

Бесплатно

**ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РАЗВЕДЕНИЯ И ГЕНЕТИКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
ЖИВОТНЫХ**

На правах рукописи

УДК 636.22/.28.082

ШКИРАНДО
Юрий Павлович

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЦЕНКИ ГЕНОТИПА
МОЛОЧНОГО СКОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНДЕКСОВ
ПЛЕМЕННОЙ ЦЕННОСТИ, МЕТОДА НАИМЕНЬШИХ
КВАДРАТОВ И BLUP.**

Специальность 06.02.01 — разведение, селекция
и воспроизводство сельскохозяйственных животных

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Ленинград — Пушкин
1986

Работа выполнена в лаборатории популяционной генетики Всесоюзного научно-исследовательского института разведения и генетики сельскохозяйственных животных.

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук, профессор **Н. З. Басовский**.

Официальные оппоненты: доктор сельскохозяйственных наук, профессор **Тейнберг Р. Р.**; кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник **Снопва А. А.**

Ведущая организация — Всесоюзный научно-исследовательский институт животноводства (ВИЖ).

Защита диссертации состоится «*7*» *мая* 1986 г. в *13* час. на заседании специализированного совета Д 020.07.01 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора наук при Всесоюзном научно-исследовательском институте разведения и генетики сельскохозяйственных животных по адресу: 188620, Ленинград—Пушкин, Московское шоссе, 55а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ВНИИРГЖ.

Автореферат разослан «*27*» *мая* 1986 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
доктор сельскохозяйственных
наук

Б. П. Завертяев

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986–1990 годы и на период до 2000 года намечено к 1990 году производство молока довести до 106–110 млн. тонн. В числе мероприятий, направленных на достижение указанных целей, большое значение придается племенной работе с молочным скотом. Повышение эффективности племенной работы в значительной степени зависит от использования на практике достижений науки и техники. Так, применение методов крупномасштабной селекции позволит повысить генетический потенциал отдельных стад и пород до 7000–8000 кг молока на корову в год (Эрист Л.К., Григорьев Ю.Н., 1985).

Важнейшим звеном программы разведения молочных пород скота является оценка племенных качеств животных. В настоящее время теоретически доказана и во многих странах практически осуществляется методика оценки племенной ценности, основанная на применении селекционных индексов. Однако эффективность использования на практике тех или иных методов оценки племенных качеств животных во многом зависит от влияния селекционно-генетических и средовых факторов, сложившихся в конкретных стадах и популяциях. Поэтому необходимо разрабатывать методы повышения достоверности оценки племенной ценности животных на основе селекционных индексов, рассчитанных с учетом параметров и факторов, характеризующих конкретную популяцию.

Цель и задачи исследования. Целью нашей работы являлась разработка и проверка эффективности различных методов оценки племенных качеств молочного скота с использованием селекционных индексов и новейших методов дисперсионного анализа.

В задачи исследований входило:

- разработать алгоритмы построения индексов для оценки генотипа различных категорий племенных животных;
- разработать алгоритм автоматизированного формирования матрицы корреляционных связей на ЭВМ при построении индекса для конкретного животного;
- разработать алгоритмы расчета индексов племенной ценности с использованием ранже вычисленных оценок племенной ценности животных;
- изучить эффективность индексной оценки на материалах племенного учета черно-пестрого и айрширского скота;

- разработать и проверить методы оценки племенной ценности быков по качеству потомства на основе коррекции показателей продуктивности их дочерей на влияние средовых и генетических факторов с использованием методов наименьших квадратов и ВЛР.

Научная новизна исследований. Впервые в СССР выполнена следующая работа: разработаны методика индексной оценки молочного скота с использованием ранее вычисленных оценок как самого пробанда, так и его родителей, методика и машинная программа для ЭВМ ЕС оценки племенной ценности быков с учетом коррекции продуктивности их дочерей на влияние факторов среды; изучена эффективность индексной селекции быков черно-пестрой и айрширской пород на большом фактическом материале; оценено влияние средовых факторов на изменчивость молочной продуктивности коров в популяции с использованием методов наименьших квадратов и максимального правдоподобия; оценены селекционно-генетические параметры в популяции черно-пестрого скота с учетом коррекции продуктивности коров на влияние средовых факторов; изучена эффективность применения методов наименьших квадратов и ВЛР для оценки по качеству потомства черно-пестрых производителей.

