

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ТВПШТСБ

Кафедра біотехнології та біоінженерії
Спеціальність 162 – «Біотехнології та біоінженерія»
Ступінь вищої освіти «Магістр»

«Допустити до захисту»

«Рекомендувати до захисту»

Декан _____ Михайло ГИЛЬ В.о. зав. кафедри _____ Олена КАРАТЄЄВА

“ _____ ” _____ 2025 р.

“ _____ ” _____ 2025 р.

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПОКРАЩЕННЯ
ВІДТВОРЮВАЛЬНИХ ЯКОСТЕЙ СВИНЕЙ

04.02. – КР. 105-О. 25 07 22. 006

Виконавець:

здобувач вищої

освіти II курсу _____ Дмитро НЕФЬОДОВ

Науковий керівник:

доцент _____ Євген БАРКАРЬ

Рецензентка:

доцентка _____ Олена КАРАТЄЄВА

Миколаїв – 2025

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	4
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	8
1.1. Біотехнологічні методи відтворення у свинарстві	8
1.2. Клітинні та генетичні технології у репродуктивній біотехнології	13
1.3. Перспективи застосування біотехнологічних аспектів відтворення у свинарстві	16
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ, УМОВИ І МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ	21
2.1. Місце та об'єкт досліджень	21
2.2. Методика виконання роботи	23
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	27
3.1. Аналіз біотехнологічних схем синхронізації та стимуляції охоти у свиноматок	27
3.2. Оцінка репродуктивної здатності свиноматок за різних схем синхронізації охоти	30
3.3. Оцінка гормонального фону свиноматок	35
3.4. Оцінка якості сперми плідників у контексті застосування різних схем синхронізації охоти у свиноматок	39
3.5. Аналіз відтворювальних якостей свиноматок за різних схем синхронізації охоти	43
3.6. Економічна частина	46
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	49
РОЗДІЛ 5. БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	53
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ	57
ВИСНОВКИ	61
ПРОПОЗИЦІЇ	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	65

ДОДАТОК А

РЕФЕРАТ

Магістерську роботу викладено на 70 сторінках комп'ютерного тексту. Під час її підготовки опрацьовано 48 джерел спеціальної, наукової та періодичної літератури, з яких 14 представлено латиницею. За структурою робота включає вступ, шість змістовних розділів, висновки та пропозиції, а також список використаних джерел. Матеріал ілюстровано 8 таблицями та 1 рисунком, що відображають основні результати дослідження.

Тема кваліфікаційної роботи: «Біотехнологічні аспекти покращення відтворювальних якостей свиней».

Об'єктом дослідження біотехнологічні процеси, пов'язані з відтворенням стада стимуляція та синхронізація охоти у свиноматок.

Предмет досліджень – біотехнологічні методи підвищення відтворювальних якостей свиней, зокрема використання гормональних стимуляторів

Мета роботи – аналіз використання різних схем синхронізації охоти свиней з метою оптимізації біотехнологічних аспектів відтворення.

Для досягнення поставленої мети були сформовані наступні завдання:

- здійснити аналіз біотехнологічних схем синхронізації та стимуляції охоти у свиноматок;
- оцінити репродуктивну здатність свиноматок за різних схем синхронізації охоти;
- дослідити гормональний фон свиноматок;
- провести оцінку якості сперми плідників у контексті застосування різних схем синхронізації охоти у свиноматок;
- здійснити аналіз відтворювальних якостей свиноматок за різних схем синхронізації охоти;
- надати економічну оцінку результатів досліджень і виявити найбільш ефективні біотехнологічні прийоми синхронізації охоти.

Для досягнення поставленої мети та вирішення завдань дослідження використовувалися комплексні зоотехнічні, біотехнологічні, морфофізіологічні, лабораторні та статистичні методи.

Встановлено, що застосування комбінованої прогестагенно-гормональної схеми (Altrenogest $\rightarrow$ eCG + hCG) сприяє не лише кращій синхронізації охоти у свиноматок, але й підвищенню біологічної якості сперми та загальної ефективності відтворення стада. Це дає підстави рекомендувати дану схему як найбільш результативну з біотехнологічної та господарської точки зору.

Результати роботи апробовані на II International Scientific and Theoretical Conference та опубліковані в закордонному виданні **Nefodov D.** Cellular and genetic technologies in reproductive biotechnology. Modern Science and Innovation: Trends, Challenges and Breakthroughs: Collection of Scientific Papers «SCIENTIA» with Proceedings of the II International Scientific and Theoretical Conference, November 21, 2025. New York, USA: International Center of Scientific Research <https://doi.org/10.36074/scientia-21.11.2025> (додаток А).

ВСТУП

Відтворювальні якості свиней є ключовим чинником ефективності свинарського виробництва, оскільки вони визначають рівень отримання приплоду, темпи обороту маточного поголів'я та економічну результативність галузі. До основних показників репродуктивної здатності свиноматок відносять багатоплідність, масу гнізда при народженні та відлученні, тривалість поросності, плодючість, відсоток заплідненості, індекс відтворення та життєздатність поросят [18].

Традиційні методи поліпшення відтворення базуються на селекційно-племінній роботі, удосконаленні умов годівлі, утримання та ветеринарно-санітарних заходах. Проте у сучасних умовах все більшого значення набувають біотехнологічні методи, які дозволяють цілеспрямовано регулювати репродуктивні процеси на клітинному та молекулярному рівнях [32].

Використання біотехнологій у репродуктивній сфері свинарства має низку переваг [4]:

- підвищення ефективності відтворення поголів'я;
- скорочення міжпоросного інтервалу;
- збільшення кількості живонароджених поросят;
- підвищення генетичної однорідності стада;
- можливість створення банків генетичних ресурсів;
- зниження собівартості виробництва через оптимізацію селекційних процесів [4].

Подальший розвиток біотехнологій передбачає інтеграцію сучасних технологій з традиційними методами селекції, що дозволить формувати інноваційні програми управління репродуктивним потенціалом свиней [2].

Біотехнологічні методи є невід'ємною складовою сучасного відтворення свиней і мають вирішальне значення для підвищення продуктивності та генетичного прогресу. Серед найбільш перспективних

напрямів – застосування штучного осіменіння, трансплантації ембріонів, кріоконсервації, а також молекулярно-генетичного контролю плодючості [14].

Комплексне поєднання біотехнологічних і селекційних підходів забезпечить стабільне підвищення відтворювальних якостей і конкурентоспроможність свинарства в умовах інноваційної аграрної економіки [19].

Застосування біотехнологічних підходів (штучного осіменіння, гормональної регуляції циклу, контролю якості сперми,) дозволить підвищити заплідненість свиноматок, скоротити інтервал між опоросами і збільшити кількість живих поросят при народженні. Це, у свою чергу, призводить до ефективнішого використання маточного поголів'я, зменшення витрат на утримання та підвищення рентабельності галузі. Таким чином, практичне впровадження запропонованих біотехнологічних прийомів має не лише наукове, але й вагоме економічне значення для сучасного свинарського виробництва. Що і викликало наш інтерес у даному напрямі досліджень, а реалізація результатів дослідження сприятиме вдосконаленню біотехнологічних методів у відтворенні свиней, що забезпечить підвищення ефективності виробництва, поліпшення генетичного потенціалу поголів'я та оптимізацію відтворювальних процесів у господарстві [4].

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Біотехнологічні методи відтворення у свинарстві

Біотехнологічні методи сьогодні служать доповненням до класичних селекційно-племінних заходів і дають змогу цілеспрямовано підвищувати репродуктивні показники (багатоплідність, запліднюваність, виживаність поросят, скорочення міжпоросяного інтервалу). Класичні підходи та лабораторні методики докладно описані в підручниках, які слугують техніко-методичною базою для впровадження біотехнологічних процедур у тваринництві [37, 38, 41].

До основних напрямів біотехнологічного впливу на відтворення свиней належать [4]:

1. **Штучне осіменіння (ШО)** – базовий метод інтенсифікації відтворення, який забезпечує раціональне використання плідників, контроль родоводів і зменшення ризику інфекційних хвороб. Сучасні біотехнології дозволяють підвищити якість сперми за рахунок використання спеціальних розріджувачів, антиоксидантів, кріопротекторів, а також молекулярних маркерів для оцінки життєздатності сперміїв [7].

2. **Кріоконсервація сперми та ембріонів** – технологія довготривалого збереження генетичного матеріалу високопродуктивних плідників. Застосування кріопротекторів (гліцерол, диметилсульфоксид, трегалоза) дозволяє мінімізувати пошкодження клітин при заморожуванні [5].

3. **Суперовуляція та трансплантація ембріонів (ТЕ)** – ефективний метод швидкого розмноження цінних генотипів. Індукція суперовуляції у свиноматок досягається введенням гонадотропінів (eCG, hCG) або рекомбінантних гормонів. Трансплантація ембріонів забезпечує

відтворення генетично цінних тварин без безпосередньої участі донорів у репродукції [9].

4. **Гормональна регуляція відтворення** – застосування аналогів гонадотропін-рилізінг-гормону (GnRH), прогестагенів та простагландинів для синхронізації охоти, регулювання овуляції та оптимізації календаря осіменіння [3].

Штучне осіменіння (ШО) і технології сперми. Передбачає удосконалення розчинників/рідин для збереження сперми (extenders), що підвищують життєздатність сперматозоїдів; застосування антиоксидантів, додатків амінокислот, протекторів мембран; технології оцінки якості сперми – морфологія, motility (комп'ютерний аналіз CASA), молекулярні маркери ДНК-пошкоджень [2].

Покращення складу розчинників та введення сучасних методів оцінки сперми безпосередньо покращують результативність ШО. Багато дослідників рекомендують впроваджувати стандартизовані протоколи оцінки сперми (CASA) і використовувати антиоксидантні добавки при довгостроковому зберіганні [1].

Кріоконсервація сперми та ембріонів свиней. Кріоконсервація є одним із ключових біотехнологічних методів збереження генетичних ресурсів тварин, що забезпечує тривале зберігання сперми, ооцитів і ембріонів при наднизьких температурах без втрати їхньої життєздатності. У свинарстві ця технологія має велике значення для підтримання племінного фонду, створення генетичних банків та проведення програм селекції [37].

Основна мета кріоконсервації полягає у збереженні клітин у стані метаболічного спокою при температурі рідкого азоту (-196°C), що дозволяє запобігти біохімічним реакціям і структурним пошкодженням мембран [1].

Сперматозоїди свиней характеризуються високою чутливістю до дії низьких температур, що зумовлено особливостями складу плазматичної мембрани – зокрема високим вмістом ненасичених жирних кислот, які легко

піддаються перекисному окисненню. Тому ефективність заморожування сперми у свинарстві нижча, ніж у великої рогатої худоби або овець [41].

Методи заморожування

Сучасна практика кріоконсервації сперми свиней базується на двох основних підходах:

- повільне заморожування з використанням програмованих охолоджувачів,
- вітрифікація (швидке заморожування), яка мінімізує утворення кристалів льоду.

У якості розріджувачів і кріопротекторів найчастіше застосовують гліцерин, диметилсульфоксид (DMSO), етиленгліколь, а також натуральні антиоксиданти – вітамін Е, глутатіон, катехіни зеленого чаю [35]. Додавання білкових і цукрових компонентів (жовтковий лецитин, трегалоза, сахароза) забезпечує стабілізацію мембран спермій під час охолодження [6].

Оцінка якості сперми після розморожування

Якість кріоконсервованої сперми визначають за такими показниками: рухливість, життєздатність, морфологічна цілісність, рівень фрагментації ДНК та здатність до запліднення *in vitro*. Використання комп'ютеризованих систем аналізу сперми (CASA) і проточної цитофлуориметрії дозволяє об'єктивно оцінити ступінь пошкодження клітин [34].

Нещодавні дослідження свідчать, що додавання наночастинок оксиду цинку та наноліпосом до розріджувачів значно покращує виживаність спермій після розморожування, що відкриває перспективи нанобіотехнологічного підходу у кріозбереженні [48].

Суперовуляція та трансплантація ембріонів. Суперовуляція та трансплантація ембріонів (ТЕ) є провідними біотехнологічними методами у сучасному свинарстві, спрямованими на підвищення інтенсивності відтворення цінних генотипів, скорочення селекційного інтервалу та оптимізацію генетичного прогресу популяцій [37]. На відміну від традиційних методів розведення, ці технології дозволяють отримувати

потомство від високопродуктивних свиноматок у багаторазовому режимі, що значно прискорює генетичне вдосконалення стада [8].

Суперовуляція – це стимуляція яєчників до утворення більшої кількості зрілих фолікулів і, відповідно, ооцитів під впливом екзогенних гормонів. У природних умовах свиноматка овулює 10–20 ооцитів, однак за рахунок введення гонадотропних гормонів кількість овуляцій може зрости до 25–40 [35].

Гормональні препарати для індукції суперовуляції

Найпоширенішими препаратами для індукції суперовуляції у свиноматок є [31]:

- **екзогенні гонадотропіни:** eCG (екстракт хоріонічного гонадотропіну кобил) і hCG (людський хоріонічний гонадотропін);
- **рекомбінантні аналоги FSH та LH**, отримані методами генної інженерії;
- **синтетичні аналоги GnRH** для контрольованого запуску овуляції.

Комбіноване введення eCG та hCG за схемою 1000–1500 МО eCG з наступним введенням 500 МО hCG через 72 години забезпечує максимальну кількість зрілих ооцитів [6]. Також використовуються гормональні імпланти з контрольованим вивільненням, що дозволяє уникати пікових концентрацій і покращує якість отриманих ооцитів [34].

Фактори, що впливають на ефективність суперовуляції

На інтенсивність відповіді на стимуляцію впливають: вік і фізіологічний стан свиноматки; сезонність; годівля та вміст енергії у раціоні; частота повторних стимуляцій; генетичні особливості тварин [20].

Згідно з дослідженнями Madigan та співавт., повторне застосування гонадотропінів у коротких інтервалах (менше 60 днів) може викликати зниження реакції яєчників через формування імунітету проти введених гормонів [41].

Трансплантація ембріонів (ТЕ) – це процес перенесення ембріонів від донорів до реципієнтів, синхронізованих за стадією статевого циклу.

Метод дозволяє отримувати потомство від генетично цінних тварин без прямого залучення їх до розмноження, що знижує фізіологічне навантаження на донорів і збільшує кількість приплодів від однієї самки [40].

Отримання ембріонів. Ембріони вилучають на 5–7 добу після осіменіння шляхом хірургічного промивання рогів матки або за допомогою лапароскопічного методу. Отриманий біоматеріал оцінюють за морфологічними критеріями – цілісність зональної оболонки, рівномірність бластомерів, відсутність фрагментації [46].

Підготовка реципієнтів. Для досягнення високої ефективності імплантації реципієнток синхронізують із донорами шляхом введення прогестагенів (Regumate, Altrenogest) або простагландину *F2α*. Дослідження Zhang та співавт. підтверджують, що синхронізація з точністю ± 12 годин між донорами і реципієнтами забезпечує найвищий рівень приживлення ембріонів – до 80 % [48].

Методи перенесення ембріонів. *Хірургічний метод* – класичний підхід, що передбачає введення ембріонів у ріг матки через лапаротомію. *Нехірургічний метод (non-surgical ET)* – менш травматичний, здійснюється за допомогою спеціального катетера через шийку матки під контролем УЗД. Нехірургічний підхід стає домінуючим у сучасних практиках, оскільки дозволяє багаторазово використовувати реципієнтів і зменшує післяопераційні ускладнення [47].

