабораторна діагностика хворб тварин»**

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

Зав. кафедри паразитології та

ветеринарно-санітарної експертизи

канд. вет. наук \_\_\_\_\_ Н.М. Зажарська

«   » \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА**

**ВИКОРИСТАННЯ БІОЧАРУ ЯК ЗАСОБУ ДЕТОКСИКАЦІЙНОЇ  
ТЕРАПІЇ В УМОВАХ ЛАБОРАТОРІЇ КАФЕДРИ ХІМІЇ І  
ПРИРОДНИЧИХ НАУК УНІВЕРСИТЕТУ МІСТА ПАРМИ  
(ІТАЛІЯ)**

**26.04 – ДР. 0873 20 05 08. 033. ПЗ**

Студент-дипломник \_\_\_\_\_ О.М.Кілевої

Керівник дипломної роботи

канд. вет. наук, доц. \_\_\_\_\_ Н.М. Зажарська

Консультанти:

з охорони праці

канд. с.-г. наук, доц. \_\_\_\_\_ В.О. Сапронова

з економічних питань

канд. вет. наук, доц. \_\_\_\_\_ В.В. Зажарський

Дніпро – 2020

## ЗМІСТ

Реферат.....	3
Анотація.....	4
Вступ.....	6
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	8
2. ВЛАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	23
2.1. Матеріал і методи досліджень.....	23
2.2. Характеристика лабораторії .....	31
2.3. Результати власних досліджень та їх аналіз.....	37
2.4. Розрахунок економічної ефективності.....	44
3. ОХОРОНА ПРАЦІ .....	48
3.1. Аналіз стану охорони праці в умовах лабораторії.....	48
3.2. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....	50
3.3. Пожежна безпека.....	51
4. ВИСНОВКИ, ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	54
5. СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	55
6. ДОДАТКИ.....	64

## Реферат

Дипломна робота на тему «Використання біочару як засобу детоксикаційної терапії в умовах лабораторії кафедри хімії і природничих наук університету Парми» Кілевого Олексія Максимовича становить 68 сторінок друкованого тексту і включає 7 таблиць, 10 рисунків, 2 додатки та 68 джерел використаної літератури латинницею.

Мета дипломної роботи – оцінити можливість використання біочару як засобу детоксикаційної терапії в умовах лабораторії кафедри хімії і природничих наук Університету м. Парми (Італія).

Найбільший вміст обмежених сполук (81, 9%) і найменший вміст золи (18,1%) містив біочар А3 з деревних гранул. Найбідніший за кількістю макро- і мікроелементів виявився біочар А3 (з деревних гранул), що робить доцільним використання даної добавки при збалансованому раціоні тварин. Найвищий вміст заліза відмічено у біочарах нерослинного походження (А1 – 5,7 г/кг, А2 – 2,1 г/кг), що у 11,4 і 4,1 раза відповідно менше, ніж у біочарі А3. Найбагатший за міддю виявився біочар А2 (з посліду птиці) – 262,1 мг/кг, що в 3,5 і 18,2 раза більше, ніж у біочарів А1 і А3 відповідно.

Після застосування коровам м'ясного напрямку біочару А1 протягом 98 днів в кількості 0,6% від раціону підвищився приріст маси на 25%. Виявлено зниження захворюваності на мікотоксикози порівняно з контрольною групою. Застосування біочару А2 в кількості 1% від маси тіла у овець призвело до збільшення приросту маси тварин на 20%. Застосування біочару А3 на птиці призвело до підвищення маси яєць на 5%.

За результатами досліджень опубліковані тези «Використання біочару у ветеринарній медицині» у збірнику актуальні аспекти біології тварин, ветеринарної медицини та ветеринарно-санітарної експертизи: матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції викладачів і студентів (м. Дніпро, 6-7 травня 2020 р.). – Дніпро, 2020. – 170 с. С. 120–121. (додаток 1).

## АНОТАЦІЯ

Кілевої О.М., МГВМ 3-18. Тема дипломної роботи: «Використання біочару як засобу детоксикаційної терапії в умовах лабораторії кафедри хімії і природничих наук університету Парми».

Досліджували 3 проби біочару: з анаеробного дигестату, курячого посліду та деревних гранул. Був визначений фізико-хімічний склад та особливості трьох експериментальних біочарів А1, А2, А3. Проводили експеримент на трьох видах тварин: корови м'ясного напрямку, вівці та птиця.

Після застосування коровам м'ясного напрямку біочару А1 протягом 98 днів в кількості 0,6% від раціону підвищився приріст маси на 25%. Виявлено зниження захворюваності на мікотоксикози порівняно з контрольною групою. Застосування біочару А2 в кількості 1% від маси тіла у овець призвело до збільшення приросту маси тварин на 20%. Застосування біочару А3 на птиці призвело до підвищення маси яєць на 5%.

**Ключові слова:** біочар, електронна мікроскопія, каталітичний риформінг, харчова добавка, мікотоксини, мікроелементи, макроелементи.

## ANNOTATION

Kilevoi O.M. MrBM 3-18. : "The use of biochar as a means of detoxification therapy in the laboratory of the Department of Chemistry and Natural Sciences, University of Parma"

3 samples of biochar: from anaerobic digestate, chicken manure and wood pellets was studied. The physicochemical composition and features of three experimental biochars A1, A2, A3 were determined. The experiment was performed on three species of animals: cattle, sheep and poultry.

Weight gain increased by 25% after 98 days of the A1 biochar feeding. 0.6% of biochar from daily intake of fed was used. A decrease in the incidence of mycotoxicosis compared with the control group. The use of biochar A2 in the amount of 1% of body weight in sheep led to an increase in animal weight by 20%. The use of A3 biochar on poultry led to an increase in egg weight by 5%.

**Key words:** biochar, electron microscopy, catalytic reforming, food additive, mycotoxins, microelements, macroelements.

## ВСТУП

Біочар, тобто обвуглена біомаса, схожа на деревне вугілля, застосовується в медичному лікуванні тварин протягом багатьох століть [56]. Починаючи з 2010 року, фермери все частіше використовують біочар як звичайну добавку до кормів для поліпшення здоров'я тварин, підвищення ефективності споживання поживних речовин і, отже, продуктивності. Коли біочар збагачується органічними сполуками, багатими азотом, під час процесу перетравлення, біологічні залишки стають більш цінним органічним добривом, що призводить до менших втрат поживних речовин [80]. Вчені лише нещодавно почали досліджувати різні методи отримання біочару, і тому більшість опублікованих результатів по годівлі біочаром заснована на емпіричних дослідженнях. Огляд наукових публікацій на тему біочару дозволяє отримати початкові уявлення, обговорити потенційні механізми спостережень та визначити важливі прогалини в знаннях та майбутні наукові потреби.

Рідкісні негативні ефекти були виявлені щодо іммобілізації ліпозчинних кормових інгредієнтів (наприклад, вітаміну Е або каротиноїдів), які можуть бути підставою для обмеження тривалого годування біочарами. Виявлено, що в більшості наукових робіт не досліджували систематично властивості біочару (що може сильно відрізнитися) та дозування, що є головним недоліком для узагальнення результатів. Використання біочару як кормової добавки має потенціал для покращення здоров'я тварин, ефективності кормів для тварин, зменшення втрат поживних речовин та викидів парникових газів. У поєднанні з іншими передовими методами, підгодовування біочаром може, таким чином, потенційно покращити стан тваринництва.

## **Мета і завдання**

Мета дипломної роботи – оцінити можливість використання біочару як засобу детоксикаційної терапії в умовах лабораторії кафедри хімії і природничих наук Університету м. Парми (Італія)

Для виконання мети були поставлені такі завдання:

1) провести дослідження фізико-хімічних характеристик біочарів виготовлених за технологією каталітичного риформінгу з різної сировини: з анаеробного дигестату (біочар А1), курячого посліду (А2), деревних пелетів (А3).

2) визначити мікро та макроелементний склад кожного біочару;

3) дослідити мікроструктуру біочарів за допомогою електронної мікроскопії;

4) визначити вплив на тварин біочару різного походження в якості кормової добавки та проаналізувати результати.

## 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Біочар виробляється шляхом піролізу з різних типів біомаси в термічному процесі з низьким вмістом кисню при температурі від 350 до 1000 °C [12]. Використовуючи водяну пару або CO<sub>2</sub> за температури вище 850 °C або хімічні сполуки, такі як фосфорна кислота та хлорид калію, біочар проходить процес активації, в результаті чого отримують біовуглець (тобто активоване вугілля) [19]. При виробництві з чистої стеблової деревини формується тверда фаза пірогенного процесу, відома як деревне вугілля. Біочар, активоване вугілля та вугілля можна вважати пірогенними вуглецевими матеріалами.

Термін «біочар» означає, що він використовується для будь-яких цілей, не пов'язаних з його швидкою мінералізацією до CO<sub>2</sub> (наприклад, спалювання) [12]. У більш широкому розумінні термін «біочар» означає його передбачуване, тривале перебування в наземному середовищі або як добриво для ґрунту [60]. Оскільки біочарове вугілля розкладається набагато повільніше, ніж оригінальна біомаса, застосування та використання біочару підвищує склад вуглецю в ґрунті принаймні на століття [67, 43, 65]; і тому є перспективною технологією без викидів (IPCC, 2018).

Під час першого десятиліття сучасних досліджень, узагальнених у [43], біочар був випробуваний як добриво для ґрунту, який застосовувався у ґрунтах у великих кількостях (> 10 т / га), виявляючи незначні та великі збільшення врожаю для безлічі посівів не лише в тропіках, але й в помірному кліматі [24]. Нещодавно було виявлено (повторно), що змішування біочару з органічними добавками, такими як гній, сеча великої рогатої худоби або компост, може значно збільшити врожайність в більш широкому спектрі різноманітного клімату та ґрунтів [62, 31, 17, 58].

Оскільки якісний біочар нетоксичний, а отже, навіть придатний до застосування в якості харчової добавки [12]. Це, очевидно, сприятливе поєднання органічних залишків з біочаром спонукало дослідників та швидко зростаючу кількість практикуючих вчених проводити випробування, де



біочар був не тільки змішаний з гноєм, але також містився як внесок у системи тваринництва. Поширене додавання біочару до силосу, кормів, підстилкового матеріалу та рідких гнійних ям продемонструвало, що біочар можна використовувати в каскадах.

На додаток до прямих переваг для тваринництва, як це детально обговорюється нижче, ефективність біочару посилюється шляхом додавання органічних поживних речовин, що збільшує економічну доцільність застосування біочару, забезпечуючи при цьому екологічний ефект за каскадним шляхом. У поєднанні з силосом біочар може знизити утворення мікотоксину, зв'язувати пестициди, пригнічувати утворення масляної кислоти та збільшувати кількість молочних бактерій [6]. Фермери зауважили, що при поєднанні біочару із соломою чи пилом при 5–10% зменшуються захворювання копит та запахи [51].

Крім того, фермери повідомили, при додаванні 0,1% біочару у рідку гнійну яму, спостерігається зниження запахів та втрата поживних речовин [59, 31]. Протягом цих каскадів біочар збагачується органічними поживними речовинами та функціональними групами, при цьому ємність обміну катіонів та окислювально-відновна активність збільшується, а рН знижується [27]. Аналізи вказують, що збагачуючи біочар рідинами та органічними поживними речовинами (в травному тракті, підстилка, гнійна яма або шляхом компостування), внутрішні поверхні пористого біочару покриваються органічним шаром [19, 28]. Це збільшує як ємність для зберігання води, так і місткість обміну поживних речовин [9, 59, 19]. Таким чином, біочар стає більш ефективним для зростання рослин, що сприяє покращенню ґрунту, покращує переробку поживних речовин з органічних залишків тваринництва [31]. Каскадне використання біочару в системах тваринництва також зменшує екологічно шкідливі втрати аміаку шляхом випаровування або нітратів, шляхом вилуговування [48, 4]. і це має потенціал для зменшення викидів парникових газів, наприклад, оксиду азоту ( $N_2O$ ) [31,

4] або метану ( $\text{CH}_4$ ) [25]. Проведені дослідження вище - огляди чи мета-аналізи підсумовують переважно наслідки внесення біочару до ґрунту.

Коли в 2012 році почалося каскадне використання біочару, то особливо зацікавилися його додаванням до кормів для тварин у Німеччині та Швейцарії [16]. Саме у цей час і заснувався ринок біочарів у Європі, після чого став значно рости. З тих пір найбільша частка промислового виробництва біочару в Європі продається на корм для тварин, підстилку, обробку гноєм і, відповідно, ґрунт [31, 51, 60]. У 2016 році Європейський фонд біохімічних речовин спеціально представив новий стандарт сертифікації біочару для кормів для тварин [14], щоб забезпечити контроль якості, а також відповідність європейським регламентам щодо кормів для тварин.

При пероральному прийомі було показано, що біочар покращує ефективність засвоювання поживних речовин, має здатність адсорбувати токсини та загалом покращує здоров'я тварин [51]. Після численних ветеринарних праць, опублікованих у минулому столітті, з 2010 р. публікуються наукові дослідження, що стосуються годування біочарами та їх впливу на здоров'я різних видів тварин, ефективність кормів, зараження збудниками хвороб і щодо викидів парникових газів. Таким чином, ми переглядаємо сучасний стан знань щодо використання біочару як добавки до кормів для тварин. Було виявлено систематичні прогалини в науковому розумінні, оскільки досі незрозуміло, чому біочар, як кормова добавка, викликає спостережувані ефекти. Також виділено потенційні побічні ефекти та потенційний вплив на викиди парникових газів, необхідність контролю якості, а також необхідність проведення спеціальних досліджень для усунення прогалин у знаннях.

### **Адсорбція**

Перед тим, як біочар був досліджений і використаний як звичайна кормова добавка для тварин на початку 2010-х, деревне вугілля (тобто біочар, виготовлений з деревини) та активоване вугілля (тобто активований

біочар, що виготовлявся з біомаси [20] вважався ветеринарним препаратом для боротьби з порушенням травлення та отруєннями. Деревне вугілля було відоме протягом багатьох століть як засіб невідкладного лікування при отруєннях. Біочар і досі застосовується через високу адсорбційну здатність до різних токсинів, таких як: мікотоксини, рослинні токсини, пестициди, а також токсичні метаболіти або патогени.

Розглядається адсорбційна терапія, яка використовує активований біочар як неперетравлюваний сорбент - один з найважливіших засобів запобігання шкідливим або смертельним наслідкам перорального прийому токсинів.

З точки зору токсикології, більшість ефектів біочару базуються на одному або декількох з наступних механізмів: селективна адсорбція деяких токсинів, таких як діоксини, адсорбція кормових речовин, що містять токсин; адсорбція, супроводжувана хімічною реакцією, що знищує токсин та здійснює десорбцію раніше адсорбованих речовин на подальших стадіях травлення [16]. Однак класифікацію відмінностей біочарів потрібно проводити в залежності від часу та частково одночасних процесів адсорбції, біотрансформації, десорбції та екскреції токсичних речовин у всіх відділах травної системи тварин.

Описано вплив активованого вугілля на бактерії та їх токсини в шлунково-кишковому тракті як:

1. Адсорбція білків, амінів та амінокислот.
2. Адсорбція ферментів травного тракту, а також адсорбція бактеріальних екзоферментів.
3. Зв'язування рухливих мікробів за допомогою хіміотаксису.
4. Селективна колонізація біочару з грамнегативними бактеріями може призвести до зменшення вивільнення ендотоксину, оскільки ці токсини можуть бути безпосередньо адсорбовані біочаром при відмиранні грамнегативних бактерій.

Ще однією важливою перевагою використання біочару є його "ентеральний діаліз", тобто вже адсорбовані ліпофільні та гідрофільні токсини можуть бути виведені з крові плазмою за допомогою біочару, так як адсорбційна потужність величезної площі поверхні біочару взаємодіє з властивостями проникності кишечника. Виявлено різні механізми, за допомогою яких біочар може усунути токсини з організму.

