

ДОСЯГНЕННЯ ЛАБОРАТОРІЇ ПОПУЛЯЦІЙНОЇ ГЕНЕТИКИ У ПЕРІОД ДО 2020 р.

І. О. Мокєєв

ORCID: 0000-0003-2856-1777

К. А. Івіна

ORCID: 0000-0001-9367-3797

Інститут тваринництва степових районів імені М.Ф. Іванова
«Асканія-Нова» – Національний науковий селекційно-генетичний
центр з вівчарства
вул. Соборна, 1, смт Асканія-Нова, Чаплинський р-н,
Херсонська обл., 75230, Україна
e-mail: ascitsr_priemnaya@ukr.net

Надійшла 08.06.2021

Мета. Огляд досягнень підрозділу популяційної генетики стосовно оцінки і прогнозу племінної цінності овець та інших сільськогосподарських тварин. **Методи.** Статистичні, біометричні, популяційно-генетичні, методи індексної селекції. **Результати досліджень.** Співробітниками підрозділу було створено ряд розробок (методів, методик, алгоритмів, програм), зокрема алгоритми і програми оцінки генотипів плідників, систему оцінки і прогнозу популяційно-генетичних параметрів порід і ліній овець південного регіону України, лінійну модель оцінки племінної цінності овець різних напрямків продуктивності півдня України, комп'ютерну систему управління селекційним процесом у вівчарстві, методику оцінки і прогнозу племінної цінності овець, модель формування високопродуктивних стад овець різних напрямків продуктивності і ін. **Висновки.** Напрацювання підрозділу популяційної генетики за період з кінця 1960-х рр. і до 2020 р. значною мірою зберігають актуальність та дозволяють виконувати оцінку та прогноз племінної цінності с.-г. тварин різноманітними математичними та статистичними методами, для реалізації яких розроблені відповідні алгоритми і програми, методики та математичні моделі. Зазначені розробки можуть бути використані для інтенсифікації селекційного процесу, перш за все у вівчарстві, в сучасних умовах.

Ключові слова: вівці, оцінка, прогноз, племінна цінність, алгоритми і програми, методики та математичні моделі.

DOI: <https://doi.org/10.33694/2617-0787-2021-1-14-185-199>

ACHIEVEMENTS of the POPULATION GENETICS LABORATORY up to 2020

I. O. Mokieiev

ORCID: 0000-0003-2856-1777

K. A. Ivina

ORCID: 0000-0001-9367-3797

“Ascania Nova” Institute of Animal Breeding in the Steppe Regions
named after M. F. Ivanov - National Scientific Selection-Genetics

Center for Sheep Breeding

1, Soborna Street, Askania Nova, Chaplynka district,

Kherson region, 75230, Ukraine

e-mail: ascitsr_priemnaya@ukr.net

Aim. *A review of the Population Genetics Laboratory achievements related to the assessment and prediction of the sheep and other farm animals breeding value. **Methods.** Statistical, biometric, population genetic, index selection methods. **Results.** The employees of the department have created a number of developments: methods, techniques, algorithms, programs. Including - these are algorithms and programs for assessing the genotypes of male sires; a system for assessing and forecasting population genetic parameters of sheep breeds and lines of the Ukraine southern region; a linear model for assessing the breeding value of sheep in different directions of productivity in the south of Ukraine; computer control system for the selection process in sheep breeding; methodology for assessing and forecasting the breeding value of sheep; a model for the formation of highly productive sheep flocks the different directions productivity, etc. **Conclusions.** The achievements of the Population Genetics Laboratory in the period from the late 1960 and up to 2020, largely, remain relevant and make it possible to assess and predict the breeding value of farm animals using various mathematical and statistical methods. To implement these methods, appropriate algorithms and programs, techniques and mathematical models have been developed. These developments can be used in modern conditions to intensify the selection process, primarily in sheep breeding.*

Keywords: sheep, assessment, forecast, breeding value, algorithms and programs, methods and mathematical models.

ДОСТИЖЕНИЯ ЛАБОРАТОРИИ ПОПУЛЯЦИОННОЙ ГЕНЕТИКИ В ПЕРИОД ДО 2020 Г.

И. А. Мокеев

ORCID 0000-0003-2856-1777

Е. А. Ивина

ORCID 0000-0001-9367-3797

Институт животноводства степных районов имени М.Ф. Иванова
«Аскания-Нова» – Национальный научный селекционно-генетиче-
ский центр по овцеводству
ул. Соборная, 1, пгт. Аскания-Нова, Чаплинский р-н,
Херсонская обл., 75230, Украина
e-mail: ascitsr_priemnaya@ukr.net