Гормональна регуляція відтворення свиней. Відтворення у свиней є складним багаторівневим процесом, який контролюється ендокринною системою через взаємодію гіпоталамуса, гіпофіза, яєчників і матки. Ключову роль відіграють гонадотропні гормони – фолікулостимулювальний (ФСГ) та лютеїнізуючий (ЛГ), що регулюють розвиток фолікулів, овуляцію й формування жовтого тіла [40]. Регуляція цих процесів здійснюється через гіпоталамо-гіпофізарно-гонадну вісь, де головним медіатором є гонадотропін-релізінг-гормон [37].

Порушення гормонального балансу може призводити до анеструсу, низької заплідненості або ранньої ембріональної смертності. Тому розуміння механізмів гормональної регуляції має важливе значення для управління відтворенням у свинарстві [8].

Гормональні препарати активно застосовуються у складі біотехнологічних схем відтворення:

- індукція і синхронізація охоти після відлучення;
- контроль овуляції для підвищення ефективності штучного осіменіння;
- регуляція часу опоросу;
- підготовка донорів та реципієнтів у програмах трансплантації ембріонів [8].

Сучасні тенденції спрямовані на використання рекомбінантних гормонів і систем контрольованого вивільнення, що забезпечують тривалу дію при мінімальних дозах [47]. Інноваційні дослідження показують, що поєднання гормональної регуляції з молекулярно-генетичним аналізом маркерів плодючості (ESR1, PRLR, RBP4) дозволяє індивідуалізувати підхід до стимуляції тварин [37].

1.2. Клітинні та генетичні технології у репродуктивній біотехнології

Клітинні та генетичні методи забезпечують принципово нові можливості управління репродуктивним потенціалом тварин: від відбору й модифікації генів, що контролюють фертильність, до створення клонів і трансгенних ліній. Ці технології дозволяють зберігати й поширювати цінні генотипи, досліджувати механізми розвитку ембріона й оптимізувати селекційні програми [37, 43].

Клонування соматичною ядерною трансплантацією (SCNT). SCNT (somatic cell nuclear transfer) полягає у перенесенні ядра соматичної клітини до деградованого або вилученого ядра ооцита, стимуляції розвитку та

імплантації ембріона в реципієнтку. Технологія дає змогу відтворити генетичну ідентичність донора ядра – корисна для збереження рідкісних або цінних генотипів [43].

Головні перешкоди клонування соматичною ядерною трансплантацією є низька частота розвитку до народження, епігенетичні порушення (неповне перезаписування епігеному), аномалії плацентиції та високі витрати. У свинарстві відсоток успішних вагітностей після SCNT традиційно низький у порівнянні з іншими видами, що обмежує широке застосування [37, 46].

Шляхи підвищення ефективності SCNT – оптимізація стану донорних клітин (фази клітинного циклу), використання епігенетичних модифікаторів (HDAC-інгібітори, DNMT-інгібітори) для корекції мітотичних/епігенетичних дефектів, покращення середовищ культивування ооцитів і ембріонів. Омнікс-аналіз і високопродуктивне секвенування допомагають виявляти маркери, пов'язані з успіхом реконституції [34].

Індуковані плюрипотентні стовбурові клітини (iPSC) та ембріональні стовбурові клітини. iPSC і ембріональні стовбурові клітини (ESC) відкривають можливість створення клітинних ліній для дослідження раннього ембріонального розвитку, тестування токсичності та потенційного джерела гаметов у майбутньому. У тваринництві iPSC можуть служити «платформою» для модифікації генів і подальшої генерації клонів або хібридних ембріонів [40, 43].

У практичному тваринництві використання iPSC/ESC обмежене: різниця між лініями по виду, ризики тератогенності, складність диференціювання у функціональні гамети. Потреба в стандартизованих протоколах і безпечному контролі їхнього використання є ключовою [30].

***In vitro* технології: IVM, IVF, ICSI. Ооцит- і ембріон-орієнтовані процедури.** IVM (*in vitro* maturation), IVF (*in vitro* fertilization) і ICSI (intracytoplasmic sperm injection) – центральні методи для отримання ембріонів поза організмом. У свинарстві успіхи є, але показники нижчі, ніж у деяких інших видів, через особливості ооцитів і сперми [35, 46].

Маніпуляції з ооцитами *in vitro* – сучасні підходи, що дають змогу вивчати механізми запліднення і створювати нові лінії тварин. Методи *in vitro* maturation (IVM), *in vitro* fertilization (IVF) та intracytoplasmic sperm injection (ICSI) успішно застосовуються у експериментальному свинарстві для підвищення результатів запліднення та оптимізації селекційних програм [31].

Технічні фактори успіху якості ооцита (метаболічний стан, рівень ліпідів), середовище культивування (осмотичні умови, антиоксиданти), час контакту сперми та ооцита, імунологічні та епігенетичні ефекти. ICSI дозволяє обходити проблеми з низькою рухливістю сперматозоїдів, але потребує спеціалізованого обладнання та навичок [6].

Редагування геному (CRISPR/Cas, TALENs, ZFNs). CRISPR/Cas дозволяє точкові модифікації генів, створення нокаутів або внесення заданих алелей. У репродуктивній біотехнології це застосовується для корекції мутацій, підвищення стійкості до хвороб, поліпшення репродуктивних характеристик та створення трансгенних ліній [47-48].

Молекулярно-генетичний контроль репродуктивних якостей – використання маркерів генів плідності (ESR1, FSHB, RBP4, PRLR, LEP) дозволяє на ранніх етапах ідентифікувати тварин з високим генетичним потенціалом. Генотипування за допомогою PCR, SNP-аналізу та секвенування нового покоління (NGS) стало основою молекулярної селекції [17].

Проблеми які виникають – off-target ефекти, мозаїцизм у ембріонах, епігенетичні наслідки та регуляторні/етичні обмеження. Необхідні ретельні популяційні і довготривалі фіто- і зоо-експерименти для оцінки безпеки та стабільності фенотипів [7].

Трансгенні технології та біофармацевтичні лінії. Трансгенні тварини використовуються для дослідницьких цілей і виробництва рекомбінантних білків (фармпродуктів). У свинарстві трансгенність застосовують рідше, але

технологія має потенціал для поліпшення репродуктивних та продуктивних характеристик [43].

Епігенетика та омікс-підходи. Епігенетичні зміни (метилювання ДНК, модифікації гістонів) визначають успішність перезаписування в SCNT та виживання ембріонів після *in vitro* процедур. Інтеграція геноміки, транскриптоміки, протеоміки й метаболоміки дозволяє знаходити біомаркери якості ооцитів і ембріонів та прогнозувати їхній розвиток [34, 36].

Етичні, регуляторні та біобезпекові аспекти застосування клітинних і генетичних технологій потребує оцінки впливу на добробут тварин, екологічних ризиків і дотримання законодавчих норм щодо ГМО та клонування. Необхідні прозорі протоколи оцінки ризиків і механізми контролю за використанням технологій [36].

1.3. Перспективи застосування біотехнологічних аспектів відтворення у свинарстві

Репродуктивна ефективність є одним із найважливіших факторів, що визначають продуктивність та рентабельність свинарства. Традиційні методи оцінки відтворювальних якостей ґрунтуються на фенотипових показниках (кількість поросят у гнізді, інтервал між опоросами, виживаність потомства тощо). Однак вони не завжди відображають реальний генетичний потенціал тварини, оскільки залежать від умов утримання та годівлі. Розвиток молекулярної біотехнології дав змогу перейти до геномного контролю за відтворенням, що базується на ідентифікації молекулярних маркерів генів плідності та регуляторних шляхів, які впливають на овуляцію, імплантацію і розвиток ембріонів [37, 43].

Репродуктивна ефективність свиней — це комплексна ознака, що визначає рівень прибутковості господарств, оскільки безпосередньо впливає на кількість отриманих поросят і тривалість міжопоросного періоду. Традиційні підходи до підвищення плідності (відбір за фенотипом,

покращення годівлі, гормональна стимуляція) є обмеженими через вплив середовищних факторів і низьку спадковість ознак [15].

Молекулярно-генетичний контроль дозволяє оцінювати внутрішньогеномні механізми, які визначають репродуктивну здатність, і здійснювати точну селекцію на основі маркерів, пов'язаних із генами плодючості, ембріонального розвитку та гормональної регуляції [8, 43].

У сучасній біотехнології такі методи застосовують для [14]:

- визначення генетичного потенціалу тварин ще до настання статевої зрілості;
- контролю експресії генів, що регулюють овуляцію, імплантацію та розвиток ембріонів;
- створення геномних карт порід свиней із позначеними локусами, які впливають на плодючість [14].

Генетична архітектура репродуктивних якостей

Репродуктивна функція є полігенною та контролюється десятками генів, які діють у взаємодії між собою та з навколишнім середовищем. Серед основних регуляторів виділяють такі групи [6]:

1. **Гени стероїдних рецепторів:** ESR1, PGR, LHR – визначають чутливість тканин до естрогену, прогестерону і лютеїнізуючого гормону.
2. **Гени білків плазми:** RBP4, FSHR, PRLR – беруть участь у транспорті гормонів і сигнальних молекул.
3. **Гени факторів росту:** BMP15, GDF9, IGF1, IGF2, VEGF – регулюють розвиток фолікулів і ангиогенез під час імплантації.
4. **Гени імуномодуляторів:** IL6, TNF α , STAT5A – забезпечують толерантність ембріона в матці [6-8].

За даними Alberts et al. понад 250 генів пов'язані з репродуктивними функціями свиней, з яких близько 40 мають підтверджену асоціацію з плодючістю [34].

Молекулярна ідентифікація цих генів і їхніх алельних варіантів дала змогу розробити маркерно-асоційовані підходи до селекції свиней за показниками плодючості [34, 40].

Гени-маркери, пов'язані з плодючістю свиней

ESR1 (Estrogen Receptor 1). Ген ESR1 кодує естрогеновий рецептор, який регулює розвиток матки, фолікулогенез та імплантацію. Алель *A* ESR1 пов'язана з підвищеною кількістю живонароджених поросят і більшою масою гнізда при відлученні. Дослідження показують, що носії генотипу *AA* мають на 0,8–1,2 порося більше в середньому за опорос порівняно з *BB* [6].

PRLR (Prolactin Receptor). Ген PRLR визначає чутливість тканин до пролактину – гормону, який регулює лактацію та підтримку жовтого тіла. Варіант *C* цього гена асоціюється з підвищеною виживаністю ембріонів і більш коротким інтервалом між опоросами [1].

RBP4 (Retinol-Binding Protein 4). Білок, що транспортує ретинол (вітамін А), необхідний для ембріонального розвитку. Поліморфізм у промоторній ділянці RBP4 впливає на рівень експресії гена й, відповідно, на виживання ембріонів у ранній фазі гестації. Маркер *T*-алеля корелює з більшою плодючістю [41].

BMP15 і GDF9. Ці гени належать до сімейства факторів росту TGF- β і регулюють розвиток фолікулів. Виявлено, що деякі мутації у BMP15 можуть призводити до підвищення овуляційної здатності у гетерозиготних самок, але до безпліддя у гомозигот [43].

IGF1 (Insulin-like Growth Factor 1). IGF1 впливає на диференціацію клітин фолікула і розвиток ембріонів. Його підвищена експресія асоціюється з коротшим інтервалом від відлучення до охоти, що є важливим економічним показником у свинарстві [34].

Методи молекулярно-генетичного аналізу. PCR-RFLP (Polymerase Chain Reaction – Restriction Fragment Length Polymorphism). Один із перших методів ідентифікації генетичних варіацій. Його застосовують для аналізу

поліморфізмів у *ESR1*, *RBP4*, *PRLR*. Метод дешевий і точний, проте придатний лише для аналізу відомих локусів [46].

Real-time PCR та qPCR. Дозволяють визначати рівень експресії генів у тканинах яєчників, ендометрію та ембріонів. Використовуються для виявлення змін у транскрипції під впливом гормональної стимуляції [35].

SNP-аналіз та генотипування чипів. Високопродуктивні методи (SNP-arrays, Illumina PorcineSNP60 BeadChip) дозволяють одночасно аналізувати десятки тисяч поліморфізмів у геномі свині. Це дає можливість проводити геномну селекцію за комплексом репродуктивних ознак [48].

CRISPR/Cas-технології. Система CRISPR/Cas9 дозволяє цілеспрямовано модифікувати або інактивувати гени, пов'язані з репродуктивними функціями. Наприклад, редагування *PRLR* може бути використане для підвищення стійкості до стресу та нормалізації лютеальної фази [47].

Окрім послідовності ДНК, важливу роль відіграє епігенетична регуляція – метилювання ДНК, ацетилювання гістонів і некодуючі РНК. Порушення цих процесів можуть впливати на фертильність навіть без змін у послідовності генів [34]. Дослідження показують, що в успішно запліднених свиноматок вищий рівень метилювання промоторів генів *IGF2* та *ESR1*, що пов'язано зі стабільним ендокринним статусом і нормальною імплантацією [40].

Практичне значення молекулярно-генетичного контролю. Використання маркерів плодючості дозволяє [2]:

- проводити ранній генетичний відбір свиней за репродуктивними показниками;
- підвищити точність селекції та скоротити інтервали поколінь;
- індивідуалізувати гормональні схеми стимуляції;
- оптимізувати підбір пар для спарювання або штучного осіменіння.

Такі підходи дають змогу поєднувати класичну селекцію з геномною інформацією, що забезпечує швидший генетичний прогрес у стаді [3-6]. Перспективи розвитку. Сучасні напрями включають [7]:

1. Інтеграцію омікс-технологій (геноміки, транскриптоміки, епігеноміки, протеоміки) для створення комплексних моделей регуляції репродукції.
2. Використання машинного навчання для прогнозування репродуктивних результатів за генотипом.
3. Розробку національних баз даних генетичних маркерів плодючості для різних порід свиней.
4. Пошук мітохондріальних маркерів, пов'язаних з енергетичним забезпеченням фолікулогенезу та ембріогенезу [7].

Геномна селекція – це використання великомасштабних даних SNP-генотипів для прогнозування племінної цінності тварин [12].

Згідно з дослідженнями Zhang et al., точність прогнозування генетичної здатності свиноматок до багатоплідності сягає 0,72–0,78 при використанні понад 50 000 SNP-маркерів [48].

У провідних європейських програмах геномної селекції створено генетичні панелі маркерів, що дозволяють оцінювати тварин уже на етапі відлучення. Це скорочує інтервал поколінь і прискорює селекційний прогрес [14].

Отже, репродуктивні якості свиней мають полігенну природу та залежать від складної взаємодії генетичних, епігенетичних і середовищних чинників. Ідентифікація генів-маркерів (ESR1, PRLR, RBP4, BMP15, IGF1) відкриває можливості для ефективного відбору та прогнозування плодючості. Застосування молекулярно-генетичних методів у селекції підвищує точність оцінки тварин і дозволяє оптимізувати біотехнологічні програми відтворення. Подальший розвиток геномних і епігеномних технологій створює передумови для персоналізованого управління репродуктивним потенціалом у свинарстві [15-20, 36].

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ, УМОВИ І МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

2.1. Місце та об'єкт дослідження

Дослідження проводилися на базі Сільськогосподарського приватного підприємства “Техмет-ЮГ”, що розташоване в Миколаївському районі Миколаївської області. Господарство є багатогалузевим підприємством, основними напрямками діяльності якого є виробництво свинини, вирощування зернових культур та кормова база для власного тваринництва [27].