По-перше, біочар може перервати так званий ентеропечінковий кровообіг токсичних речовин між кишечником, печінкою та жовчю. Він запобігає потраплянню в жовч таких сполук, як естрогени та прогестагени, дигітоксин, органічна ртуть, сполуки миш'яку та індометацин.

По-друге, такі сполуки, як дигоксин, які активно секретуються в кишечник, можуть там адсорбуватися. По-третє, такі сполуки, як петидини можуть бути адсорбовані біочаром, який пасивно дифундує в кишечник.

В-четверте, біочар може містити сполуки, які дифундують уздовж градієнта концентрації між кров'ю в кишечнику та первинною сечею.

### **Повторна активність кормових добавок на основі біочару**

Хоча адсорбційна здатність є найбільш помітною функцією біочару для пояснення його позитивного впливу при згодовуванні тваринам, адсорбція сама по собі не може пояснити всі явища які спостерігаються в експериментах з годуванням біочаром. Ще одна головна, але все ще широко недооцінена функція біочару - це його відновна активність. Біочари діють як так звані геобатарії та геопровідники, які можуть приймати, зберігати та опосередковувати електрони з біохімічних речовин реакції та для біохімічних реакцій. (ВС та ін., 2017). Біочари, виготовлені за низької температури (НТТ 400–450 °С) функціонують як геотехнічні речовини в основному завдяки їх фенольним і хіноновим поверхневим групам. Біочари, виготовлені за високої температури (НТТ > 600 °С), з іншого боку, є хорошими електричними провідниками. Завдяки обом цим якостям, як вироблені за високою, так і за низькою температурою біочари, можуть діяти в біотичних та абіотичних

окислювально-відновних реакціях як електронні медіатори [63, 22, 28, 46, 32, 36].

Біочар може приймати і віддавати електрони, як, наприклад, у мікробних паливних елементах, де може бути активований біочар, який використовується як анод і як катод [50, 38]. Однак електропровідність біочару не базується на безперервному потоку електронів, як у мідному дроті, вона базується на безперервних стрибках електронів, що має важливе значення для функціонування біочару як мікробного електронного медіатору або так званого електронного човна, що полегшує навіть міжвидові перенесення електронів [7]. Через порівняно великий розмір частинок біочару, ємність переносу електронів з вуглецевих матриць біочару може призвести до обміну електронами на значні відстані, що забезпечує більш широкий доступ до альтернативних акцепторів, наприклад, як у мінералів для безкисневого мікробного дихання. Під час мікробного розпаду органічних речовин у шлунково-кишковому тракті, а особливо в анаеробному рубці, травні мікроби потребують кінцевого електрону, акцептору для позбавлення від надлишків електронів, що накопичуються під час деградації органічної молекули. Оскільки електрони не існують у вільному стані в навколишньому середовищі, умови не можуть бути дотримані у достатній кількості клітини, організму і завжди залежать від наявності обох донорів електронів (наприклад, метаболізованої органічної речовини) і акцептору, на який можуть бути передані електрони зарядки. Зазвичай це відбувається в так званих окислювально-відновних реакціях, де молекули або атоми, які віддають електрон, пов'язані між собою через електрохімічні реакції з молекулами або атомами, які приймають електрон. Щоб дозволити цей перенос електронів, ці хімічні або біохімічні окислювально-відновні реакції зазвичай мають відбуватися на невеликій (молекулярній) відстані [57]. Зв'язок реакцій, що передають електрони, і реакцій, що приймають електрон, може, однак, бути пов'язаний з так званими електронними медіаторами або електронними човниками. Ці

медіатори електронів можуть поглинути електрон з хімічно реагуючої молекули, твердої інтерфази або мікроорганізму і замістити його іншою молекулою, атомом, твердою інтерфазою або мікроорганізмом. Добре відомі та досліджені сполуки, що опосередковують електрон, включають тіонін, дубильні речовини, метил синій або хінон, демонструючи порівняльну здатність гумінових речовин і біочару [46, 3, 36].

Добре збалансований раціон для тварин повинен містити багато електронних медіаторних субстанцій. Однак у високоенергетичних дієтах, що застосовуються в інтенсивному тваринництві, постачання речовин, що переносять електрон, часто недостатнє [61]. Коли додаються інертні або інші нетоксичні електронні медіатори, такі як біочар або гумінові речовини до високоенергетичного живлення, окисно-відновні реакції можуть відбуватися ефективніше, що у свою чергу може призвести до підвищення ефективності споживання корму [46, 45]. Біочар, зокрема, може виступати як одноосібним електронним посередником, так і синергетичним електронним медіатором, що підвищує ефективність інших медіаторів [32].

Всередині шлунково-кишкового тракту поліпшуються майже всі реакції мікроорганізмів (переважно бактерій, архей та війок). У межах цих реакцій бактеріальні клітини можуть переносити електрони в біоплівки або через біоплівки до інших кінцевих акцепторів електронів [54, 39]. Однак біоплівки є досить поганим електричним провідником, їх електроприймальна ємність низька.

Отже, мікробні окислювально-відновлювальні реакції можна оптимізувати електронними човниками, такими як гумінові кислоти або активований біочар, електропровідність якого в 100-1000 разів вище, ніж у біоплівки [1, 46, 56]. Хоча провідність неактивованого біочару є нижчою порівняно з активованим біочаром, було показано, що він може ефективно передавати електрони між бактеріальними клітинами [7].

Було виявлено, що бактерії віддають електрон на частинку біочару в той час як інші бактерії різних видів приймають електрон на іншому місці в

такої ж частинки біочару. Біочар діє тут як "акумулятор" (або електронний буфер), що можна заряджати та скидати, залежно від потреби біохімічної (мікробіологічної) реакції [29]. Більше того, біочар може бути тимчасово окислений або зменшений мікробами (тобто, біочар виснажений або збагачений електронами), може виступати буфером у ситуації з тимчасовою відсутністю донорів електронів або термінальних акцепторів електронів (окислювально-відновний ефект) [56]. Основна мета годування біочаром тварин - подолати метаболічні окислювально-відновлювальні обмеження шляхом посилення обміну електронами між мікробами та кінцевими акцепторами електронів.

Окислювально-відновлювальна вуглецева основа біочару, а також мінерали, які він містить, такі як залізо (Fe (II) та / або Fe (III)) і марганець (Mn (III) або Mn (IV) мінерали), можуть електрично підтримувати мікробний ріст щонайменше чотирма різними способами: (1) як електрон донор для дихання на основі гетеротрофії, (2) як джерело електронів для автотрофного росту, (3), що дозволяє переносити електрони з клітини і клітину, (4) та як матеріал для збереження електронів. Можна припустити, що уможливлення передачі позаклітинного електрона сприяє більш енергоефективному травленню, що призводить до підвищення ефективності корму, коли вводять активований або неактивований біочар. Більше того, електрохімічні ефекти повинні розглядатися як основний фактор для пояснення можливих зрушень у функціональному розмаїтті мікробних популяцій в травній системі. Prasad TR та ін..[52]. запропонували передати електрони між біочаром і мікроорганізмами. Це, можливо, одна з причин того, що годування біочаром корів може зменшити викиди метану.

Крім того, дуже ймовірно, що біочар має функцію окислювально-відновного колеса в травному тракті, порівнянні з Fe III – Fe II-відновно-відновлювальні колеса. Він може виступати спільно як акцептор електронів, а також донорське з'єднання безпосередньо різних біотичних та абіотичних окислювально-відновних реакцій до змішаних валентних мінералів заліза [12,

27, 53]. Окрім своєї поліароматичної основи, біочар містить, залежно від процесу виробництва, безліч летких органічних сполук (ЛОС) [52]. Деякі з піролітичних ЛОС є сильними акцепторами електронів і можуть діяти як колесо окислювально-відновного типу, подібне до того, як працює хінон. Деякі з цих піролітичних ЛОС часто піддаються окислювальній модифікації під час старіння біочару [8]. Це так звані окислювально-відновлювальні групи (RAM), які роблять внесок у біодеградацію конкретних забруднювачів [66]. Можна припустити, що в травному тракті адсорбується безліч окиснювально-відновних груп на поверхні біочару які можуть виступати як окислювально-відновлювальні прискорювачі для різних мікроорганізмів. Можливо, коли біочар буферує електрони поблизу поверхневих груп окислювально-відновних речовин, він може забезпечити стійкі мікросередовища з різним окислювально-відновним рівнем рН для різних видів мікроорганізмів [66].

Більше того, біочар адсорбує певні кормові та метаболічні речовини, такі як: дубильні речовини, феноли або тіонін, які також можуть в подальшому підвищити електронну буферизацію частинок біочару під час його проходження через травний тракт [39]. Біочар, деревний оцет (тобто водні розчини конденсованих піролітичних газів) та гумінові речовини можуть діяти як окислювально-відновлювальні речовини [22, 36], що може пояснити, чому годують біочаром, піролітичним оцтом та гуміновими речовинами. Часто виявляють подібні ефекти - змішування біочару з деревним оцтом або гумінові речовини, схоже, підсилює наслідки [64, 15]. Однак, на відміну від обох розчинених органічних речовин, біочар забезпечує високопористий каркас з високою питомою поверхнею, де гуміноподібні речовини або піролітичний оцет може бути адсорбований на тривимірній внутрішньопористій ароматичній вуглецевій поверхні біочару. Завдяки відновлювально-буферному ефекту біочару, змішаний з гуміновими речовинами або деревним оцтом, варіації окислювально-відновного потенціалу можуть бути зведені до мінімуму внаслідок близького



розташування частинок біочару, які могли б підтримувати їх види мікроорганізмів, що знаходять свій оптимум у цих окислювально-відновних потенціалах.

Таким чином, частинки біочару можуть забезпечувати вибіркові гарячі точки мікробної активності. Можна припустити, що буферизація окислювально-відновної речовини має потенціал, а також ефект переносу електронів між мікробними видами, що може мати селективний мікробний ефект, який сприяє покращенню та прискорює дію формування функціональних мікробних консорціумів [34].

Глибинне розуміння біочару, який використовується як кормова добавка, особливо щодо його впливу на мікробно опосередковані окислювально-відновлювальні реакції, яке явно перебувають в зародковому стані [50, 38]. Однак було висунуто гіпотезу, що біочар має прямий електрохімічний вплив на реакції травлення, і що це напевно головна причина надзвичайно відмінного впливу різних біочарів. Електропровідність, окислювально-відновний потенціал, буфер електронів (позиціонування) і ємність передачі електронів (перекидання) даного біочару сильно залежить від типу піролізованої сировини та піролітичних умов [36, 66]. Особливо щодо температури піролізу [56] - чим вище температура вище 600 °C, тим краще швидкість передачі електронів та електропровідність [56]. Однак, чим вищий вміст ЛОС, наприклад, біочару з низькою температурою піролізу тим більша кількість поверхневих функціональних груп на біочарах з температурою (400–600 °C), тим важливіше можуть стати опосередковані перенесення електронів на або з біочару [29, 66, 56]. Крім того, мінеральний склад також слід враховувати у вмісті біочарів, оскільки це не тільки впливає на електрохімічну поведінку біочару, але це також може каталізувати різні біотичні та абіотичні реакції [33, 2]

## Специфічна адсорбція токсинів

Адсорбція мікотоксинів. Забруднення кормів тваринами мікотоксинами є проблемою у всьому світі до 25% світового виробництва кормів [49]. Мікотоксини в основному є наслідком життєдіяльності цвілевих грибів, зростанню яких на свіжих і тих кормах, що зберігаються, для тварин важко запобігти, особливо у вологому кліматі. Забруднений мікотоксином корм може призвести до серйозних захворювань сільськогосподарських тварин. Для захисту тварин зазвичай додають адсорбенти до корму для зв'язування мікотоксинів до прийому всередину.

Крім тих, що зазвичай використовуються, все частіше застосовують алюмосилікати, активоване вугілля та спеціальні полімери. Одним з найпоширеніших мікотоксинів є афлатоксин [1], який використовується в численних дослідженнях як модельна речовина для дослідження адсорбційної поведінки біочару, так як він зменшує надходження токсину в травний тракт, а отже, у кров тварин та в молоко. Вдалося знизити концентрацію афлатоксину, що витягується, у кормах для тварин з 74% в молоці до 45%, додаючи 2% активованого біочару до гранульованого корму для молочних корів. Несистематичне порівняння різних, проте активованих біочарів показали, що існують великі відмінності в адсорбції та ефективності між різними типами активованого біочару. Дослідження сорбції *in vitro* показали, що активовані чотири різні типи біочару адсорбують 99% афлатоксину В із 0,5% розчину афлатоксину В, коли ці біочари дозували по 1,11 г по 100 мл. Однак при введенні через рік на кормах, забруднених афлатоксином-В, на 0,25% активованого вугілля для молочних корів, вони не змогли продемонструвати значного зниження рівня афлатоксину В в молоці. Тут слід врахувати, що при випробуванні *in vivo* недостатньо активований біочар збагачувався у низькій концентрації 0,25% ваги свіжого корму, тоді як у дослідженнях *in vitro* біочар додавали у водний об'єм 1% розчину, тобто в чотири рази вище, і за відсутності живильної матриці. Досліджували адсорбційну здатність 19 різних видів активованого біочару для двох

мікотоксинів, охратоксину А та дезоксиніваленолу, і виявив, що активований біочар адсорбував 0,80 – 99,86% охратоксину А і до 98,93% дезоксиніваленолу, залежно від типу активованого біочару. Великий спектр результатів чітко підтверджує важливість систематичної характеристики та класифікації властивостей біочару. Однак Гальвано та ін. зробив висновок, що ні йодне число для характеристики активованого біочару, ні конкретна поверхня Брунауера-Еммета-Теллера, отримана від ізотерм газоадсорбції N<sub>2</sub>, не дозволяє прямо передбачити адсорбційну здатність цих мікотоксинів.

Calvelo Pereira R та ін.. [6] порівнювали різні натуральні та синтетичні адсорбентні корми-добавки для молочних корів для зменшення вмісту афлатоксину в молоці.

Активований біочар показав найбільшу здатність до відновлення токсинів (>90% зниження афлатоксину в молоці з 0,5 г афлатоксина на кг дієти). Аналітичні дослідження якості молока також показали незначний позитивний вплив на склад молока відносно вмісту органічних кислот, лактози, хлоридів, білка, показника рН. Автори пояснили високу адсорбційну здатність високоспецифічною поверхнею в поєднанні зі сприятливим розподілом розмірів мікропор біочару та високою спорідненістю афлатоксину до поліароматичної поверхні біочару загалом [6, 5]. Досліджували адсорбційну здатність різних доз активованого біочару (0,1%, 0,25%, 0,5%, 1%) для зеараленону - небезпечного естрогенного метаболіту виду грибів Фузаріум, для якого до цього часу не знайдено засобів лікування. *In vitro* весь зеараленон може зв'язатися з кожною з чотирьох доз біочару. Однак *in vivo*, де найрізноманітніші мікотоксини та численні інші органічні молекули конкурують вільних адсорбційних поверхонь, біочару майже не вдалося досягти певної адсорбції.

Дослідження з молочними коровами голштинської породи відобразило, що негативний вплив забрудненого грибок кормового силосу можна зменшити шляхом одночасного годування активованим біочаром на 0, 20 або 40 г щодня [11]. Корови, яких годували з додаванням біочару до

забрудненого силосу, мали більше споживання корму та краще засвоювали геміцелюлозу та сирий протеїн, мали більш високий вміст молочного жиру порівняно до контролю без біочару. При введенні такої ж добової дози біочару до незабрудненого силосу, змін у травленні або якості молока не відбувалось. Однак у другому експерименті автори показали, що при наявності вибору корму, корови надавали перевагу якісному незабрудненому грибок силосу, не залежно від додавання біочару. Автори зробили висновок, що фермерам необхідно приділяти більше уваги саме якості корму, а не способам його знезараження [11].