Практическая значимость. Принцип индексной оценки племенной ценности быков включен в "Инструкцию оценки быков по качеству потомства молочных и молочно-мясных пород скота" (МСХ СССР, 1980). Методика и алгоритм индексной оценки матерей быков и быков-производителей на основе формирования управляемого банка данных на ЭВМ, а также коррекции племенной ценности быков на влияние средовых факторов включены в информационную систему по крупномасштабной селекции, разрабатываемую ВНИИРГЖ, ВНИИПЛЕМ, УкрНИИРС и другими институтами.

Апробация работы. Отдельные разделы диссертации докладывались на:

- а) конференции Европейской ассоциации по животноводству (Ленинград, 1982);
- б) конференции молодых ученых и специалистов Нечерноземной зоны РСФСР (Ленинград-Пушкин, 1981);
- в) заседаниях ученых советов и аспирантских конференциях ВНИИРГЖ в 1978-1984 гг.;
- г) координационном совещании по программе о.с.-х.77 (Ленинград-Пушкин, 1986).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, материала и методики исследований, собствен-

ных исследований, выводов и предложений, библиографического указателя используемой литературы. Работа изложена на 170 страницах машинописного текста, включает 29 таблиц, 15 рисунков. Библиографический указатель содержит 190 наименований, из них 114 на иностранных языках.

2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследовательская работа выполнялась в лаборатории популяционной генетики ВНИИ разведения и генетики сельскохозяйственных животных и в вычислительном центре НПО "Ленэлектронмаш" в период с 1978 по 1984 гг. Экспериментальная проверка эффективности применения индексов племенной ценности производилась на материалах, накопленных в лаборатории популяционной генетики, лаборатории белково-молочности и в лаборатории совершенствования айрширского скота ВНИИРГЖ, а также по результатам оценки быков по качеству потомства в Ленинградской области.

При изучении эффективности отбора по индексам матерей быков использовались данные по 232 коровам, выращенным в ППЗ "Лесное". Эти коровы лактировали в 1972-1978 гг., их средний удой составил 6072 кг молока.

Эффективность отбора быков по происхождению и по потомству изучалась на выборке 412 производителей черно-пестрой породы, оцененных по потомству в племенных хозяйствах Ленинградской области с 1970 по 1982 гг. Средняя продуктивность дочерей быков составила 3740 кг молока и 3,7% жира, а дочерей их отцов - 4174 кг и 3,76%. Среднее число дочерей у быков составило 42, а у их отцов - 97.

Аналогичные исследования были проведены на выборке 150 быков айрширской породы, оцененных по качеству потомства в Ленинградской области и Карельской АССР с 1976 по 1982 гг. Средняя продуктивность составила: по дочерям быков 3639 кг молока и 4,23% жира, по дочерям отцов 3981 кг молока и 4,4% жира.

Изучение негенетических факторов, влияющих на изменчивость молочной продуктивности, проводилось по данным бонитировки черно-пестрых коров за 1980 год в 49 хозяйствах Ленинградской области. По этим материалам в памяти ЭВМ был создан массив информации по 48985 лактациям коров черно-пестрой породы, в том числе по первой лактации 13079 животных. В результате подготовки данных к анализу объем выборки сократился до 7590 голов.

Эти коровы были дочерьми 75 быков и распределялись по 38 хозяйствам; в среднем на быка приходилась 101 дочь. Средняя продуктивность их составила 3204 кг молока и 3,64% жира.

В исследованиях использовались ЭВМ, методы популяционной генетики и математической статистики (Снедекор Д.У., 1961; Никоро З.С., 1968; Меркурьева Е.К., 1983; *Henderson C.*, 1963; *Henderson C.*, 1972; *Hayvey W.*, 1977).

Общая линейная форма индекса племенной ценности, применявшаяся в исследованиях, имеет вид:

$$I = b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_k x_k,$$

где b_i - частные коэффициенты регрессии индекса племенной ценности на соответствующие источники информации; x_i - отклонение i -го источника информации от соответствующего среднего.

Коэффициенты корреляции между индексными оценками отцов и сыновей коров по собственной продуктивности и по происхождению рассчитывались по формуле:

$$r = \frac{cov(x, y)}{\sqrt{\sigma_x^2 \sigma_y^2}},$$

где $cov(x, y)$ - ковариация между соответствующими переменными; σ_x^2, σ_y^2 - дисперсии по переменным x и y .