СГПП “Техмет-ЮГ” входить до числа стабільно функціонуючих підприємств Миколаївщини. Господарство має сучасну виробничу інфраструктуру, належну матеріально-технічну базу та кваліфікований персонал. Загальна земельна площа підприємства становить близько 2,800 га, з яких понад 80 % використовується під посіви зернових і кормових культур (пшениця, ячмінь, кукурудза, люцерна, соняшник) [26].

Підприємство розташоване в зоні степового клімату, що характеризується помірно посушливими умовами, середньорічною температурою +9,5...+10,0 °С, кількістю опадів 350–400 мм на рік та переважанням північно-західних вітрів. Такі кліматичні умови є сприятливими для розвитку кормової бази й утримання свиней на закритих фермах із контрольованим мікрокліматом [28].

Основною спеціалізацією господарства є виробництво свинини з повним технологічним циклом, що включає: вирощування ремонтного молодняку; утримання свиноматок; осіменіння, опороси, відгодівлю та реалізацію м'ясної продукції [27].

Поголів'я свиней у господарстві на 2024 рік становило близько 1200 голів, у тому числі 80 основних свиноматок і 10 кнурів-плідників. Порідний склад представлений переважно великою білою породою та її помісями з

ландрасом, що характеризуються високими репродуктивними якостями та добрими м'ясними показниками [27].

У СГПП “Техмет-ЮГ” впроваджено закриту систему утримання з механізованою подачею кормів, водопостачанням і вентиляцією. Свині утримуються в утеплених приміщеннях із глибокою підстилкою. Для осіменіння використовується штучне осіменіння із застосуванням сперми перевірених плідників, що зберігається у лабораторії підприємства в холодильних умовах [28].

Мікроклімат у приміщеннях підтримується на рівні: температура – 18–22 °С, вологість – 65–70 %, швидкість руху повітря – не більше 0,3 м/с. Тварини забезпечені повноцінною збалансованою годівлею, до складу якої входять зернові суміші власного виробництва, білково-вітамінні добавки та мінеральні компоненти [11].

У господарстві функціонує ветеринарний пункт, який здійснює постійний контроль за станом здоров'я поголів'я, профілактику інфекційних і паразитарних захворювань, вакцинацію тварин відповідно до плану біобезпеки. Проводиться регулярна дезінфекція приміщень, дератизація, дезінсекція та контроль якості кормів.

Система біобезпеки включає: обмеження доступу сторонніх осіб; наявність санпропускника; ізоляційне приміщення для новоприбулих тварин; журнал обліку ветеринарних процедур [26].

Підприємство має стабільну економічну діяльність, середня рентабельність галузі свинарства становить 15–20 %, а середній приріст живої маси молодняку – 650–700 г/добу. Виробництво ведеться із застосуванням закритого циклу, що дозволяє контролювати якість продукції від кормів до реалізації [11].

Господарство співпрацює з науковими установами та ветеринарними лабораторіями Миколаївської області для впровадження сучасних біотехнологічних методів у тваринництві [28].

Таким чином, СГПП “Техмет-ЮГ” є сучасним господарством із добре розвиненою матеріально-технічною базою, налагодженим виробництвом свинини та ефективною системою управління відтворенням. Це створює сприятливі умови для проведення науково-практичних досліджень з питань біотехнологічного вдосконалення репродуктивних якостей свиней та впровадження результатів у виробництво [27, 28].

2.2. Методика виконання роботи

Експериментальні дослідження проводилися влітку 2025 року під час виробничої практики в умовах СГПП “Техмет-ЮГ” (Миколаївський район, Миколаївська область). Проведення досліджень у реальних виробничих умовах дало можливість оцінити ефективність застосування сучасних біотехнологічних методів відтворення у свинарстві, здійснити аналіз репродуктивних показників поголів’я, а також визначити шляхи підвищення продуктивності галузі [21].

Тема кваліфікаційної роботи: «Біотехнологічні аспекти покращення відтворювальних якостей свиней».

Об’єктом дослідження є біотехнологічні процеси, пов’язані з відтворенням стада: штучне осіменіння, суперовуляція, контроль стану тварин у післяопоросний період, оцінка відтворювальних показників (кількість живонароджених поросят, багатоплідність, виживаність приплоду).

Предмет досліджень – біотехнологічні методи підвищення відтворювальних якостей свиней.

Мета роботи – аналіз використання різних схем синхронізації охоти свиней, з метою оптимізації біотехнологічних аспектів відтворення.

Для досягнення поставленої мети були сформовані наступні завдання:

- здійснити аналіз біотехнологічних схем синхронізації та стимуляції охоти у свиноматок;

- оцінити репродуктивну здатність свиноматок за різних схем синхронізації охоти;
- дослідити гормональний фон свиноматок;
- провести оцінку якості сперми плідників у контексті застосування різних схем синхронізації охоти у свиноматок;
- здійснити аналіз відтворювальних якостей свиноматок за різних схем синхронізації охоти;
- надати економічну оцінку результатів досліджень і виявити найбільш ефективні біотехнологічні прийоми синхронізації охоти.

Для досягнення поставленої мети та вирішення завдань дослідження використовувалися комплексні зоотехнічні, біотехнологічні, морфофізіологічні, лабораторні та статистичні методи.

В дослідження включали здорових помісних свиноматок, 2–6 опоросів, середній стан вгодованості (3–3,5 бали), без гострих захворювань, підтверджена анамнезом фертильність [32].

Тварини розподіляли по групах випадковим чином із урахуванням віку та попередньої продуктивності. Схема формування дослідних груп наведена в таблиці 1.

Схема А (Altrenogest $\rightarrow$ eCG + hCG) [30].

1. Altrenogest (алтреногест), перорально: 15 mg/голову/день протягом 14 днів (день 0–13).
2. Через 24–48 годин після останнього дня прийому альтреногесту вводять eCG 1000 МО внутрішньом'язово (або підшкірно).
3. Через 72 години після введення eCG вводять hCG 500 МО або вводять GnRH для індукції овуляції у встановлений час.
4. Осіменіння: штучне осіменіння двічі (через 24 та 40–48 годин після індукції овуляції) – або згідно з прийнятою в господарстві практикою [30].

Схема В (Altrenogest $\rightarrow$ GnRH) [31].

1. Altrenogest: 15 mg/день, 14 днів.

2. Через 24–48 год. після завершення – введення GnRH-аналога (наприклад, деслорелін) 1–2 mg внутрішньом'язово для індукції овуляції.
3. Осіменіння: штучне осіменіння згідно з часом реакції (через 24–36 год. після введення GnRH) [31].

Таблиця 1

Схема досліду

Призначення групи	Схема гормональної регуляції	Кількість свиноматок, гол.
Контроль	натуральна охота, без стимуляції	25
I-дослідна класична схема А	Altrenogest (альтреногест) → eCG (ендокринний хоріонічний гонадотропін) + hCG (хоріонічний гонадотропін людини)	25
II- дослідна схема В	Altrenogest → GnRH» (гонадотропін-рилізинг-гормон)	25
III- дослідна альтернативна схема С	«PGF _{2α} (простагландин F _{2α})→ eCG + hCG»	25

Схема С (PGF_{2α} → eCG + hCG) [30].

1. PGF_{2α}/аналоги: одноразово або двократно (з інтервалом 14 днів) згідно з інструкцією (наприклад, клоперстенол 0,075 mg/голову).
2. Через 2–4 дні після останнього введення PGF_{2α} – введення eCG 1000 МО; через 72 год. – hCG 500 МО.
3. Осіменіння: як у схемі А [30].

Досліджували репродуктивні показники: відсоток свиноматок, що проявили охоту (після синхронізації); час від введення препарату до прояву охоти (години); частота заплідненості (кількість підтверджених вагітностей / кількість осіменінь); кількість живонароджених поросят на одну свиноматку;

кількість мертвонароджених; збереженість приплоду до 30 днів; інтервал між опоросами (дні) [32].

Фізіологічні та лабораторні показники: концентрації гормонів у сироватці: естрадіол, прогестерон, LH (часи відбору – до лікування (база), у день індукції овуляції, на момент осіменіння, на 21-й день після осіменіння) – визначення ELISA; якість сперми плідників: рухливість (CASA), концентрація, морфологія, життєздатність [23].

Середній бал якості сперми розраховано за чотирма показниками (рухливість, концентрація, морфологія, життєздатність). Узагальнений індекс репродуктивної успішності розраховано як відношення репродуктивної ефективності до середнього показника рухливості сперми [20].

Статистичну обробку даних здійснювали у базі Excel, за допомогою якого проводили оцінку середніх значень ($M \pm SE$), коефіцієнту варіації за методикою С.С. Крамаренка [16].

Економічну ефективність та оцінку рентабельності проведених досліджень здійснювали за допомогою методичних рекомендацій [13].

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Аналіз біотехнологічних схем синхронізації та стимуляції охоти у свиноматок

Синхронізація еструсу за допомогою штучного інгібування з фіксованим часом може бути дуже корисною для свинарства. Однак реакція та ефективність, результат та переваги цієї методики залежать від гормональної підготовки, протоколів, породи, умов управління та виробничої системи [15].

Для визначення оптимального часу для запліднення необхідний чіткий період еструсу з сильними симптомами. Як вказує велика кількість дослідників більшість свиноматок (80%) при обробці гормональними препаратами демонстрували помірну або сильну інтенсивність еструсу при оцінці за рівнем його інтенсивності [38, 45]. При цьому тривалість еструсу була значно довшою у синхронізованих свиноматок, ніж у необроблених свиноматок. Оскільки гормональне лікування сприяло підвищенню рівня естрадіолу в крові через швидкий ріст фолікулів, та подовжувало тривалість еструсу і його інтенсивність [45].

Еструс можна синхронізувати шляхом застосування різних схем синхронізації та введення гормональних препаратів, що буде ключовим фактором для підтримки постійної кількості опоросів. Спеціалісти можуть контролювати терміни еструсу та овуляції за допомогою протоколів синхронізації, що дозволяє впроваджувати єдину програму штучного запліднення з фіксованим часом. З цією метою по всьому світу застосовують різні програми синхронізації естрального циклу [44].

У сучасному свинарстві ефективність управління репродуктивною функцією свиноматок значною мірою залежить від застосування гормональних схем, що дозволяють синхронізувати статевий цикл, скоротити

сервіс-період і забезпечити ритмічність опоросів. Тому метою наших досліджень було порівняти різні схеми синхронізації охоти у свиноматок, та виявити механізми їх дії.

У дослідженні було використано три різні біотехнологічні схеми, що відрізняються механізмом дії, тривалістю впливу та фармакологічними засобами (табл. 2).

Таблиця 2

Порівняльна характеристика біотехнологічних схем синхронізації та стимуляції охоти у свиноматок

Ознака	Схема А (Altrenogest → eCG + hCG)	Схема В (Altrenogest → GnRH)	Схема С (PGF_{2α} → eCG + hCG)
Тип дії	прогестагенна синхронізація + екзогенні гонадотропіни	прогестагенна синхронізація + стимуляція ендогенного ЛГ	лютеолітична дія + гонадотропна стимуляція
Головна мета	повна контрольована синхронізація охоти	фізіологічна стимуляція овуляції	виклик нового циклу без прогестагенів
Основні препарати	Altrenogest, eCG, hCG	Altrenogest, GnRH (Buserelin)	PGF _{2α} , eCG, hCG
Тривалість схеми	18 діб + 3–4 доби до охоти	18 діб + 2–3 доби до охоти	3–6 діб до охоти
Очікуваний прояв охоти	72–96 год після введення гонадотропінів	48–72 год після введення GnRH	72–96 год після стимуляції
Біотехнологічний ефект	висока синхронізація, збільшення багатоплідності	природніший гормональний баланс, швидка реакція	простота схеми, зручна після відлучення
Обмеження	вища вартість препаратів	мінливість ефекту	менш контрольована синхронізація

Схема А (Altrenogest → eCG + hCG, класична схема). Схема базується на застосуванні прогестагенного препарату Altrenogest, який пригнічує дозрівання фолікулів і затримує овуляцію. Після припинення введення альтреногесту призначають екзогенні гонадотропіни – eCG (еквінний

хоріонічний гонадотропін) і hCG (людський хоріонічний гонадотропін), що стимулюють ріст фолікулів і викликають контрольовану овуляцію.

Тривалість дії становить у середньому 18 діб прогестагену + 3–4 доби до появи охоти. Ознаки еструсу проявляються синхронно через 72–96 годин після введення гонадотропінів, що забезпечує високу ритмічність охоти та дозволяє планувати осіменіння у визначені терміни.

Біотехнологічний ефект схеми полягає у високій керованості процесу, підвищенні багатоплідності та оптимальній якості яйцеклітин. Разом із тим, недоліком є вища собівартість програми через використання кількох дорогих препаратів і необхідність чіткого дотримання протоколу.

Схема В (*Altrenogest* → *GnRH*, фізіологічна стимуляція овуляції). У цій схемі також застосовують *Altrenogest* для попереднього вирівнювання статевого циклу, однак замість екзогенних гонадотропінів використовують рекомбінантний аналог гонадотропін-релізінг гормону (*GnRH*), зокрема бусерелін. Механізм дії препарату полягає у стимуляції секреції ендogenous лютеїнізуючого гормону (ЛГ), що ініціює природну овуляцію.

Тривалість протоколу дещо коротша – 18 діб *Altrenogest* + 2–3 доби до появи охоти, а її прояв зазвичай фіксується через 48–72 години після введення *GnRH*.

Перевагою даної схеми є фізіологічніший характер гормональної регуляції, який менше втручається у внутрішньоендокринну систему тварини. Однак ефект може бути менш стабільним, що пов'язано з варіабельністю ендogenous реакції на *GnRH*, особливо у свиноматок із різним функціональним станом яєчників після відлучення.

Схема С (*PGF_{2α}* → *eCG* + *hCG*, альтернативна схема). Ця схема передбачає використання простагландину $F_{2\alpha}$ (*PGF_{2α}*), який викликає лютеоліз – розсмоктування жовтого тіла вагітності або статевого циклу, що дозволяє запустити новий цикл без застосування прогестагенів.

Після індукованого лютеолізу для стимуляції росту фолікулів і овуляції тваринам вводять *eCG* та *hCG*, аналогічно до класичної схеми. Тривалість дії

коротка – 3–6 діб до прояву охоти, а перші ознаки статевої активності зазвичай спостерігають через 72–96 годин після стимуляції.

Біотехнологічна перевага цієї схеми – простота виконання та зручність використання у свиноматок після відлучення поросят, коли відновлення циклу є природним. Разом з тим, синхронізація охоти менш контрольована, а реакція тварин може бути неоднорідною, що знижує точність планування осіменіння.

Таким чином, зіставлення схем свідчить, що найвищу ефективність синхронізації забезпечує схема А (Altrenogest $\rightarrow$ eCG + hCG), яка дає можливість точно регулювати фазу циклу та отримувати найбільш прогнозований результат. Схема В (Altrenogest $\rightarrow$ GnRH) характеризується природнішою стимуляцією, проте ефект може варіювати залежно від фізіологічного стану тварини. Схема С (PGF₂ α $\rightarrow$ eCG + hCG) є технологічно простішою, але менш ефективною з точки зору синхронізації, особливо в умовах різного післявідлучного статусу свиноматок.

Отже, вибір схеми гормональної стимуляції має базуватись на виробничих цілях, фізіологічному стані поголів'я та економічній доцільності застосування препаратів.