Цель. Обзор достижений подразделения популяционной гене-
тики, касающихся оценки и прогноза племенной ценности овец и
других сельскохозяйственных животных. **Методы.** Статисти-
ческие, биометрические, популяционно-генетические, методы
индексной селекции. **Результаты исследований.** Сотрудниками
подразделения был создан ряд разработок (методов, методик,
алгоритмов, программ), в том числе алгоритмы и программы
оценки генотипов производителей, система оценки и прогноза
популяционно-генетических параметров пород и линий овец юж-
ного региона Украины, линейная модель оценки племенной ценно-
сти овец разных направлений продуктивности юга Украины, ком-
пьютерная система управления селекционным процессом в овце-
водстве, методика оценки и прогноза племенной ценности овец,
модель формирования высокопродуктивных стад овец разных
направлений продуктивности и др. **Выводы.** Нарботки подраз-
деления популяционной генетики в период с конца 1960-х гг. и до
2020 г. в значительной степени сохраняют актуальность и поз-
воляют выполнять оценку и прогноз племенной ценности сель-
скохозяйственных животных различными математическими и
статистическими методами, для реализации которых разрабо-
таны соответствующие алгоритмы и программы, методики и
математические модели. Указанные разработки могут быть
использованы для интенсификации селекционного процесса,
прежде всего в овцеводстве, в современных условиях.

Ключевые слова: овцы, оценка, прогноз, племенная ценность,

алгоритмы и программы, методики и математические модели.

DOI: <https://doi.org/10.33694/2617-0787-2021-1-14-185-199>

Популяційна генетика – це розділ генетики, що вивчає генофонд популяцій, його зміни в просторі і в часі [1]. Вона забезпечує математичний апарат для вивчення мікроеволюційних процесів [2].

Популяційна генетика вирішує завдання оцінки генетичної різноманітності в популяціях і з'ясування механізмів її підтримки, розкриття генетичних наслідків відбору та інших факторів мікроеволюції, встановлення джерел генетичної мінливості в популяціях. Вона використовує методи генетичного аналізу, математичної статистики [3]. Використовується в тваринництві для підвищення ефективності селекції; застосування методів популяційної генетики має велике значення в селекційній роботі [4].

Підрозділ популяційної генетики Інституту «Асканія-Нова» було створено наприкінці 60-х рр. минулого сторіччя, спочатку як обчислювальну лабораторію. З 1979 по 2010 рр. та з 2014 по 2015 рр. вона існувала як лабораторія популяційної генетики; з 2011 по 2013 – як сектор популяційної генетики, і з 2016 по 2020 рр. як популяційна група лабораторії генетики.

За більш ніж 50 років існування підрозділу його співробітниками було виконано великий об'єм досліджень та створено ряд розробок, насамперед у напрямках використання методів популяційної генетики для оцінки і прогнозу племінної цінності у різних галузях тваринництва, насамперед у вівчарстві. Розроблено методи та методики, математичні моделі, значна частина яких реалізована у вигляді алгоритмів і програм. Розробки, що створені у підрозділі за час його існування, можуть бути актуальними і в подальшому.

Методи. Статистичні, біометричні, популяційно-генетичні, а також методи індексної селекції.

Результати досліджень. За зазначений період співробітниками підрозділу було створено, зокрема, такі найбільш вагомні розробки:

1. Алгоритми і програми оцінки генотипів плідників з визначенням племінної категорії та виявленням препотентних поліпшувачів в тваринництві [5].

Зміст даного алгоритму полягає у тому, що для групи плідників, яку оцінюють, здійснюється послідовний підбір дочок та їх матерів і у вигляді безперервного процесу визначаються: оцінка плідника, його препотентність, племінна цінність. Процес циклічно повторюється до закінчення масиву плідників. Препотентність розраховується шістьма способами з застосуванням критерію, запропонованого авторами розробки. За результатами досліджень, цей критерій, окрім визначення препотентності, відображає її відносну міру в групі оцінюваних плідників. Це дозволяє одержати каталог вірогід-

них поліпшувачів з ранговою оцінкою препотентності за кожною ознакою та за двома, трьома ознаками у комплексі.

2. Показник ефективності селекції сільськогосподарських тварин [6].

Розроблений показник (E_s) може слугувати мірою відповідності паратипових умов для предків і нащадків, або непрямим методом оцінки якості селекційно-племінного обліку. Значення ефективності селекції знаходяться в межах від 0 до 1. При $E_s=1$ генетичний прогрес має максимальне значення. Значення $E_s > 1$ свідчать про невідповідність паратипових умов утримання батьків і нащадків.

3. Методика визначення генетичних кореляцій через частинні кореляції [7,8].

Для виявлення взаємозв'язків селекційних ознак у тваринництві широко використовується кореляційний аналіз. У більшості випадків інтерпретація його результатів ускладнюється багатофакторністю, зовнішніми умовами, генотипом організму, моментом спостереження (стадією розвитку) тощо. З цієї причини фенотипові кореляції надзвичайно лабільні і недостатньо інформативні, оскільки неявно в них присутній вплив інших ознак, які не увійшли до моделі.

Генетичні кореляції є об'єктивною мірою взаємозв'язку селекційних ознак і необхідні для вирішення окремих важливих задач селекції (оцінка за комплексом ознак методом селекційних індексів), однак в існуючих методиках їх розрахунків немає однозначності та чіткої визначеності.

Для визначення генетичних кореляцій застосовано метод К. Фокса і М. Езекієла, найбільш придатний для застосування в алгоритмі при розробці програм. З використанням розробленої програми розрахунків генетичних кореляцій селекційних ознак у вівчарстві в середовищі баз даних методом часткових кореляцій обчислені фактичні значення генетичних кореляцій селекційних ознак нащадок/предок (дочка/мати) у групах, де батьком є відповідний баран.

