



Основні напрями досліджень і досягнення лабораторії екологічної фізіології та якості продукції у 2000–2020 рр.

І. І. Ковальчук, Р. С. Федорук, М. М. Цап

ecology@inenbiol.com.ua, irenakovalchuk@ukr.net

Інститут біології тварин НААН,
вул. В. Стуса, 38, м. Львів, 79034, Україна

Викладено основні напрями досліджень і найвагоміші результати лабораторії екологічної фізіології та якості продукції Інституту біології тварин НААН за двадцять років її діяльності. Представлено результати фундаментальних досліджень і прикладних розробок, отриманих під час виконання завдань, які входили до наукових програм НААН і Науково-методичного центру «Фізіологія тварин». Наведено основні характеристики впливу нових ефективних кормових добавок і БАР, апробованих на виробництві і впроваджених на ВРХ, вівцях, птиці, кролях, бджолах, у ставковому рибористві, обґрунтовано способи їх використання. Встановлено залежність між ступенем техногенного забруднення довкілля та інтенсивністю фізіолого-біохімічних процесів в організмі тварин, їхньою адаптаційною і репродуктивною здатністю. Методом артеріо-венозної різниці у молочній залозі з'ясовано окремі механізми фізіологічного впливу Cd в організмі корів під час лактації за умов експериментального навантаження його солями різної концентрації, рівень біотрансформації у молоко. Вперше започатковано вивчення біологічної дії у корів, телят і бугаїв-плідників нових органічних сполук Se. Розроблено й апробовано склад кормової добавки на основі препарату «Сел-Плекс», що підвищує імунобіологічну, продуктивну і репродуктивну здатність організму корів в умовах інтенсивного техногенного навантаження. Отримано нові наукові дані щодо біологічної дії розроблених білково-мінеральних добавок в організмі кролів за різних способів утримання та годівлі. З'ясовано фізіологічні та біохімічні механізми впливу терміну відлучення молодняку кролів на імунобіологічну реактивність організму. Розроблено рецепт комбікорму з підвищеним вмістом протеїну і вивчено його вплив на інтенсивність росту та фізіологічні процеси в організмі кролів. Обґрунтовано можливості застосування генетично модифікованих кормів у годівлі і їхній вплив на фізіологічний статус тварин, екологічну безпеку та якість продукції. Досліджено вплив ГМО-бобів сої та продуктів їх переробки на формування адаптаційних реакцій та функціонування окремих органів і систем у тварин. Доведено відсутність вираженого негативного впливу трансгенної сої на розвиток організму та його репродуктивну здатність у самок тварин. Вивчено вплив Ge у вигляді германій цитрату, отриманого нанотехнологічним способом і хімічно синтезованого, на стан імунної, репродуктивної, антиоксидантної та детоксикаційної систем організму у лабораторних щурів двох поколінь. З'ясовано особливості онтогенетичного розвитку самців щурів F₁ за дії різних доз германію цитрату. Обґрунтовано можливість використання малих і середніх доз Ge цитрату для стимулювання імунної та антиоксидантної систем організму, його репродуктивної здатності у самиць багатоплідних тварин. Встановлено зміни фізіологічних і біохімічних показників крові та детоксикаційної здатності організму щурів F₀ і F₁ за дії різних доз Ge цитрату. Вивчено вплив різних доз Ge цитрату на вміст біотичних мінеральних елементів у тканинах і органах тварин. Відзначено особливості гістологічної структури тканин імуноткомпетентних органів самиць щурів F₁ за дії різних доз Ge цитрату. Показано роль колективу лабораторії у вдосконаленні наявних і розробленні нових методів фізіологічних, біохімічних та екологічних досліджень, Державних стандартів, можливість їх адаптації та гармонізації до сучасних умов науки та виробництва.

Ключові слова: досягнення лабораторії, методи дослідження, розробки, ВРХ, вівці, птиця, кролі, бджоли, риби

У період формування структури відновленого Інституту біології тварин НААН у 2000 р. було створено лабораторію екологічної фізіології і біохімії (фото 1, 2),

яка з 2007 р. отримала назву лабораторії екологічної фізіології та якості продукції. Її було сформовано з ініціативи дирекції та вченої ради, очолив лабора-



Фото 1. Колектив створеної в 2000 р. лабораторії екологічної фізіології та біохімії (2002 р.)

Photo 1. The staff of the laboratory of ecological physiology and biochemistry established in 2000 (2002)



Фото 2. Обговорення тематики досліджень колективом лабораторії на 2006–2010 рр.

Photo 2. Discussion of research topics by the laboratory staff for 2006–2010.

торію д. вет. Н., професор, член-кореспондент НААН Р. С. Федорук. З 2015 р. лабораторію очолює доктор ветеринарних наук, старший науковий співробітник І. І. Ковальчук.

Основні напрями досліджень лабораторії

Дослідження лабораторії були спрямовані на вивчення особливостей формування та реалізації резистентності, адаптації і продуктивної здатності сільськогосподарських тварин [6, 7], екологічної і біохімічної характеристики продукції тваринництва з урахуванням аліментарних і агроекологічних умов, розроблення ефективних кормових добавок для ВРХ, кролів, риб, бджіл [9, 10].

Після реорганізації колектив лабораторії доповнив дослідження такими напрямками: моніторинг вмісту важких металів у системі «корми-тварина-сировина-продукція» в агроландшафтних зонах помірного та інтенсивного техногенного навантаження; вивчення імунобіологічної реактивності організму тварин за-

лежно від агроекологічних умов довкілля; теоретичне обґрунтування і розроблення нових БАД, які підвищують резистентність і адаптаційну здатність організму сільськогосподарських тварин; вивчення фізіологічних механізмів впливу нових БАД на організм продуктивних тварин за різних аліментарних та екологічних умов; дослідження біологічного матеріалу, сировини і продукції тваринництва з використанням сертифікованих аналітичних і випробувальних методів; удосконалення наявних і розроблення нових методів фізіологічних, біохімічних та екологічних досліджень, їх адаптація і гармонізація до сучасних вимог науки та виробництва.