3.2. Оцінка репродуктивної здатності свиноматок за різних схем синхронізації охоти

Передумовою для оптимальної фертильності свиноматок є запліднення свіжою спермою протягом 24 годин до овуляції. Однак велика індивідуальна варіабельність часу початку еструсу та інтервалу між овуляцією обмежує можливість вчасно виявити свиноматок в охоті та запліднити їх. Тому, для досягнення високої фертильності зазвичай проводиться ретельне виявлення еструсу разом із щонайменше двома штучними заплідненнями з великою кількістю сперматозоїдів. Виявлення еструсу та повторні запліднення займають багато часу. Отже, багато заводчиків зацікавлені в переході до

штучного запліднення з певним графіком, в ідеалі використовуючи лише одне штучне осіменіння. Контроль часу овуляції є єдиним підходом, за допомогою якого можна досягти оптимального інтервалу часу між овуляцією та штучним заплідненням [31].

Здатність екзогенного гонадотропін-рилізінг-гормону (ГнРГ) або ендокринного хоріонічного гонадотропіну індукувати вивільнення лютеїнізуючого гормону (ЛГ) часто використовується для синхронізації овуляції у свиноматок з метою мінімізації варіабельності часового інтервалу між еструсом та овуляцією. Оскільки оптимальний час розмноження свиноматок важко передбачити, а виявлення еструсу та повторні запліднення займають багато часу, то контроль часу овуляції є єдиним підходом, за допомогою якого можна досягти оптимального інтервалу часу між штучним заплідненням та овуляцією [17, 20].

Важливим етапом у підвищенні ефективності відтворення свиней є застосування гормональних схем синхронізації та стимуляції статеві охоти, які дозволяють оптимізувати час осіменіння, скоротити міжопоросний інтервал і підвищити вихід приплоду. Що викликало наш інтерес в даному напрямі досліджень та запропоновано кілька методів лікування свиноматок з використанням агоністів ГнРГ для стимуляції та синхронізації їх статеві функції [2-4].

Аналіз прояву охоти у свиноматок встановив, що по контрольній групі охоту проявили 18 із 25 свиноматок, що становило 72,0 % (табл. 3). У дослідних групах цей показник був вищим і складав 92,0 % (схема А), 88,0 % (схема В) та 84,0 % (схема С). Найвищий рівень прояву охоти встановлено при застосуванні класичної схеми А, де синхронізація циклу забезпечувалася альтреногестом, а стимуляція – комбінацією ендокринних препаратів гонадотропної дії. Порівняно з контролем, приріст активності статеві циклу становив +20 %. Такий ефект, ймовірно, зумовлений пригніченням ендогенного лютеолізу під дією прогестагену з подальшою синхронною реакцією яєчників на введення естроген-пролонгуючих гормонів.

Таблиця 3

**Репродуктивні показники свиноматок за різних схем синхронізації
та стимуляції охоти**

Показник	Контроль натуральна охота, без стимуляції	I-дослідна класична схема А	II- дослідна схема В	III- дослідна альтернативна схема С
Кількість свиноматок у групі, гол.	25	25	25	25
Кількість свиноматок, що проявили охоту, гол	18	23	22	21
Свиноматок, що проявили охоту, %	72,0	92,0	88,0	84,0
Середній час від введення препарату до прояву охоти, год	—	$78,5 \pm 6,2$	$65,3 \pm 5,7$	$72,8 \pm 6,0$
Вагітні свиноматки, гол	15	20	17	16
Заплідненість, %	83,3	87,0	77,3	76,2
Кількість живонароджених поросят, гол.	$10,2 \pm 0,4$	$12,1 \pm 0,5^{**}$	$11,8 \pm 0,5^{*}$	$12,0 \pm 0,4^{**}$
Збереженість поросят до відлучення, %	$88,0 \pm 2,9$	$94,0 \pm 2,1$	$93,0 \pm 2,3$	$93,5 \pm 2,2$
Інтервал між опоросами, діб	$166 \pm 4,2$	$153 \pm 3,8^{**}$	$158 \pm 4,0$	$160 \pm 4,5$

Примітка: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$ порівняно з контрольною групою

Дослідження середнього час від введення препарату до прояву охоти показало, що середній інтервал між відміною препаратів та появою ознак охоти становив $78,5 \pm 6,2$ год у групі А (Altrenogest (альтrenoгест) → eCG (ендокринний хоріонічний гонадотропін) + hCG (хоріонічний гонадотропін людини)), $65,3 \pm 5,7$ год у групі В (Altrenogest → GnRH» (гонадотропін-

рилізінг-гормон)) та $72,8 \pm 6,0$ год у групі С ($\text{PGF}_{2\alpha}$ (простагландин $\text{F}_{2\alpha}$) $\rightarrow$ eCG + hCG). Найшвидше на гормональну стимуляцію реагували свиноматки групи В, яким після відміни альтреногесту вводили GnRH, що стимулює секрецію ендогенних гонадотропінів гіпофіза. Це забезпечувало швидше дозрівання фолікулів і синхронну овуляцію. Водночас у групах А та С прояв охоти настав пізніше, що, ймовірно, пов'язано з необхідністю періоду біохімічної трансформації введених гонадотропних гормонів (eCG, hCG) у рецепторних структурах яєчників.

Динаміка заплідненості та кількість вагітних свиноматок показали, що рівень заплідненості після штучного осіменіння складав 83,3 % по контрольній групі, що є типовим показником для умов промислового свинарства за відсутності синхронізації статевого циклу. У дослідних групах, де застосовували різні біотехнологічні схеми регуляції статевої функції, показали неоднозначні результати. Так, по групі А (Altrenogest $\rightarrow$ eCG + hCG, «класична схема») рівень запліднюваності становив 87,0 % який забезпечив вагітність 20 свиноматок. По групі В (Altrenogest $\rightarrow$ GnRH, рекомбінантний аналог гонадотропін-рилізінг гормону) відсоток запліднюваності складав 77,3 % або 17 свиноматок. У групі С ($\text{PGF}_{2\alpha} \rightarrow$ eCG + hCG, альтернативна схема лютеолізу) даний показник був дещо меншим порівняно з попередніми групами і складав 76,2 % або 16 вагітних свиноматок.

Попри вищий рівень прояву охоти у тварин дослідних груп порівняно з контролем (на 12–20 %), статистично достовірних відмінностей у заплідненості між групами не виявлено ($p > 0,05$). Це вказує на те, що застосовані гормональні протоколи мають переважно регулюючий ефект на синхронізацію естрального циклу та забезпечують узгоджений прояв охоти, але не гарантують підвищення частоти успішного запліднення.

Одним із найчутливіших і водночас найінформативніших показників ефективності відтворення у свиноматок є кількість живих народжених поросят у приплоді. У ході проведеного дослідження встановлено, що в

контрольній групі цей показник становив $10,2 \pm 0,4$ голови, тоді як у тварин дослідних груп спостерігалось його достовірне підвищення. Зокрема, у групі А кількість живонароджених поросят становила $12,1 \pm 0,5$ голови ($p < 0,01$), у групі В – $11,8 \pm 0,5$ голови ($p < 0,05$), а у групі С – $12,0 \pm 0,4$ голови ($p < 0,01$). Таким чином, приріст кількості живонароджених поросят у дослідних групах порівняно з контролем становив від 1,6 до 1,9 голови на одну свиноматку, що свідчить про позитивний вплив застосованих біотехнологічних методів на репродуктивну функцію тварин.

Отримані результати можна пояснити підвищенням рівня багатоплідності свиноматок, зумовленим синхронним дозріванням більшої кількості домінантних фолікулів під впливом гонадотропних гормонів, таких як eCG, hCG або GnRH. Дія цих гормонів сприяє підвищенню овуляційного індексу, покращенню якості ооцитів і, відповідно, збільшенню кількості запліднених яйцеклітин. Унаслідок цього підвищується не лише кількість живонароджених поросят, але й їхня життєздатність, що має суттєве значення для підвищення відтворної ефективності у свинарстві.

Збереженість приплоду до відлучення залишалася на високому рівні у всіх групах і коливалася в межах $88,0 \pm 2,9$ % у контролі та 93–94 % у дослідних групах. Хоча різниця статистично недостовірна ($p > 0,05$), спостерігається позитивна тенденція до підвищення життєздатності поросят у тварин, що зазнали гормональної підготовки. Ймовірно, це пов'язано з кращою гормональною синхронізацією овуляції і запліднення, що забезпечує більш рівномірний розвиток ембріонів, зниження внутрішньоутробної смертності та рівномірнішу масу поросят при народженні.

Застосування схем синхронізації позитивно вплинуло на ритм відтворення. Інтервал між послідовними опоросами у контрольній групі становив $166 \pm 4,2$ доби, тоді як у групі А цей показник достовірно скоротився до $153 \pm 3,8$ доби ($p < 0,01$). У групах В і С також спостерігалось помірне скорочення інтервалу ($158 \pm 4,0$ та $160 \pm 4,5$ доби відповідно), але різниця порівняно з контролем не досягла статистичної значущості. Скорочення

міжопоросного періоду у свиноматок групи А пояснюється швидшим відновленням статевої функції після опоросу завдяки контрольованій дії прогестагену, який стабілізує гормональний статус і забезпечує більш передбачуване повернення до охоти.

Отже, застосування класичної схеми (альтреногест + eCG + hCG) є найбільш ефективним способом синхронізації та стимуляції статевої охоти у свиноматок. Вона забезпечує найвищу частку прояву охоти (92 %), достовірне збільшення багатоплідності (до 12,1 поросяти; $p < 0,01$) та скорочення міжопоросного періоду (до 153 діб; $p < 0,01$).

Схеми з використанням GnRH (B) або PGF_{2α} (C) також сприяють підвищенню кількості живонароджених поросят, однак дещо поступаються класичному варіанту за рівнем синхронізації та стабільності результатів. Хоча різниця в заплідненості та збереженості приплоду між групами не досягла статистичної значущості, у дослідних варіантах спостерігалася позитивна біологічна тенденція до підвищення цих показників.

Отримані результати свідчать, що контрольована гормональна підготовка свиноматок перед осіменінням забезпечує узгоджене дозрівання фолікулів, зменшення асинхронії овуляцій, підвищення кількості якісних ооцитів і, як наслідок, покращення відтворювальної ефективності стада.

3.3. Оцінка гормонального фону свиноматок

Індукована овуляція становить великий інтерес для комерційного свинарства. Це технологія, яка може допомогти отримати більше генетичних приростів та підвищити ефективність виробництва свиней завдяки використанню одноразового запліднення від плідника та оптимального часу запліднення. Крім того, вона може слугувати технологією переходу на кріоконсервовану сперму кнура, сперму сортовану за статтю майбутнього потомства, та низькодозове одноразове штучне запліднення [39].

Багато видів ссавців і птахів, як зі спонтанною, так і з індукованою овуляцією, можуть реагувати на екзогенні гормони для контрольованої овуляції. Протягом багатьох років індукція овуляції проводилася з використанням високоочищеного хоріонічного гонадотропіну людини, частково очищених ізолатів гіпофіза (фолікулостимулюючого гормону та лютеїнізуючого гормону, а також синтетичного гонадотропін-рилізінг-гормону та аналогів ГнРГ. У свиней підхід, що використовувався для індукції овуляції, змінювався залежно від зрілості тварини та того, чи застосовувалася синхронізація розвитку фолікулів. Індукція овуляції використовувалася для вивчення фізіології овуляції, дозрівання ооцитів, запліднення, розвитку та виживання ембріона, а також для визначення впливу часу штучного запліднення на овуляцію [42].

Що і викликало наш інтерес в дослідженні гормонального фону свиноматок після введення застосування різних схем синхронізації охоти.

У процесі дослідження було проаналізовано динаміку основних статевих гормонів – естрадіолу, прогестерону та лютеїнізуючого гормону у сироватці крові свиноматок за різних схем синхронізації статевих циклу. Відбір проб здійснювали у чотири контрольні точки: до початку лікування (базовий рівень), у день індукції овуляції, у момент осіменіння та на 21-шу добу після осіменіння (табл. 4).

У контрольній групі (натуральна охота без гормональної стимуляції) концентрації гормонів коливалися в межах фізіологічних значень, характерних для природного статевих циклу. Рівень естрадіолу підвищувався у період охоти до $52,6 \pm 2,8$ нг/мл, після чого поступово знижувався, тоді як концентрація прогестерону зростала до $9,8 \pm 0,5$ нг/мл на 21-й день після осіменіння, що свідчить про формування функціонально активного жовтого тіла.

У схемі А (Altrenogest $\rightarrow$ eCG + hCG) спостерігалось найбільш виражене підвищення концентрацій естрадіолу ($68,9 \pm 3,2$ пг/мл) і ЛГ ($6,8 \pm 0,4$ мМО/мл) у день індукції овуляції, що вірогідно підтверджує ефективну

стимуляцію росту та дозрівання фолікулів під дією екзогенних гонадотропінів.

Таблиця 4

Концентрація основних гормонів у сироватці крові свиноматок за різних схем синхронізації та стимуляції охоти ($M \pm m$, нг/мл або пг/мл)

Показник	Контроль натуральна охота, без стимуляції	I-дослідна класична схема А	II- дослідна схема В	III- дослідна альтернативна схема С
естрадіол (пг/мл)				
До лікування (база)	$24,3 \pm 1,5$	$23,8 \pm 1,7$	$25,1 \pm 1,6$	$24,7 \pm 1,5$
День індукції овуляції	$52,6 \pm 2,8$	$68,9 \pm 3,2^{**}$	$61,4 \pm 2,9^*$	$59,7 \pm 3,1^*$
Момент осіменіння	$47,5 \pm 2,5$	$65,2 \pm 2,7^{**}$	$58,0 \pm 2,4^*$	$56,1 \pm 2,6^*$
21-й день після осіменіння	$18,7 \pm 1,3$	$22,1 \pm 1,4$	$21,3 \pm 1,5$	$20,9 \pm 1,4$
прогестерон (нг/мл)				
До лікування (база)	$2,1 \pm 0,2$	$2,0 \pm 0,2$	$2,2 \pm 0,3$	$2,1 \pm 0,2$
День індукції овуляції	$1,4 \pm 0,1$	$1,1 \pm 0,1$	$1,2 \pm 0,1$	$1,3 \pm 0,1$
Момент осіменіння	$3,6 \pm 0,3$	$5,2 \pm 0,3^{**}$	$4,8 \pm 0,4^*$	$4,5 \pm 0,3^*$
21-й день після осіменіння	$9,8 \pm 0,5$	$11,5 \pm 0,6^*$	$10,9 \pm 0,5$	$10,6 \pm 0,5$
лютеїнізуючий гормон (ЛГ, мМО/мл)				
До лікування (база)	$1,6 \pm 0,1$	$1,5 \pm 0,1$	$1,5 \pm 0,1$	$1,6 \pm 0,1$
День індукції овуляції	$4,2 \pm 0,3$	$6,8 \pm 0,4^{**}$	$7,5 \pm 0,5^{**}$	$5,9 \pm 0,4^*$
Момент осіменіння	$3,7 \pm 0,3$	$5,9 \pm 0,4^{**}$	$6,4 \pm 0,4^{**}$	$5,2 \pm 0,3^*$
21-й день після осіменіння	$2,3 \pm 0,2$	$2,1 \pm 0,2$	$2,2 \pm 0,2$	$2,2 \pm 0,2$

Примітка: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$ порівняно з контрольною групою.