Отримана значна різниця фенотипових та генетичних кореляцій пояснюється тим, що існує неявний вплив інших селекційних ознак, який не враховується при визначенні фенотипових кореляцій. Тобто взаємозв'язок інших селекційних ознак на досліджувану пару є неявним і в алгоритмі обчислення фенотипових кореляцій не враховується. В генетичних кореляціях цей вплив елімінований, залишається лише чистий взаємозв'язок двох ознак, що аналізуються. Отже, генетичні кореляції значно чіткіше показують істинну міру впливу генотипу батьків на кожну з проаналізованих селекційних ознак при фіксованому впливі інших.

Аналіз результатів розрахунків показав, що генетичні кореляції суттєво відрізняються від фенотипових кореляцій не тільки за абсо-

лютною величиною, але й за знаком.

Запропоновано використовувати часткові кореляції ознак нащадків і предків в якості генетичних. Величина таких генетичних кореляцій за модулем не перевищує одиницю, не є уявною, що відповідає поняттю «кореляція».

Оскільки в сучасних умовах надається особливе значення комплексній оцінці генотипу тварини з урахуванням економічної значущості ознак, виникає необхідність використання генетичних кореляцій, які є важливою складовою частиною селекційних індексів.

У подальшому генетичні кореляції можуть використовуватися самостійно для більш детального аналізу взаємозв'язку селекційно-генетичних ознак.

4. Комплексна оцінка овець методом селекційних індексів [9]

Розроблено алгоритм реалізації модифікованого методу визначення селекційних індексів в середовищі системи управління базами даних, основні етапи якого наступні:

1. Сортуння вихідної бази первинних даних за номером плідника.

2. Розрахунок селекційно-генетичних параметрів за окремими плідниками і всієї сукупності.

3. Визначення коефіцієнтів економічної значущості.

4. Формування фенотипової, генетичної і економічної матриць.

5. Визначення коефіцієнтів селекційно-економічної значущості.

6. Розрахунок індивідуальних селекційних індексів і формування каталогу баранів-плідників за їх рангами племінної цінності.

Селекційний індекс, як інтегрований показник, дає загальне уявлення про племінну цінність тварин за комплексом селекційних ознак з урахуванням їх взаємозв'язків і економічної значущості.

5. Модифікована методика розрахунку селекційних індексів у тваринництві [10,11].

Методика полягає у використанні методу Хейзеля для визначення параметрів селекційних індексів. Модифікація методики зводиться до заміни абсолютних величин на відносні як при застосуванні методу Хейзеля, так і при використанні частинних кореляцій для розрахунку генетичних кореляцій. В результаті отримано дві формули, що відображають загальний вигляд селекційних індексів:

метод Хейзеля з відносними величинами;

метод частинних кореляцій з відносними величинами.

Для реалізації розрахунків за розробленими модифікованими методами створені відповідний алгоритм і програма розрахунку параметрів селекційних індексів.

6. Система управління селекційним процесом у вівчарстві засобами інформаційних технологій [12,13].

Система автоматизує селекційно-племенний облік, базується на останніх досягненнях популяційної генетики і досвіді експертів-селекціонерів, дає змогу проводити поглиблений селекційно-генетичний аналіз і приймати обґрунтовані науково аргументовані рішення, використовуючи оцінки плідників за якістю нащадків, мати-дочка, дочка-ровесниця, селекційні індекси за комплексом ознак; для показників спадковості дисперсійний аналіз, кореляції, регресії.

В системі охоплено всі основні питання управління, починаючи від обробки облікової інформації до аналізу ефективності селекції, включаючи різноманітні оцінки і прогнози.

В системі зв'язано в єдине ціле – база даних, база знань, комплекс керуючих програм.

Робота з системою проводиться у діалоговому режимі – взаємодії комп'ютерної системи з користувачем. Управління системою здійснюється через розгалужене меню.

Система дозволяє засобами інформаційних технологій удосконалити процес управління селекційним процесом у вівчарстві.

7. Система оцінки і прогнозу популяційно-генетичних параметрів порід і ліній овець південного регіону України [14,15].

Система оцінки і прогнозу популяційно-генетичних параметрів порід і типів овець в середовищі баз даних включає:

- визначення біометричних показників;
- визначення коефіцієнтів успадкованості, фенотипових і генетичних кореляцій;
- оцінку плідників за методами «дочка-мати» та «дочка-ровесниця»;
- оцінку плідників за комплексом ознак методом селекційних індексів;
- прогнозування селекційної ознаки потомка за комплексом ознак предків.

8. Лінійна модель оцінки племенної цінності овець різних напрямків продуктивності півдня України [16-23].

Лінійна модель оцінки племенної цінності овець різних напрямків продуктивності в середовищі баз даних включає:

Оцінку племенної цінності плідників методом BLUP SM.

Оцінку племенної цінності плідників методом селекційних індексів Хейзеля.