Влияние средовых и генетических факторов на изменчивость молочной продуктивности коров и динамику племенной ценности быков изучалось с использованием современных достижений дисперсионного анализа и анализа линейных статистических моделей (*Seaver, S.R.*, 1971; *Hayvey W.*, 1977). В экспериментах применялись следующие статистические модели:

$$y_{ij} = \mu + F_i + e_{ij},$$

$$y_{ijk} = \mu + S_i + F_j + e_{ijk},$$

где y - наблюдаемое значение признака (удой, содержание жира и т.д.); μ - среднее признака в популяции; F - совокупность всех учитываемых фиксированных эффектов и их взаимодействий; S - случайный эффект (производители); e - ошибка эксперимента.

В исследованиях изучена эффективность применения более десяти статистических моделей.

Линейные статистические модели положены в основу методов наименьших квадратов и BLUP (*BLUP - Best Linear Unbiased Prediction* - наилучший линейный несмещенный прогноз). Для

оценки быков по качеству потомства с использованием этих методов были разработаны машинные программы для ЭВМ ЕС и с их помощью проведена оценка племенной ценности черно-пестрых производителей. С использованием метода наименьших квадратов оценено влияние средовых (стадо, сезон, возраст первого отела, месяц отела, сервис-период), а с помощью метода BLUP - средовых и генетических факторов на повышение достоверности оценки племенной ценности быков.

Коэффициент наследуемости рассчитывался по формуле:

$$h^2 = \frac{4\hat{\sigma}_s^2}{\hat{\sigma}_s^2 + \hat{\sigma}_e^2},$$

где $\hat{\sigma}_s^2$ - оценка компоненты дисперсии между дочерьми различных быков; $\hat{\sigma}_e^2$ - оценка дисперсии случайной ошибки.

Генетическая корреляция между признаками рассчитывалась по формуле:

$$r_{g(x,y)} = \frac{\hat{\sigma}_{s(x,y)}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{s(x)}^2 \hat{\sigma}_{s(y)}^2}},$$

где $\hat{\sigma}_{s(x,y)}$ - ковариация между дочерьми быков по признакам x и y ; $\hat{\sigma}_{s(x)}^2, \hat{\sigma}_{s(y)}^2$ - дисперсии между дочерьми производителей по признакам x и y соответственно.

При вычислении коэффициентов наследуемости, генетических, фенотипических и средовых корреляций использовались компоненты дисперсий и ковариаций, рассчитанные с учетом влияния систематических негенетических факторов на селекционируемый признак.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Методы оценки генотипа молочного скота с использованием индексов племенной ценности

В результате проведения многолетних исследований по совершенствованию методов оценки племенной ценности скота нами совместно с В.П.Поповым разработаны и опубликованы рекомендации "Методы оценки генотипа племенных животных в молочном скотоводстве" (1983). В рекомендациях обобщен собственный, отечественный и зарубежный опыт по индексной оценке племенных животных. Отдельные главы рекомендаций с небольшими изменениями и дополнениями включены в диссертацию.

В наших исследованиях изучена эффективность различных моделей индекса племенной ценности по молочной продуктивности

скота. Исследования были направлены на поиск методов повышения достоверности оценки племенной ценности животных, эффективности включения в индексы различных источников информации.

На первом этапе исследований изучалась эффективность оценки племенной ценности пробанда по одному источнику информации. В частности, установлены предельно достижимые значения точности оценки генотипа пробанда по среднему фенотипу различных источников информации. Так, точность оценки молочного скота по собственному фенотипу не может превысить величины $1/h^2/t$ (где h^2 и t - соответственно, коэффициенты наследуемости и повторяемости). Для удою, например, при $h^2 = 0,25$, $t = 0,4$ эта величина равна $\gamma_{TI} = 0,79$. Для некоторых других источников информации точность оценки пробанда не превышает: по полусибсам $\gamma_{TI} = 0,5$, по полным сибсам $\gamma_{TI} = 0,707$, по потомкам отца матери $\gamma_{TI} = 0,25$, по матери $\gamma_{TI} = 0,5\sqrt{h^2/t}$, по матери отца $\gamma_{TI} = 0,25\sqrt{h^2/t}$ и лишь оценка по потомству в принципе может достигнуть абсолютной точности, то есть равняться единице.