Після введення hCG спостерігалось прискорене формування жовтого тіла, про що свідчить вищий рівень прогестерону у 21-шу добу після

осіменіння ($11,5 \pm 0,6$ нг/мл, $p < 0,05$). Ці зміни корелювали з найвищими показниками прояву охоти (92,0 %) та заплідненості (87,0 %).

У схемі В (Altrenogest $\rightarrow$ GnRH) також відмічено підвищення концентрації ЛГ ($7,5 \pm 0,5$ мМО/мл) та помірно достовірне ($p < 0,05$) зростання естрадіолу ($61,4 \pm 2,9$ пг/мл). Застосування агоніста GnRH (Buserelin) сприяло фізіологічному стимулюванню овуляції за рахунок активації ендogenousного викиду гонадотропінів, проте рівень естрадіолу залишався нижчим, ніж у групі А, що могло зумовити дещо меншу синхронність овуляційної реакції. Підвищення прогестерону на 21-й день ($10,9 \pm 0,5$ нг/мл) свідчить про достатню функціональну активність жовтого тіла, хоча заплідненість становила 77,3 %, що на 5,7 % нижче від контролю.

У схемі С ($\text{PGF}_2\alpha \rightarrow \text{eCG} + \text{hCG}$), де синхронізація базувалася на лютеолітичній дії простагландину, динаміка гормонів мала дещо інший характер. Рівень естрадіолу підвищувався до $59,7 \pm 3,1$ нг/мл, тоді як концентрація ЛГ зростала до $5,9 \pm 0,4$ мМО/мл, що свідчить про активацію нового фолікулярного циклу. Прогестерон на 21-й день становив $10,6 \pm 0,5$ нг/мл, тобто залишався на рівні, близькому до контрольного, що вказує на стабільний розвиток жовтого тіла, однак ефективність запліднення була нижчою (76,2 %).

Загалом, порівняльний аналіз показав, що використання комбінованих схем із прогестагеном (Altrenogest) і гонадотропінами ($\text{eCG} + \text{hCG}$) забезпечує найвищу гормональну активність та кращу синхронізацію охоти у свиноматок. Схема А сприяла більш інтенсивному дозріванню фолікулів, підвищенню рівнів естрадіолу та ЛГ і формуванню повноцінних жовтих тіл, що підтверджується підвищеним рівнем прогестерону на 21-шу добу після осіменіння (рис. 1). Рисунок чітко вказує, що схема А (Altrenogest $\rightarrow \text{eCG} + \text{hCG}$) забезпечує найвищі концентрації всіх трьох гормонів, що підтверджує її ефективність у стимуляції овуляції та підтримці лютеальної фази.

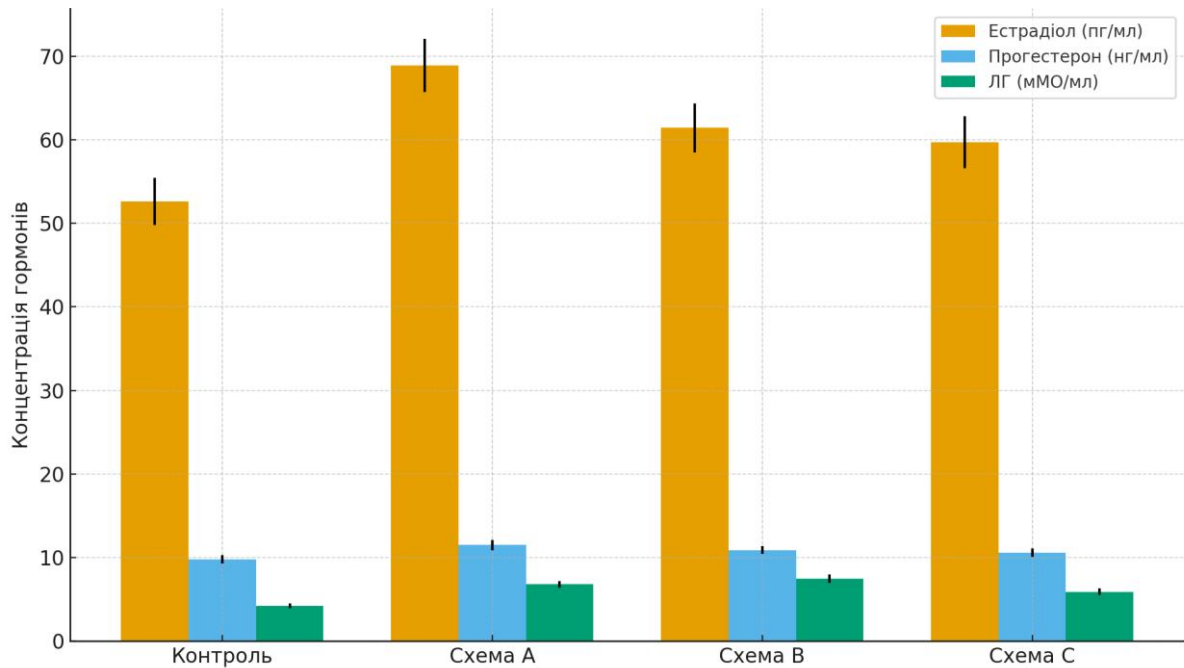


Рис. 1. Рівень основних гормонів за різних схем синхронізації

Таким чином, застосування Altrenogest у поєднанні з eCG і hCG є найбільш ефективним методом регуляції репродуктивної функції свиноматок, оскільки забезпечує узгоджену гормональну реакцію, високу синхронізацію овуляції та оптимальні умови для імплантації ембріонів.

3.4. Оцінка якості сперми плідників у контексті застосування різних схем синхронізації охоти у свиноматок

Якість сперми є одним із ключових чинників, що визначають ефективність штучного осіменіння, особливо при використанні біотехнологічних схем синхронізації та стимуляції охоти. Для забезпечення достовірності оцінки результатів дослідження, сперму для осіменіння свиноматок усіх груп отримували від одних і тих самих плідників, які перебували в однакових умовах утримання і годівлі [12].

Оцінювання еякулатів проводили за показниками: рухливість, концентрація сперматозоїдів, морфологічна якість і життєздатність (табл. 5).

Таблиця 5

**Якість сперми плідників за різних схем синхронізації охоти у
свиноматок**

Показник	Контроль натуральна охота, без стимуляції	I-дослідна класична схема А	II- дослідна схема В	III- дослідна альтернативна схема С
Рухливість (CASA), %	78,2 ± 2,1	77,5 ± 2,0	79,1 ± 2,2	76,9 ± 2,3
Концентрація, ×10 ⁹ /мл	0,35 ± 0,02	0,36 ± 0,02	0,34 ± 0,02	0,33 ± 0,03
Морфологічно нормальні сперматозоїди, %	90,1 ± 1,4	91,3 ± 1,2	89,8 ± 1,5	88,6 ± 1,6
Життєздатність, %	86,5 ± 1,8	89,2 ± 1,6*	87,0 ± 1,7	85,9 ± 1,9

Примітка: * – $p < 0,05$

Аналіз отриманих результатів свідчить, що основні параметри еякулятів залишалися в межах фізіологічної норми, що характерно для здорових кнурів-плідників, утримуваних в стандартних умовах.

Рухливість спермійів, визначена за системою CASA, у контрольній групі становила 78,2±2,1 %, що відповідає добрій запліднювальній здатності сперми. У дослідних групах значення цього показника коливалися від 76,9±2,3 % (схема С, PGF_{2α} → eCG + hCG) до 79,1±2,2 % (схема В, Altrenogest → GnRH). Статистично достовірних відмінностей між групами не виявлено ($p > 0,05$), що свідчить про відсутність впливу застосованих схем синхронізації охоти у свиноматок на якість рухливості спермійів плідників.

Концентрація сперматозоїдів у контрольній групі становила 0,35 ± 0,02 ×10⁹/мл, а у дослідних – у межах 0,33–0,36 ×10⁹/мл. Коливання показників не мали статистично значущого характеру, що підтверджує стабільність спермопродукції незалежно від гормонального фону тварин, які підлягали осіменінню.

Питома частка морфологічно нормальних сперматозоїдів варіювала від $88,6 \pm 1,6$ % (схема С) до $91,3 \pm 1,2$ % (схема А). Незважаючи на дещо вищий відсоток морфологічно повноцінних клітин за класичною схемою синхронізації (Altrenogest $\rightarrow$ eCG + hCG), різниця з контролем залишалася недостовірною ($p > 0,05$).

Найбільш помітні зміни виявлено за показником життєздатності сперматозоїдів: у контрольній групі вона становила $86,5 \pm 1,8$ %, тоді як у групі А – $89,2 \pm 1,6$ %, що було достовірно вищим, порівняно з контрольною групою ($p < 0,05$). У групах В і С значення цього параметра були нижчими – $87,0 \pm 1,7$ % та $85,9 \pm 1,9$ % відповідно, проте статистично не відрізнялися від контролю.

Отримані результати дають підстави стверджувати, що використання класичної схеми гормональної синхронізації (Altrenogest $\rightarrow$ eCG + hCG) позитивно позначається на життєздатності спермій, ймовірно, за рахунок підвищеної узгодженості фізіологічних процесів овуляції та осіменіння у свиноматок. Це забезпечує сприятливі умови для запліднення, що підтверджується вищими показниками репродуктивної ефективності, виявленими у цій групі.

Загалом, аналіз демонструє, що гормональні схеми синхронізації охоти у свиноматок не чинять негативного впливу на якість сперми плідників, а класична схема (А) забезпечує певні переваги щодо біологічної активності гамет.

Крім того нами було проведено узагальнену оцінку біологічної ефективності сперми плідників залежно від використаної схеми синхронізації охоти у свиноматок. Аналіз поєднує показники середнього бала якості сперми, рівня відтворної ефективності (заплідненості) та інтегрального індексу репродуктивної успішності, що відображає узгодженість між якістю гамет, гормональним станом самок і результатами запліднення.

Середній бал якості сперми у контрольній групі (натуральна охота, без стимуляції) становив 3,9 бали, що відповідає задовільному рівню за

прийнятою чотирибальною шкалою оцінки (згідно з методикою CASA та морфологічного аналізу) (табл. 6).

Таблиця 6

**Узагальнена оцінка біологічної ефективності сперми залежно від
схеми синхронізації охоти**

Показник	Контроль натуральна охота, без стимуляції	I-дослідна класична схема А	II- дослідна схема В	III- дослідна альтернативна схема С
Середній бал якості сперми	3,9	4,2	4,0	3,8
Рівень відтворної ефективності, %	83,3	87,0	77,3	76,2
Узагальнений індекс репродуктивної успішності	0,78	0,84	0,76	0,74

У дослідних групах спостерігалася тенденція до покращення цього показника: 4,2 бала при застосуванні схеми А (Altrenogest $\rightarrow$ eCG + hCG), 4,0 бала – за схемою В (Altrenogest $\rightarrow$ GnRH), тоді як альтернативна схема С (PGF₂ α $\rightarrow$ eCG + hCG) характеризувалася дещо нижчим рівнем – 3,8 бала. Вищі значення за схемою А свідчать про оптимальні умови для дозрівання гамет і більш стабільну якість еякулятів, що, ймовірно, пов'язано з узгодженим гормональним фоном у самок і своєчасним осіменінням.

Показники відтворної ефективності демонструють подібну закономірність: у контрольній групі заплідненість становила 83,3 %, тоді як у групі А цей показник підвищувався до 87,0 %, що можна вважати тенденційно вищим ($p < 0,1$). За схемами В і С рівень заплідненості був нижчим – 77,3 % та 76,2 % відповідно, що може свідчити про неповну синхронізацію овуляційних процесів у цих варіантах.

Інтегральна характеристика – узагальнений індекс репродуктивної успішності, який об'єднує якість сперми та результативність осіменіння, підтверджує переваги класичної схеми гормональної стимуляції. У групі А

цей індекс становив 0,84, що є максимальним серед усіх варіантів, у той час як у контролі він дорівнював 0,78, а в схемах В і С – 0,76 та 0,74 відповідно.

Таким чином, встановлено, що застосування комбінованої прогестагенно-гормональної схеми (Altrenogest → eCG + hCG) сприяє не лише кращій синхронізації охоти у свиноматок, але й підвищенню біологічної якості сперми та загальної ефективності відтворення стада. Це дає підстави рекомендувати дану схему як найбільш результативну з біотехнологічної та господарської точки зору.

3.5. Аналіз відтворювальних якостей свиноматок за різних схем синхронізації охоти

Повернення до еструсу після штучного запліднення є однією з найпоширеніших проблем безпліддя, що спричиняє затримку вагітності у свиноматок. Рівень запліднення та кількість ембріонів максимальні, коли свиноматок запліднюють між 0 та 12 годинами до овуляції. Оптимальні дози сперми та оптимальний час запліднення відносно овуляції у свинок є ключовими факторами для підвищення рівня фертильності у свинок [32].

Коли овуляція відлучених свиноматок синхронізована за допомогою гонадотропних гормонів з подальшим штучним заплідненням у фіксований час через 30–33 години після їх введення, значно покращується відтворювальна здатність свиноматок. При цьому контроль розвитку фолікулів та часу овуляції сприяє збільшенню репродуктивної здатності свиноматок. Що і викликало наш інтерес у визначенні впливу схем синхронізації охоти на відтворювальні якості свиноматок [18].

У таблиці 7 наведено порівняльну характеристику відтворювальних якостей свиноматок за різних схем синхронізації та стимуляції охоти, що дозволяє оцінити біотехнологічну ефективність використаних гормональних протоколів у порівнянні з природним (контрольним) відтворенням.

Відтворювальні якості свиноматок за різних схем синхронізації охоти

Показник	Контроль Натуральна охота, без стимуляції	I-дослідна класична схема А	II- дослідна схема В	III- дослідна альтернативна схема С
Кількість свиноматок, гол.	25	25	25	25
Багатоплідність, гол.	$10,2 \pm 0,4$	$12,1 \pm 0,5^{**}$	$11,8 \pm 0,5^*$	$12,0 \pm 0,4^{**}$
Великоплідність, кг	$1,49 \pm 0,04$	$1,54 \pm 0,04$	$1,52 \pm 0,03$	$1,53 \pm 0,03$
Збереженість поросят до відлучення, %	$88,0 \pm 2,9$	$94,0 \pm 2,1^*$	$93,0 \pm 2,3$	$93,5 \pm 2,2$
Маса гнізда при відлученні, кг	$69,5 \pm 2,6$	$80,2 \pm 2,8^{**}$	$77,8 \pm 2,5^*$	$78,5 \pm 2,6^*$
Коефіцієнт відтворювальної ефективності	0,78	0,85	0,80	0,81

Примітка: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$ порівняно з контрольною групою.

Багатоплідність свиноматок, як один із ключових показників репродуктивної здатності, у контрольній групі (натуральна охота без стимуляції) становила $10,2 \pm 0,4$ поросяти на опорос. У дослідних групах цей показник достовірно зростає: за схемою А (Altrenogest $\rightarrow$ eCG + hCG) – до $12,1 \pm 0,5$ голови ($p < 0,01$), за схемою В (Altrenogest $\rightarrow$ GnRH) – до $11,8 \pm 0,5$ голови ($p < 0,05$), а при альтернативній схемі С (PGF $_{2\alpha}$ $\rightarrow$ eCG + hCG) – $12,0 \pm 0,4$ голови ($p < 0,01$). Отже, всі три схеми стимуляції сприяли підвищенню кількості новонароджених поросят, однак найбільш виражений ефект відзначався за класичною схемою А, де синхронізація охоти і контрольована овуляція забезпечили оптимальні умови для запліднення більшої кількості яйцеклітин.