### **Адсорбція бактеріологічних патогенів та їх метаболітів**

Використання активованого та неактивованого вугілля для покращення здоров'я тварин було рекомендовано та вивчено німецькими ветеринарами ще на початку 20-го століття. У 1914 р. адсорбуючу дію деревного вугілля для різних токсинів травного тракту описав Скутецький і Старкенштейн (1914). Перші експерименти з бактеріальними токсинами *Clostridium tetani* та *Clostridium botulinum*, а також дифтерійним токсином були проведені ще в 1919 р. Зокрема, Веховський вказав, якою важливою є якість деревного вугілля та наскільки може бути відмінний вплив різних видів вугілля на адсорбцію токсину. Ернст Мангольд у 1936 році докладно описав ефект від застосування вугілля у годівлі тварин та дійшов висновку: «Профілактичний та терапевтичний вплив деревного вугілля на інфекційну діарею, пов'язану з годуванням, чіткий і заснований на спостереженнях. Додавання деревного вугілля до корму тваринам – це засіб профілактики».

Gerlach H та ін.. [15] продемонстрували, що додавання у добовий раціон 400 г біочару на основі деревини, виробленого за високої температури, (тобто, НТТ 700 С) значно знизив концентрацію антитіл до *Clostridium botulinum* в крові великої рогатої худоби, що вказує на зменшення кількості збудника. Вони зробили висновок, що біочар знизив концентрацію нейротоксину у шлунково-кишковому тракті тварин. Додавання до корму по 200 г біочару не дало ніяких результатів. Однак, при змішуванні цієї ж дози

біочару з соком квашеної капусти, що містить багато лактобактерій, визначали зниження рівня антитіл до *Clostridium botulinum* у крові тварин.

Knutson HJ та ін..[37] додавали до корму овець, заражених *Escherichia coli* та *Salmonella typhimurium*, по 77 г активованого біочару на добу. Хоча раніше вже було продемонстровано *in vitro*, що кількість клітин *E. coli* O157: H7 (ЕНЕС) зменшилася від  $5,33 \times 10^6$  на 5 мг/мл активованого біочара до показників нижче 800, тест *in vivo* з тим самим активованим біочаром не виявив ніяких ефектів від додавання біочару, а саме зв'язування кишкової палички чи сальмонелли в шлунково-кишковому тракті овець. Автори припускають, що або сайти, що зв'язують біочар, були зайняті конкуруючими речовинами інших травних бактерій, або часу між зараженням збудником і введенням біочару пройшло занадто багато.

Було вказано, що біочар має особливо сильну адсорбційну здатність до грамнегативних бактерій (наприклад, кишкової палички) з високою метаболічною активністю. Кількість кишкової палички в гною після згодовування 0,25% активованого біочару або 0,50% біочару з кокосового дерева була значно нижчою, ніж у контрольної групи свиней без біочару за 10 днів після закінчення випробування. При тому кількість корисних лактобактерій у калі збільшувалася при обох методах застосування біочару [19].

Рідкий гній великої рогатої худоби часто містить *E. coli* O157: H7 (ЕНЕС), що може забруднювати воду та ґрунт, потрапляти в продукти харчування людини. Біочар при додаванні до гною може адсорбувати *E. coli*, її токсичні метаболіти, які вже знаходяться в травному тракті, а також зменшувати поширення цих бактерій у воді та ґрунті. Prasai TP та ін..[18] досліджували вплив різних видів біочару на інактивацію *E. coli* O157: H7 (ЕНЕС) при застосуванні щодо якості ґрунтів. Усі біочари, що були отримані шляхом швидкого або повільного піролізу з трав'янистих рослин, конячого гною або листяних порід, значно знизили концентрації ЕНЕС, при цьому біочар, отриманий швидким піролізом ячмінного і дубового зрубу забезпечує

найкращі результати в забрудненій ґрунтовій суміші, де ЕНЕС через 4 тижні не відстежується [18].

Аналіз літератури демонструє, що в більшості досліджень і для досліджених видів сільськогосподарських тварин, внесення біочару в корм має позитивний вплив на різні параметри, такі як: адсорбція токсинів, показники травлення, крові, ефективність корму, якість м'яса та/або викиди парникових газів. Значна кількість досліджень дала статистично незначні результати, хоча тенденції були переважно позитивними.

Однак для отримання узагальнюючих рекомендацій, безумовно, потрібні більш систематичні багатопрофільні дослідження.

## **2. ВЛАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ**

### **2.1 Матеріали і методи досліджень**

Дослідження проводили в рамках академічної мобільності студентів - програми ERASMUS+ KA107 у приймаючому університеті міста Парма, Італія. Навчальна програма тривала з 11 вересня 2019 року по 7 травня 2020 року. Дослідження проводили на базі кафедри хімії і природничих наук Університету Парми. Науковим керівником в приймаючому університеті стала професор Елена Маестрі, яка проводила безпосередню курацію та надавала допомогу на різних етапах проведення досліджень. Під час виконання електронної мікроскопії допомогу надавала безпосередньо професор Марта Марміролі.

Використання біочару у сільському господарстві вважається дуже актуальним. Наприклад, в Університеті Парми з біочаром пов'язані 5 наукових грантів, дослідження за якими проводяться зараз.

#### **Походження та виробництво біочару**

У дослідженні було використано три різні біочари. Біочари А1, А2 та А3 отримували як побічні продукти термokatалітичного риформінгу в апараті, розробленому в рамках досліджень проекту TERMOREF (регіон Емілія-Романья, Італія); температура становила від 400 до 500 ° С протягом 2-3 годин. Біочар А1 був отриманий з анаеробного дигестату, біочар А2 – з посліду птиці та біочар А3 – з пелетів (гранул) з деревини.

**Оцінка рН** Значення рН зразків біочару визначали, керуючись настановами протоколу Європейських стандартів. Проби пропускали через сито 20 мм і екстрагували деіонізованою водою у співвідношенні 1: 5. До еквіваленту ваги зразка 60 мл додавали 300 мл деіонізованої води в скляні банки 500 мл, і зразки струшували протягом 1 години на орбітальному шейкері (Model Unimax 2010, Heidolph Instruments, Schwabach, Німеччина) (рис.1).



**Рис.1.** Орбітальний шейкер (Model Unimax 2010)

Значення рН кожної суспензії вимірювали в трьох пробах, використовуючи модель 721 компактний рН-метр/кондуктометр S213 (Mettler Toledo, Columbus, OH, Сполучені Штати), (рис. 2).





**Рис. 2.** Модель 721 компактний рН-метр/кондуктометр S213

### **Оцінка розподілу розміру частинок**

Розподіл розмірів частинок зразків біочару оцінювали за протоколом EN European Standards (2007) з незначними змінами. висушені зразки біочару пропускали через п'ять сит із різними розмірами сіток (20, 10, 5, 2 та 1 мм), розміщених у ярусах (Endecotts, Ltd., London, United Kingdom) від найбільшого до найменшого. Відому масу зразка поміщали на верхнє сито і обережно струшували колонку вручну протягом 5 хв. Потім фракції біочару, що зберігаються на кожному ситі ретельно збирали, зважували, і розраховували розподіл відсоткових фракцій.

### **Вимірювання вмісту сухої речовини та вологості**

Вміст сухої речовини та вологи у зразках біогазу визначався відповідно до протоколу EN European Standards (2008). Зразки відомої ваги сушили в шафі за 105 ° C (сухожарова шафа M710 Мілан, Італія) (рис.3). поки різниця між двома наступними зважуваннями не перевищувала 0,1 г. Кінцева вага зразків являє собою вміст сухої речовини, а втрата ваги - вміст вологи; вміст вологи виражається у відсотках від початкової маси.



**Рис. 3.** Сухожарова шафа M710

### **Оцінка вмісту органічної речовини та золи**

Органічна речовина та зольність у зразках біочару була визначена згідно з протоколом EN European Standards (2011). Свіжі зразки сушили в шафі за температури 105 ° C (термостатична піч M710, F.lli Galli, Мілан, Італія) до постійної ваги, а зразок відомої ваги спалювали за температури 500 ° C у муфельній печі (модель A022, Matest SpA, Бергамо, Італія) протягом 14 год. Після спалювання залишки (золу) зважували і органічну речовину обчислювали як різницю між свіжою та кінцевою вагою до випалення. Вміст золи та вміст органічної речовини виражали у відсотках від загальної початкової ваги.

### **Вимірювання концентрацій мікроелементів: Cu, Fe, Ni, Zn, Pb, і Cd**

Концентрацію шести мікроелементів (Cu, Fe, Zn, Pb, Ni та Cd) у зразках біочару визначали за протоколом UNI Ente Italiano di Normazione (1998) з незначними модифікаціями. Зразки сушили в шафі за температури 105 ° C (термостатична піч M710, F.lli Galli, Мілан, Італія) до постійної ваги, а зразок відомої ваги спалювали за 500 ° C у муфельній печі (модель A022, Matest

SpA, Бергамо, Італія) всередині керамічних тиглів з кришками протягом 14 год. Для кожного біочару попел витягували з тигля та солубілізували мокрим травленням з 65%  $\text{HNO}_3$  (Carlo Erba, Мілан, Італія) за  $165^\circ\text{C}$  протягом 30 хв, і  $230^\circ\text{C}$  протягом 30 хв у нагрітому термоблоці дигеста (DK20, Velp Scientifica, Usmate Velate, МВ, Італія). Перетравлені розчини розбавляли деіонізованою водою до концентрації 30% кислоти. Концентрацію кожного металу вимірювали за допомогою полум'яної атомно-абсорбційної спектроскопії (AA240FS, Agilent Technologies, Санта-Клара, Каліфорнія, США) (рис.4) при таких довжинах хвиль: Cu: 324,7 нм; Fe: 248,3 нм; Zn: 213,9 нм; Pb: 217,0 нм; Ni: 232,0 нм; Кд: 228,8 нм. Калібрувальні криві для кожного металу готували за допомогою сертифікованих стандартних розчинів 1000 ppm (Agilent Technologies, Санта-Клара, Каліфорнія, США). На кожній біологічній копії було проведено три інструментальні повтори (три

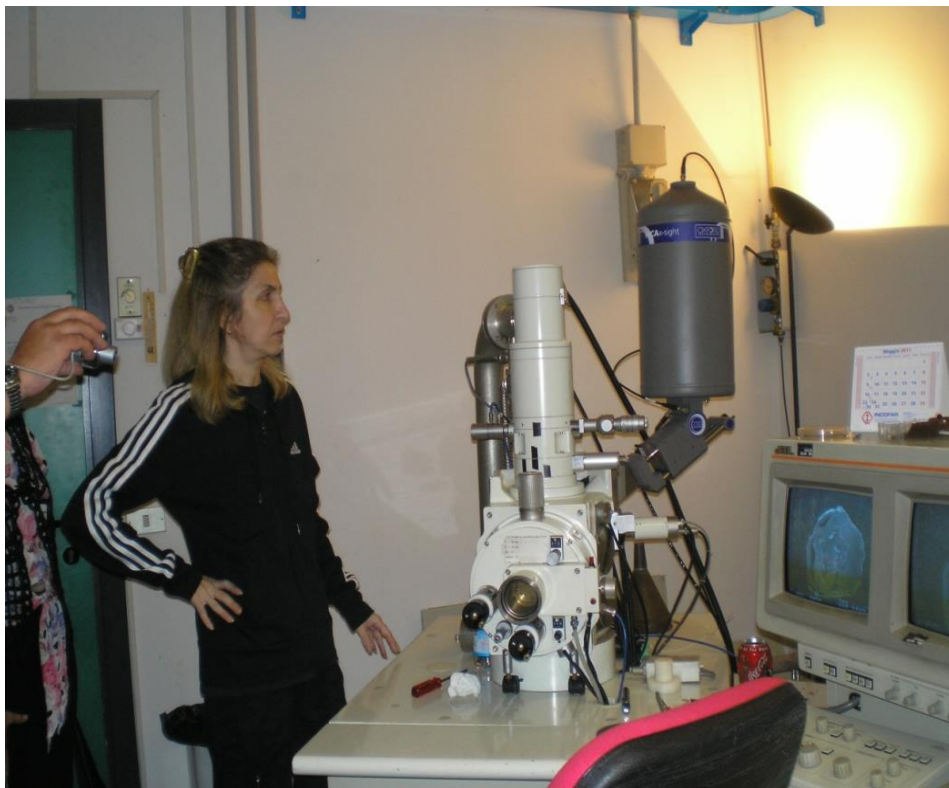


для кожного зразка). Концентрації металів виражали у мг на 1кг біочару.

**Рис.4.** Атомно-абсорбційний спектрометр AA240FS

## Електронне мікроскопіювання з низьким вакуумним скануванням Рентгенівський мікроаналіз (Lv SEM / EDX)

Щоб подолати проблеми з високим вакуумом, навколишнім середовищем низько-вакуумний (60 Па) використовували електронну мікроскопію (ESEM / EDX). Дрібнодисперсний біочар (з розміром зерна від 10 до 100 мкм) аналізували без фіксації або фарбування, після ретельного розміщення та зчеплення на тримачах для зразків діаметром 2 см, покритих клейкою вуглецевою стрічкою. Застосовували скануючий мікроскоп ESEM FEG2500 FEI (FEI Europe, Ейндховен, Нідерланди) (рис.5).



**Рис.5.** Мікроскоп ESEM FEG2500 FEI (FEI Europe, Ейндховен, Нідерланди)

Мікроскоп працює в низьких регіонах вакууму (70 Па) з широкопольним детектором, що дозволив досягти оптимальної вторинної електронної візуалізації при обмеженні тиску конуса діафрагми на 500 мкм, що покращила доступний сигнал для Bruker XFlashR6 | 30 рентгенівського детектору, налаштованого на високу ефективність, 30 мм<sup>2</sup> силіконовий

дрейфовий детектор для наноаналізу і високочастотного спектрального образу (Bruker Nano GmbH, Берлін, Німеччина).

Виконували вторинну електронну візуалізацію при 5 або 10 кЕВ з розміром променя 2,5 мкм та EDX аналізом на напругу прискорення 20 кЕВ за розміру пучка 4 мкм. Робоча відстань становила приблизно 10 мм. Час сканування 1–3 мкс. Управління мікроскопом, для рентгенографії було використано пакет Esprit 1.9 для отримання спектрів та аналізу під час точкового аналізу або режиму сканування ліній. Деконволюцію рентгенівських спектрів і елементарне стандартне кількісне визначення було проведено використовуючи інтерактивний метод P / B-ZAF [Пік / оцінка матриці з атомним номером (Z), поглинання (A), корекція вторинної флуоресценції (F)], підтримувана «Кількісним методом редактора» опція Esprit 1.9 (Goldstein et al., 2003).

### **Дослідження ефективності біочару у тваринництві**

Протягом 98 днів годували чотирьох корів м'ясного породи шароле 0,6% біочаром А1, ще чотири - у контрольній групі без біочару в кормі. Біочар А1 було додано в основний раціон, що складається з коріння маніюки, рисової соломи та свіжого листа маніюки. Годівля та умови утримання контрольної групи були ідентичними за винятком використання біочару. Зважування тварин проводили на промислових вагах. Зважування тварин здійснювали в ранкові години до їх годівлі. Окрім того спостерігали за стійкістю обох груп тварин до мікотоксикозів та інших можливих хвороб. Проводили огляд 1 раз на день в одні й ті ж години доби, до годівлі та напування тварин. Дослідження включало в себе: загальний огляд, дослідження слизових оболонок, вимірювання температури, частоти серцебиття, дихання, частоту скорочень та наповненість рубця, серцевий поштовх, скорочення сичуга та книжки.

Досліджували вплив харчової добавки біочар А2 на організм овець. Експеримент проводили протягом 84 днів. Відібрали дві групи тварин по 4 тварини в кожній групі. Застосовували добавку в кількості 1% від маси

тварини. Утримували обидві групи тварин в однакових умовах та з ідентичним раціоном за виключенням добавки в контрольній групі. Проводили зважування, загальний огляд тварин.

У третьому експерименті досліджували вплив біочару на організм кур. Дві групи птиці (по 10 голів у кожній) знаходилися під наглядом протягом 49 днів. Одній групі згодовували біочар АЗ в кількості 0,2% від добової маси комбікорму. Слідкували за приростом маси птиці, масою яєць та загальним станом птиці.