Лінійна модель реалізована у вигляді комплексу програм та дозволяє проводити поглиблений генетико-математичний аналіз селекційної інформації поточного року і ретроспективи, значно скорочуючи час аналізу, що підвищує ефективність роботи селекціонерів.

9. Комп'ютерна система управління селекційним процесом у вівчарстві [24].

Комп'ютерна програма призначена для автоматизації селекційно-племінного обліку овець тонкорунних та напівтонкорунних порід, формування баз даних, ведення електронної картотеки тварин, формування та видачі зведеної відомості бонітування, видачі племінних свідоцтв і племінних карток овець. Програма дозволяє створювати та підтримувати в актуальному стані бази даних овець (за рахунок регулярного поповнення, редагування, обробки даних), формувати з накопичених даних форми звітності, отримувати обліково-звітну документацію.

Комп'ютерна програма складається з одного функціонального модуля, який має набір процедур і функцій для виконання операцій введення, збереження та обробки даних. Захищена авторським свідоцтвом № 54088 від 14.03.2014.

10. Автоматизація обробки даних в селекції каракульських овець [25].

Комп'ютерна програма призначена для автоматизації селекційно-племінного обліку овець, формування баз даних, ведення електронної картотеки тварин, розрахунку та видачі різноманітних оцінок, підбору та добору для використання у вдосконаленні селекції каракульських овець. Програма дозволяє створювати та підтримувати в актуальному стані бази даних овець (за рахунок регулярного поповнення, редагування, обробки даних), формувати з накопичених даних форми звітності, отримувати обліково-звітну документацію, різноманітні оцінки, дані для підбору та добору з метою використання у вдосконаленні селекції каракульських овець.

Комп'ютерна програма складається з одного функціонального модуля, який має набір процедур і функцій для виконання операцій введення, збереження та обробки даних. Захищена авторським свідоцтвом № 56604 від 23.09.2014.

11. Методика оцінки і прогнозу племінної цінності овець [26].

Запропонована методика – це комплекс популяційно-генетичних розрахунків, спрямованих на визначення та прогнозування племінної цінності овець із застосуванням новітнього методу BLUP, оцінки плідників за якістю нащадків з урахуванням впливу генетичних і паратипових факторів та методів дисперсійного аналізу. Призначена для фахівців господарств різної форми власності, селекційних центрів, науково-дослідних установ.

Розроблена Методика дозволяє виконувати наступні розрахунки та оцінки:

Прогноз племінної цінності овець методом BLUP.

Оцінку їх племінної цінності відповідно до рангів відносної племінної цінності.

Виконання цих оцінок і прогнозів за власною продуктивністю для

різних статевовікових груп овець: баранів-плідників, вівцематок, баранчиків і ярок.

Оцінку баранів-плідників за якістю потомства.

Розрахунок впливу генетичних і паратипових факторів.

12. Модель формування високопродуктивних стад овець різних напрямів продуктивності.

Модель формування високопродуктивних популяцій овець на основі аналізу генетичної ситуації із застосуванням сучасних засобів інформаційних технологій включає до себе: формування баз даних овець; використання розробленої «Методики оцінки і прогнозу племінної цінності овець» для прогнозу племінної цінності овець методом BLUP, оцінки їх племінної цінності відповідно до рангів відносної племінної цінності, виконання цих оцінок і прогнозів за власною продуктивністю для різних статевовікових груп овець: баранів-плідників, вівцематок, баранчиків і ярок, оцінки баранів-плідників за якістю потомства; урахування генетичних і паратипових (кліматичних, впливу року та місяця народження та ін.) факторів за допомогою розділу Методики, який стосується визначення сили впливу визначеного фактору; урахування бажаних рівнів успадкованості та повторюваності ознак; використання удосконалених селекційно-генетичних методів у вигляді додаткового окремого або комбінованого використання індексів препотентності баранів-плідників у поєднанні з визначенням рангів оцінки методом BLUP за якістю потомків та оцінками методами дочка-мати і дочка-ровесниця; використання для підвищення ефективності селекції баранів-плідників і вівцематок, які за значеннями рівнів продуктивності відповідають модальному класу M+ та M⁰. Дану модель було розроблено як результат досліджень селекційно-генетичних процесів при формуванні високопродуктивних популяцій овець вітчизняних порід, які виконувались у період 2016-2020 рр.

Висновки. Напрацювання підрозділу було відображено більш ніж у 200 наукових публікаціях. Дві комп'ютерні програми, а саме «Комп'ютерна система управління селекційним процесом у вівчарстві» і «Автоматизація обробки даних в селекції каракульських овець», були захищені авторськими свідоцтвами. Вони значною мірою зберігають актуальність до сьогодні і дозволяють виконувати оцінку та прогноз племінної цінності с.-г. тварин різноманітними математичними та статистичними методами, для реалізації яких розроблено відповідні алгоритми і програми, методики та математичні моделі. Зазначені розробки можуть бути використані для вдосконалення селекційного процесу, перш за все у вівчарстві, в сучасних умовах, особливо якщо може стати наявною можливість реалізації розроблених алгоритмів та методів їх програмної реалі-

зації сучасними та перспективними програмними засобами.