Показник великоплідності, тобто середньої маси поросят при народженні, варіював у межах 1,49–1,54 кг, без статистично достовірних

відмінностей між групами ($p > 0,05$). Це свідчить про відсутність негативного впливу гормональних стимуляторів на розвиток плодів у пренатальний період. Незначне зростання маси поросят у дослідних групах (особливо у схемі А) свідчить про кращу фізіологічну готовність свиноматок до вагітності та більш збалансований гормональний фон у період запліднення.

Збереженість поросят до відлучення становила $88,0 \pm 2,9 \%$ у контролі та зростала до $94,0 \pm 2,1 \%$ ($p < 0,05$) у групі А; $93,0 \pm 2,3 \%$ у групі В та $93,5 \pm 2,2 \%$ у групі С. Таким чином, застосування синхронізуючих схем не лише покращувало заплідненість, а й сприяло підвищенню виживаності приплоду, що можна пов'язати з більш однорідним за віком і розвитком потомством, отриманим після контрольованих осіменінь.

Маса гнізда при відлученні – інтегральний показник, який поєднує ефект багатоплідності, великоплідності та збереженості – у контрольній групі становила $69,5 \pm 2,6$ кг, тоді як у дослідних групах достовірно зростала: за схемою А – до $80,2 \pm 2,8$ кг ($p < 0,01$), за схемою В – $77,8 \pm 2,5$ кг ($p < 0,05$), за схемою С – $78,5 \pm 2,6$ кг ($p < 0,05$). Це підтверджує позитивний вплив гормональної стимуляції на реалізацію відтворювального потенціалу свиноматок та розвиток поросят до періоду відлучення.

Коефіцієнт відтворювальної ефективності, який комплексно відображає результати осіменіння, опоросу та виживання поросят, у контрольній групі становив 0,78 бали, а у дослідних зростав до 0,85 бала у схемі А, до 0,80 бала у схемі В та 0,81 бали у схемі С. Таким чином, найвищий рівень біологічної та господарської ефективності встановлено при застосуванні класичної схеми $\text{Altrenogest} \rightarrow \text{eCG} + \text{hCG}$ ($p < 0,01$), що свідчить про її оптимальність для планового регулювання відтворення та підвищення продуктивності свиноматок.

Отже, результати підтверджують, що використання гормональних схем синхронізації охоти значно покращує репродуктивні показники, причому найефективнішою є комбінація Altrenogest з eCG і hCG , яка забезпечує

найвищу багатоплідність, збереженість приплоду та масу гнізда при відлученні при високій статистичній достовірності відмінностей ($p < 0,01$).

3.6. Економічна частина

Одним із ключових аспектів оцінки доцільності застосування біотехнологічних методів у відтворенні тварин є їх економічна результативність, яка визначає рівень рентабельності виробництва поросят та впливає на собівартість продукції свинарства [5].

Біотехнологічні методи управління відтворенням свиней, зокрема гормональна синхронізація охоти, є важливим інструментом інтенсифікації галузі. Вони дозволяють скоротити тривалість міжопоросного періоду, збільшити кількість опоросів на рік і підвищити вихід життєздатного приплоду. Однак, упровадження таких схем пов'язане з додатковими витратами на препарати, робочу силу та ветеринарний супровід, тому оцінка економічної доцільності їх застосування є ключовим етапом комплексного аналізу ефективності технології [23].

Впровадження схем синхронізації охоти передбачає певні витрати на гормональні препарати, ветеринарні послуги та додаткові трудові ресурси, проте за умови підвищення відтворювальних показників і кількості життєздатного приплоду ці витрати можуть бути повністю компенсовані зростанням продуктивності та прибутковості галузі [18].

Як свідчать дані таблиці 8, найвищий економічний ефект отримано при застосуванні класичної схеми А (Altrenogest $\rightarrow$ eCG + hCG), де прибуток становив +539 грн на одну свиноматку при рівні рентабельності понад 88,5 %. Це пояснюється найбільшим приростом багатоплідності (+1,9 поросят) та маси гнізда при відлученні (+10,7 кг), що забезпечило найвищий додатковий дохід при відносно помірних витратах на препарати. Такий високий результат пояснюється комплексною дією прогестагену (Altrenogest), який створює контрольовану гормональну рівновагу, та

гонадотропінів (*eCG* і *hCG*), що стимулюють синхронну овуляцію і підвищують виживаність ембріонів.

Таблиця 8

**Економічні показники ефективності використання схем
синхронізації охоти у свиноматок**

Показник	Контроль натуральна охота, без стимуляції	I- дослідна класична схема А	II- дослідна схема В	III- дослідна альтернативна схема С
Кількість живонароджених поросят, гол.	10,2	12,1	11,8	12,0
Кількість відлучених поросят, гол.	9,0	11,4	11,0	11,2
Додатково отримано поросят, гол. (до контролю)	—	+2,4	+2,0	+2,2
Вартість препаратів на 1 свиноматку, грн	—	180	150	120
Додаткові витрати (осіменіння, робота, грн)	—	30	25	25
Загальні додаткові витрати на 1 голову, грн	—	210	175	145
Додатково отримано живої маси при відлученні, кг	—	+10,7	+8,3	+9,0
Умовна ціна 1 кг живої маси поросяти, грн	70	70	70	70
Додатковий дохід на 1 свиноматку, грн	—	+749	+581	+630
Економічний ефект (прибуток), грн/гол.	—	+539	+406	+485
Рівень рентабельності, %	—	88,5	56,2	68,3

Схема В (Altrenogest → GnRH) також продемонструвала позитивний економічний результат – прибуток 406 грн/гол. при рентабельності понад

56,2 %, хоча ефективність її дещо нижча через меншу багатоплідність та вищу варіабельність ефекту гормональної відповіді. Дана схема може бути ефективною в умовах стабільного гормонального фону свиноматок, але вимагає високої точності у визначенні часу осіменіння.

Альтернативна схема С ($\text{PGF}_{2\alpha} \rightarrow \text{eCG} + \text{hCG}$), попри нижчу вартість препаратів, забезпечила високий рівень прибутковості – 485 грн/гол. (68,3 % рентабельності), що свідчить про доцільність її використання у господарствах з обмеженим бюджетом, особливо після відлучення, коли необхідно швидко відновити репродуктивний цикл. Ця схема є оптимальною для невеликих або середніх господарств, оскільки не потребує тривалої підготовки і забезпечує швидке відновлення циклу після відлучення поросят.

Аналіз сукупних показників дає змогу зробити висновок, що економічна ефективність тісно корелює з рівнем біологічної результативності ($r=0,89$). Чим більша кількість живонароджених і відлучених поросят, тим вищий економічний ефект при відносно невеликих витратах на препарати. У середньому, використання будь-якої схеми синхронізації дозволило отримати додатково 8–11 кг живої маси поросят при відлученні з однієї свиноматки, що у грошовому еквіваленті становить +580–750 грн/голову додаткового доходу. Особливо важливим є скорочення інтервалу між опоросами на 6–13 днів у дослідних групах, що підвищує потенційну кількість опоросів на рік з 2,1 до 2,3, тобто дозволяє отримати до 4–5 додаткових поросят на свиноматку щорічно.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

Сільськогосподарське приватне підприємство “Техмет-ЮГ” (Миколаївський район, Миколаївська область) спеціалізується на свинарстві та вирощуванні зернових культур. Поголів’я свиней становить понад 800 голів, із них близько 120 – свиноматки основного стада. Основні виробничі процеси пов’язані з годівлею, утриманням тварин, проведенням осіменіння, опоросів, вирощуванням поросят, а також біотехнологічними маніпуляціями (збір, зберігання та використання сперми, гормональна стимуляція охоти, ведення обліку репродуктивних показників) [28].

Відповідно до Закону України “Про охорону праці” (ред. 2023 р.), адміністрація господарства зобов’язана забезпечити безпечні та нешкідливі умови праці, належний санітарно-гігієнічний стан приміщень, а також захист працівників від впливу шкідливих та небезпечних виробничих факторів [25].

На підприємстві діють:

- інструкції з охорони праці для операторів машинного доїння, свинарів, техніків штучного осіменіння, ветеринарів;
- система періодичного інструктажу (вступний, первинний, повторний, позаплановий);
- журнал реєстрації інструктажів з охорони праці;
- накази щодо призначення відповідальних осіб за техніку безпеки та протипожежний стан [21].

Під час проведення досліджень з біотехнології відтворення у свиней персонал контактує з низкою потенційно небезпечних факторів (табл. 9). Для мінімізації ризиків у господарстві застосовуються організаційні, технічні та санітарно-гігієнічні заходи, зокрема [9]:

- дотримання санітарних перерв між технологічними циклами;
- обов’язкове використання індивідуальних засобів захисту (рукавички, халати, маски, окуляри);

- ізоляція зони збору сперми та гормональних обробок;
- наявність аптечки першої допомоги, антисептичних розчинів, вогнегасників у кожному приміщенні;
- вентиляція приміщень (кратність повітрообміну не менше 4 на годину);
- контроль мікроклімату: температура в станках – +18–22 °С, вологість – 60–70 %.

Таблиця 9

Характеристика виробничого середовища і потенційно небезпечних факторів в умовах СГПП «Техмет-Юг»

Група факторів	Джерело виникнення	Потенційний вплив
Біологічні	контакт із біоматеріалом (сперма, кров, біопроби), тварини	зараження патогенами, алергічні реакції
Хімічні	гормональні препарати (Altrenogest, eCG, hCG, GnRH, PGF _{2α}), дезінфектанти	подразнення шкіри, слизових, отруєння при порушенні дозувань
Механічні	робота з тваринами, інструментами, обладнанням	травмування, удари, укуси, порізи
Фізичні	вентиляційні установки, холодильні камери для кріозберігання	переохолодження, шум, вібрація
Психофізіологічні	монотонність роботи, нічні чергування	втома, стресові стани, зниження уваги

Під час досліджень використовуються гормональні препарати – Altrenogest, eCG, hCG, GnRH, PGF_{2α}, які потребують суворого дотримання правил роботи з біологічно активними речовинами [21].

1. Препарати зберігаються у спеціально відведених холодильниках при температурі +2...+8 °С.

2. Робота проводиться у рукавичках та халатах, за наявності витяжної шафи (або добре провітрюваного приміщення).

3. Забороняється їсти, пити, палити у місці приготування ін'єкційних розчинів.

4. Відпрацьовані ампули, шприци та інший одноразовий матеріал утилізуються у спеціальні контейнери для біологічних відходів [9].

5. У разі потрапляння препарату на шкіру чи слизову – негайно промити великою кількістю води та звернутися до медичного пункту [21].

Під час маніпуляцій із спермою плідників, кріоконсервації та осіменіння обов'язковим є:

- використання одноразових катетерів і пробірок;
- дезінфекція поверхонь 2 % розчином хлораміну або 70 % етанолу;
- дотримання стерильності обладнання лабораторії [9].

У виробничих приміщеннях СГПП “Техмет-ЮГ” встановлені порошкові вогнегасники, а також системи пожежної сигналізації. Усі працівники проходять щорічний інструктаж із пожежної безпеки [21].

Джерела можливого займання – нагрівальні прилади, електродвигуни, лампи, а також біологічні відходи, що підлягають утилізації. Для запобігання виникненню пожежі: забороняється використання несправних електроприладів; усі електроустановки мають заземлення; приміщення забезпечене вогнестійкими дверима; паління на території ферми дозволено лише у спеціально відведених місцях [22].

Важливим аспектом охорони праці є дотримання санітарних вимог і гігієни персоналу:

- після роботи з біоматеріалами працівники зобов'язані приймати душ або мити руки антисептиком;
- робочий одяг зберігається окремо від повсякденного;
- дезінфекція приміщень здійснюється після кожного технологічного циклу;
- не допускається перевищення концентрації аміаку в повітрі понад 20 мг/м³;
- проводиться щорічна перевірка освітленості (не менше 150 лк у лабораторії, 100 лк у тваринницьких приміщеннях) [22].

Працівники, що виконують біотехнологічні та ветеринарні роботи, проходять попередній (при прийомі) і періодичний (1 раз на рік) медичний огляд [21].

Кожен співробітник проходить інструктаж з охорони праці, пожежної безпеки, електробезпеки та ведення лабораторних робіт з біологічними речовинами. На підприємстві ведеться журнал реєстрації інструктажів, а також проводяться навчальні тренування з евакуації у разі пожежі чи аварії [22].

Під час введення препаратів тваринам – фіксація свиноматки у станку, робота мінімум двох осіб. Збирання сперми плідників проводиться у спеціально обладнаному приміщенні, ізольованому від свиноматок. Заборонено проводити маніпуляції з тваринами у стані агресії чи після транспортування без періоду адаптації. Робота з рідким азотом (під час кріоконсервації) здійснюється у захисних окулярах та терморукавицях. Всі дії з біоматеріалами виконуються згідно з принципами біобезпеки рівня BSL-2, що відповідає роботі з непатогенними або умовно-патогенними матеріалами [21].

Таким чином, в умовах СГПП “Техмет-ЮГ” забезпечено належний рівень охорони праці, що відповідає вимогам чинного законодавства України. Основними небезпечними факторами є контакт із біологічним матеріалом, гормональними препаратами, механічні травми та вплив мікроклімату, однак на підприємстві розроблено дієву систему профілактики. Працівники свинарських ферм і лабораторій забезпечені засобами індивідуального захисту, проходять регулярний інструктаж та медичний огляд. Застосування біотехнологічних методів у свинарстві (синхронізація охоти, штучне осіменіння, кріоконсервація сперми) вимагає дотримання високих стандартів безпеки при роботі з біологічними об’єктами та реагентами. Система охорони праці СГПП “Техмет-ЮГ” є ефективною, спрямованою на збереження здоров’я працівників, попередження травматизму та підвищення культури виробництва.

РОЗДІЛ 5

БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Безпека в надзвичайних ситуаціях (НС) – це система організаційних, технічних та профілактичних заходів, спрямованих на запобігання аваріям, катастрофам, пожежам, спалахам хвороб тварин, а також на захист життя і здоров'я працівників, тварин та матеріальних цінностей підприємства [25].

У СГПП “Техмет-ЮГ” основна діяльність пов'язана з утриманням і розведенням свиней, тому до потенційно можливих надзвичайних ситуацій належать [27]:

- пожежі в тваринницьких приміщеннях;
- аварії електричних мереж і систем водопостачання;
- розлив або витік хімічних чи біологічно активних речовин (гормональні препарати, дезінфектанти);
- стихійні лиха (буревії, підтоплення, снігові заметілі);
- спалахи інфекційних хвороб тварин (африканська чума свиней, класична чума, лептоспіроз, сальмонельоз) [27].

Для ефективного реагування у господарстві створено систему цивільного захисту, яка діє відповідно до: Кодексу цивільного захисту України (2013 р.); Закону України “Про охорону праці”; Наказу Мінагрополітики України № 661 “Про затвердження положення про охорону праці в аграрних підприємствах” [21, 22, 25].

На території підприємства “Техмет-ЮГ” розташовані:

- свинарник (2 корпуси по 400 голів);
- пункт штучного осіменіння з лабораторією;
- склад кормів та комбікормів;
- дизельна електростанція (резервне живлення);
- склад паливно-мастильних матеріалів і дезінфекційних засобів [28].

До потенційно небезпечних об'єктів належать [25].:

1. Свинарські приміщення – ризик загоряння від короткого замикання, перегріву електрообладнання, нагромадження аміаку.
2. Лабораторія біотехнологій – ризик ураження хімічними речовинами, розливу біоматеріалу.
3. Склад ПММ – небезпека вибуху або займання.
4. Система вентиляції – можливість задимлення при зворотній тязі або аварійному відключенні електроенергії [25].