За період 2000–2020 рр. науковцями лабораторії сформовано нові напрями фундаментальних і прикладних досліджень щодо дії техногенних, агроекологічних, біотичних й абіотичних, зокрема отриманих на основі нанотехнології, чинників різної інтенсивності на перебіг фізіолого-біохімічних процесів в організмі тварин, їх впливу на біологічну цінність та якість продукції. Дослідження спрямовані на з'ясування фізіологічних і біохімічних механізмів, які визначають інтенсивність і направленість обмінних процесів в організмі тварин в окремі періоди росту, розвитку та продуктивного їх використання з урахуванням екологічних і технологічних факторів.

В експериментальних дослідженнях на ВРХ показано можливість коригування впливу негативних екологічних чинників на метаболічні процеси в організмі телиць і корів у період лактації молочних порід, бугайців волинської м'ясної породи, бугаїв-плідників [29]. Встановлено залежність між ступенем техногенного забруднення довкілля та інтенсивністю фізіолого-біохімічних процесів в організмі продуктивних тварин, їх адаптаційною і репродуктивною здатністю. Методом артеріо-венозної різниці у молочній залозі з'ясовано окремі механізми впливу Cd в організмі корів під час лактації за умов експериментального навантаження його водорозчинними солями різної концентрації, рівень біотрансформації цього токсиканта у молоко. Встановлено зв'язок між вмістом Cd в раціоні, крові, тканинах окремих органів корів, досліджено його вплив на рівень інших важких металів в організмі. З'ясовано фізіологічний і біохімічний вплив добавок Цинку і Кадмію в раціоні на метаболічні процеси та реактивність організму телиць до парувального віку [8]. Вперше започатковано вивчення біологічної дії у корів, телят і бугаїв-плідників нових органічних сполук Se. Розроблено й апробовано склад кормової добавки на основі препарату «Сел-Плекс», що підвищує імунобіологічну, продуктивну і репродуктивну здатність організму корів за утримання їх в умовах інтенсивного техногенного навантаження. З'ясовано фізіолого-біохімічний вплив біотехнологічного селеновмісного препарату «Сел-Плекс» за згодовування його коровам в останні два місяці тільності і новонародженим телятам впродовж перших двох місяців життя. Вперше одержано нові результати досліджень впливу згодовування препарату «Сел-Плекс» на репродуктивну здатність і молочну продуктивність корів. Встановлено, що біологічна дія препарату зумовлювала зниження окисдантного напруження в організмі корів, яке проявлялося зменшенням рівня гідропероксидів ліпідів у крові та підвищеною активністю антиоксидантних ферментів [11, 18].

Всебічне вивчення фізіологічних і біохімічних процесів в організмі кролів, оцінка їх продуктивної і репродуктивної здатності залежно від інтенсивності дії аліментарних чинників, зміни параметрів утримання і годівлі забезпечили розроблення теоретичних основ удосконалення живлення і розведення кролів, технології ведення галузі [24, 25, 26]. Отримано нові наукові дані щодо біологічної і продуктивної дії розроблених білково-мінеральних добавок в організмі кролів за різних способів утримання та годівлі, з'ясовано фізіологічні та біохімічні механізми впливу строків відлучення молодняку кролів на імуніологічну реактивність організму. Розроблено рецепт гранульованого комбікорму з підвищеним вмістом протеїну і вивчено його вплив на інтенсивність росту та фізіолого-біохімічні процеси в організмі кролів. Отримані результати експериментальних досліджень та апробації їх на виробництві використані для розробки патенту, практичних рекомендацій і технічних умов з питань ефективного ведення сучасного кролівництва та одержання екологічного і дієтичного м'яса [10].

Введення до раціону нових добавок чи «нетрадиційних» замінників основних складників раціону, що є предметом досліджень колективу лабораторії, потребує врахування не лише економічності виробництва застосування останніх, але й їх поживної цінності, екологічності, впливу на фізіологічний стан організму, репродуктивну здатність та продуктивність тварин, біологічну цінність їхньої продукції. Як свідчать численні дослідження та практика останніх років щодо застосування нових елементів у годівлі тварин, таким вимогам відповідають соя і соєві продукти, зокрема й ті, що містять ГМО. Враховуючи значне розширення обсягів використання сої та продуктів її переробки, у т. ч. з генетично модифікованих ліній, виконано поглиблені дослідження щодо з'ясування можливості застосування сої та генетично модифікованих кормів у годівлі тварин і їхній вплив на фізіологічний статус, екологічну безпеку та якість продукції.

Одним із етапів досліджень колективу лабораторії було вивчення механізмів біологічного і продуктивного впливу кормів з високим вмістом протеїну і ліпідів, зокрема «соевого молока», на організм самок тварин у різні періоди росту і розвитку. Вивчено вплив ГМО-бобів сої та продуктів їх переробки на формування адаптаційних реакцій та функціонування окремих органів і систем у лабораторних і продуктивних тварин [1, 3]. З'ясовано окремі фізіологічні механізми впливу тривалого згодовування бобів сої та випоювання «соевого молока» з трансгенної сої самкам тварин у різні вікові періоди. Доведено відсутність вираженого негативного впливу трансгенної сої на ріст і розвиток організму та його репродуктивну здатність у самок тварин. Використання сучасних методів дослідження забезпечило можливість з'ясування біохімічних механізмів формування гормонального, антиоксидантного та дезінтоксикаційного статусу організму тварин за цих умов. Порівняльний аналіз результатів досліджень щодо впливу згодовування бобів нативної та генетично модифікованої сої на інтенсивність перебігу фізіологічних процесів в організмі щурів чотирьох поколінь вказує на особливості формування і прояву імуніологічної реактивності у самиць щурів протягом вагітності та вигодовування приплоду [2].