## 2.2. Характеристика лабораторії

Кафедра хімічних наук, життєдіяльності та екологічної стабільності університету Парми, яка діє з 01.01.2017 р., була створена з метою сприяння співпраці у галузі хімічних наук, екології, і орієнтування на розвиток нових знань і технологій, що стосуються взаємозв'язку живого і неживого, природних компонентів та штучного середовища, інтегруючи шляхи та результати досліджень у розвиток за чотирма основними сферами на трирічний період 2019-2021 рр. Наявність у відділі різних наукових напрямів у хімічній, біологічній та геологічній галузі наук охоплює широкий спектр навичок і характеризуються наявністю численних наукових груп з високою науковою продуктивністю, з піками високого академічного та соціально-економічного впливу.

Це різноманіття методологічних підходів у рамках тієї ж відомчої структури, поруч з найсучаснішими моделями інтеграції та виведення знань в міжнародний рівень, пропонує можливість займатися вивченням складних систем шляхом подолання бар'єрів між різними дисциплінарними напрямками, через розробку міждисциплінарних прикордонних дослідницьких ліній. Таке налаштування досліджень створює можливість значного збагачення змісту та варіацій викладання для студентів магістратури та докторантури, які міцно укорінені в науково-хімічній, біологічній та геологічній галузі, можуть вигідно розширити підготовку до складних і дуже актуальних областей наукових знань, таких як взаємопов'язана мережа природних ресурсів та їх стійке управління, взаємодія між організмами та навколишнім середовищем від шкали молекулярної до системної, останні розробки в галузі хімії при вивченні нових структур електронних молекулярних машин та інноваційних матеріалів для застосування в електроніці, фотоніці, датчиках і в біомедичних науках. Великий розмір кафедри (123 професори та дослідників, 57 осіб технічного та

адміністративного персоналу), його складна структура також у логістичному відношенні (3 відповідні основні кабінети хімії, біологічних наук та природничих наук та 2 менші сайти біологічних наук), велика множина тем і рівнів дії вимагають наявності та комплексних дій декількох комісій (деяких із них які передбачені законом або університетськими директивами щодо страхування якості): відомча одиниця забезпечення якості, дидактична комісія, науково-дослідна комісія, Міжнародний відділ, Комісія з безпеки та гігієни праці на робочому місці. Основні інструменти для функціонування кафедри - це відділ управління відомств, який складається з адміністративного менеджера (RAG) та 13 осіб адміністративного персоналу, функції яких поширюється на освітні послуги та діяльність, пов'язану з замовленнями та витратами.

### **Організація та послуги**

Протягом перших двох років діяльності (2017 та 2018 рр.) Було закріплено структуру в організаційній структурі кафедри, поділено за функціями та централізовано в єдиній будівлі Кампусу. Цей тип організації дав можливість:

(1) відповідати положенням діаграми функцій університету, яка передбачає можливість відомчих структур активувати дві служби, одну для викладання та одну для наукових досліджень, (2) поєднати внутрішні процеси з метою поліпшення контролю та ефективності, (3) впровадити внутрішнє навчання процесу підтвердження та підвищення кваліфікації, (4) покращити внутрішню комунікацію, (5) досягнення єдиного паперового архіву, який очікує переведення до цифрового. Для того щоб підтримувати адміністративну діяльність та позитивно впливати на всі складові факультету були введені такі ресурси: (1) внутрішній програмне забезпечення для управління (платформа SCVSA-Services) для реалізації послуг зв'язку та обміну даними які здатні впроваджувати автоматизацію для спрощення адміністративних процедур.



Комп'ютерна процедура (SCVSA-Servizi's) була впроваджена у 2017 та 2018 роках, без споживання паперу було підписано близько 5 500 документів, у тому числі приблизно 4000 підписів керівників на актах адміністративного секретаріату та форм технічного персоналу. 200 RAG підписи на формах адміністративного персоналу). (2) реорганізація всіх телефонних ліній та завдань на кожен галузь (викладання, дослідження та облік) номер телефону та адресу спільних електронних листів. (3) товарний склад, здатний підтримувати відділ обліку у виборі постачальника для придбання товарів та послуги. (4) створення чотирьох робочих груп, одна з досліджень, одна з питань бухгалтерського обліку та управління складами, одна з питань публікації документів, одна з питань управління завданнями, для реалізації інноваційних проектів, підвищення якості очікуваних результатів. Робочі групи складаються не лише з адміністративних служб та технічного персоналу відділу, також адміністративний персонал бухгалтерії відділів та центрів підрозділів та координації адміністративної діяльності. Діяльність відділів та центрів, які надають їм дозвіл для отримання важливої інформації, технічного забезпечення, співпраці між відомчими та не відомчими структурами.

### **Інфраструктура та обладнання**

Відділ хімічного підрозділу розташований у будівлі обладнаній лабораторіями синтезу, аналізу з передовими інструментами, наявні методи хроматографії та мас-спектрометрії для діагностики, лабораторія оптичної спектроскопії (флуоресценція, та FT-IR також при низькій температурі та під тиском). Окрім того обладнаний достатньою кількістю приладів для характеристики матеріалів та комп'ютерів для обчислювальних досліджень. Структурна лабораторія "Маріо Нарделлі" оснащена найсучаснішим обладнанням для вивчення кристалічних матеріалів методами рентгенівської дифракції від одиничних кристалів і з порошків з дифрактометром останнього покоління який був отриманий в позику на користування фірмою Chiesi Farmaceutici SpA.

Біологічні дослідження проводять в лабораторіях поділених на три будівлі:

(1) комплекс з базовими біологічними лабораторіями, оснащений передовими приладами (мікроскопія, проточна цитометрія, патч-фіксатор, Next-Generation Sequencing), огороження, парники та системи дослідження культур клітин.

(2) Біохімічний комплекс з інструментальним дослідженням білків та нуклеїнової кислоти.

(3) Екологічний науковий комплекс з інструментами для екофізіологічного та екотоксикологічного аналізу, включаючи кліматичні камери останнього покоління. Геологічний підрозділ розташований у комплексі, обладнаному лабораторією для аналізу компонентів твердих і рідких порід (SEM мікроскопія, мікроаналіз, ізотопна геохімія, аналогове моделювання, аналіз гірських порід та рентгенівська дифрактометрія). Відділ бере участь у управлінні Міжвідомчим центром вимірювань (СІМ), який гарантує доступ до інструментів сучасного ядерного магнітного резонансу (ЯМР), мас-спектрометрії високої роздільної здатності (HRMS), кругового дихроїзму та атомно-силової мікроскопії (AFM). Крім того, Відділ бере участь в управлінні Міжвідомчим центром SITEIA.PR, який гарантує доступ до передового інструментального обладнання для скануючої електронної мікроскопії (ESEM) з EDS (енергетично-дисперсійним рентгенівським зондом та спектрометрією) для мікроаналізу елементів. Відділ володіє багатопрофільною та міжвідомчою лабораторією яка використовується для зв'язку з багатофотонним мікроскопом (представляє інтерес особливо для біомедичної галузі), спектрометр для вимірювання двох спектрів поглинання фотонів (цікаві для хімічної області) та для вивчення оптоволоконної передачі (представляє інтерес для інженерної галузі). Співробітники відділу нещодавно отримали доступ до центру HPC (High Performance Computing) створений університетом Парми, який підтримує розширені обчислювальні системи для управління великими об'ємами даними для хімічного

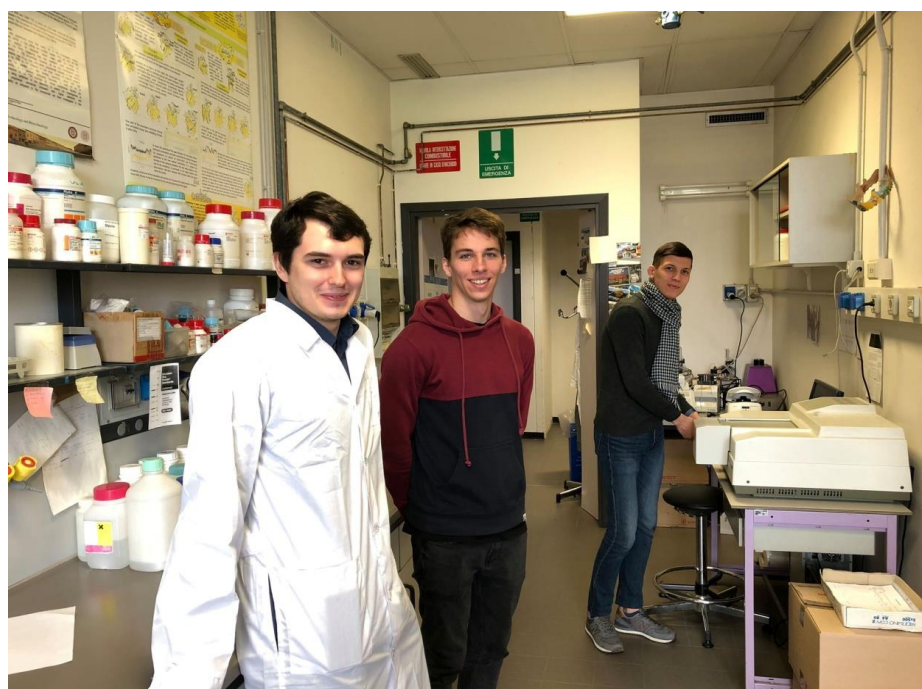
моделювання. Відомчий парк приладів нещодавно збагатився новими інструментами завдяки фінансуванню за міністерською програмою "Відділи передового досвіду", що стосується дидактичної інфраструктури. Відділ забезпечує догляд та управління 35 аудиторіями (включаючи 3 аудиторії-лабораторії), 9 хімічних або біологічних лабораторій та 2 комп'ютерні лабораторії (рис. 6-8). Вмістимість різних аудиторій чи лабораторій варіюється від мінімуму 15 осіб до однієї аудиторії на 154 місця.



**Рис.6.** Всі студенти ДДАЕУ, які проходили навчання за академічною мобільністю в університеті Парми (Італія) за період 2019-2020 рр. Бібліотека на кафедрі хімічних наук, життєдіяльності та екологічної стабільності університету Парми.



**Рис.7.** Біологічний підрозділ, навчальна аудиторія для вивчення клітинного складу



**Рис.8.** Біолабораторія з широким спектром досліджень

## 2.3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### Порівняння фізико-хімічних особливостей різних біочарів

Фізико-хімічні характеристики проаналізовані в цьому дослідженні. Ці біочари мають однакове походження, оскільки всі вони є надлишковими сільськогосподарськими відходами. Їх повторне використання дотримується принципів нульових залишків у рамках підходу до кругової економіки [18]. Процеси, що використовувалися при виробництві біочарів, були різними для термореструктуризації та пірогазифікації (A1, A2, A3). З огляду на ці відмінності, їх фізико-хімічні параметри були проаналізовані, щоб надати інформацію про можливі кореляції між біомасою походження, виробничий процес та особливості ознак.

### рН та електропровідність біочарів

Усі досліджені біочари показали високі значення рН більше 8 (табл. 1) .

Таблиця 1. Фізико-хімічна характеристика біочарів

Параметр	A1	A2	A3
рН	10,23	10,25	9,84
Волога %	2,91	48,88	3,73
Органіка%	50,57	49,42	81,89
Зола (% сухої ваги)	49,4	50,6	18,1

Були відмінності, найвищі значення були знайдені в біочарах не рослинного походження (A1, A2).

За результатами дослідження виявили, що найбільший вміст органічних сполук міститься в біочарі A3 який був виготовлений з деревних гранул. Відповідно до цього показнику найменший вміст сухої ваги виявився також у біочару A3.

Розподіл розміру частинок, визначений шляхом послідовного просіювання (табл. 2).

Таблиця 2. Розподіл фракцій частинок різного розміру у біочарах А1, А2, А3.

Розмір частинок, мм	А1	А2	А3
10>x>5	58,7	3,7	3,0
5>x>2	40,3	10,4	36,3
2>x>1	0,3	15,0	11,7
>1	0,7	70,8	49,0

Найдрібніші частинки спостерігали у біочару А1. Напроти, самі великі частинки були у біочару А2. Біочар А1 з анаеробного дигестату мав найвищу частку великих частинок, переважно розміром більше 5 мм. У біочарі А3 з деревних гранул, більшість частинок були розмірами від 2 до 5 мм. Розмір частинок є найважливішим фактором для їх застосування в умовах сільського господарства, оскільки дрібні частинки біочару не можуть ефективно використовуватися, за винятком подальшого їх перетворення в мул.

### **Вміст мікроелементів**

Однією з потенційних небезпечних властивостей біочару є можливе збільшення концентрацій металів та інших забруднень за рахунок зменшення об'єму та вмісту води з вихідної біомаси. Очікується, що всі енергонезалежні елементи стануть більш концентрованими у вугіллі при підвищенні температури. При застосуванні цих добавок необхідно враховувати їх мікроелементний внесок в раціон та робити відповідні корегування. Концентрації на основі сухої ваги шести основних мікроелементів були визначені, а результати наведені в таблиці 3.

Таблиця 3 Загальна концентрація мікроелементів у біочарі А1, А2 та А3.

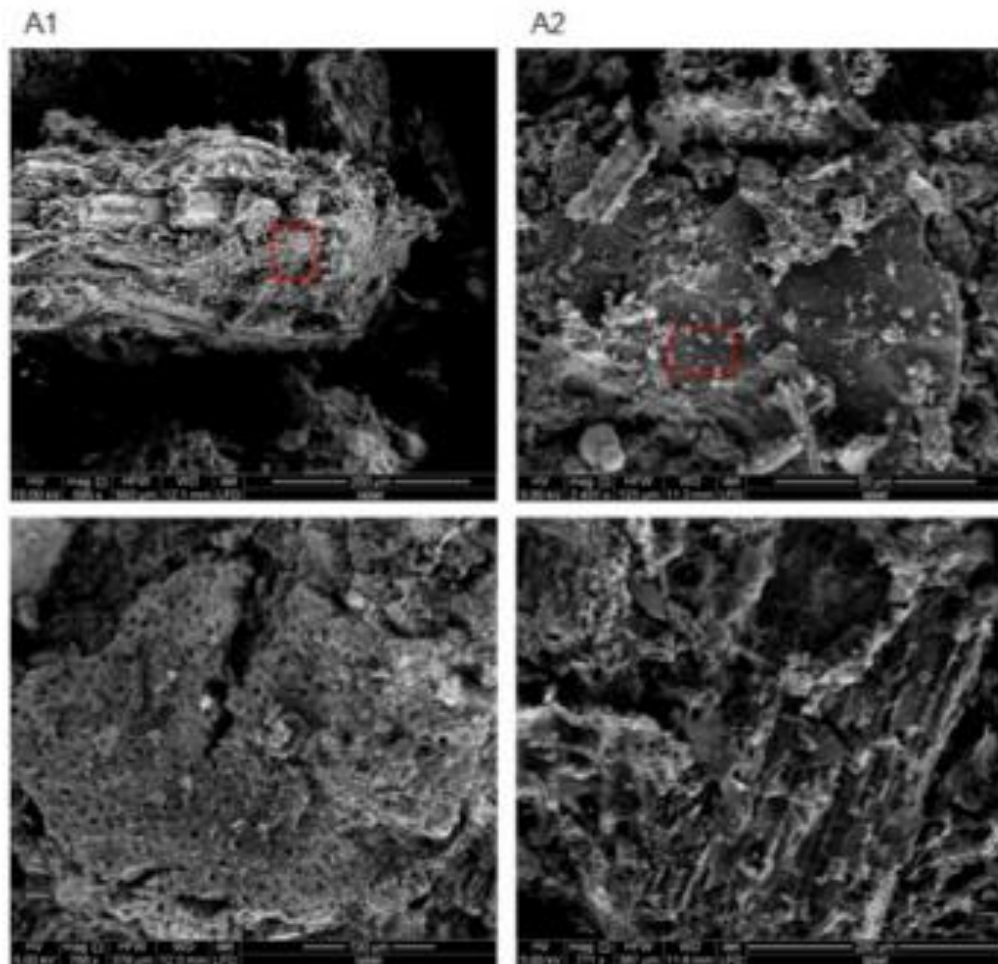
Елемент, мг/кг	А1	А2	А3
Cd	0,09	1,35	<0,001
Cu	73,9	262,1	14,4
Fe	5735	2060	505
Ni	13,47	16,20	10,35
Pb	12,4	18,3	7,2
Zn	435,3	1128,7	18,2

Можливе пояснення полягає в походженні деревини з лісу та підліску, можливо, змішаної з невеликою кількістю ґрунту та матеріалів різноманітного походження. Біочар з деревини А3 мав найнижчі рівні Fe. Залізо присутнє в біочарах на рівні г/кг сухої маси, з найвищими значеннями у зразках не рослинного походження Цинк і мідь також досягають високого рівня в показниках не рослинного походження (табл. 3), з дуже значущими відмінностями. Відмінність концентрацій Cu у 18 разів більша при порівнянні біочару А2 та біочару з деревини А3 Концентрація Zn взагалі вища у 62 рази. Концентрації нікелю та Pb не виявляють суттєвих відмінностей між характеристиками різного походження чи виробничого процесу, але значення були дуже різними. Кадмій був нижче межі виявлення у показниках з гранул чистої деревини, незалежно від виробничого процесу (табл. 3), тоді як значення були більшими для показників не рослинного походження. Біочар А3 виявився найбіднішим з усіх за складом мікроелементів з чого можна зробити висновок, що використання даної добавки доцільно при збалансованому раціоні. В той час як біочари А1 та А2 виділяються високими рівнями заліза та цинку відповідно.