Поскольку в нашей стране значение предков в родословной пробанда до сих пор является спорным вопросом, мы в своих исследованиях изучили изменения точности оценки генотипа животных при последовательном добавлении источников информации в индекс племенной ценности.

Таблица I. Точность оценки генотипа коровы по удою ($h^2 = 0,25$) и содержанию жира в молоке ($h^2 = 0,5$) в зависимости от числа источников информации

h^2	Источники информации								
	K	M	O	O+M	O+M+OM	K+M	K+O	K+O+M	K+O+M+OM+MO
0,25	0,5	0,3	0,43	0,52	0,54	0,55	0,59	0,72	0,74
0,5	0,71	0,42	0,46	0,62	0,63	0,74	0,75	0,75	0,76

В табл. I для примера приводятся значения точности оценки племенной ценности коровы, отобранной в группу потенциальных матерей быков, в зависимости от источников информации, включенных в индекс.

В данном примере корова (K) имеет одну законченную лактацию, ее мать (M) имеет 2 лактации, отец (O) оценен по 40 дочерям,

отец матери (OM) - по 100 дочерям и мать отца (MO) имеет 8 лактаций. Как показывают приведенные данные, включение в индекс, составленный по показателям родителей (O+M), информации о собственной продуктивности (K+O+M), повышает точность оценки коровы по удою от 0,52 до 0,72, а добавление информации по отцу матери и матери отца увеличивает точность лишь на 0,02 (с 0,72 до 0,74). Часто такое повышение точности не оправдывает затрат на поиск информации по OM, MO и более далеким предкам. По содержанию жира в молоке ($h^2 = 0,5$) оценка коровы по одной собственной лактации ($\gamma_{TI} = 0,71$) эффективнее оценки по происхождению ($\gamma_{TI} = 0,63$). Следовательно, при низкой наследуемости селекционируемого признака информация о родителях имеет более важное значение.

Таким образом, наши исследования показали, что при отборе матерей быков племенную ценность коров по удою необходимо оценивать по следующей модели селекционного индекса:

$$\bar{I} = V_K(K - \bar{K}) + V_M(M - \bar{M}) + V_O(O - \bar{O}),$$

где K, M, O - продуктивность коровы, ее матери и дочерей отца; $\bar{K}, \bar{M}, \bar{O}$ - средняя продуктивность сверстниц коровы, матери и дочерей отца; V_K, V_M, V_O - частные коэффициенты регрессии генотипа пробанда на средний фенотип соответствующего источника информации.

Использование ЭМ в племенной работе позволяет формировать базу данных по племенным животным на технических носителях информации. Для случая, когда в базе данных ЭМ имеется индексная информация по отцу, матери и пробанду, нами предложены формулы для вычисления соответствующих коэффициентов регрессии и точности оценки племенной ценности (табл. 2).

Общий вид индекса племенной ценности матерей быков имеет следующую форму:

$$I_1 = V_c I_c + V_o I_o + V_m I_m,$$

где V_c, V_o, V_m - коэффициенты регрессии индекса на соответствующие источники информации; I_c, I_o, I_m - индекс коровы по собственным показателям, индекс отца по потомству и индекс матери по собственным показателям.

Для отбора отцов быков нами предложена следующая модель индекса племенной ценности (I_2):

$$I_2 = V_n I_n + V_o I_o + V_m I_m,$$

где I_n - индекс племенной ценности быка по качеству потомства.

Таблица 2. Коэффициенты регрессии (\hat{b}) и точность (γ_{TI}) оценки племенной ценности пробанда в различных моделях индексов