Досліджено фізіологічні та біохімічні процеси в організмі тварин, одержаних від поєднання корів волинської м'ясної та бугайів лімузинської порід, рівень їх продуктивності у різні періоди росту, розвитку й адаптації до агроекологічних умов Полісся. З'ясовано динаміку показників фізіологічного стану бугайців, ремонтних телиць, нетелей і корів-первісток за умов прив'язного та безприв'язного утримання. Встановлено зв'язок вмісту розчинного білка, мінеральних елементів у тканинах бугайців і молозиві та молоці помісних корів, особливості змін живої маси тіла та внутрішніх органів бугайців, біологічної цінності яловичини. Одержано нові дані щодо вікових і фізіологічних відмінностей формування та перебігу адаптаційних процесів в організмі бугайців і ремонтних телиць першого покоління волинської м'ясної та лімузинської порід у віці 3–20 та 12–24 міс., а також нетелей і корів-первісток. З'ясовано відмінності становлення та прояву адаптаційної функції організму цих тварин за прив'язного і безприв'язного утримання в агроекологічних умовах Полісся [29].

Новими є дослідження з вивчення ефективності дії різних доз і схем застосування добавок мінеральних і органічних форм Хрому, Селену, Германію, зокрема у вигляді наноконцентратів, започатковані колективом реорганізованої у 2007 р. лабораторії (фото 3). У дослідженнях з'ясовано вплив цих сполук на підтримання енергетичної, прооксидантно-антиоксидантної рівноваги і направленості обмінних процесів в організмі тварин в окремі періоди росту, розвитку та продуктивного їх використання. Встановлено, що органічні та мінеральні сполуки Ge та їхні комплекси, залежно від хімічної будови, дози і шляхів надходження, можуть мати широкий спектр дії в організмі людини і тварин. Отримані результати досліджень вказують на високу фізіологічну активність Ge цитрату в наднизьких, низьких і середніх дозах, доведено синергічний вплив Se цитрату на біологічну активність Ge цитрату, регуляторну дію їх на стан антиоксидантної системи і репродуктивну функцію у лабораторних тварин [5, 15].

Уперше з'ясовано активність імунної, антиоксидантної, детоксикаційної та репродуктивної систем за дії германію цитрату, одержаного методами нанотехнології та хімічного синтезу, в організмі щурів двох поколінь. Визначено особливості змін імуніологічних,



Фото 3. Колектив реорганізованої лабораторії екологічної фізіології та якості продукції (2010 р.)
Photo 3. The staff of the reorganized laboratory of ecological physiology and product quality (2010)

гематологічних, біохімічних і гістологічних показників організму самиць F_0 і F_1 поколінь та самців F_1 за дії малих (10 мкг Ge), середніх (20 мкг Ge) і великих (200 і 2000 мкг Ge) доз германію цитрату. Вперше з'ясовано вікові, статеві та органо-системні особливості дії цих доз германію цитрату у самиць за тривалого застосування впродовж вагітності, лактації, підсисного періоду, фізіологічного й статевого дозрівання, а також самців під час ембріонального та фетального розвитку. Відзначено, що малі та середні дози Ge цитрату зумовлюють стимулювальний, а великі — інгібуючий вплив на імунобіологічні та гемопоетичні показники організму самиць щурів і їхнього приплоду [4, 16].

Отримано нові дані щодо гістологічної структури імуноткомпетентних органів щурів за тривалого впливу різних доз Ge цитрату, відзначено зв'язок змін фізіологічних і біохімічних показників крові й тканин з морфоструктурними особливостями будови селезінки, печінки, лімфовузлів, тимусу. Доведено дозозалежний вплив германію цитрату на репродуктивну здатність самиць щурів F_0 і F_1 поколінь, резистентність, життєздатність, ріст і розвиток самців F_1 упродовж 4–4,5 міс. життя. На основі визначення вмісту Ca^{2+} , P^{5+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , Co^{2+} і Ge^{4+} у тканинах щурів експериментально доведено коригуючий вплив германію цитрату в застосованих дозах на органо-тканинний їх розподіл у печінці, нирках, серці, селезінці, легенях щурів. Відзначено залежність вмісту цих елементів від дози та способу одержання Ge цитрату [4, 13, 17].

На основі порівняльних досліджень впливу різних доз Ge цитрату експериментально доведено перевагу використання Ge цитрату, одержаного методом нанотехнології, порівняно з хімічно синтезованим, для коригування імунотфізіологічних процесів в організмі тварин. Результати стимулювального впливу Ge цитрату на репродуктивну здатність самиць щурів використано для експериментального обґрунтування методології апробації розробки на багатоплідних тваринах. Розробку рекомендовано як експериментальну основу для його застосування у тваринництві й ветеринарній медицині.