Список використаної літератури

1. Популяционная генетика. URL: https://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/biologiya/POPULYATSIONNAYA_GENETIKA.html (дата звернення: 16.04.2021).
2. Микроэволюция. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Микроэволюция> (дата звернення: 16.04.2021).
3. Кайданов Л. З. Генетика популяций : учебник / под ред. С. Г. Инге-Вечтомова. Москва : Высшая школа, 1996. 320 с.
4. Четвертакова Е. В. Теоретические основы селекции : курс лекций. Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск , 2012. 92 с.
5. Рябко В. М., Горлов О. І., Цеменко М. П. Об'єднаний алгоритм і програма оцінки генотипу плідника з визначенням племінної категорії та виявленням препотентних поліпшувачів без обмеження поголів'я. *Науково-технічні розробки в галузі тваринництва*. Нова Каховка, 2006. С. 158–159.
6. Рябко В. М., Горлов О. І. Показник ефективності селекції. *Науково-технічні розробки в галузі тваринництва*. Нова Каховка, 2006. С. 161.
7. Определение генетических корреляций селекционных признаков через частные корреляции. /А. И. Горлов [и др.]. *Современные достижения биотехнологии воспроизводства – основа повышения продуктивности сельскохозяйственных животных* : материалы междунар. науч.-практ. конф., посв. 100-летию со дня рожд. А. И. Лопырина. Ставрополь, 2009. Т. II. С. 25–28.
8. Використання генетичних кореляцій для аналізу селекційних ознак овець різних типів продуктивності /А. И. Горлов [и др.]. *Науковий вісник «Асканія-Нова»*. 2010. Вип. 3. С. 16–21.
9. Комплексная оценка овец методом селекционных индексов. /А. И. Горлов [и др.]. *Современные достижения биотехнологии воспроизводства – основа повышения продуктивности сельскохозяйственных животных* : материалы междунар. науч.-практ. конф., посв. 100-летию со дня рожд. А. И. Лопырина. Ставрополь, 2009. Т. II. С. 23–25.
10. Удосконалений метод розрахунку селекційних індексів у середовищі управління базами даних / В. М. Рябко [та ін.]. *Науково-технічні розробки в галузі тваринництва*. Нова Каховка, 2006. С. 165.
11. Нове у методиці розрахунку параметрів селекційних індексів / В. М. Іовенко, О. І. Горлов, К. А. Івіна, І.О. Мокєєв. *Методологія наукових досліджень з питань селекції, генетики та біотехнології у тваринництві* : матеріали наук.-теор. конф., присв. пам'яті ак. УААН В. П. Бурката. Київ : Аграрна наука, 2010. С. 61–63.
12. Горлов О. І., Сиротюк Л. О., Івіна К. А. Комп'ютерна система управління селекційним процесом у вівчарстві. *Вісник аграрної науки*. 2005. №10. С. 31–35.
13. Система управління селекційним процесом засобами інформаційних технологій, яка працює в середовищі Visual FoxPro сучасної операційної системи Windows 95 і вище / О. І. Горлов, Л. О. Іванова, К. А. Івіна, Т. Г.

Герасименко. *Науково-технічні розробки в галузі тваринництва*. Нова Каховка, 2006. С. 166.

14. Институт животноводства степных районов имени М.Ф. Иванова «Аскания-Нова» – Национальный научный селекционно-генетический центр по овцеводству. *Основные достижения института в научной сфере (1971-2010 гг.)*. Наука в Южном регионе Украины (1971–2011) : монография / Б. Г. Александров [и др.]; под ред. С. А. Андронати. Одесса : Феникс, 2011. С. 674.

15. Горлов А. І. Івіна К. А., Мокеев І. О. Чічаєва О. П. Система оцінки і прогнозу популяційно-генетичних параметрів в стадах овець. URL: <http://ascanianisc.in.ua/naukovi-zdobutki/naukovi-rozrobki> (дата звернення: 16.04.2021).

16. Методика формування матриць спорідненості при визначенні племінної цінності овець. / О. І. Горлов, К. А. Івіна, І. О. Мокеев, М. В. Шульга. *Науковий вісник «Асканія-Нова»*. 2012. Вип. 5. Ч. 1. С. 50–54.

17. Методика визначення племінної цінності баранів-плідників за методом BLUP SM / Н. А. Кудрик [та ін.]. *Науковий вісник «Асканія-Нова»*. 2013. Вип. 6. С. 58–62.

18. Оценка баранов-производителей методом BLUP SM / Н. А. Кудрик [и др.]. *Состояние и перспективы овцеводства и козоводства*. Ставрополь, 2013. Вып. 6. С. 63–67.

19. Визначення племінної цінності овець шляхом вирішення підсумкової системи рівнянь BLUP / О.І Горлов [та ін.]. *Вівчарство*. Нова Каховка, 2014. Вип. 37. С. 14–21.

20. Линейные модели определения племенной ценности баранов-производителей в овцеводстве / О. И. Горлов [и др.]. *Повышение конкурентоспособности животноводства и актуальные проблемы его научного обеспечения*: сб. трудов по материалам междунаучно-практ. конф. Ставрополь, 2014. С. 55–59.