### Мікроструктурні особливості біочарів

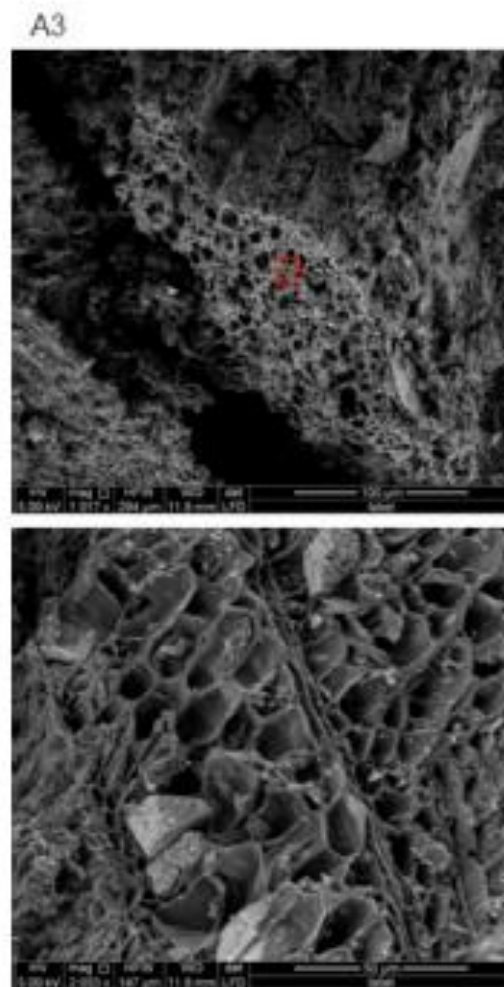
Зображення електронної мікроскопії, отримані для A1, A2, демонструють наявність матриць рослинного та не рослинного походження (рис. 9).



**Рис.9.** Електронна мікроскопія (ESEM) зображень біочару A1, A2 Усі зображення були отримані електронним променем на 5 КВ та робочою відстані між 11,9 і 12 мм.



Під час мікроструктурного дослідження за допомогою електронної мікроскопії саме в тваринних субстратах тваринного походження (A1, A2) були відмічені структури які виглядали як грудочки, інкрустовані дрібним і грубим порошком. Виключно пористі субстрати були помічені у A3 (рис. 10).



**Рис. 10.** Електронна мікроскопія (ESEM) зображення біочару A3

В біочарі A3 спостерігали пори різного розміру, між 5–20 мкм і більше 20 мкм. Обидві пористі матриці виявилися неорганізованими з порами різного розміру, розподіленими випадковим чином. Зокрема, в A3 ми спостерігали пори різної величини, від 5 до 20 мкм і більше 20 мкм

### Дослідження біочару у тваринництві

Під час застосування кормової добавки біочар А1 великій рогатій худобі спостерігали підвищення приросту маси на 25% порівняно з контрольною групою за період 98 днів (табл.4).

Таблиця 4. Результати експериментів зі згодовування біочару тваринам

Показник	Корови	Вівці	Птиця
Добавка	біочар А1	біочар А2	біочар А3
Добавки в раціоні (%)	0,6% від раціону	1% від маси	0,2% від раціону
Тривалість експерименту	98 днів	84 днів	49 днів
Підвищення приросту маси у %	25	20	3,9
Результати досягнення і	Зниження газоутворення в рубці, підвищення резистентності до мікотоксикозів	Поліпшення засвоювання сирого протеїну	Підвищилася маса яєць на 5%

Частка біочару в раціоні становила 0,6% від загальної маси корми. Окрім того, спостерігали зниження газоутворення в рубці порівняно до контрольної групи.

Під час застосування добавки біочар А2 вівцям досягли підвищення приросту маси на 20% порівняно з контрольною групою. Помітили покращення в засвоюванні сирого протеїну, органічних сполук та азоту. Застосовували добавку у кількості 1% від загального раціону. Експеримент проводили протягом 84 днів. Також проводили тестування добавки серед птиці, застосовували біочар А3. За період в 49 днів з масовою часткою в

раціоні 0,2% досягли збільшення маси на 3,9% в середньому. Окрім того, вдалося знизити летальність на 4%.

Специфічна адсорбція мікотоксинів. Вважається, що до 25% кормів забруднені мікотоксинами у всьому світі. Дуже важко запобігти створенню мікотоксинів у кормах за їх зберігання. Забруднений мікотоксином корм може призвести до серйозних захворювань сільськогосподарських тварин.

В результаті досліджень виявили позитивний вплив на ситуацію захворюваності на мікотоксикози груп тварин до раціону яких додавали біочар. Для захисту тварин додавали виготовлений за технологією біочар до раціону. Виявили зниження захворюваності на мікотоксикози на 25% порівняно з контрольною групою. Загальне здоров'я та життєздатність покращилися, після того як корів почали годувати біочаром.

## 2.4. Розрахунок економічної ефективності

### Ефективність наукових досліджень

Наука є найефективнішою сферою капіталовкладень. У світовій практиці заведено вважати, що прибуток від капіталовкладень у науку є набагато більшим, ніж прибуток у інших галузях економіки. За даними закордонних спеціалістів, на один долар витрат на науку прибуток на рік становить 4 – 7 доларів і більше. Проте про ефективність досліджень можна судити лише після їх успішного завершення та впровадження, тобто тоді, коли вони починають давати віддачу для національної економіки. Велику роль відіграє фактор часу.

Економічну ефективність проводили із розрахунку вартості проведених досліджень куди враховували такі показники як тривалість досліджень, амортизація використання обладнання, заробітну платню професорів та лаборантів факультету та гіпотетичний прибуток від застосування в господарстві. За основу брали дані проведення експерименту на коровах м'ясного напрямку протягом 98 діб. Згідно даних експерименту тварини не хворіли на мікотоксикози, а також швидше набирали вагу. До розрахунку вносимо вартість лікування тварин контрольної групи якій не згодовували біочар, погодинної оплати праці ветеринарного лікаря, а також недоотримання продукції, в даному випадку м'яса.

Дослідження в університеті Парми проводилися протягом 4 місяців і в ньому приймали участь 7 професорів (Marta Marmioli<sup>1</sup>, Urbana Bonas<sup>1</sup>, Davide Imperiale, Giacomo Lencioni<sup>1</sup>, Francesca Mussi, Nelson Marmioli<sup>1</sup>, and Elena Maestri) та 4 лаборанти. Середня заробітна платня професора за місяць в Італії становить близько 3500 євро, лаборанта 2000 євро.

Відповідно витрати на заробітну платню за період проведення дослідження склали  $((3500 \times 7) + (2000 \times 4)) \times 4 = 138\ 000$  євро

При цьому в ході досліджування використовували наступні прилади:

pH-метр, ESEM електронний мікроскоп, сушильну шафу, атомно-абсорбційний спектрометр.

Необхідно розрахувати амортизацію цих приладів виходячи з закупівельної вартості та строку використання згідно рекомендацій виробника. Виходячи з цього розрахувати вартість використання цих приладів на протязі експерименту тобто 4 місяців.

Розрахунок проводили за наступною формулою:

$$A = V_a / T \text{ де } V_a = V_p - V_l$$

$V_p$  - первинна вартість приладу

$V_l$  - ліквідаційна вартість приладу

$T$  - термін корисного використання приладу

Таблиця 5. Вартість приладів

Прилад	Вартість в євро
Електронний мікроскоп	5 000
pH метр	3 000
Сушильна шафа	2 000
Атомно-абсорбційний спектрометр	27 000

Таблиця 6. Строк експлуатації згідно настанов виробника

Прилад	Строк експлуатації в місяцях
Електронний мікроскоп	120
pH метр	150
Сушильна шафа	200
Атомно-абсорбційний спектрометр	200

$A = V_a / T$  де  $A$  - амортизаційна вартість,  $T$  - термін використання (4місяці)

Таблиця 7. Вартість амортизації приладів протягом експерименту

Прилад	Вартість використання протягом дослідження
Електронний мікроскоп	150
pH метр	66,68
Сушильна шафа	30
Атомно-абсорбційний спектрометр	530

З цього робимо висновок що апаратне забезпечення дослідження коштувало  $150+66.68+30+530=776,68$  євро. Тобто разом із заробітною платнею університет витратив на дослідження близько 138 776,68 євро.

Економічний збиток, попереджений внаслідок застосування біочару визначали за формулою:

$$П_{зз} = (M_{cp} \times K_{з2} - M_{зр}) \times K_{з6} ,$$

де  $M_{cp}$  – кількість сприйнятливих до хвороби тварин в районі, гол.;

$K_{з2}$  – коефіцієнт можливого захворювання тварин в районі;

$M_{зр}$  – кількість захворілих тварин в районі, гол.;

$K_{з6}$  – питома величина економічного збитку в розрахунку на одну захворілу тварину, грн.

Розрахунок проводили оглядаючись на середньостатистичну Італійську ферму з вирощування корів м'ясних порід на 300 голів

$$П_{зз} = (300 \times 0.1 - 20) \times 20 = 200 \text{ євро}$$

За рахунок застосування біочару вдалося знизити витрати на лікування тварин від мікотоксикозів на 200 євро на рік.

**Розрахунок збитку від зниження продуктивності тварин внаслідок недоотримання харчової добавки біочар А1(З<sub>2</sub>) визначали за формулою:**

$$Z_2 = M \times (V_{зд} - V_{хв}) \times T \times Ц ,$$

де **М** – кількість хворих тварин, гол.;

**V<sub>зд</sub>** і **V<sub>хв</sub>** – середньодобова кількість продукції (молока, м'яса, яєць) одержана відповідно від здорових та хворих тварин в розрахунку на 1 голову, кг;

**Т** – тривалість спостереження за зміною продуктивності тварин (період карантину, неблагополуччя, хвороби), дні;

**Ц** – закупівельна ціна одиниці продукції, євро.

$$32=300 \times (275-250) \times 98 \times 0,01=7350 \text{ євро}$$

При використанні даної добавки лише на одному підприємстві на 300 голів корів м'ясного напрямку вдалося зберегти 200 євро на лікуванні від мікотоксикозів та 7350 євро на недоотриманні м'ясної продукції.

### **3.ОХОРОНА ПРАЦІ**

#### **3.1. Аналіз стану охорони праці у лабораторії кафедри хімії і природничих наук університету міста Парма (Італія)**

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно - гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Керівництво роботою з охорони праці здійснюється державною політикою в галузі охорони праці яка спрямована на створення належних, безпечних і здорових умов праці, запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням.

Працівник зобов'язаний:

- дбати про особисту безпеку і здоров'я, а також про безпеку і здоров'я оточуючих людей в процесі виконання будь-яких робіт чи під час перебування на території підприємства;

- знати і виконувати вимоги нормативно-правових актів з охорони праці, правила поведінки з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, користуватися засобами колективного та індивідуального захисту;

- проходити у встановленому законодавством порядку попередні та періодичні медичні огляди.

Відповідальний за проведення вступного інструктажу, та за дотриманням правил з охорони праці та проведення відповідно подальших інструктажів у кафедрі хімії та природничих наук університету Парми є Марта Візіолі.

Інструктаж поділяється на:

- 1) вступний (реєструється у журналі вступного інструктажу з питань охорони праці);
- 2) первинний інструктаж на робочому місці;



- 3) повторний;
- 4) позаплановий;
- 5) цільовий (реєстрація інструктажів у журналі з питань охорони праці на робочому місці).

У лабораторії кафедри хімії та природничих наук завідувач лабораторії разом з головним інженером по охороні праці підприємства перевіряють відповідальність за виконання та дотримання норм та правил з техніки безпеки на робочому місці, протипожежної безпеки. І тоді проводяться відповідні заходи, щодо ліквідації виявлених недоліків. Інженер з охорони праці здійснює організацію роботи та оперативний контроль з питань охорони праці.

І тому в обов'язки керівника входить, розробка перспективних річних планів про покращення умов праці і оперативний контроль за станом охорони праці. Інструктаж по техніці безпеки і навчання проводиться згідно з «Положення про проведення інструктажу по техніці безпеки й навчанню працівників безпечним методам роботи на підприємствах, організаціях, закладах і спільних підприємствах».

Усі працівники підприємства регулярно проходять навчання та перевірку з питань охорони праці.

На підприємстві працівники, які не пройшли інструктаж і не знають правила поведінки та поводження з приладами, не допускаються до роботи так як вони можуть отримати досить серйозні пошкодження. За порушення законодавства з питань охорони праці, не виконання розпоряджень посадових осіб, органів державного нагляду за охороною праці, юридичні та фізичні особи, які відповідно до законодавства використовують найману працю, притягуються органами державного нагляду з охорони праці до сплати штрафу у порядку, встановленого законами Італії.

У лабораторіях університету Парми фінансування заходів з охорони праці здійснюється за рахунок грантів, які отримує лабораторія, в

подальшому кошти виділяє відділ фінансів, на забезпечення виконання вимог, що вказані в нормативних документах з охорони праці.

В лабораторіях за останні 5 років нещасних випадків та травматизму не зафіксовано.

Усі працівники університету обов'язково проходять медичний огляд перед прийняттям на роботу і в подальшому вже в встановленні строки, не рідше одного разу на рік. При проходженні медичного огляду обов'язково заводиться санітарна книжка, в неї заносяться відомості про здоров'я, результати медичних оглядів та аналізів, дані про профілактичні щеплення працівників.

### **3.2. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів.**

Лабораторії університету Парми знаходиться за адресою м.Парма, вул. Сан Бенедетто, Кампус 3/2. Це одноповерховий будинок, який складається з 15-ти кімнат, загальною площею 285м<sup>2</sup> та має дворик для паркування автомобілів площею 125м<sup>2</sup>. Центральне опалення встановлене у всіх кімнатах. Освітлення приміщення здійснюється за рахунок ламп денного освітлення. Приміщення призначені для роботи з небезпечними хімічними речовинами обладнані додатковою вентиляційною системою із промисловими фільтрами.

Відповідні препарати та хімічні реактиви для проведення досліджень відповідають технічним умовам їхнього виготовлення, збереження і відповідності стандартам, використання винятково в терміни, зазначених на упаковці та інструкції.