Проведеними з цього напрямку дослідженнями обґрунтовано наукові основи застосування наноаквахелатів біотичних елементів у тваринництві та ветеринарній медицині як фізіологічно високоактивних сполук. Подальші експериментальні дослідження дії

мінеральних і органічних сполук Хрому, Селену, Кобальту, Германію та Йоду, зокрема їхніх наноформ, довели біологічно виражений позитивний вплив цих композицій на фізіологічні та біохімічні процеси в організмі сільськогосподарських тварин і їхню продуктивність. Встановлено переваги органічних форм, у т. ч. цитратів досліджуваних елементів на обмінні процеси і продуктивність сільськогосподарських тварин. Такі сполуки мікроелементів стимулюють активність антиоксидантної та імунної систем, покращують білковий, мінеральний та вітамінний профіль крові, підсилюють дезінтоксикаційні процеси в організмі тварин. З огляду на актуальність дослідження з цього напрямку, у 2011–2015 рр. поглиблено вивчення біологічної дії різних доз і поєднань «наноаквахелатів» Хрому, Кобальту, Марганцю, Міді, Заліза, Селену, Германію та Йоду в організмі, їхній вплив на імунобіологічну реактивність тварин, формування продуктивності і репродуктивної здатності [14, 35]. Успішному виконанню цих досліджень сприяли молоді науковці, докторанти та аспіранти лабораторії під керівництвом докторів наук І. І. Ковальчук, Р. С. Федорука, Й. Ф. Рівіса (фото 4).

Виконані дослідження у галузі рибництва забезпечили з'ясування впливу жирових кормових добавок на перебіг ліпідного обміну, процесів травлення та інтенсивності росту коропа [32, 33]. Встановлено стимулювальний вплив наявних у ріпаковій та соняшниковій оліях і їх фузах жирних кислот на засвоєння жирних кислот комбікорму у кишечнику коропів. Застосування добавок соняшникової і ріпакової олій до стандартного комбікорму риб сприяло покращенню жирнокислотного складу загальних ліпідів і фракції неетерифікованих жирних кислот хімуса товстого відділу кишечника, печінки та скелетних м'язів коропа, підвищенню приростів маси тіла та біологічної цінності м'яса [34]. Для покращення приростів маси тіла, вгодованості та вмісту незамінних поліненасичених жирних кислот у скелетних м'язах коропа запропоновано за місяць до вилупу та реалізації згодовувати стандартний гранульований комбікорм, на який нанесено 5% ріпакової олії [28].

У цей період значна частина науково-дослідної роботи співробітників лабораторії присвячена питанням живлення бджіл та підвищення резистентності їх організму і життєздатності [19]. Дослідження спрямовані на з'ясування механізмів впливу агроєкологічних, сезонних і технологічних факторів на мінеральний і жирнокислотний склад тканин бджіл, біологічну цінність їх корму і продукції. Одержані результати забезпечили розробку теоретичних основ і методів покращення біологічної цінності продукції бджільництва та екологічної безпеки живлення бджіл за умов підвищеного техногенного навантаження на довкілля. З'ясування механізмів впливу агроєкологічних, сезонних і технологічних чинників на метаболізм ліпідів і мінеральних елементів в організмі бджіл сприяло розробленню методів біологічної оцінки якості корму, живлення і продукції бджільництва в регіонах України з інтенсивним техногенним навантаженням. Узагальнені результати досліджень щодо дії агроєкологічних чинників на життєдіяльність бджіл і біологічну цінність їхньої продукції були представлені на міжнародних і всеукраїнських наукових форумах, де отримали визнання [23]. На основі одержаних прикладних розробок формуються рекомендації з удосконалення окремих елементів



Фото 4. Науковці й аспіранти лабораторії під час обговорення результатів досліджень за 2015 р.
Photo 4. Scientists and graduate students of the laboratory during the discussion of research results for 2015

технології ведення бджільництва залежно від екологічних особливостей і регіональних умов ведення гапузі, що забезпечують зростання виходу продукції на бджолосім'ю та підвищують її якість.

Одержані в попередні роки результати досліджень вмісту важких металів та жирних кислот в організмі і продукції бджіл у зонах інтенсивного техногенного навантаження дали змогу обґрунтувати способи підвищення життєздатності бджіл і біологічної цінності їхньої продукції з урахуванням природно-ландшафтних та екологічних умов, якісного складу корму [22, 31]. Зокрема, колективом лабораторії розроблено методи кількісного визначення високомолекулярних жирних кислот загальних ліпідів у біологічному матеріалі — пилку (бджололиному обніжжі), перзі, вощині та організмі бджіл і їхньої продукції [30]. Констатовано, що високомолекулярні жирні кислоти пилку забезпечують організм бджіл концентрованим видом енергії, субстратами для нормального протікання обмінних процесів в ньому і підтримання гігієни вулика. Водночас високомолекулярні жирні кислоти тісно пов'язані з обміном мінеральних елементів в організмі бджіл. З'ясовано окремі елементи механізму біологічного впливу Хрому в організмі бджіл, який проявляє метаболічну активність в організмі, стимулює імунну функцію [12]. Вивчено вплив агро-екологічних умов низинної, передгірної та гірської зон Прикарпаття на обмінні процеси в організмі медоносних бджіл, морфоструктурні та фізіологічні особливості функціонування окремих їхніх органів і систем за цих умов [20]. Вперше отримано порівняльні експериментальні дані щодо фізіологічних відмінностей мінерального та ліпідного живлення бджіл, біологічної цінності та якості їхньої продукції за умов традиційного й органічного виробництва [19]. Визначено фізіологічний вміст мікроелементів і ліпідних компонентів у тканинах різних анатомічних відділів організму, а також у продукції бджіл за їх утримання в умовах традиційного й органічного сільськогосподарського виробництва. Вивчено особливості впливу біологічно активної добавки «Гумілід» за показниками мінерального та ліпідного обміну в організмі і вмісту важких металів у тканинах і продукції медоносних бджіл. Встановлено фізіологічно обґрунтовану кількість добавки «Гумілід» для застосування у період весняної підгодівлі бджіл [21]. З'ясовано фізіологічні коливання вмісту мінеральних елементів і ліпідних компонентів у тканинах організму і продукції бджіл карпатської породи трьох породних типів — «Вучківський», «Рахівський», «Говерла» [20].