21. Алгоритм вирішення підсумкової системи рівнянь BLUP для визначення племінної цінності овець / О. І. Горлов [та ін.]. *Вівчарство та козівництво*. Нова Каховка, 2015. Вип. 1. С. 34–45.

22. Комбінований алгоритм визначення племінної цінності у вівчарстві / О. І. Горлов [та ін.]. *Вівчарство та козівництво*. Нова Каховка, 2015. Вип. 1. С. 46–52.

23. Визначення коефіцієнтів значущості ознак при комплексній оцінці племінної цінності овець / О. І. Горлов, К. А. Івіна, І. О. Мокеев, О. П. Чічаєва. *Науковий вісник «Асканія-Нова»*. Нова Каховка, 2016. Вип. 9. С. 25–32.

24. Комп'ютерна програма «Комп'ютерна система управління селекційним процесом у вівчарстві» / Ю. В. Вдовиченко, Н. А. Кудрик, О. І. Горлов, К.А. Івіна, І. О.Мокеев, П. Г.Жарук, О. П. Чічаєва, М. В. Шульга, А. В. Щербаков. Свідоцтво ДСІВУ про реєстрацію авторського права на твір № 54088 від 14.03.2014.

25. Комп'ютерна програма «Автоматизація обробки даних в селекції каракульських овець» / Ю. В. Вдовиченко, Н. А. Кудрик, О. І. Горлов, К. А. Івіна, І. О.Мокеев, О. П. Чічаєва, М. В. Шульга, А. В. Щербаков. Свідоцтво ДСІВУ про реєстрацію авторського права на твір № 56604 від 23.09.2014.

26. Мокеев І. О., Івіна К. А. Методика оцінки і прогнозу племінної цінності овець, її відмінності та переваги. *Вівчарство та козівництво*. Нова Каховка, 2020. Вип. 5. С. 102–117.

References

1. Populyatsionnaya genetika [Population Genetics]. Retrieved from URL: https://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/biologiya/POPULYATSIONNAYA_GENETIKA.html 2021_4_16 [in Russian].
2. Mikroevolyutsiya [Microevolution]. Retrieved from URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/2021_4_16 [in Russian].
3. Kaydanov, L. Z. (1996). *Genetika populyatsiy: uchebnik [Population genetics: textbook]*. Moscow: Vysshaya shkola [in Russian].
4. Chetvertakova, E. V. (2012). *Teoreticheskie osnovy selektsii: kurs lektsiy [Theoretical foundations of selection: a course of lectures]*. Krasnoyarsk: KGAU [in Russian].
5. Riabko, V. M., Horlov, O. I., & Tsemenko, M. P. (2006). Ob'iednanyi alhorytm i prohrama otsinky henotypu plidnyka z vyznachenniam plemynnoi katehoriy ta vyivlenniam prepotentnykh polipshuvachiv bez obmezhenia poholiv'ia [The combined algorithm and program for assessing the genotype of male sires with the definition of the breeding category and the identification of prepotent improvers without limiting the number of livestock.]. *Naukovo-tekhnichni rozrobky v haluzi tvarynnytstva - Scientific and technical developments in the field of animal breeding*: Issue dedicated to the 75th anniversary of "Ascania Nova" IABSR foundation. (pp. 158-159). Nova Kakhovka: PYEL [in Ukrainian].
6. Riabko, V. M., & Horlov, O. I. (2006). Pokaznyk efektyvnosti selektsii [Selection efficiency index]. *Naukovo-tekhnichni rozrobky v haluzi tvarynnytstva - Scientific and technical developments in the field of animal breeding*: Issue dedicated to the 75th anniversary of "Ascania Nova" IABSR foundation. (pp. 161). Nova Kakhovka: PYEL [in Ukrainian].
7. Gorlov, A. I., Ivina, E. A., Mokeev, I. A., Gerasimenko, T. G., & Chichayeva, E. P. (2009). Opredelenie geneticheskikh korrelyatsiy selektsionnykh priznakov cherez chastnye korrelyatsii [Determination of genetic correlations of breeding traits through partial correlations]. *Sovremennye dostizheniya biotekhnologii vosproizvodstva – osnova povysheniya produktivnosti sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh - Modern advances in reproduction biotechnology - the basis for increasing the productivity of farm animals*: Materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 100-letiyu so dnya rozhd. A. I. Lopyrina: Proceeding of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 100th anniversary of the birthday A. I. Lopyrin. (Vol. 2), (pp. 25-28). Stavropol [in Russian].
8. Horlov, O. I., Ivina, K. A., Mokieiev, I. O., Herasyemenko, T. H., & Chichayeva, O. P. (2010). Vykorystannia henetychnykh korelyatsii dlia analizu selektsiinykh oznak ovets riznykh typiv produktyvnosti [Use of genetic correlations for analysis of selection signs of sheep of different types of the productivity]. *Naukovyi visnyk «Askaniia-Nova» - Scientific Herald "Ascania Nova"*, 3, 16-21 [in Ukrainian].
9. Gorlov, A. I., Ivina, E. A., Mokeev, I. A., Gerasimenko, T. G., & Chichayeva, E. P. (2009). Kompleksnaya otsenka ovets metodom selektsionnykh in-

deksov [Comprehensive assessment of sheep by the selection indices method]. *Sovremennye dostizheniya biotekhnologii vosproizvodstva – osnova povysheniya produktivnosti sel'skokhozyaystvennykh zhyvotnykh - Modern advances in reproduction biotechnology - the basis for increasing the productivity of farm animals*: Materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 100-letiyu so dnya rozhd. A. I. Lopyrina: Proceeding of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 100th anniversary of the birthday A. I. Lopyrin. (Vol. 2), (pp. 23-25). Stavropol [in Russian].