Відповідна утилізація живих, невикористаних вакцин проводиться згідно зазначених анотацій до препаратів та вакцин. Хімічні відходи з небезпечними речовинами утилізуються окремо від побутового сміття і певний час зберігаються у призначених для цього приміщеннях, щоквартально здійснюється утилізація таких відходів.

В лабораторії кожен дослідник повинен знати правила поводження з приладами, вільно володіти теоретичними знаннями про принцип проведення

усього спектру досліджень у будівлі і завжди пам'ятати про особисту техніку безпеки для подальшого уникнення травматизму.

При роботі з електроприладами необхідно бути обережним, уважним.

Під час виконання різноманітних маніпуляцій, діагностичних досліджень суворо дотримуються настанов щодо використання того чи іншого приладу. При роботі з радіоактивними речовинами використовують додаткові заходи безпеки. Працюючі з радіоактивними речовинами обов'язково повинні носити спецодяг, спецвзуття, захищати руки рукавицями, очисними окулярами. Також використовуються спеціальні пневматичні костюми з пластичних матеріалів (ЛГ- 4), а також гумові чоботи.

При використанні засобів індивідуального захисту потрібно обов'язково звертати увагу на послідовність їх вдягання і знімання. Після роботи з радіоактивними речовинами необхідно добре вимити руки і обличчя, а також перевірити їх чистоту дозиметричними приладами. Безпеку роботи з радіоактивними речовинами і джерелами випромінювання можна забезпечити тоді, коли є організований систематичний контроль за рівнем зовнішнього і внутрішнього опромінення персоналу, а також за рівнем радіації навколишнього середовища. Всі, хто працює з радіоактивними речовинами повинні бути забезпечені індивідуальними дозиметрами для контролю дози гама-випромінювань, яку одержує кожен працівник окремо.

При роботі із ультразвуковими гомогенізаторами обов'язково використовують спеціальні навушники та рукавиці. Усі приміщення забезпечені одноразовими засобами індивідуальної безпеки, а саме гумові рукавиці, антисептик, одноразові халати, маски. Всі хімічні лабораторії в яких проводиться робота з їдкими хімічними речовинами обладнані спеціальним терміновим душем для надзвичайних ситуацій.

### **3.3. Пожежна безпека.**

Основним нормативним документом, що регламентує вимоги щодо пожежної безпеки є Закон Італії "Про пожежну безпеку".

Основними причинами пожеж є: необережне поводження з вогнем; незадовільний стан електротехнічних пристроїв та порушення правил їх монтажу та експлуатації; порушення режимів технологічних процесів; несправність опалювальних приладів; невиконання вимог нормативних документів з питань пожежної безпеки; коротке замикання.

З метою попередження пожежі необхідно:

- 1) проводити інструктажі з пожежної безпеки;
- 2) дотримуватись правил протипожежної безпеки;
- 3) перевіряти електрообладнання.

На дослідницькому комплексі університету необхідно дотримуватись наступних правил пожежної безпеки:

- забороняється палити на робочому місці;
- забороняється залишати без догляду ввімкнені електроприлади;
- забороняється зберігати на робочому місці легкозаймисті речовини у великій кількості.

З метою своєчасного оповіщення, у приміщеннях дослідницького комплексу встановлена протипожежна сигналізація. Проходи та запасні виходи завжди залишають вільними, про що свідчить наявність відповідних знаків. Коридори кожного поверху обладнані пожежним щитом який обладнаний гідрантом та вогнегасником доступному місці. Відповідальний за пожежну безпеку керівник виробничої дільниці.

Кожен робітник повинен знати правила для правильного і безпечного гасіння при виникненні пожежі. Під час горіння легко займистих рідин, треба на полум'я накинути вологу азбестову ковдру, яка в подальшому попередить поширення вогню. При опіках у людини необхідно негайно надати першу медичну допомогу. Під час надання першої медичної допомоги необхідно негайно звільнити потерпілого від одягу, та накласти стерильні бинтові пов'язки на місця ураження. В ніякому разі при наданні допомоги потерпілому суворо забороняється торкатися до уражених ділянок тіла, наносити на уражену шкіру речовин, які тільки збільшать больові відчуття у

потерпілого. Відповідна медична допомога може лише надаватися лікарем у відповідних умовах.

Пожежна безпека в дослідницькому комплексі Пармського університету відповідає усім стандартам чинного законодавства і не потребує значних змін. Проаналізувавши стан охорони праці можна зробити висновок, що за дотриманням умов охорони праці уважно слідкують, фінансування проведення заходів відбувається централізовано та своєчасно. При дотриманні всіх вимог згідно чинних положень вірогідність нещасних випадків дуже низька про що свідчить статистика факультету за останні 5 років.

#### 4. ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Біочар А1 з анаеробного дигестату мав найвищу частку великих частинок, переважно розміром більше 5 мм. У біочарі А3 з деревних гранул, більшість частинок були розмірами від 2 до 5 мм. Розмір частинок є найважливішим фактором для застосування в умовах сільського господарства, оскільки дрібні частинки біочару не можуть ефективно використовуватися, за винятком подальшого їх перетворення в мул.

2. Найбільший вміст органічних сполук (81, 9%) і найменший вміст золи (18,1%) містив біочар А3 з деревних гранул. рН досліджуваних біочарів – в межах 9,84 – 10,25.

3. Найбідніший за кількістю макро- і мікроелементів виявився біочар А3 (з деревних гранул), що робить доцільним використання даної добавки при збалансованому раціоні тварин. Найвищий вміст заліза відмічено у біочарах нерослинного походження (А1 – 5,7 г/кг, А2 – 2,1 г/кг), що у 11,4 і 4,1 раза відповідно менше, ніж у біочарі А3. Найбагатший за міддю виявився біочар А2 (з посліду птиці) – 262,1 мг/кг, що в 3,5 і 18,2 раза більше, ніж у біочарів А1 і А3 відповідно.

4. За результатами електронної мікроскопії біочар А3 мав виключно пористу структуру, пори розміром від 5 до 20 мкм.

5. Після застосування коровам м'ясного напрямку біочару А1 протягом 98 днів в кількості 0,6% від раціону підвищився приріст маси на 25%. Виявлено зниження захворюваності на мікотоксикози порівняно з контрольною групою. Застосування біочару А2 в кількості 1% від маси тіла у овець призвело до збільшення приросту маси тварин на 20%. Застосування біочару А3 на птиці призвело до підвищення маси яєць на 5%.

#### Пропозиції

Рекомендовано застосовувати біочар у тваринництві як харчову добавку. На фермі з вирощування корів м'ясного напрямку на 300 голів це допоможе фермеру заощадити близько 7350 євро на рік.

## 5. СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Alshannaq A, Yu J-H. 2017. Occurrence, toxicity, and analysis of major mycotoxins in food. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14(6):632 DOI [10.3390/ijerph14060632](https://doi.org/10.3390/ijerph14060632).
2. Anca-Couce A, Mehrabian R, Scharler R, Obernberger I. 2014. Kinetic scheme of biomass pyrolysis considering secondary charring reactions. *Energy Conversion and Management* 87:687–696 DOI [10.1016/j.enconman.2014.07.061](https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.07.061).
3. Bhatta R, Saravanan M, Baruah L, Sampath KT. 2012. Nutrient content, in vitro ruminal fermentation characteristics and methane reduction potential of tropical tannin-containing leaves. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92(15):2929–2935 DOI [10.1002/jsfa.5703](https://doi.org/10.1002/jsfa.5703).
4. Borchard N, Schirrmann M, Cayuela ML, Kammann C, Wrage-Mönnig N, Estavillo JM, Fuertes-Mendizábal T, Sigua G, Spokas K, Ippolito JA, Novak J. 2019. Biochar, soil and land-use interactions that reduce nitrate leaching and N<sub>2</sub>O emissions: a meta-analysis. *Science of the Total Environment* 651:2354–2364 DOI [10.1016/j.scitotenv.2018.10.060](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.060).
5. Bueno DJ, Di Marco L, Oliver G, Bardón A. 2005. In Vitro binding of zearalenone to different adsorbents. *Journal of Food Protection* 68(3):613–615 DOI [10.4315/0362-028X-68.3.613](https://doi.org/10.4315/0362-028X-68.3.613).
6. Calvelo Pereira R, Muetzel S, Camps Arbestain M, Bishop P, Hina K, Hedley M. 2014. Assessment of the influence of biochar on rumen and silage fermentation: a laboratory-scale experiment. *Animal Feed Science and Technology* 196:22–31 DOI [10.1016/j.anifeedsci.2014.06.019](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.06.019).
7. Chen S, Rotaru A-E, Shrestha PM, Malvankar NS, Liu F, Fan W, Nevin KP, Lovley DR. 2015. Promoting interspecies electron transfer with biochar. *Scientific Reports* 4(1):143 DOI [10.1038/srep05019](https://doi.org/10.1038/srep05019).

8. Cheng C-H, Lehmann J. 2009. Ageing of black carbon along a temperature gradient. *Chemosphere* 75(8):1021–1027 DOI [10.1016/j.chemosphere.2009.01.045](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.01.045).
9. Conte P, Marsala V, De Pasquale C, Bubici S, Valagussa M, Pozzi A, Alonzo G. 2013. Nature of water-biochar interface interactions. *GCB Bioenergy* 5(2):116–121 DOI [10.1111/gcbb.12009](https://doi.org/10.1111/gcbb.12009).
10. Di Natale F, Gallo M, Nigro R. 2009. Adsorbents selection for aflatoxins removal in bovine milks. *Journal of Food Engineering* 95(1):186–191 DOI [10.1016/j.jfoodeng.2009.04.023](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.04.023). Diaz DE, Hagler WM Jr, Blackwelder JT, Eve JA, Hopkins BA, Anderson KL, Jones FT,
11. Erickson PS, Whitehouse NL, Dunn ML. 2011. Activated carbon supplementation of dairy cow diets: effects on apparent total-tract nutrient digestibility and taste preference. *Professional Animal Scientist* 27(5):428–434 DOI [10.15232/S1080-7446\(15\)30515-5](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30515-5).
12. European Biochar Foundation (EBC). 2012. European biochar certificate—guidelines for a sustainable production of biochar. Version 8.2 of 19th April 2019. Available at <http://www.european-biochar.org/en/download> (accessed 12 January 2016).
13. European Biochar Foundation (EBC). 2013. EBC certified producers. Available at <http://www.european-biochar.org/en/producer> (accessed 30 March 2018).
14. European Biochar Foundation (EBC). 2018. Guidelines for EBC-feed certification. Available at <http://www.european-biochar.org/biochar/media/doc/ebc-feed.pdf> (accessed 4 January 2019).
15. Gerlach H, Gerlach A, Schrödl W, Schottdorf B, Haufe S, Helm H, Shehata A, Krüger M. 2014. Oral application of charcoal and humic acids to dairy cows influences *Clostridium botulinum* blood serum antibody level and glyphosate excretion in urine. *Journal of Clinical Toxicology* 4(2):186 DOI [10.4172/2161-0495.1000186](https://doi.org/10.4172/2161-0495.1000186).



16. Gerlach A, Schmidt HP. 2012. Pflanzenkohle in der Rinderhaltung. *Ithaka Journal* 1:80–84.
17. Godlewska P, Schmidt HP, Ok YS, Oleszczuk P. 2017. Biochar for composting improvement and contaminants reduction. A review. *Bioresource Technology* 246:193–202 DOI [10.1016/j.biortech.2017.07.095](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.07.095).
18. Gurtler JB, Boateng AA, Han YH, Douds DD Jr. 2014. Inactivation of *E. coli* O157: H7 in cultivable soil by fast and slow pyrolysis-generated biochar. *Foodborne Pathogens and Disease* 11(3):215–223 DOI [10.1089/fpd.2013.1631](https://doi.org/10.1089/fpd.2013.1631).
19. Hagemann N, Joseph S, Schmidt H, Kammann CI, Harter J, Borch T, Young RB, Varga K, Taherymoosavi S, Elliott KW, Albu M, Mayrhofer C, Obst M, Conte P, Dieguez A, Orsetti S, Subdiaga E, Behrens S, Kappler A, Nutrition P, Sciences C. 2017. Organic coating on biochar explains its nutrient retention and stimulation of soil fertility. *Nature Communications* 8(1):163 DOI [10.1038/s41467-017-01123-0](https://doi.org/10.1038/s41467-017-01123-0).
20. Hagemann N, Spokas K, Schmidt H-P, Kägi R, Böhler MA, Bucheli T. 2018. Activated carbon, biochar and charcoal: linkages and synergies across pyrogenic carbon's ABCs. *Water* 10(2):182 DOI [10.3390/w10020182](https://doi.org/10.3390/w10020182).
21. Hristov AN, Oh J, Lee C, Meinen R, Montes F, Ott T, Firkins J, Rotz A, Dell C, Adesogan A, Yang W, Tricarico J, Kebreab E, Waghorn G, Dijkstra J, Oosting S. 2013. Mitigation of greenhouse gas emissions in livestock production. A review of technical options for non-CO<sub>2</sub> emissions. In: Gerber PJ, Henderson B, Makkar H, eds. *Mitigation of Greenhouse Gas Emissions in Livestock Production-A Review of Technical Options for Non-CO<sub>2</sub> Emissions*. Rome: FAO, 9–63.
22. Husson O. 2012. Redox potential (Eh) and pH as drivers of soil/plant/microorganism systems: a transdisciplinary overview pointing to integrative opportunities for agronomy. *Plant and Soil* 362(1–2):389–417 DOI [10.1007/s11104-012-1429-7](https://doi.org/10.1007/s11104-012-1429-7).

23. International Biochar Initiative (IBI). 2015. Standardized product definition and product testing guidelines for biochar that is used in soil. Version 1.1. Available at [https://www.biocharinternational.org/wpcontent/uploads/2018/04/Technical-Note\\_Standards-V1.1.pdf](https://www.biocharinternational.org/wpcontent/uploads/2018/04/Technical-Note_Standards-V1.1.pdf). IPCC. 2018. Special report: global warming of 1.5 °C. SR15. Available at <http://www.ipcc.ch/report/sr15> (accessed 12 October 2018).
24. Jeffery S, Abalos D, Prodana M, Bastos AC, Van Groenigen JW, Hungate BA, Verheijen F. 2017. Biochar boosts tropical but not temperate crop yields. *Environmental Research Letters* 12(5):053001 DOI [10.1088/1748-9326/aa67bd](https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa67bd).
25. Jeffery S, Verheijen FGA, Kammann C, Abalos D. 2016. Biochar effects on methane emissions from soils: a meta-analysis. *Soil Biology and Biochemistry* 101:251–258 DOI [10.1016/j.soilbio.2016.07.021](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.07.021).
26. Jiya EZ, Ayanwale BA, Adeoye AB, Kolo PS, Tsado DN, Alabi OJ. 2014. Carcass yield, organoleptic and serum biochemistry of broiler chickens fed activated charcoal. *Journal of Agricultural and Crop Research* 2:83–87.
27. Joseph S, Graber ER, Chia C, Munroe P, Donne S, Thomas T, Nielsen S, Marjo C, Rutledge H, Pan GX, Li L, Taylor P, Rawal A, Hook J. 2013. Shifting paradigms: development of high-efficiency biochar fertilizers based on nano-structures and soluble components. *Carbon Management* 4(3):323–343 DOI [10.4155/cmt.13.23](https://doi.org/10.4155/cmt.13.23).
28. Joseph S, Husson O, Graber E, Van Zwieten L, Taherymoosavi S, Thomas T, Nielsen S, Ye J, Pan G, Chia C, Munroe P, Allen J, Lin Y, Fan X, Donne S. 2015a. The electrochemical properties of biochars and how they affect soil redox properties and processes. *Agronomy* 5(3):322–340 DOI [10.3390/agronomy5030322](https://doi.org/10.3390/agronomy5030322).
29. Joseph S, Kammann CI, Shepherd JG, Conte P, Schmidt H-P, Hagemann N, Rich AM, Marjo CE, Allen J, Munroe P, Mitchell DRG, Donne S, Spokas K, Graber ER. 2018. Microstructural and associated chemical changes

- during the composting of a high temperature biochar: mechanisms for nitrate, phosphate and other nutrient retention and release. *Science of the Total Environment* 618:1210–1223 DOI [10.1016/j.scitotenv.2017.09.200](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.200).
30. Kammann C, Ippolito J, Hagemann N, Borchard N, Cayuela ML, Estavillo JM, Fuertes-Mendizabal T, Jeffery S, Kern J, Novak J, Rasse D, Saarnio S, Schmidt H-P, Spokas K, Wrage-Mönnig N. 2017. Biochar as a tool to reduce the agricultural greenhouse-gas burden—knowns, unknowns and future research needs. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 25(2):114–139 DOI [10.3846/16486897.2017.1319375](https://doi.org/10.3846/16486897.2017.1319375).
31. Kammann CI, Schmidt H-P, Messerschmidt N, Linsel S, Steffens D, Müller C, Koyro H-W, Conte P, Joseph S. 2015. Erratum: plant growth improvement mediated by nitrate capture in co-composted biochar. *Scientific Reports* 5(1):12378 DOI [10.1038/srep12378](https://doi.org/10.1038/srep12378).
32. Kappler A, Wuestner ML, Ruecker A, Harter J, Halama M, Behrens S. 2014. Biochar as an electron shuttle between bacteria and Fe(III) minerals. *Environmental Science & Technology Letters* 1(8):339–344 DOI [10.1021/ez5002209](https://doi.org/10.1021/ez5002209).
33. Kastner JR, Miller J, Geller DP, Locklin J, Keith LH, Johnson T. 2012. Catalytic esterification of fatty acids using solid acid catalysts generated from biochar and activated carbon. *Catalysis Today* 190(1):122–132 DOI [10.1016/j.cattod.2012.02.006](https://doi.org/10.1016/j.cattod.2012.02.006).
34. Khodadad CLM, Zimmerman AR, Green SJ, Uthandi S, Foster JS. 2011. Taxa-specific changes in soil microbial community composition induced by pyrogenic carbon amendments. *Soil Biology and Biochemistry* 43(2):385–392 DOI [10.1016/j.soilbio.2010.11.005](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.11.005).
35. Kim KS, Kim Y-H, Park J-C, Yun W, Jang K-I, Yoo D-I, Lee D-H, Kim B-G, Cho J-H. 2017. Effect of organic medicinal charcoal supplementation in finishing pig diets. *Korean Journal of Agricultural Science* 44:50–59.