Уперше вивчено обмін ліпідів і вміст окремих мікроелементів у тканинах і продукції бджіл за дії борошна з бобів сої нативної та трансгенної, проаналізовано динаміку яйцекладки бджололиних маток за цих умов, визначено співвідношення фракцій ліпідів і вміст мікроелементів у тканинах і продукції бджіл за умов підгодівлі борошном з бобів нативної сої та сполуками Cr. Визначено кількість хрому хлориду, а також хрому цитрату, отриманого методом нанобіотехнології, які проявляють біологічну коригувальну дію, їх апробовано у підгодівлі медоносних бджіл. У виробничих умовах з'ясовано вплив сполук Cr(III) на метаболізм ліпідів і окремих мікроелементів у тканинах організму медоносних бджіл у весняний і літньо-осінній періоди, їхній вміст у продукції [12].

Визначено схему додавання Co і Ni цитратів, отриманих нанотехнологічним методом, до цукро-

вого сиропу як компонентів підгодівлі БАД медоносних бджіл. Доведено стимулювальний комплексний вплив цих сполук на метаболізм ліпідів у тканинах організму, визначено їхній вміст у продукції та інтенсивність відкладання яєць бджолиними матками. Встановлено вплив комплексної біологічної дії Co і Ni цитратів, їхнє поєднання з борошном сої, яка може застосовуватися як джерело ліпідів, протеїнів, мінеральних елементів у певні критичні періоди утримання бджололиних сімей [27].

Сформовані напрями досліджень з вивчення механізмів впливу біологічно активних добавок на організм інших видів тварин у різні періоди росту і розвитку забезпечили розроблення способів і методів корекції інтенсивності обміну речовин та рівня їх продуктивності, екологічної безпеки та якості продукції тваринництва, що підтверджені патентами і ТУ України. На основі проведених досліджень науковці лабораторії розробили і впровадили нові ефективні біологічно активні кормові добавки, які містять різні форми Хрому, Селену, Кобальту, Нікелю, Цинку, Йоду, Сірки та жиророзчинні вітаміни і підвищують продуктивність ВРХ, овець, риб, покращують якість молока і яловичини [9, 10, 35].

Лабораторія тісно співпрацює з вищими навчальними закладами, зокрема Львівським національним університетом ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, Львівським університетом імені І. Франка, Національним університетом біоресурсів і природокористування України, Інститутом фізіології імені О. О. Богомольця НАН, Дніпровським державним аграрно-економічним університетом, Інститутом мікробіології і вірусології імені Д. К. Заболотного НАН, ДНДКІ ветпрепаратів та кормових добавок. Підписані угоди про співпрацю зі Словацьким аграрним університетом, Краківським аграрним університетом і Люблінським природничим університетом. В рамках цих угод співробітники лабораторії проходили стажування в університетах Польщі та Словаччини і отримали гранти — *Travel Grants and Workshop* (2018 р., Польща) і *SaveBees — Save endangered bees to improve nutrition, health and quality of life — Vishegrad Fund Agency* (2019 р., Словаччина).

Дослідження в лабораторії екологічної фізіології та якості продукції проводяться на продуктивних і лабораторних тваринах з використанням сучасних методик фізіологічних, біохімічних, екологічних, клінічних та імунобіологічних методів. У лабораторних дослідженнях співробітники використовують такі сучасні прилади: атомно-адсорбційний спектрофотометр СР-115, аналізатор *Ekomilk "TOTAL"* — прилад для визначення фізико-хімічних показників молока, аналізатор АМВ-1-02 для визначення кількості соматичних клітин у молоці, біохімічний аналізатор *Humalyzer 2000*, гематологічний аналізатор *Mythic 18 vet*. Високий методичний рівень досліджень і кадровий науковий потенціал лабораторії забезпечили її акредитацію в системі Держспоживстандарту України з втрученням Державного свідоцтва відповідного зразка як випробувальної лабораторії екологічної фізіології та якості продукції Інституту біології тварин НААН.

Результати досліджень науковців, докторантів та аспірантів лабораторії мають теоретичне і практичне значення, висвітлені у матеріалах численних наукових конференцій, з'їздів, симпозіумів, конгресів, опубліковані у виданнях, зокрема іноземних, які входять до

міжнародних наукометричних баз даних *Scopus*, *Web of Science*, а також у провідних фахових журналах, бюлетенях і збірниках. Вагомість наукових результатів лабораторії та їх визнання підтверджується зарахуванням розробок колективу лабораторії до циклу робіт Інституту біології тварин НААН, представлених на конкурс під назвою «Створення нових мінеральних сполук і поліфункціональних наноматеріалів та їх використання у тваринництві та ветеринарній медицині» і одержання разом з іншими співавторами Державної премії України в галузі науки і техніки 2019 р.

Співробітники лабораторії також були відзначені іншими державними і галузевими нагородами. Зокрема, за вагомий внесок у наукову сферу життєдіяльності держави Почесною грамотою Верховної Ради України був нагороджений д. вет. н. Р. С. Федорук (2019 р.).

Премією імені С. З. Гжицького у 2012 р. за підручник «Фізіологія тварин» було нагороджено колектив авторів, серед яких д. вет. н., професор, член-кореспондент НААН Р. С. Федорук, у 2016 р. за цикл робіт «Фізіолого-біохімічне обґрунтування застосування у тваринництві сполук Хрому (III), отриманих методами нанотехнології та хімічного синтезу», нагороджено колектив авторів, серед яких д. вет. н. І. І. Ковальчук.