Модель индекса	Выражения для коэффициентов регрессий	Коэффициент корреляции между генотипом и индексом
Для отбора матерей быков (I_1)	$\hat{b}_0 = \frac{1-0,25(\gamma_m^2 + \gamma_n^2)}{1-0,25\gamma_m^2(\gamma_m^2 + \gamma_n^2)}$ $\hat{b}_0 \cdot \hat{b}_m = \frac{0,5(1-\gamma_n^2)}{1-0,25\gamma_m^2(\gamma_m^2 + \gamma_n^2)}$	$\gamma_{TI} = \sqrt{k\gamma_m^2 \cdot 0,5\hat{b}_0\gamma_m^2 + 0,5\hat{b}_m\gamma_n^2}$
Для отбора отцов быков (I_2)	$\hat{b}_n = \frac{0,5(1-0,25(\gamma_m^2 + \gamma_n^2))}{1-0,25\gamma_n^2(0,25(\gamma_m^2 + \gamma_n^2))}$ $\hat{b}_0 \cdot \hat{b}_m = \frac{0,5(1-0,25\gamma_n^2)}{1-0,25\gamma_n^2(0,25(\gamma_m^2 + \gamma_n^2))}$	$\gamma_{TI} = \sqrt{0,5\hat{b}_0\gamma_m^2 + \hat{b}_m\gamma_n^2}$

Приведенные формулы позволяют последовательно, в процессе накопления в памяти ЭВМ индексной информации, производить сначала прогноз племенной ценности, а затем, с поступлением индексов по собственной продуктивности или по потомству, уточнять имеющийся прогноз. Данный алгоритм рассчитан на то, что в распоряжении селекционера имеется соответствующая база данных на ЭВМ.

Для оценки быков по качеству потомства нами совместно с сотрудниками лаборатории популяционной генетики ВНИИРГЖ был исследован индекс $I = b(D - cb)$, где $b = 0,25k^2n / [1 + (n-1)0,25k^2]$, D - средняя продуктивность дочерей быка; cb - средняя продуктивность их сверстниц; n - число дочерей быка; k^2 - коэффициент наследуемости. Данный индекс утвержден МСХ СССР в качестве официальной оценки племенной ценности производителей (Инструкция оценки быков по потомству, 1980). Для случая, когда оценку быка, произведенную по K эффективным дочерям в предшествующем году, необходимо объединить с оценкой по дочерям текущего года, нами предложен следующий индекс:

$$\bar{I}_n = \bar{I} = \frac{4+(k-1)k^2}{4+(n-1)k^2} \bar{I}_k + \frac{4+(n-k)}{4+(n-1)k^2} \bar{I}_{n-k},$$

$$\gamma_{TI_n}^2 = \gamma_{TI_k}^2 \frac{4+(k-1)0,25k^2}{4+(n-1)0,25k^2} \cdot \frac{n}{k},$$

где \bar{I}_n - индекс по n эффективным дочерям; \bar{I}_k - предыдущий индекс по k эффективным дочерям; \bar{I}_{n-k} - индекс по вновь поступившим данным о $n-k$ дочерях; γ_{TI} - точность соответствующего индекса.

Аналогичный индекс составлен для оценки коров по собственной продуктивности:

$$\bar{I}_n = \frac{4+(n-2)t}{4+(n-1)t} \bar{I}_{n-1} + \frac{1}{4+(n-1)t} \left\{ k^2[(\bar{x}_n - \bar{x}) + k_0^2(x-B)] \right\}$$

$$\gamma_n^2 = \gamma_{n-1}^2 \cdot \frac{n}{n-1} \cdot \frac{4+(n-2)t}{4+(n-1)t},$$

где \bar{I}_n - индекс по n лактациям; \bar{I}_{n-1} - индекс по $n-1$ предыдущим лактациям; t, k^2 - коэффициенты повторяемости и наследуемости; \bar{x}_n - значение признака за последнюю n -ю лактацию; \bar{x} - среднее сверстниц; B - среднее стада; γ_n - точность индекса \bar{I}_n ; γ_{n-1} - точность индекса \bar{I}_{n-1} .

3.2. Теоретически ожидаемые статистические связи между индексами племенной ценности родителей и потомков

Эффективность использования различных моделей индексов племенной ценности можно проверить путем оценки корреляции между смежными поколениями. Можно предположить, что чем выше связь между генетическими оценками смежных поколений, тем эффективнее метод. Например, *R. Butcher* (1973) сообщает, что корреляция между индексами племенной ценности быков и их сыновей, установленных по качеству потомства, колеблется от 0 до 0,45. Наши исследования, а также данные других авторов, показывают, что эта корреляция зависит от степени наследуемости признака и точности оценки племенной ценности животных. Нами были выведены формулы для оценки теоретически возможных связей между сыновьями и их матерями, дочерьми и отцами, дочерьми и матерями, оценкой коров по собственной продуктивности и по происхождению, оценкой быков по потомству и по происхождению.