10. Riabko, V. M., Horlov, O. I., Syrotiuk, L. O., Ivina, K. A., & Herasymenko, T. H. (2006). Udoskonalenyi metod rozrakhunku selektsiinykh indeksiv u seredovyshchi upravlinnia bazamy danykh [Improved method of calculating selection indices in the database management environment]. *Naukovo-tekhnichni rozrobky v haluzi tvarynnytstva - Scientific and technical developments in the field of animal breeding*: Issue dedicated to the 75th anniversary of "Ascania Nova" IABSR foundation. (p. 165). Nova Kakhovka: PYEL [in Ukrainian].

11. Iovenko, V. M., Horlov, O. I., Ivina, K. A., & Mokieiev, I. O. (2010). Nove u metodyti rozrakhunku parametriv selektsiinykh indeksiv [A newer method for selecting parameters is selection indexes]. *Metodolohiia naukovykh doslidzhen z pytan selektsii, henetyky ta biotekhnolohii u tvarynnytstvi - Research methodology on breeding, genetics and biotechnology in animal husbandry*: Proceeding of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the memory of academic UAAN V. P. Burkat. (pp. 61-63). Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].

12. Horlov, O.I., Syrotiuk, L.O., & Ivina, K.A. (2005). Komp'uterna sistema upravlinnia selektsiynym protsesom u vivcharstvi [Computer control system of selection process in sheep breeding]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Herald of Agrarian Science*, 10, 31-35 [in Ukrainian].

13. Horlov, O. I., Ivanova, L. O., Ivina, K. A., & Herasymenko, T. H. (2006). Systema upravlinnia selektsiynym protsesom zasobamy informatsiinykh tekhnolohii, yaka pratsiuie v seredovyshchi Visual FoxPro suchasnoi operatsiinoi systemy Windows 95 i vyshche [Selection process control system by means of information technology, which works in the Visual FoxPro environment of the modern operating system Windows 95 and newer ones]. *Naukovo-tekhnichni rozrobky v haluzi tvarynnytstva - Scientific and technical developments in the field of animal breeding*: Issue dedicated to the 75th anniversary of "Ascania Nova" IABSR foundation. (p. 166). Nova Kakhovka: PYEL [in Ukrainian].

14. Aleksandrov, B. G. "et al." (2011). Institut zhyvotnovodstva stepnykh rayonov imeni M.F. Ivanova «Ascania Nova» – Natsional'nyy nauchnyy selektsionno-geneticheskiy tsentr po ovtsevodstvu. Osnovnye dostizheniya instituta v nauchnoy sfere (1971-2010 gg.) ["Ascania Nova" Institute of Animal Breeding in the Steppe Regions named after M. F. Ivanov - National Scientific Selection-Genetics Center for Sheep Breeding. The main achievements of the institute in the scientific field (1971-2010)]. *Nauka v Yuzhnom regione Ukrainy (1971–2011): monografiya - Science in the southern region of Ukraine (1971–2011): monograph* (p. 674). Odessa: Feniks [in Russian].

15. Horlov, A. I., Ivina, K. A., Mokeiev, I. O., & Chichaiyeva, O. P. Systema otsinky i prohnozu populiatsiino-henetychnykh parametriv v stadakh

ovets[System of estimation and forecast of population-genetic parameters in sheep herds]. (n.d.) Retrieved from URL: http://ascaniansc.in.ua/naukovizdobutki/naukovi-rozrobki_2021_4_16 [in Ukrainian].

16. Horlov, O. I., Ivina, K. A., Mokieiev, I. O., & Shulha, M. V. (2012). Metodyka formuvannia matryts sporidnenosti pry vyznachenni plemynnoi tsinnosti ovets [The procedure of forming matrices of cognation at determination of pedigree value of sheep]. *Naukovyi visnyk «Askaniia-Nova» - Scientific Herald «Askania Nova»*, 5(part I), 50-54 [in Ukrainian].

17. Kudryk, N. A., Horlov, O. I., Ivina, K. A., Mokieiev, I. O., & Shulha, M. V. (2013). Metodyka vyznachennia plemynnoi tsinnosti baraniv-plidnykiv za metodom BLUP SM [Method of determining the breeding of values rams by BLUP SM]. *Naukovyi visnyk «Askaniia-Nova» - Scientific Herald «Askania Nova»*, 6, 58-62 [in Ukrainian].