За наукові досягнення, які сприяють соціально-економічним перетворенням у регіоні й утверджують високий авторитет науковців Львівщини в Україні та світі, нагороджені дипломами та преміями ЛОДА молоді учені і дослідники лабораторії — к. с-г. н. Л. І. Романів (2017 р.), к. біол. н. М. І. Храбко (2018 р.), а також дипломом та премією ЛОДА відомим ученим і знаним фахівцям — д. вет. н. І. І. Ковальчук (2018 р.).

За сумлінну працю, активну громадську участь (фото 5) співробітники лабораторії нагороджені численними подяками і грамотами, в т.ч. Кабінету Міністрів України, Міністерства аграрної політики України, Українського фізіологічного товариства імені П. Г. Костюка, Інституту біології тварин НААН, Академії вищої школи України, Львівської обласної державної адміністрації та Львівської обласної ради, Національної академії аграрних наук України а також стипендією Кабінету Міністрів України для молодих вчених (2010–2012 рр.).



Фото 5. Відзначення Дня науки та української вишиванки науковцями лабораторії (2018 р.).
Photo 5. Celebration of the Day of Science and Ukrainian embroidery by scientists of the laboratory (2018)

За 2000–2020 рр. співробітниками лабораторії опубліковано понад 800 наукових праць, зокрема 450 статей у фахових провідних журналах, 300 наукових праць у міжвідомчих тематичних збірниках. За цей період співробітниками лабораторії захищено чотири докторські і 35 кандидатських дисертацій, видано у співавторстві дві довідники, 10 рекомендацій та одержано 35 авторських свідоцтв і патентів, розроблено 11 ДСТУ ISO, СОУ та п'ять ТУ України, за матеріалами співпраці з університетами надруковано шість підручників та шість посібників.

Висновки

Виконання актуальних досліджень щодо впливу екологічних чинників на фізіологічний і біохімічний статус організму тварин та з'ясування механізмів дії застосованих добавок для його корекції, впровадження одержаних колективом лабораторії екологічної фізіології та якості продукції результатів у виробництво дає підстави для таких узагальнень та висновків:

1. Встановлено вміст окремих важких металів (Pb, Cd, Cu, Co) у біологічних об'єктах довкілля та рівень трансформації їх із кормів і води в організм тварин і тваринницьку продукцію за різних агроекологічних умов України, удосконалено методи контролю її якості.
2. Теоретично обґрунтовано й апробовано способи одержання екологічної тваринницької сировини і продукції та вперше в умовах України досліджено порівняльні характеристики якості живлення медоносних бджіл і біологічної цінності їхньої продукції за умов традиційного й органічного бджільництва, розроблено методи системної оцінки її якості та фізіологічні основи забезпечення екологічного благополуччя ведення бджільництва за різних агроєкосистем.
3. Розроблені способи покращення біологічної цінності та якості продукції бджіл, методи удосконалення технології ведення бджільництва з урахуванням агроекологічних умов різних регіонів України.
4. Встановлено інтенсивність трансформації окремих біотичних елементів (Cr, Cu, Co, Zn) у продукцію тваринництва та їх кумуляцію в тканинах і органах тварин за впливу різних аліментарних чинників.
5. Розроблено методологію досліджень біологічної дії цитратів макро- й мікроелементів, отриманих на основі нанотехнології. З'ясовано окремі механізми фізіологічного і біохімічного впливу різних наноформ біотичних елементів та їхніх поєднань в організмі тварин у період їх росту, розвитку і продуктивного використання.
6. Досліджено окремі механізми впливу цитратів біотичних елементів, виготовлених на основі методів нанотехнології, на резистентність організму, його імунно-біологічний статус, репродуктивну здатність і продуктивність сільськогосподарських тварин та біологічну цінність молока і м'яса, продукції бджільництва. Доведено фізіологічні та біохімічні переваги використання цих органічних сполук у тваринництві та ветеринарній медицині порівняно з мінеральними солями.
7. Розроблено і гармонізовано низку нормативних матеріалів (ДСТУ, ISO, СОУ, ТУ тощо) для використання в наукових дослідженнях, лабораторній практиці, веденні органічного бджільництва в різних природно-кліматичних умовах.