36. Kluepfel L, Keiluweit M, Kleber M, Sander M. 2014. Redox properties of plant biomass-derived black carbon (biochar). *Environmental Science & Technology* 48(10):5601–5611 DOI [10.1021/es500906d](https://doi.org/10.1021/es500906d).
37. Knutson HJ, Carr MA, Branham LA, Scott CB, Callaway TR. 2006. Effects of activated charcoal on binding *E. coli* O157: H7 and *Salmonella typhimurium* in sheep. *Small Ruminant Research* 65(1–2):101–105 DOI [10.1016/j.smallrumres.2005.05.019](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.05.019).
38. Konsolakis M, Kaklidis N, Marnellos GE, Zaharaki D, Komnitsas K. 2015. Assessment of biochar as feedstock in a direct carbon solid oxide fuel cell. *RSC Advances* 5(90):73399–73409 DOI [10.1039/C5RA13409A](https://doi.org/10.1039/C5RA13409A).
39. Kracke F, Vassilev I, Krömer JO. 2015. Microbial electron transport and energy conservation—the foundation for optimizing bioelectrochemical systems. *Frontiers in Microbiology* 6(20141117):575 DOI [10.3389/fmicb.2015.00575](https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00575).
40. Lee C, Beauchemin KA. 2014. A review of feeding supplementary nitrate to ruminant animals: nitrate toxicity, methane emissions, and production performance. *Canadian Journal of Animal Science* 94(4):557–570 DOI [10.4141/cjas-2014-069](https://doi.org/10.4141/cjas-2014-069).
41. Lee J-J, Park S-H, Jung D-S, Choi Y-I, Choi J-S. 2011. Meat quality and storage characteristics of finishing pigs by feeding stevia and charcoal. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* 31(2):296–303 DOI [10.5851/kosfa.2011.31.2.296](https://doi.org/10.5851/kosfa.2011.31.2.296).
42. Lehmann J, Abiven S, Kleber M, Pan G, Singh BP, Sohi SP, Zimmerman AR. 2015. Persistence of biochar in soil. In: Lehmann J, Joseph SD, eds. *Biochar for Environmental Management*. London: Earthscan, 235–282.
43. Lehmann J, Joseph S. 2015. *Biochar for environmental management*. London: Routledge.
44. Leng R, Inthapanya SK, Preston TR. 2012. Biochar lowers net methane production from rumen fluid in vitro. *Livestock Research for Rural Development* 24(6):Article #103.

45. Leng RA, Inthapanya S, Preston TR. 2013. All biochars are not equal in lowering methane production in in vitro rumen incubations. *Livestock Research for Rural Development* 25:106.
46. Li Y, Yu S, Strong J, Wang H. 2012. Are the biogeochemical cycles of carbon, nitrogen, sulfur, and phosphorus driven by the “FeIII-FeII redox wheel” in dynamic redox environments *Journal of Soils and Sediments* 12(5):683–693 DOI [10.1007/s11368-012-0507-z](https://doi.org/10.1007/s11368-012-0507-z).
47. Liu F, Rotaru A-E, Shrestha PM, Malvankar NS, Nevin KP, Lovley DR. 2012. Promoting direct interspecies electron transfer with activated carbon. *Energy & Environmental Science* 5(10):8982 DOI [10.1039/c2ee22459c](https://doi.org/10.1039/c2ee22459c).
48. Liu Q, Zhang Y, Liu B, Amonette JE, Lin Z, Liu G, Ambus P, Xie Z. 2018. How does biochar influence soil N cycle? A meta-analysis. *Plant and Soil* 426(1–2):211–225 DOI [10.1007/s11104-018-3619-4](https://doi.org/10.1007/s11104-018-3619-4).
49. Mézes M, Balogh K, Tóth K. 2010. Preventive and therapeutic methods against the toxic effects of mycotoxins—a review. *Acta veterinaria Hungarica* 58(1):1–17 DOI [10.1556/AVet.58.2010.1.1](https://doi.org/10.1556/AVet.58.2010.1.1).
50. Nevin KP, Woodard TL, Franks AE, Summers ZM, Lovley DR. 2010. Microbial electrosynthesis: feeding microbes electricity to convert carbon dioxide and water to multicarbon extracellular organic compounds. *mBio* 1(2):e00103-10 DOI [10.1128/mBio.00103-10](https://doi.org/10.1128/mBio.00103-10).
51. O’Toole A, Andersson D, Gerlach A, Glaser B, Kammann CI, Kern J, Kuoppamäki K, Mumme J, Schmidt Hans-Peter Schulze M, Srocke Franziska Stenrød M, Stenström J. 2016. Current and future applications for biochar. In: Shackley S, Ruyschaert G, Zwart K, Glaser B, eds. *Biochar in European Soils and Agriculture: Science and Practice*. Abington: Taylor & Francis Group, 253–280.
52. Prasai TP, Walsh KB, Bhattarai SP, Midmore DJ, Van TTH, Moore RJ, Stanley D. 2016. Biochar, bentonite and zeolite supplemented feeding of layer chickens alters intestinal microbiota and reduces campylobacter load. *PLOS ONE* 11(4):e0154061 DOI [10.1371/journal.pone.0154061](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154061).

53. Quin P, Joseph S, Husson O, Donne S, Mitchell D, Munroe P, Phelan D, Cowie A, Van Zwieten L. 2015. Lowering N<sub>2</sub>O emissions from soils using eucalypt biochar: the importance of redox reactions. *Scientific Reports* 5(1):16773 DOI [10.1038/srep16773](https://doi.org/10.1038/srep16773).
54. Richter H, Nevin KP, Jia H, Lowy DA, Lovley DR, Tender LM. 2009. Cyclic voltammetry of biofilms of wild type and mutant *Geobacter sulfurreducens* on fuel cell anodes indicates possible roles of OmcB, OmcZ, type IV pili, and protons in extracellular electron transfer. *Energy & Environmental Science* 2(5):506 DOI [10.1039/b816647a](https://doi.org/10.1039/b816647a).
55. Okine EK, McAllister TA. 2018. Effect of engineered biocarbon on rumen fermentation, microbial protein synthesis, and methane production in an artificial rumen (RUSITEC) fed a high forage diet<sup>1</sup>. *Journal of Animal Science* 96(Suppl\_3):3121–3130 DOI [10.1093/jas/sky404.865](https://doi.org/10.1093/jas/sky404.865).
56. Saquing JM, Yu Y-H, Chiu PC. 2016. Wood-derived black carbon (biochar) as a microbial electron donor and acceptor. *Environmental Science & Technology Letters* 3(2):62–66 DOI [10.1021/acs.estlett.5b00354](https://doi.org/10.1021/acs.estlett.5b00354).
57. Schmidt H-P, Anca-Couce A, Hagemann N, Werner C, Gerten D, Lucht W, Kammann C. 2018. Pyrogenic carbon capture and storage. *GCB Bioenergy* 11(4):573–591 DOI [10.1111/gcbb.12553](https://doi.org/10.1111/gcbb.12553).
58. Schmidt H-P, Pandit BH, Cornelissen G, Kammann CI. 2017. Biochar-based fertilization with liquid nutrient enrichment: 21 field trials covering 13 crop species in Nepal. *Land Degradation and Development* 28(3):2324–2342 DOI [10.1002/ldr.2652](https://doi.org/10.1002/ldr.2652).
59. Schmidt H, Pandit B, Martinsen V, Cornelissen G, Conte P, Kammann C. 2015. Fourfold increase in pumpkin yield in response to low-dosage root zone application of urine-enhanced biochar to a fertile tropical soil. *Agriculture* 5(3):723–741 DOI [10.3390/agriculture5030723](https://doi.org/10.3390/agriculture5030723).
60. Schmidt H-P, Shackley S. 2016. Biochar horizon 2025. In: Shackley S, Ruyschaert G, Zwart K,

61. Spokas KA, Novak JM, Stewart CE, Cantrell KB, Uchimiya M, DuSaire MG, Ro KS. 2011. Qualitative analysis of volatile organic compounds on biochar. *Chemosphere* 85(5):869–882 DOI [10.1016/j.chemosphere.2011.06.108](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.06.108).
62. Steiner C, Das KC, Melear N, Lakly D. 2010. Reducing nitrogen loss during poultry litter composting using biochar. *Journal of Environment Quality* 39(4):1236 DOI [10.2134/jeq2009.0337](https://doi.org/10.2134/jeq2009.0337).
63. Van Der Zee FP, Bisschops IAE, Lettinga G, Field JA. 2009. Activated carbon as an electron acceptor and redox mediator during the anaerobic biotransformation of azo dyes. *Environmental Science & Technology* 37(2):402–408 DOI [10.1021/es025885o](https://doi.org/10.1021/es025885o).
64. Watarai S, Tana, Koiwa M. 2008. Feeding activated charcoal from bark containing wood vinegar liquid (nekka-rich) is effective as treatment for cryptosporidiosis in calves. *Journal of Dairy Science* 91(4):1458–1463 DOI [10.3168/jds.2007-0406](https://doi.org/10.3168/jds.2007-0406).
65. Werner C, Schmidt H-P, Gerten D, Lucht W, Kammann C. 2018. Biogeochemical potential of biomass pyrolysis systems for limiting global warming to 1.5 °C. *Environmental Research Letters* 13(4):044036 DOI [10.1088/1748-9326/aabb0e](https://doi.org/10.1088/1748-9326/aabb0e).
66. Yu L, Yuan Y, Tang J, Wang Y, Zhou S. 2015. Biochar as an electron shuttle for reductive dechlorination of pentachlorophenol by *Geobacter sulfurreducens*. *Scientific Reports* 5(1):1–10 DOI [10.1038/srep16221](https://doi.org/10.1038/srep16221).
67. Zimmerman AR, Gao B. 2013. The stability of biochar in the environment. In: Ladygina N,
68. Rineau F, eds. *Biochar and Soil Biota*. Boca Raton: CRC Press, 1–40.



## 6.ДОДАТКИ

### Додаток 1

*У Міжнародна науково-практична конференція викладачів і студентів "Актуальні аспекти біології тварин, ветеринарної медицини та ветеринарно-санітарної експертизи", травень 2020*

кількості 300 мл /сім'ю/ тиждень. Друга група бджіл (дослідна) – додатково з 300 мл цукрового сиропу отримувала 30 мкг Со у вигляді цитрату, III група – з 300 мл цукрового сиропу отримувала 60 мкг Ge у вигляді цитрату, IV група – з 300 мл цукрового сиропу отримувала 30 мкг Со та 60 мкг Ge у вигляді цитрату. Цитрати мікроелементів були отримані від ТОВ «Наноматеріали і нанотехнології» (м. Київ) і виготовлені методом нанотехнології. Підгодовку бджолиних сімей проводили за допомогою внутрішньо-гніздових годівниць. Активність репродуктивної системи бджолиних маток визначали за показником їх інтенсивності середньодобової яйцекладки шляхом фотометричного підрахунку запечатаного розплоду.

**Результати досліджень.** Встановлено, що введення бджолиним сім'ям цитратів Со і Ge до сиропу весняної підгодівлі викликало підвищення інтенсивності яйцекладки бджолиних маток дослідних груп. Характерно, що найбільший приріст інтенсивності яйцекладки відзначений у бджолиних маток III групи, яким згодовували 60 мкг цитрату Ge/0,3л цукрового сиропу порівняно як з контрольною групою (71,7%), так і підготовчим періодом (7,8%). Тоді як застосування цитрату Со в II групі і поєднання Со і Ge в IV дослідній групі характеризувалося нижчим приростом (39,7 % і 34,1 %) відкладених яєць.

Аналіз отриманих результатів загальної кількості відкладених яєць за обліковий період вказує на збереження значень для загальної кількості відкладених за період яєць відмінностей між контрольною і дослідними групами. Кількість відкладених маткою яєць коливалася від 42715 у II групі до 45223 шт. в III групі. Менша інтенсивність відкладання яєць матками відзначена в IV групі – 38896 шт. за обліковий період порівняно до контролю (35335 шт.).

**Висновки.** Отримані результати підтверджують припущення про можливість впливу Со і Ge на інтенсивність яйцекладки бджолиних маток, оскільки як роздільне, так і комплексне застосування цитратів Со і Ge проявило суттєве рівень підвищення яйцекладки маток у дослідний період. Очевидно, вищий рівень яйцекладки маток дослідних груп може підтримуватися як збільшенням вмісту біологічно активних компонентів у маточному молочку бджіл-годувальниць дослідних груп від стимулюючого впливу цитратів Со і Ge на обмін речовин у їх організмі, так і збереженням високої активності репродуктивної системи маток цих бджолосімей після стимулюючого впливу цитратів Со і Ge у дослідний період.

УДК 620.952:338.984

#### ВИКОРИСТАННЯ БІОЧАРУ У ВЕТЕРИНАРІЇ

Кілевої О.М., магістрант, Закарська Н.М., к. вет. н.

[zazharskayana@gmail.com](mailto:zazharskayana@gmail.com)

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м.Дніпро, Україна*

**Вступ.** Головним завданням продуктивного тваринництва завжди було підвищення продуктивності при збереженні безпечності та екологічності продукції. Новітні методи переробки органічних відходів відкрили новий підхід до досягнення цих цілей.

Біочар (біовугілля, biochar) викликає все більший інтерес у науковців всього світу завдяки його потенціалу корисного використання як у галузі виробництва біоенергії, так і у пом'якшенні впливу глобального потепління на розвиток сільського та лісового господарства. Біочар виробляється піролізом з різних видів біомаси в умовах теплового процесу з низьким вмістом кисню при температурі від 350 до 1000 °С.

Використання біочару в якості кормової добавки, має потенціал для покращення здоров'я тварин, ефективності використання кормів, для зменшення втрат поживних речовин та викидів парникових газів, підвищення якості гною, а отже, родючості ґрунтів.