18. Kudryk, N. A., Gorlov, O. I., Ivina, K. A., Mokieiev, I. A., & Shulga, M. V. (2013). Otsenka baranov-proizvoditeley metodom BLUP SM [Evaluation of ram sires by BLUP SM method]. *“Sostoyanie i perspektivy ovtsevodstva i kozovodstva”- “State and prospects of sheep and goat breeding”*: Proceedings of the International Coordination Congress of Scientists Sheep-Breeders (Issue 6), (pp. 63-67). Stavropol' [in Russian].

19. Horlov, O.I., Zharuk, P.H., Ivina, K.A., Mokieiev, I.O., Shcherbakov, A.V., & Shulha, M.V. (2014). Vyznachennia plemynnoi tsinnosti ovets shliakhom vyrishennia pidsumkovoï systemy rivnian BLUP [Definition of sheep breeding values through final solution of equations BLUP]. Yu.V. Vdovuchenko (Eds.), *Vivcharstvo – Sheep Breeding*. (Issue 37), (pp. 14–21). Nova Kakhovka: “PYEL” [in Ukrainian].

20. Horlov, O.I., Ivina, K.A., Mokieiev, I.O., Shulha, M.V. & Shcherbakov, A.V., (2014). Lineynye modeli opredeleniya plemennoy tsennosti baranov-proizvoditeley v ovtsevodstve [Linear models for determining the breeding value of ram-sires in the sheep breeding]. *Povyshenie konkurentosposobnosti zhivotnovodstva i aktual'nye problemy ego nauchnogo obespecheniya - Increasing the competitiveness of animal breeding and actual problems of its scientific support*: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference (pp. 55-59). Stavropol' [in Russian].

21. Horlov, A. I., Ivina, K. A., Mokeiev, I. O., Chichaieva, O. P., & Shcherbakov, A.V., (2015). Alhorytm vyrishennia pidsumkovoï systemy rivnian BLUP dlia vyznachennia plemynnoi tsinnosti ovets [The algorithm for solving the resulting system of equations BLUP for determining the breeding value of sheep]. Yu.V. Vdovychenko (Eds.), *Vivcharstvo ta kozivnytstvo – Sheep Breeding and Goat Breeding*. (Issue 1), (pp. 34-45). Nova Kakhovka: “PYEL” [in Ukrainian].

22. Horlov, A. I., Ivina, K. A., Mokeiev, I. O., Chichaieva, O. P., & Shcherbakov, A.V., (2015). Kombinovanyi alhorytm vyznachennia plemynnoi tsinnosti u vivcharstvi [The combined algorithm determination of breeding value in the sheep breeding]. Yu.V. Vdovychenko (Eds.), *Vivcharstvo ta kozivnytstvo – Sheep Breeding and Goat Breeding*. (Issue 1), (pp. 46-52). Nova Kakhovka: “PYEL” [in Ukrainian].

23. Horlov, A. I., Ivina, K. A., Mokeiev, I. O., & Chichaieva, O. P. (2016). Vyznachennia koefitsientiv znachushchosti oznak pry kompleksnii otsintsi ple-

minnoi tsinnosti ovets [Determination of the coefficients of significance of features in integrated assessment of breeding value of sheep].]. *Naukovyi visnyk «Askaniia-Nova» - Scientific Herald "Askania Nova"*, 9, 25-32 [in Ukrainian].

24. Vdovychenko, Yu. V., Kudryk, N. A., Horlov, O. I., Ivina, K. A., Mokieiev, I. O., Zharuk, P. H., Chichaieva, O. P., Shulha, M. V., & Shcherbakov, A. V. (2014). Komp'uterna prohrama «Komp'uterna systema upravlinnia selektsiinym protsesom u vivcharstvi» [Computer program "Computer control system of selection process in sheep breeding"]. *Svidotstvo DSIVU pro reiestratsiiu avtorskoho prava na tvir № 54088 vid 14.03.2014*. - *SIPS certificate of copyright registration for the work 54088 dated March 14, 2014*. [in Ukrainian].

25. Vdovychenko, Yu. V., Kudryk, N. A., Horlov, O. I., Ivina, K. A., Mokieiev, I. O., Chichaieva, O. P., Shulha, M. V., & Shcherbakov, A. V. (2014). Komp'uterna prohrama « Avtomatyzatsiia obrobky danykh v selektsii karakulskykh ovets» [Computer program "Automation of data processing in selection of Karakul sheep"]. *Svidotstvo DSIVU pro reiestratsiiu avtorskoho prava na tvir № 56604 vid 23.09.2014*. - *SIPS certificate of copyright registration for the work № 56604 dated September 23, 2014*. [in Ukrainian].

26. Mokieiev, I. O., & Ivina, K. A. (2020). Metodyka otsinky i prohnozu pleminnoi tsinnosti ovets, yii vidminnosti ta perevahy [The methods of evaluation and forecast of the sheep breeding value, its differences and advantages]. V.M. Iovenko (Eds.), *Vivcharstvo ta kozivnytstvo – Sheep Breeding and Goat Breeding*. (Issue 5), (pp. 102-117). Nova Kakhovka: "PYEL" [in Ukrainian].