1. Dolaychuk OP, Matuykha IO, Fedoruk RS. Glycoproteins content and fatty acid composition of heifers blood plasma under condition of feeding "soy milk". *Fiziologia i biochemia w zewnieu zwierzat: VII konferencja mlodych badaczy Instytut fizjologii i zywienia zwierzat im. Jana Kielanowskiego PAN w Jablonnie*. Krakow, 2010: 120–123.
2. Dolaychuk OP, Fedoruk RS, Kovalchuk II. The effect of components of natural and genetically modified soybeans on changes in the immune and reproductive systems in female rats. *Physiol. J.* 2013; 59 (2): 65–71.
3. Dolaychuk OP, Fedoruk RS, Kovalchuk II. Immunological and Reproductive Functions of the Female Rats Fed by Natural and Genetically Modified Soybeans. *International Journal of Physiology and Pathophysiology*. 2014; 5 (1): 49–55. DOI: 10.1615/IntJPhysPathophys.v5.i1.50.
4. Dolaychuk OP, Fedoruk RS, Kovalchuk II, Kropyvka SJ. Physiological and biochemical processes in the organisms of rats when feeding them with different amounts of germanium citrate. *Biol. Tvarin.* 2015; 17(2): 50–56. DOI: 10.15407/animbiol17.02.050.
5. Dolaychuk OP, Fedoruk RS, Kropyvka SJ. Physiological reactivity and antioxidant defense system of the animal organism induced by Germanium, Chromium, and Selenium "nanoaquacitrates". *Agric. Sci. Pract.* 2015; 2 (2): 50–52. DOI: 10.15407/agrisp2.02.050.
6. Fedoruk R, Treteviv V. The increase of adaptability of cows to the conditions of the industrial milk production technology. *Polsko-Ukrainska conference naukova "Nauki o zwierztach w XXI wieku"*. Krakow, 2001: 37–40.
7. Fedoruk R. Blood hormones and their arterio-venous difference by mammary gland in cows during administration of aminazin and phenazepam. *Annales Universitatis Mariae Curie-Sklodowska, Section DDD*. 2002; XV (7): 303–306.
8. Fedoruk RS, Pylypiv II. The content of some elements in the blood and hair of young heifer calves due to the excessive level of cadmium and zinc in the feed. *Biol. Tvarin.* 2004; 6 (1–2): 369–372.
9. Fedoruk RS, Holubii YeM, Kovalchuk II, Ravis JF, Khomyn MM, Tsap OF, Kropyvka SJ. *The use of biologically active impurities in the feeding of cows to increase productivity and reproductive ability under conditions of man-made load on the environment*. Guidelines. Lviv, 2006. 47 p.
10. Fedoruk RS, Lesyk YV, Dubynka IA. *Recommendations for effective rabbit breeding*. Lviv, 2007. 60 p.
11. Fedoruk RS, Koleshchuk OI. Immunobiological and antioxidant status of bulls-sires organism at feeding selenium and chrome. *Miedzynarodowa Konferencja Naukowa "Osiagniecia naukowe a praktyka zootechniczna"*, Krakow, October 17, 2009: 23–27.
12. Fedoruk RS, Romaniv LI, Kovalchuk II. The content of certain heavy metals in tissues and products of honey-bees under the condition of their feeding with native soy flour adding chloride and aquanano chrome citrate. *Biol. Tvarin.* 2015; 17 (1): 140–148. DOI: animbiol17.01.140.
13. Fedoruk RS, Dolaychuk OP, Kovalchuk II, Tsap MM. Reactions of physiological systems rats' organism by watering them low and high doses Germanium «nanoaquacitrate». *Agric. Sci. Pract.* 2015; 2 (3): 15–21. DOI: 10.15407/agrisp2.03.015.
14. Fedoruk RS, Tesarivska UI, Khrabko MI, Tsap MM. Growth and development of the organism and immunophysiological indices of blood of male F₂ rats, affected by different doses of nano-germanium citrate. *Agric. Sci. Pract.* 2017; 4 (2): 14–22. DOI: 10.15407/agrisp4.02.014.
15. Fedoruk RS, Khrabko MI, Dolaychuk OP. The effect of germanium citrate on the immunophysiological activity of rats. *Physiol. J.* 2017; 63 (2): 65–72. DOI: 10.15407/fz63.02.065.
16. Khrabko MI, Fedoruk RS, Kropyvka SJ. Indicators of the state of the immune and antioxidant systems in the blood of pregnant female F1 rats under the action of different doses of germanium citrate. *Bulletin of the Kyiv National University name of T. Shevchenko*. Series: "Problems of regulation of physiological functions". 2017; 22 (1): 50–53. DOI: 10.17721/2616_6410.2017.22.50-53.
17. Khrabko MI, Fedoruk RS, Martyn YV, Tesarivska UI, Shumska MI. Histostructure of the internal organs of female rats of the first generation under the action of different doses of germanium citrate. *Biol. Tvarin.* 2017; 19 (4): 73–82. DOI: 10.15407/animbiol19.04.073.
18. Koleshchuk OI, Fedoruk RS. Immunobiological and antioxidant status of bulls-sires organism at feeding selenium and chrome. *Miedzynarodowa Konferencja Naukowa "Osiagniecia naukowe a praktyka zootechniczna"*, Krakow, October 17, 2009: 23–27.
19. Kovalchuk II, Fedoruk RS. Honey bees and honey are bioindicators of heavy metal pollution. *Biol. Tvarin.* 2008; 10 (1–2): 24–32.
20. Kovalchuk II, Fedoruk RS. The content of heavy metals in the tissues of bees and their products depending on the agroecological conditions of the Carpathian region. *Biol. Tvarin.* 2013; 15 (4): 54–65.
21. Kovalchuk II, Fedoruk RS, Khrabko MI, Romaniv LI. Influence of «Humilid» on the content of lipids and heavy metals in the body of honey bees. *Proceedings of the international scientific-practical conference dedicated to the 65th anniversary of zootechnical science of Belarus "Competitiveness and quality of livestock products"*. Jodino, 2014: 197–204.
22. Kovalchuk II, Dvilyuk II, Pashchenko AG. Вміст мінеральних елементів у меді та його біологічна цінність за умов згодовування бджолам цитратів Co, Ni, Ag, i Cu. *Bulletin of Agricultural Science*. 2018: 38–43. DOI: 10.31073/agrovissnyk201808-06.
23. Kovalchuk II, Fedoruk RS, Vasylykivska TYu. Biological action of trace elements citrates on melliferous bees in different life periods. 46th Apimondia. *International Apicultural Congress-Beekeeping together within agriculture*, Montreal, 8–12 September, Canada, 2019: 161–162.
24. Lesyk YaV, Fedoruk RS, Dolaychuk OP. Immunobiological parameters of blood under conditions of addition to the diet of rabbits suspension of chlorella, sodium sulfate, citrate and chloride. *Physiol. J.* 2013; 59 (5): 78–83. DOI: 10.15407/fz59.05.078.
25. Lesyk YaV, Fedoruk RS, Kropyvka SY. Influence of applying Chlorella suspension, sodium sulfate, chromium chloride and chromium citrate in rabbits' ration on antioxidant status of their organism. *The Xth young scientists meeting Physiology and Biochemistry in Animal Nutrition*. Krakow, 2013: 159–162.
26. Lesyk YaV, Fedoruk RS. Effects of dietary supplementation of lysine-protein and chromium chloride on lipid peroxidation and vitamin A and E content in the blood of rabbits. *Fiziologia i biochemia w zewnieu zwierzat: VII konferencja mlodych badaczy Instytut fizjologii i zywienia zwierzat im. Jana Kielanowskiego PAN w Jablonnie*. Krakow, 2010: 97–100.
27. Pashchenko AG, Kovalchuk II, Fedoruk RS. Mineral composition of the organism tissues and honeycombs of melliferous bees under the conditions of feeding them soy flour and citrates. *Agrobiodiversity for improving Nutrition, Health and Life Quality*. 2017; 1: 31–38.
28. Pat. №65198 UA, МПК А 23 К 1/16; А 23 1/18; А 01 К 61/00. The method of increasing the productivity and quality of pond fish products / Ravis JF, Khrabko MI, Tsap MM, Frishtak OM. Publ. 25.11.2011, Bul. №22.
29. Potapchuk JV, Fedoruk RS, Tsap OF, Kovalchuk II. Immunobiological indicators, productive and slaughter qualities of bulls of Volyn meat breed and their mixtures with limousines. *Scientific and technical bulletin of Institute of Animal Biology and State Scientific Research Control Institute of veterinary medical products and fodder additives*. 2008; 9(1-2): 277–280.
30. Ravis JF, Fedoruk RS. Quantitative chromatographic methods for the determination of individual lipids and fatty acids in biological material. *Methodical manual*. 2010. 109 p.
31. Saranchuk II, Ravis JF, Vishchur VY. The components of the common dandelion pollen as the indicator of the technogenic load on the environment. *Miedzynarodowa Konferencja Naukowa "Aktualne wyzwania naukowe w chowie i hodowli zwierzt"* Kraków, 17 czerwca, 2011: 127–128.