Науковці відмічають, що використання біочару як кормової добавки для всіх видів сільськогосподарських тварин має позитивний вплив на різні параметри, наприклад, ріст,



травлення, ефективність використання корму, адсорбцію токсинів, показники крові, якість м'яса. Електрохімічна взаємодія біовуглецевої та органічної систем надзвичайно складна і потребує значних фундаментальних досліджень та систематичних випробувань *in vivo*. На основі опублікованої досі наукової літератури можна зробити висновок, що (1) загальне ефективність біочару як кормової добавки доведена (2) додавання у раціон біочару вважається безпечним принаймні для періоду в кілька місяців.

**Мета** – визначити вплив на тварин біочару різного походження в якості кормової добавки в умовах лабораторії кафедри хімії і природничих наук Університету м. Парми (Італія)

**Матеріал і методи.** У дослідженні було використано три різні біочари. Біочари А1, А2 та А3 отримували як побічні продукти каталітичного (термо) риформінгу в апараті, розробленому в рамках досліджень проекту TERMOREF (регіон Емілія-Романья, Італія); температура становила від 400 до 500 °С протягом 2-3 годин. Char A1 був отриманий з анаеробного дигестату, char A2 – з посліду птиці та char A3 – з пелетів (гранул) з деревини.

**Результати.** Під час застосування кормової добавки «Char 1» великій рогатій худобі спостерігали підвищення маси на 25% порівняно з контрольною групою за період 98 днів. Частка біочару в раціоні становила 0,6% від загальної маси корми. Окрім того, спостерігали зниження газоутворення в рубці порівняно до контрольної групи.

Під час застосування добавки «Char 2» вівцям досягли підвищення маси на 20% порівняно з контрольною групою. Помітили покращення в засвоєнні сирого протеїну, органічних сполук та азоту. Застосовували добавку у кількості 1% від загального раціону. Експеримент проводили протягом 84 днів.

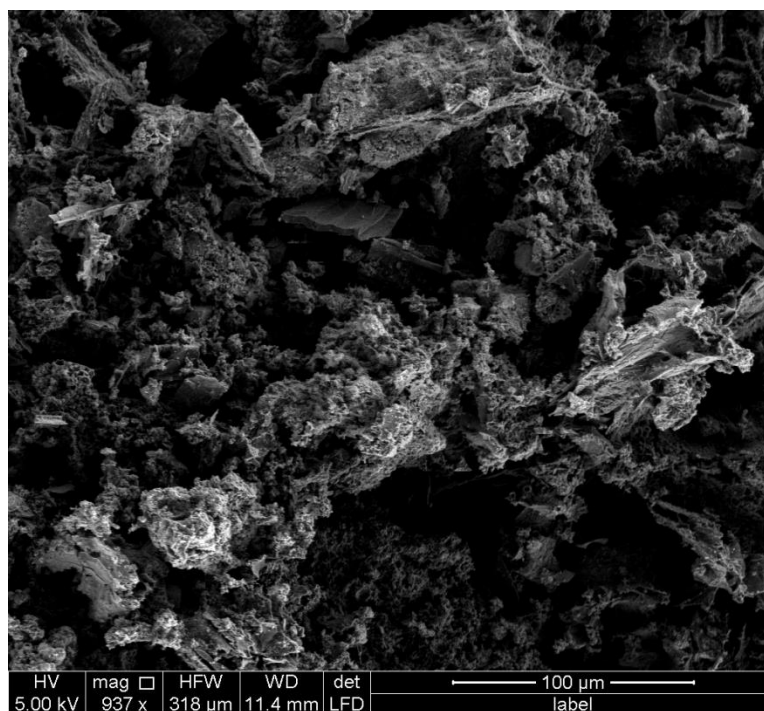
Також проводили тестування добавки серед птиці, застосовували «Char 3». За період в 140 днів з масовою часткою в раціоні 0,3% досягли збільшення маси на 3,9% в середньому. Окрім того, вдалося знизити летальність на 4%.

**Специфічна адсорбція мікотоксинів.** Вважається, що до 25% кормів забруднені мікотоксинами у всьому світі. Дуже важко запобігти створенню мікотоксинів у кормах за їх зберігання. Забруднений мікотоксином корм може призвести до серйозних захворювань сільськогосподарських тварин. В результаті досліджень виявили позитивний вплив на ситуацію захворюваності на мікотоксикози груп тварин до раціону яких додавали біочар. Для захисту тварин додавали виготовлений за технологією біочар до раціону. Виявили зниження захворюваності на мікотоксикози на 25% порівняно з контрольною групою.

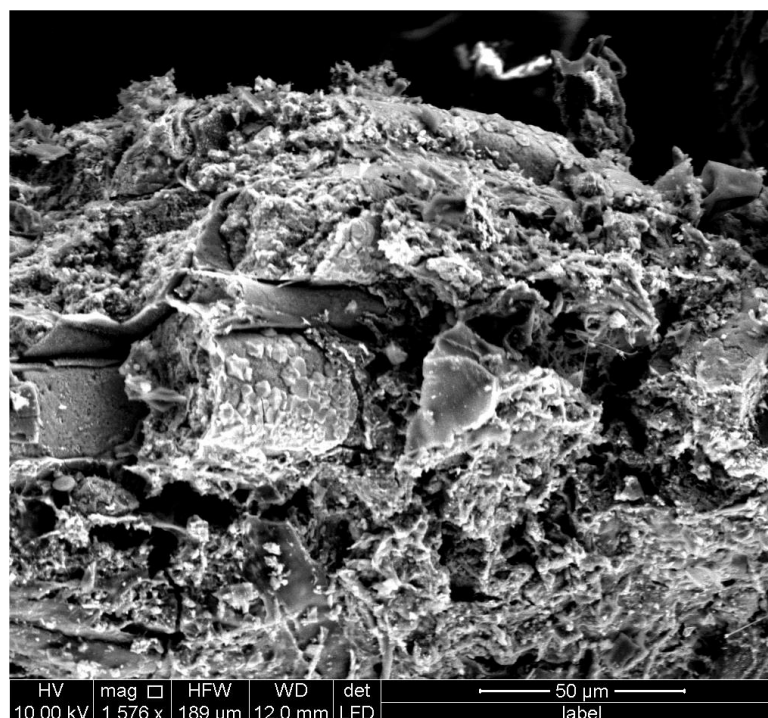
**Висновки.** Застосування біочару в якості кормової добавки у тварин призвело до збільшення ваги, виробництва яєць у птиці, поліпшення якості м'яса. Біочар різних модифікацій може бути рекомендований в якості підвищення продуктивності у різних видів сільськогосподарських тварин. Окрім того є новітнім, екологічно чистим та безвідходним методом ведення тваринницького господарства.

## Додаток 2

а

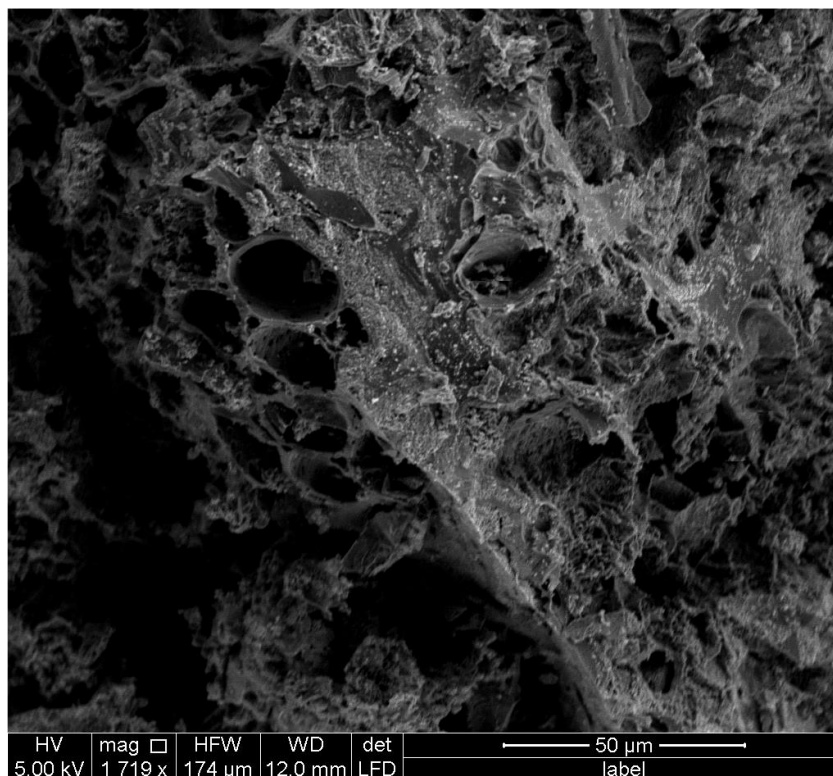


б

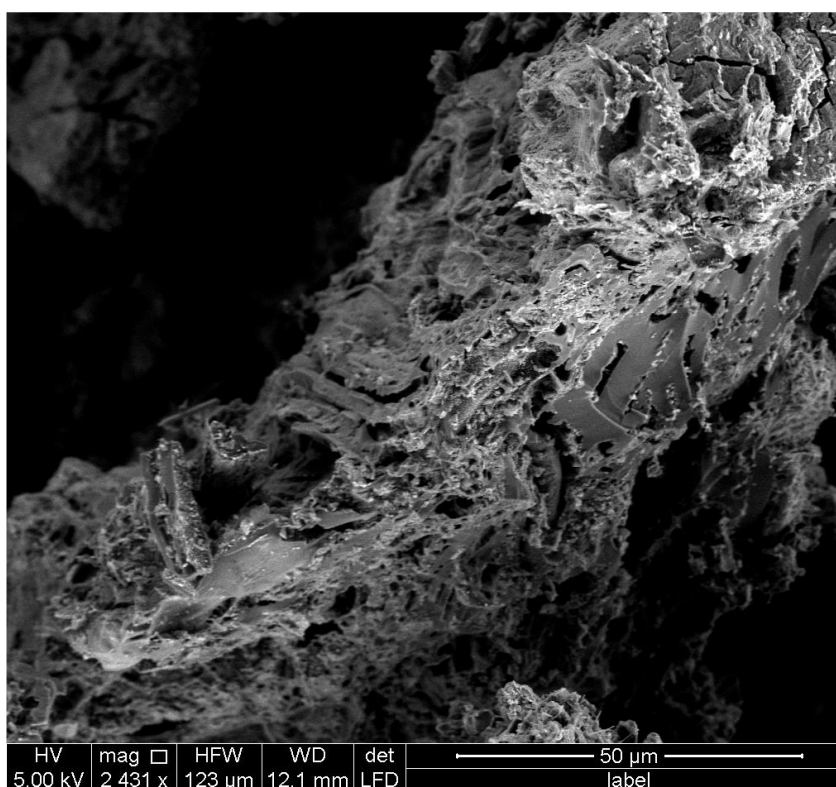


Додаток 2.1. ESEM-зображення біочару: (а) та (б) А1: при різних збільшеннях нижня та біла смужка праворуч).

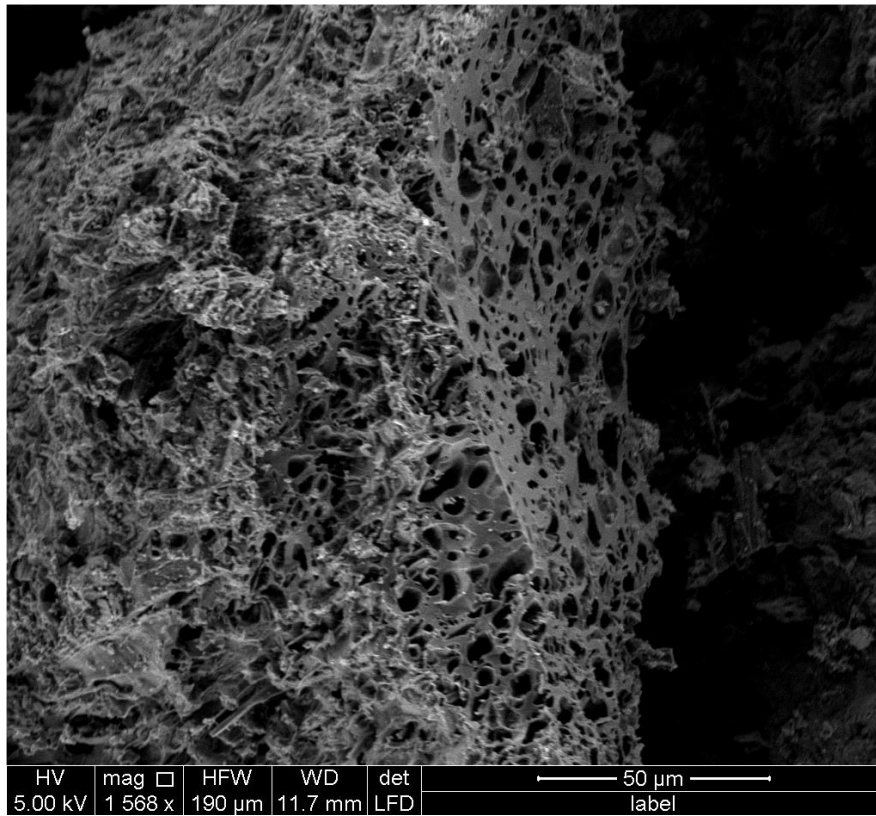
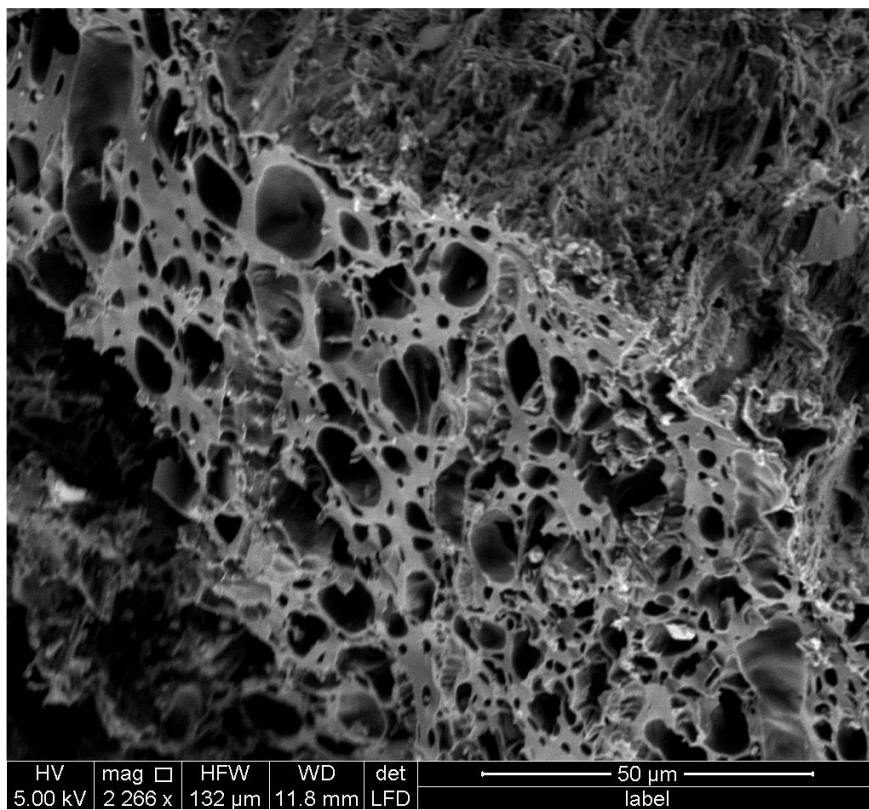
а



б



Додаток 2.2 Біочар А2(а,б) при різних збільшеннях (див. Рисунок нижня та біла смужка праворуч). Усі зображення були отримані електронним пучком в 5КВ і робочим відстань між 11,9 і 12 мм.

**a****б**

Додаток 2.3. ESEM зображення біочару АЗ(а,б)