В качестве примера приведем таблицу ожидаемых корреляций между оценками быков по потомству и по происхождению (табл. 3).

Таблица 3. Теоретически возможные значения корреляций между оценками быков по потомству и по происхождению ($h^2 = 0,25$; $t = 0,4$)

Число лактаций матери быка	Число дочерей быка и его отца					
	5	10	50	100	500	1000
1	0,250	0,358	0,604	0,668	0,731	0,742
3	0,283	0,404	0,668	0,736	0,803	0,813
5	0,298	0,419	0,689	0,758	0,827	0,837
10	0,309	0,433	0,699	0,778	0,848	0,859

Здесь рассмотрен случай, когда число дочерей у отца и сына совпадает. Для других случаев теоретическую корреляцию необходимо рассчитывать по формуле:

$$\gamma = (\hat{\sigma}_{\hat{G}_{(0,m)}}) = 0,25 \sqrt{\frac{h^2 n_s}{1 + (n_s - 1)0,25h^2} \left(0,5 \sqrt{\frac{h^2 n_o}{1 + (n_o - 1)0,25h^2}} + \sqrt{\frac{h^2 n_m}{1 + (n_m - 1)t}} \right)}$$

где n_s , n_o , n_m - число дочерей сына, отца и число лактаций матери; h^2 и t - коэффициенты наследуемости и повторяемости.

Как показывает данные табл.3, наиболее высокую эффективность оценки ремонтных быков по происхождению ($\gamma = 0,859$) можно достичь при максимальной достоверности оценки родителей (число лактаций матери - 10 и число дочерей отца - 1000). Однако, как показали исследования (Hill, 1968, Petersen et al, 1974, Басовский Н.З., Кузнецов В.М., 1977, 1982 и др.), увеличение количества лактаций матерей быков повышает генерационный интервал и, тем самым, снижает эффективность селекции в популяции. По нашим данным, оптимальными можно считать три лактации, т.к. увеличение числа лактаций с 3 до 10 незначительно повышает эффективность отбора матерей быков. При этом корреляция между племенной ценностью быков и их матерей увеличивается всего лишь на 0,03-0,04.

Рекомендуемые нами формулы должны помочь исследователю-селекционеру в конкретной ситуации оценить теоретически возможную корреляцию между родственниками, и если она значительно отличается от полученной по фактическим данным, то следует изучить причины низкой эффективности оценки и отбора животных.

3.3. Эффективность отбора племенного скота по индексам племенной ценности

Эффективность отбора коров. Для изучения эффективности отбора коров по индексам использовались данные по 232 матерям быков, выращенным в ПЗ "Лесное". Они лактировали в 1972 - 1978 гг., их средний удой составил 6072 кг молока. Был проведен эмпирический анализ и анализ корреляций между: а) индексами по собственной продуктивности коров и индексам по происхождению; б) дифференциалами (разница между продуктивностью животного и его сверстниками) по собственной продуктивности и по происхождению и в) абсолютными показателями по собственной продуктивности и по происхождению. Фактически полученные корреляции сравнивались с аналогичными теоретически ожидаемыми параметрами.

Так, индекс по обоим родителям, как более информативный и более точный, имеет по удою более высокую связь с индексом по собственной продуктивности $\gamma_{o,m,k} = 0,255 (P > 0,999)$, чем индекс по отцу $\gamma_{o,k} = 0,195 (P > 0,99)$ и индекс по матери $\gamma_{m,k} = 0,170 (P > 0,99)$. На этом же поголовье установлено, что корреляция между дочерьми и отцами, оцененными по их дифференциалам, составила $\gamma_{o,k} = 0,131 (P > 0,95)$. А корреляция по данным абсолютной продуктивности коров и дочерей их отцов была $\gamma_{o,k} = 0,078 (P < 0,95)$. Отобрав из 232 коров, участвовавших в эксперименте, 148 голов, которые имели наиболее точную оценку их генотипа, мы получили некоторое увеличение коэффициентов корреляций между поколениями: $\gamma_{o,m,k} = 0,335 (P > 0,99)$; $\gamma_{o,k} = 0,248 (P > 0,99)$; $\gamma_{m,k} = 0,236 (P > 0,99)$. Теоретически возможные связи между поколениями, рассчитанные для этой информации, имели следующие значения: $\gamma_{o,m,k} = 0,422$; $\gamma_{o,k} = 0,249$; $\gamma_{o,m} = 0,201$. Следовательно, параметры, полученные по 148 коровам, близки к теоретически возможным.