Оцінка ризиків проводиться щорічно спеціальною комісією з охорони праці та цивільного захисту. Результати оформлюються у вигляді акту обстеження технічного стану з рекомендаціями щодо усунення недоліків [21].

У СГПП “Техмет-ЮГ” призначено відповідального за цивільний захист. Його функції: організація інструктажів щодо дій у разі НС; забезпечення зв’язку з місцевими органами ДСНС; підтримання у справному стані засобів оповіщення (сирена, гучномовці, мобільний зв’язок) [22].

Система оповіщення передбачає три рівні сповіщення [28]:

1. Первинний сигнал – звуковий (сирена або дзвінок);
2. Дублювання через мобільний зв’язок – повідомлення керівнику підрозділу;
3. Оповіщення працівників та евакуація за заздалегідь визначеним маршрутом.

Пожежна безпека є одним із ключових аспектів забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях. На фермі діють такі профілактичні заходи:

- оснащення приміщень порошковими вогнегасниками (1 на кожні 50 м² площі);
- наявність пожежних гідрантів і резервуарів з водою об’ємом не менше 50 м³;
- вивішування схем евакуації та планів дій у разі пожежі;
- заборона зберігання легкозаймистих речовин поруч із тваринницькими приміщеннями;

- щомісячна перевірка електропроводки та рубильників;
- цілодобове чергування відповідального працівника у період опоросів [28].

У разі виникнення пожежі персонал зобов'язаний [24]:

1. Негайно повідомити керівництво і службу ДСНС (тел. 101).
2. Знеструмити приміщення.
3. Евакуювати тварин через запасні виходи.
4. Розпочати гасіння первинними засобами до прибуття пожежних [24].

Дії у разі виникнення аварії з хімічними або біологічними речовинами.

Лабораторія біотехнологій “Техмет-ЮГ” використовує обмежену кількість препаратів гормональної дії та дезінфектантів. У разі аварійного розливу або витоку препарату необхідно: негайно евакуювати працівників із приміщення; повідомити керівництво; провести локалізацію забруднення абсорбуючими матеріалами (тирса, пісок); провести дезінфекцію 5 % розчином гіпохлориту або іншим нейтралізуючим засобо; зібрати залишки речовини в герметичну тару та здати для утилізації [22].

У разі потрапляння біологічного матеріалу (сперми, біопроб, сироваток) на шкіру або слизові оболонки – промити водою, обробити антисептиком і звернутися до медичного пункту [21].

Дії у разі стихійних лих (буревії, підтоплення, снігові заметілі)

Господарство розташоване у степовій зоні з підвищеною вітровою активністю. Найімовірніші природні НС – буревії та підтоплення у період весняних злив [21].

План дій включає: попереднє укріплення дахів, воріт, резервуарів; підняття кормів та електрообладнання на безпечну висоту; відключення електропостачання під час грози; забезпечення запасу води та кормів на 3 доби; евакуацію тварин у підвищені приміщення при загрозі затоплення [36].

Біобезпека при спалахах хвороб тварин

Оскільки підприємство працює у галузі свинарства, одним із

найсерйозніших ризиків є спалахи інфекційних хвороб. У таких випадках застосовується план протиєпізоотичних заходів, який включає: негайне повідомлення ветеринарної служби; карантин господарства; дезінфекцію приміщень, обладнання та транспорту; знищення заражених біологічних відходів; контроль пересування тварин і персоналу [36].

Всі дії проводяться відповідно до інструкцій Держпродспоживслужби України. На кожному об'єкті господарства розроблено плани евакуації людей і тварин, що включають: основні та запасні виходи; пункти збору персоналу; маршрути евакуації; відповідальних осіб за кожен сектор [22].

Евакуаційні шляхи марковані світловими табло "ВИХІД", а проходи утримуються вільними. Навчальні евакуації проводяться двічі на рік [28].

Отже, на підприємстві "Техмет-ЮГ" створена ефективна система цивільного захисту, що забезпечує готовність персоналу до дій у надзвичайних ситуаціях. Визначені потенційно небезпечні об'єкти, проведено аналіз ризиків і розроблено інструкції з реагування. Персонал регулярно проходить інструктаж і тренування з евакуації, пожежогасіння та роботи з небезпечними речовинами. У разі виникнення НС діє чітка система оповіщення та координації з місцевими органами ДСНС і ветеринарної служби. Дотримання вимог безпеки, планова профілактика і навчання персоналу дозволяють мінімізувати ризики надзвичайних подій та забезпечити стабільну роботу підприємства [28].

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ

Охорона довкілля є невід’ємною складовою сталого розвитку аграрного виробництва, спрямованою на збереження природних ресурсів, запобігання забрудненню навколишнього середовища та підтримання екологічної рівноваги [26].

У діяльності СГПП “Техмет-ЮГ” особливе значення має раціональне використання природних ресурсів (землі, води, повітря, енергії) та мінімізація впливу тваринництва на екосистему. Оскільки господарство спеціалізується на свинарстві, основними джерелами антропогенного навантаження є [28]:

- викиди аміаку, сірководню, вуглекислого газу з тваринницьких приміщень;
- утворення гною, стічних і дезінфекційних вод;
- споживання значних обсягів води та енергії;
- можливе потрапляння залишків лікарських і гормональних препаратів у навколишнє середовище [32].

СГПП “Техмет-ЮГ” розташоване у степовій зоні Миколаївського району Миколаївської області, що характеризується посушливим кліматом, середньорічною кількістю опадів 350–400 мм та високим рівнем сонячної радіації. Ґрунтовий покрив представлений чорноземами південними середньогумусними, придатними для сільськогосподарського використання [27].

Основні екологічні ризики регіону – вітрова ерозія ґрунтів, дефіцит водних ресурсів і накопичення відходів тваринництва. Тому підприємство здійснює низку природоохоронних заходів, спрямованих на зменшення техногенного навантаження та підтримання стабільності екосистеми [11].

Одним із ключових питань охорони довкілля в тваринництві є раціональне поводження з гноєм. На підприємстві застосовується безстічна

система гноєвидалення з подальшим компостуванням органічних решток [29].

Основні заходи:

- гній накопичується у герметичних бетонованих гноєсховищах, розташованих на відстані не менше 300 м від житлової зони;
- компостування проводиться з використанням біопрепаратів (“Байкал ЕМ-1”, “Біогумус”) для прискорення розкладу органіки та зниження емісії аміаку;
- готовий компост використовується як органічне добриво на полях господарства;
- проводиться регулярний контроль вмісту нітратів і фосфатів у ґрунті та прилеглих водоймах [33].

Завдяки цьому утворені відходи переходять у замкнений біотехнологічний цикл, що зменшує екологічне навантаження й підвищує родючість ґрунтів [29].

Основним джерелом забруднення повітря у свинарниках є аміак, сірководень та метан, що утворюються при розкладанні гною. Для їх зниження на підприємстві впроваджено [10]:

- механічну та природну вентиляцію з контролем швидкості повітрообміну;
- регулярне видалення гною;
- використання ферментних препаратів, що пригнічують утворення газів;
- озонування та біофільтри у вентиляційних каналах [10].

Завдяки комплексним заходам концентрація аміаку в повітрі не перевищує 10 мг/м³, що відповідає гранично допустимим нормам ДСП 201-97 [29].

Для скорочення споживання води впроваджено систему циркуляційного водопостачання, що дозволяє зменшити витрати на 25–30 %. Використовується енергозберігаюче обладнання: LED-освітлення у свинарниках; автоматичне регулювання мікроклімату; частотні

перетворювачі у вентиляторах; тепла рекуперація для обігріву порослят [10].

Ці заходи не лише знижують енергоспоживання, а й скорочують вуглецевий слід виробництва. У лабораторії відтворення та штучного осіменіння дотримуються вимог біологічної безпеки рівня BSL-2. Біоматеріали (сперма, ембріони, проби крові) після використання знезаражуються автоклавуванням або хімічною дезактивацією (2% розчин гіпохлориту натрію) і здаються на утилізацію [33].

Залишки гормональних препаратів, контейнерів і лабораторних матеріалів знищуються відповідно до Державних санітарних правил і норм (ДСанПіН 2.2.7.029-99). Таким чином, виключається потрапляння фармакологічно активних речовин у навколишнє середовище [9, 10].

Застосування біотехнологічних методів (синхронізація охоти, штучне осіменіння, контрольоване осіменіння з мінімальним використанням плідників) має позитивний екологічний ефект, а саме [9]:

- зменшення кількості плідників і, відповідно, скорочення кормових і енергетичних витрат;
- зниження ризику поширення інфекцій за рахунок контролю джерел сперми;
- оптимізація відтворного циклу, що підвищує загальну ефективність поголів'я і скорочує викиди метану на одиницю продукції;
- зменшення використання антибіотиків і стимуляторів росту [9].

Таким чином, біотехнологічні підходи сприяють переходу підприємства до екологічно безпечного, ресурсозберігаючого типу виробництва. У СГПП “Техмет-ЮГ” впроваджено систему екологічного менеджменту, яка забезпечує дотримання вимог природоохоронного законодавства. Відходи тваринництва проходять біологічну переробку з подальшим використанням як добрив, що формує замкнений екологічний цикл. Створено ефективну систему очищення повітря й стоків, що дозволяє утримувати концентрацію шкідливих речовин у межах нормативів.

Використання біотехнологічних методів відтворення не лише підвищує продуктивність свиноматок, а й знижує екологічне навантаження на довкілля. Впровадження ресурсозберігаючих і енергоефективних технологій є запорукою сталого розвитку господарства та екологічної безпеки регіону [28].

ВИСНОВКИ

1. Зіставлення схем свідчить, що найвищу ефективність синхронізації забезпечує схема А (Altrenogest $\rightarrow$ eCG + hCG), яка дає можливість точно регулювати фазу циклу та отримувати найбільш прогнозований результат. Схема В (Altrenogest $\rightarrow$ GnRH) характеризується природнішою стимуляцією, проте ефект може варіювати залежно від фізіологічного стану тварини. Схема С (PGF₂ α $\rightarrow$ eCG + hCG) є технологічно простішою, але менш ефективною з точки зору синхронізації, особливо в умовах різного післявідлучного статусу свиноматок.

2. Вибір схеми гормональної стимуляції має базуватись на виробничих цілях, фізіологічному стані поголів'я та економічній доцільності застосування препаратів.

3. Застосування класичної схеми (альтrenoгест + eCG + hCG) є найбільш ефективним способом синхронізації та стимуляції статеві охоти у свиноматок. Вона забезпечує найвищу частку прояву охоти (92 %), достовірне збільшення багатоплідності (до 12,1 поросяти; $p < 0,01$) та скорочення міжопоросного періоду (до 153 діб; $p < 0,01$).

4. Схеми з використанням GnRH (В) або PGF₂ α (С) також сприяють підвищенню кількості живонароджених поросят, однак дещо поступаються класичному варіанту за рівнем синхронізації та стабільності результатів. Хоча різниця в заплідненості та збереженості приплоду між групами не досягла статистичної значущості, у дослідних варіантах спостерігалася позитивна біологічна тенденція до підвищення цих показників.

5. Отримані результати свідчать, що контрольована гормональна підготовка свиноматок перед осіменінням забезпечує узгоджене дозрівання фолікулів, зменшення асинхронії овуляцій, підвищення кількості якісних ооцитів і, як наслідок, покращення відтворювальної ефективності стада.

6. Порівняльний аналіз показав, що використання комбінованих схем із прогестагеном (Altrenogest) і гонадотропінами (eCG + hCG)

забезпечує найвищу гормональну активність та кращу синхронізацію охоти у свиноматок. Схема А сприяла більш інтенсивному дозріванню фолікулів, підвищенню рівнів естрадіолу та ЛГ і формуванню повноцінних жовтих тіл, що підтверджується підвищеним рівнем прогестерону на 21-шу добу після осіменіння. Схема А (Altrenogest $\rightarrow$ eCG + hCG) забезпечує найвищі концентрації всіх трьох гормонів, що підтверджує її ефективність у стимуляції овуляції та підтримці лютеальної фази.

7. Застосування Altrenogest у поєднанні з eCG і hCG є найбільш ефективним методом регуляції репродуктивної функції свиноматок, оскільки забезпечує узгоджену гормональну реакцію, високу синхронізацію овуляції та оптимальні умови для імплантації ембріонів.

8. Встановлено, що застосування комбінованої прогестагенно-гормональної схеми (Altrenogest $\rightarrow$ eCG + hCG) сприяє не лише кращій синхронізації охоти у свиноматок, але й підвищенню біологічної якості сперми та загальної ефективності відтворення стада. Це дає підстави рекомендувати дану схему як найбільш результативну з біотехнологічної та господарської точки зору.

9. Результати підтверджують, що використання гормональних схем синхронізації охоти значно покращує репродуктивні показники, причому найефективнішою є комбінація Altrenogest з eCG і hCG, яка забезпечує найвищу багатоплідність, збереженість приплоду та масу гнізда при відлученні при високій статистичній достовірності відмінностей ($p < 0,01$).

10. Аналіз сукупних показників дає змогу зробити висновок, що економічна ефективність тісно корелює з рівнем біологічної результативності ($r = 0,89$). Чим більша кількість живонароджених і відлучених поросят, тим вищий економічний ефект при відносно невеликих витратах на препарати. У середньому, використання будь-якої схеми синхронізації дозволило отримати додатково 8–11 кг живої маси поросят при відлученні з однієї свиноматки, що у грошовому еквіваленті становить +580–750 грн/голову додаткового доходу. Особливо важливим є скорочення інтервалу між опоросами на 6–13

днів у дослідних групах, що підвищує потенційну кількість опоросів на рік з 2,1 до 2,3, тобто дозволяє отримати до 4–5 додаткових поросят на свиноматку щорічно.

ПРОПОЗИЦІЇ

Рекомендуємо впровадити у виробничу практику оптимізовану схему синхронізації статеві охоти із застосуванням гормональних препаратів естроген-прогестагенного типу з додаванням до них гонадотропінів, що забезпечить підвищення прояву охоти до 95–100 % та буде сприяти скороченню інтервалу між опоросами на 4–5 днів.