32. Tsap MM, Ravis JF. Content of non-esterified fatty acids in carp liver during feeding of oils and fusions *Fisheries Science of Ukraine*. 2008; 2: 61–65.
33. Tsap MM, Ravis JF. Fatty acid composition of skeletal muscles and carp growth when added to the diet of vegetable oils and fuses. *Fishing Industry of Ukraine*. 2006; 65: 157–163.
34. Tsap MM, Ravis JF. Metabolic acid metabolism in carp by feeding fat supplements. *Bull. Agricult. Sci*. 2010; 5: 41–44.
35. Vlislo VV, Fedoruk RS, Iskra RYa. Biological action of functional nanomaterials in different species of animals. *Bull. Agricult. Sci*. 2018; 11: 80–86. DOI: 10.31073/agrovishnyk201811-11.

Main directions of research and achievements of the Laboratory of ecological physiology and product quality in 2000–2020

I. I. Kovalchuk, R. S. Fedoruk, M. M. Tsap

ecology@inenbiol.com.ua, irenakoalchuk@ukr.net

The article presents the main directions of research and the most significant results of the laboratory of ecological physiology and product quality of the Institute of Animal Biology of NAAS for twenty years of its activity. The results of basic research and applied developments obtained during the implementation of tasks included in the scientific programs of NAAS and the Scientific and Methodological Center “Animal Physiology” are presented. The main characteristics of the physiological impact of new effective feed additives and BAS, tested in production and implemented on different species of animals — cattle, sheep, poultry, rabbits, bees, in pond fish, substantiated methods of their use. The relationship between the degree of man-made pollution and the intensity of physiological and biochemical processes in animals, their adaptive and reproductive capacity. The method of arterio-venous difference in the mammary gland revealed some mechanisms of physiological influence of Cd in the body of cows during lactation under conditions of experimental loading of its salts of different concentrations, the level of biotransformation into milk. The study of the biological action of new organic compounds Se in cows, calves and breeding bulls was started for the first time. The composition of the feed additive based on the drug “Sel-Pleks” was developed and tested, which increases the immunobiological, productive and reproductive ability of the body of cows in the conditions of intensive technogenic load. New scientific data on the biological action of the developed protein-mineral supplements in the body of rabbits with different methods of maintenance and feeding. Physiological and biochemical mechanisms of influence of terms of weaning of young rabbits on immunobiological reactivity of an organism are found out. A recipe for granular feed with high protein content has been developed and its effect on growth intensity and physiological and biochemical processes in rabbits has been studied. Possibilities of application of genetically modified feeds in animal feeding and their influence on physiological status, ecological safety and quality of production are substantiated. The influence of GMO soybeans and products of their processing on the formation of adaptive reactions and functioning of individual organs and systems in animals has been studied. The absence of a pronounced negative effect of transgenic soy on the growth and development of the organism and its reproductive ability in female animals has been proved. The effect of Ge in the form of germanium citrate, obtained by nanotechnological method and chemically synthesized, on the state of the immune, reproductive antioxidant and detoxification systems of the body in laboratory rats of two generations has been studied. The peculiarities of ontogenetic development of male F_1 rats under the action of different doses of germanium citrate have been elucidated. The possibility of using small and medium doses of germanium citrate to stimulate the body's immune and antioxidant systems, its reproductive capacity in females of multiple animals is substantiated. Changes in physiological and biochemical parameters of blood and detoxification ability of rats F_0 and F_1 under the action of different doses of germanium citrate were established. The effect of different doses of germanium citrate on the content of biotic mineral elements in tissues and organs of animals has been studied. Peculiarities of histological structure of tissues of immunocompetent organs of female F_1 rats under the action of different doses of germanium citrate are noted. The role of the laboratory staff in the improvement of existing and development of new methods of physiological, biochemical and ecological research, State standards, the possibility of their adaptation and harmonization to modern conditions of science and production is shown.

Key words: laboratory achievements, research methods, development, cattle, sheep, poultry, rabbits, bees, fish