Эффективность отбора быков. Эффективность отбора быков по индексам, так же как и коров, изучалась на основе корреляций между племенной ценностью отцов и сыновей, матерей и сыновей. Всего изучалось 412 производителей черно-пестрой породы, оцененных по потомству в племенных хозяйствах Ленинградской области с 1970 по 1982 гг. Средняя продуктивность дочерей быков составила 3740 кг молока, а дочерей отцов 4174 кг молока. Коэффициент корреляции между племенной ценностью сыновей и отцов

составил $Y_{ac} = 0,113$ ($P > 0,95$) при теоретически ожидаемом значении $Y_{ac} = 0,40$.

Аналогичный анализ был проведен по данным оценки 150 быков айрширской породы. Коэффициент корреляции между индексами племенной ценности отцов и сыновей по удою составил $Y_{ac} = 0,2$ ($P > 0,95$), а по содержанию жира $Y_{ac} = 0,34$ ($P > 0,99$). Недостовверная корреляция была получена между индексами племенной ценности матерей и их сыновей, вследствие чего и корреляция между сыновьями и обоими родителями была невысокой: $Y_{сим.с} = 0,18$ ($P > 0,95$) по удою, $Y_{сим.с} = 0,22$ ($P > 0,95$) по содержанию жира в молоке. Анализ полученных результатов показал, что низкое значение корреляций между племенной ценностью быков, установленной по потомству и по происхождению, является в основном результатом влияния средовых и генетических факторов на изменчивость продуктивности их дочерей.

3.4. Влияние негенетических факторов на изменчивость молочной продуктивности дочерей проверяемых быков

Влияние факторов внешней среды на изменчивость молочной продуктивности изучается давно. Однако в этих исследованиях применялись в основном однофакторные статистические модели. Современные математико-статистические методы позволяют наиболее точно оценить влияние многочисленных факторов на изменчивость селекционного признака. Так, *C. Henderson* (1953), *W. Harvey* (1977) для оценки генетических и негенетических влияний предложили методы наименьших квадратов и максимально правдоподобия.

В своих исследованиях мы применили методы дисперсионного анализа линейных моделей для несбалансированных классификаций данных. При этом особенностью исследований является то, что все влияния рассматривались в единой модели (см. главу "Материал и методы"). Среди изучавшихся моделей были выделены две наиболее характерные: а) модель, учитывающая влияние хозяйства, возраста первого отела, сезона отела, сервис-периода и б) модель, учитывающая перечисленные факторы, а также все парные взаимодействия между ними.

Оценка факторов осуществлялась на ЭВМ "ЕС-1040" по данным продуктивности 13079 черно-пестрых коров-первотелок. Результаты исследований показали, что наибольший вклад в изменчивость удою вносит уровень продуктивности хозяйства (26,7 и 26,8%).

Затем по силе влияния следует продолжительность сервис-периода - 2,8 и 3,8%, сезон отела - 1,42 и 1,75% и возраст первого отела - 0,1 и 0,13%. В наших исследованиях возраст первого отела незначительно, но достоверно влияет на изменчивость удою. Видимо, это связано с тем, что первое осеменение коров часто производится не в определенном возрасте, а по достижении животными определенной живой массы. Учет всех взаимодействий между факторами понизил долю изменчивости, приходящуюся на необъясненную часть вариации, с 68,9 до 67,1%. Вклады взаимодействий в общую изменчивость признака - незначительны, но достоверны (кроме возраст x сезон и возраст x сервис-период).

В результате изучения влияния факторов среды на молочную продуктивность коров можно сделать вывод о том, что при оценке племенной ценности быков по качеству потомства в математических моделях должно быть учтено влияние факторов стада, продолжительности сервис-периода, сезона отела и возраста первого отела.