Для ремонтного молодняку рекомендуємо застосовувати щадну схему стимуляції, що включає введення гонадотропінів за 72 години до очікуваної охоти, це дозволить уникнути гормонального стресу та забезпечить більш однорідний та синхронний прояв охоти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Березін В. Є. *Методи молекулярної біології та біотехнології*. – Харків: Ранок, 2021. – 312 с.
2. Білецький В. В. *Фізіологія відтворення сільськогосподарських тварин*. – К.: Вища освіта, 2019. – 312 с.
3. Бородай І. В. *Біотехнологія у тваринництві: сучасні аспекти і перспективи розвитку*. – Харків: Міра, 2020. – 280 с.
4. Буркат В. П., Гончарук Ю. С. *Відтворення свиней: біологічні основи, технологія, економіка*. – К.: Урожай, 2017. – 268 с.
5. Воронець Н. В. Ефективність застосування гормональних препаратів у системі відтворення свиней // *Науково-технічний бюлетень Інституту свинарства і АПВ НААН*. – 2021. – № 119. – С. 52–58.
6. Гаврилюк В. П., Козак О. І. *Генетична інженерія та біотехнологія: навчальний посібник*. – Львів: Новий Світ, 2022. – 320 с.
7. Гнатюк В. А., Лисенко О. П. Біотехнологічні методи регулювання статевих циклів у свиноматок // *Вісник аграрної науки*. – 2020. – № 9. – С. 64–69.
8. Гулій М. Ф., Харкевич Н. А. *Молекулярна біотехнологія: сучасні методи та застосування*. – Київ: Видавництво КНУ ім. Т. Шевченка, 2023. – 428 с.
9. Державні санітарні правила і норми. ДСанПіН 2.2.7.029-99 “Правила поводження з біологічними відходами”. – К.: МОЗ України, 1999. – 35 с.
10. Екологічна безпека аграрного виробництва / За ред. Л. П. Мельника. – К.: Центр учбової літератури, 2020. – 248 с.
11. *Екологічний паспорт Миколаївської області* / Управління екології та природних ресурсів Миколаївської облдержадміністрації [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: www.dueomk.gov.ua

12. Єфімова О. І. Сучасні підходи до синхронізації статевої охоти у свиноматок // *Тваринництво України*. – 2022. – № 3. – С. 18–22.
13. Коваленко Г. А. Методичні вказівки по економічному обґрунтуванню дипломних робіт студентів за спеціальністю 204-«ТВППТ». Миколаїв : МДАУ. – 2020. – 32 с.
14. Коваленко В. П., Савчук Г. І. *Практикум з відтворення свиней*. – Полтава: Астра, 2018. – 176 с.
15. Козловський В. І., Дмитренко О. М. Вплив схеми “альтrenoгест → гонадотропіни” на відтворну здатність свиноматок // *Агробіологія*. – 2021. – № 1(161). – С. 74–80.
16. Крамаренко С. С., Луговий С. І., Лихач А. В., Крамаренко О. С. Аналіз біометричних даних у розведенні та селекції тварин : *Навчальний посібник*. Миколаїв. – 2019. – 211 с.
17. Лісовий С. П. Гормональна регуляція овуляції та охоти у свиней // *Біологія тварин*. – 2019. – Т. 21, № 3. – С. 59–66.
18. Ляшенко В. І., Мельник І. С. *Основи технології свинарства*. – К.: Аграрна освіта, 2016. – 220 с.
19. Методичні рекомендації з проведення штучного осіменіння свиней / За ред. В. І. Бурката. – Полтава: Інститут свинарства НААН, 2018. – 45 с.
20. Науково-практичні аспекти гормональної стимуляції відтворення у свиней // *Збірник наукових праць Інституту тваринництва НААН*. – Харків, 2020. – С. 83–89.
21. НПАОП 0.00-1.79-18. Правила безпеки у тваринництві. – К.: Мінсоцполітики України, 2018. – 63 с.
22. Охорона праці в агропромисловому виробництві / За ред. О. І. Кудрі. – К.: Аграрна освіта, 2020. – 212 с.
23. Пономаренко М. В. Біоекономічна ефективність використання стимулюючих препаратів у свинарстві // *Економіка АПК*. – 2021. – № 5. – С. 91–96.

24. Правила пожежної безпеки в агропромисловому комплексі України. – К.: Мінагрополітики, 2019. – 48 с.
25. Правила техніки безпеки при роботі з тваринами. – К.: Держпраці України, 2021. – 37 с.
26. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Миколаївській області / Управління екології та природних ресурсів Миколаївської облдержадміністрації // www.dueomk.gov.ua.
27. Річний звіт Сільськогосподарського приватного підприємства “Техмет-ЮГ” за 2023 рік. – Миколаївський район, Миколаївська область, 2024. – 78 с.
28. Річний звіт Сільськогосподарського приватного підприємства “Техмет-ЮГ” за 2024 рік. – Миколаївський район, Миколаївська область, 2025. – 82 с.
29. Руденко А. С., Куліш О. В. Екологічні аспекти утримання свиней у сучасних комплексах // *Екологія і ресурси*. – 2022. – № 4. – С. 103–108.
30. Сухомлин О. П. Вплив різних схем синхронізації охоти на продуктивність свиноматок // *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького*. – 2023. – Т. 25, № 2. – С. 47–52.
31. Шевченко І. А., Кравець Н. І. Роль гонадотропінів у регуляції фолікулогенезу у свиней // *Вісник Полтавської ДАА*. – 2020. – № 4. – С. 41–46.
32. Шостак В. І., Денисенко П. В. *Технологія виробництва свинини в умовах промислового комплексу*. – К.: Центр учбової літератури, 2017. – 288 с.
33. Шумський О. В. Безпека життєдіяльності в аграрних системах. – Харків: Основа, 2021. – 240 с.
34. Alberts B. et al. *Molecular Biology of the Cell*. – 7th ed. – New York: Garland Science, 2022. – 1464 p.
35. Brown T. A. *Gene Cloning and DNA Analysis: An Introduction*. – 8th ed. – Wiley-Blackwell, 2023. – 380 p.

36. FAO Animal Production and Health Guidelines. *Pig Reproduction and Artificial Insemination*. – Rome: FAO, 2021. – 145 p.
37. Glick B. R., Pasternak J. J. *Molecular Biotechnology: Principles and Applications of Recombinant DNA*. – 6th ed. – Springer, 2021. – 832 p.
38. Kadirvel G., Bujarbaruah K. M., Kumar S., Ngachan S. V. Oestrus synchronization with fixed-time artificial insemination in smallholder pig production systems in north-east India: Success rate and benefits // *South African Journal of Animal Science*. – 2017. – Vol. 47, No. 2. – P. 140–145.
39. Knox R. V. Recent advancements in the hormonal stimulation of ovulation in swine // *Veterinary Medicine: Research and Reports*. – 2015. – P. 309–320.
40. Lodish H. et al. *Molecular Cell Biology*. – 9th ed. – New York: W. H. Freeman and Company, 2021. – 1296 p.
41. Madigan M. T., Bender K. S., Buckley D. H. et al. *Brock Biology of Microorganisms*. – 17th ed. – Pearson, 2023. – 1152 p.
42. Pal P., Dar M. R. Induction and synchronization // *Animal Reproduction in Veterinary Medicine*. – 2021. – P. 133–139.
43. Primrose S. B., Twyman R. M. *Principles of Gene Manipulation and Genomics*. – 9th ed. – Wiley-Blackwell, 2024. – 700 p.
44. Rodrigues L., Amezcua R., Cassar G., O'Sullivan T. L., Friendship R. Comparison of single, fixed-time artificial insemination in gilts using two different protocols to synchronize ovulation // *Animals*. – 2020. – Vol. 10, No. 2. – Article 306.
45. Roy K.S., Prakash B.S. Plasma progesterone, oestradiol-17 β and total oestrogen profiles in relation to oestrous behaviour during induced ovulation in Murrah buffalo heifers. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl)*. – 2009. – 93. – 486–95.
46. Sambrook J., Russell D. W. *Molecular Cloning: A Laboratory Manual*. – 4th ed. – Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2020. – 2028 p.

47. Saha K., Weiss R. The synthetic genome frontier: reprogramming life at the molecular scale // *Science*. – 2025. – 390(6675). – P. 56–64.
48. Zhang Y. et al. CRISPR-Cas systems: recent advances and future perspectives in molecular biotechnology // *Trends in Biotechnology*. – 2024. – 42(3). – P. 345–360.

ДОДАТОК А



SCIENTIA • Modern Science and Innovation: Trends, Challenges and Breakthroughs

SECTION 9. BIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY

Dmytro Nefodov

student of higher education of the 2nd year of the master's degree of the faculty of TVPFTS

Mohr's National Agrarian University, Ukraine

Ph.D. docent, docent of the Department of Biotechnology and Biomechanics
Mohr's National Agrarian University, Ukraine

CELLULAR AND GENETIC TECHNOLOGIES IN REPRODUCTIVE BIOTECHNOLOGY

Cellular and genetic methods provide fundamentally new opportunities for managing the reproductive potential of animals: from the selection and modification of genes that control fertility to the creation of clones and transgenic lines. These technologies allow preserving and distributing valuable genotypes, investigating the mechanisms of embryo development, and optimizing breeding programs [4, 5].

Cloning by somatic nuclear transfer (SCNT). SCNT involves transferring the nucleus of a somatic cell to a degraded or removed oocyte nucleus, stimulating the development and implantation of the embryo into the recipient. The technology allows the genetic identity of the donor nucleus to be restored, which is useful for preserving rare or valuable genotypes [6, 9].

The main obstacles to cloning by somatic nuclear transfer are the low rate of development before birth, epigenetic alterations (incomplete epigenome reprogramming), placental abnormalities and high costs. In swine, the percentage of successful pregnancies after SCNT is traditionally low compared to other species, which limits its widespread use [4, 7].

Ways to improve the efficiency of SCNT include optimizing the state of donor cells (phases of the cell cycle), using epigenetic modifiers (HDAC inhibitors, DNMT inhibitors) to correct mitotic/epigenetic defects, and improving oocyte and embryo culture media. Omics analysis and high-throughput sequencing help identify markers associated with recombination success [1, 8].

Induced pluripotent stem cells (iPSCs) and embryonic stem cells. iPSCs and embryonic stem cells (ESC) open up the possibility of creating cell lines for studying early embryonic development, toxicity testing and as a potential source of

genetics in the future. In animal husbandry, iPSCs can serve as a "platform" for gene modifications and subsequent generation of clones or hybrid embryos [5, 6].

In practical animal husbandry, the use of iPSCs/ESCs is limited: differences between lines by species, risks of teratogenicity, difficulty in differentiating into functional gametes. The need for standardized protocols and safe control of their use is key [1].

In vitro technologies: IVM, IVF, ICSI. Oocyte- and embryo-oriented procedures. IVM (in vitro maturation), IVF (in vitro fertilization) and ICSI (intracytoplasmic sperm injection) are the central methods for obtaining embryos outside the body. There are successes in pig breeding, but the rates are lower than in some other species, due to the characteristics of oocytes and sperm [2, 7].

In vitro oocyte manipulations are modern approaches that allow studying the mechanisms of fertilization and creating new animal lines. In vitro maturation (IVM), in vitro fertilization (IVF) and intracytoplasmic sperm injection (ICSI) methods are successfully used in experimental pig breeding to improve fertilization results and optimize breeding programs [2].

Technical factors for success are oocyte quality (metabolic state, lipid level), cultivation environment (osmotic conditions, antioxidants), sperm-oocyte contact time, immunological and epigenetic effects. ICSI allows you to bypass problems with low sperm motility, but requires specialized equipment and skills [6].

Genome editing (CRISPR-Cas, TALEN, ZFN). CRISPR/Cas allows point-specific gene modifications, creation of knockouts or introduction of specified alleles. In reproductive biotechnology, it is used to correct mutations, increase disease resistance, improve reproductive characteristics and create transgenic lines [3, 9].

Molecular genetic control of reproductive qualities - the use of fertility gene markers (ESR1, FSHB, RBP4, PRLL, LEP) allows for the early identification of animals with high genetic potential. Genotyping using PCR, SNP analysis and next-generation sequencing (NGS) has become the basis of molecular breeding [4].

Problems that arise - off-target effects, mosaicism in embryos, epigenetic consequences and regulatory/ethical restrictions. Careful population and long-term phytoto- and zoo-experiments are necessary to assess the safety and stability of phenotypes [7].

Transgenic technologies and biopharmaceutical lines. Transgenic animals are used for research purposes and the production of recombinant proteins (pharmaceuticals). Transgenicity is less commonly used in pig production, but the technology has the potential to improve reproductive and productive characteristics [8].

Epigenetics and omics approaches. Epigenetic changes (DNA methylation, histone modifications) determine the success of SCNT transcription and embryo

SCIENTIA • Modern Science and Innovation: Trends, Challenges and Breakthroughs

survival after in vitro procedures. Integration of genomics, transcriptomics, proteomics and metabolomics allows finding biomarkers of oocyte and embryo quality and predicting their development [1, 3].

Conclusions. Analysis of modern cellular and genetic technologies in swine reproductive biotechnology indicates a profound transformation of approaches to reproductive management. The use of somatic nuclear transplantation (SCNT), induced pluripotent stem cells (iPSC) and in vitro technologies (IVM, IVF, ICSI) creates fundamentally new opportunities for restoring, preserving and expanding the valuable gene pool. However, the effectiveness of such technologies is largely limited by epigenetic disorders, low embryo survival rates and high costs, which requires further optimization of protocols. Genome editing using CRISPR/Cas, TALEN and ZFN systems opens up prospects for creating animals with specified reproductive or productive traits, increasing disease resistance and improving breeding programs. At the same time, this requires addressing issues of bioethics, regulation and prevention of off-target effects. Molecular genetic control of reproductive qualities through the use of fertility gene markers (ESR1, FSHB, RBP4, PRLL, LEP) and modern genotyping methods provides the possibility of early prediction of the reproductive potential of animals and selection of the best genotypes for breeding. The development of omics approaches (genomics, proteomics, metabolomics, epigenetics) forms a new scientific basis for understanding the processes of oocyte maturation, embryo development and implantation success. Their integrated application allows to increase the accuracy of predictions and the effectiveness of biotechnological programs in pig breeding. Therefore, the comprehensive implementation of cellular, genetic and molecular biological technologies should become a strategic direction of development of modern pig breeding, aimed at increasing reproductive efficiency, preserving genetic diversity and obtaining high-quality offspring with predicted properties.

- References:**
1. Aliev S. et al. *Molecular Biology of the Cell*. - 104 ed. - New York: Garland Science, 2021. - 1044 p.
 2. Barro T. A. *Gene Cloning and DNA Analysis: An Introduction*. - 104 ed. - Wiley-Blackwell, 2021. - 510 p.
 3. *Fast Animal Production and Health Guidelines: Pig Reproduction and Artificial Insemination*. - Rome: FAO, 2021. - 147 p.
 4. Gokhale R. A., Bressan L. J. *Molecular Biotechnology: Principles and Applications of Recombinant DNA*. - 4th ed. - Springer, 2021. - 512 p.
 5. Lohak R. et al. *Molecular Cell Biology*. - 9th ed. - New York: W. H. Freeman and Company, 2021. - 1294 p.
 6. Bressan L. B., Trueman R. M. *Principles of Gene Manipulation and Genomics*. - 9th ed. - Wiley-Blackwell, 2021. - 762 p.
 7. Smithson J., Russell D. W. *Molecular Cloning: A Laboratory Manual*. - 4th ed. - Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2021. - 2029 p.
 8. Jahn E., Weiss R. *The synthetic genome: Recombinant DNA in the molecular scale II Science*. - 2021. - 1000775. - 9-16-04.
 9. Zhang Y. et al. *CRISPR-Cas systems: recent advances and future perspectives in molecular biotechnology II Frontiers in Molecular Biology*. - 2021. - 1231. - 9-14-04.

174

www.scientia.report

CERTIFICATE OF PARTICIPATION

ISC № 2512100102

Dmytro Nefodov

participated in the II International Scientific and Theoretical Conference

«Modern Science and Innovation:
Trends, Challenges and Breakthroughs»

November 21, 2025 New York, USA

Academic Workload: 24 hours of participation / 0.8 ECTS credits

Confirmed Outcome: scientific paper published

10.36074/scientia-2111.2025 ISBN 979-8-89660-282-8

Miriam Goldenblat
MIRIAM GOLDENBLAT

President and responsible organizer
International Center of Scientific Research

Unified Register of Public Associations Number: 149941.



Hosted by an authorized Crossref member

The conference is registered in the ResearchBib

Conference proceedings are displayed in Google Books & Google Scholar

Bowker