3.5. Коррекция молочной продуктивности коров на влияние систематических факторов среды

При оценке быков по качеству потомства до 30-40% информации по их дочерям бракуется в связи с коротким лактационным периодом, ранним или поздним возрастом первого отела и т.д. Это приводит к уменьшению количества дочерей и сверстниц и снижает достоверность оценки быков по потомству. Кроме того, метод дочери-сверстницы не позволяет полностью исключить влияние факторов среды и физиологического состояния животных на достоверность оценки племенной ценности проверяемых быков. Как показывает опыт зарубежных стран, применение метода наименьших квадратов позволяет наиболее достоверно определить разницу между продуктивностью дочерей и сверстниц с учетом перечисленных факторов путем коррекции показателей продуктивности на влияние этих факторов. В наших исследованиях для изучения эффективности применения метода наименьших квадратов данные о продуктивности коров активной части популяции черно-пестрого скота Ленинградской области были откорректированы шестью способами в зависимости от количества градаций каждого фактора, взаимодействий между факторами и использования различных форм корректирующих поправок.

Коррекция показателей продуктивности на влияние факторов осуществлялась по формуле:

$$Y_{корр} = Y_{ijKL} - (A_i + C_j + P_k),$$

где $Y_{корр}$ - исправленное значение удоя первотелки, отелившейся в i -ом возрасте, j -ом сезоне и имеющую K -ю продолжительность сервис-периода; A, C, P - поправочное значение на возраст, сезон и сервис-период; Y_{ijKL} - фактическое значение продуктивности первотелки.

Дисперсионный анализ по каждому из шести откорректированных массивов показал, что они свободны от влияния средовых факторов. Качество коррекции было примерно одинаковым для всех шести способов.

Таблица 4. Поправочные значения для удоя коров-первотелок

Факторы	Значения градаций факторов и поправок												
Возраст первого отела	Градация фактора (мес.)	24, 25, 26	27, 28, 29	30, 31, 32	33, 34, 35	36, 37, 38							
	Поправка (кг)	-96	-84	41	80	59							
Сезон отела	Градация фактора (мес.)	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
	Поправка (кг)	+69				-123				+53			
Сервис-период	Градация фактора (дни)	20-49	50-79	80-109	110-139	140-169	170-199	200-229	230-259	260-289			
	Поправка (кг)	-356	-224	14	65	99	125	90	159	27			

В табл. 4 для примера приводятся значения коррективных факторов по удою коров-первотелок, лактировавших в 1980 году. В этом году коровы с низким возрастом первого отела (24-26 мес.) имели удой ниже на 96-84 кг молока, а с высоким возрастом первого отела (33-38 мес.) - выше на 80-59 кг; в неблагоприятных месяцах отела (У-VIII) удой был ниже на 123 кг, а в благоприятных - выше на 69-53 кг молока; коровы с коротким сервис-периодом (20-79 дней) имели удой ниже на 356-224 кг, а с длинным (170-260 дней) - выше на 125-159 кг. На примере отдельной коровы покажем процедуру коррекции.

Допустим, что фактический удой коровы-первотелки составил 3000 кг молока. Отелилась она в возрасте 26 месяцев в январе месяце и имела сервис-период 103 дня. Тогда скорректированное значение удоя будет $Y_{корр} = 3000 - (-96 + 69 + 14) = 3000 - (-13) = 3013$ кг.

Проверка эффективности применения коррекции молочной продуктивности в племенной работе осуществлялась путем сравнительной оценки генетических параметров и племенной ценности быков по качеству потомства на скорректированной и нескорректированной информации. По 7590 первотелкам-дочерям 75 быков, лактировавших в 38 хозяйствах Ленинградской области, вычислялись селекционно-генетические параметры. Так, коэффициент наследуемости удоя, рассчитанный по нескорректированным данным, составил $0,91 \pm 0,12$, что имеет явно абсурдное значение. Причиной этого является то, что в результате неодинакового влияния многочисленных факторов среды между дочерьми быков существует высокая степень изменчивости за счет средовых, а не генетических различий.

После коррекции удоя на влияние факторов среды коэффициент наследуемости составил $0,23 \pm 0,03$, что соответствует его общепринятому значению. Причем, коэффициент наследуемости имел высокую степень достоверности. Коэффициенты корреляции между удоем и процентом жира в молоке имели следующие значения: генетическая - до коррекции $-0,149 \pm 0,12$, после коррекции $-0,33 \pm 0,18$, фенотипическая, соответственно, $-0,08 \pm 0,2$ и $-0,17 \pm 0,03$.

В то же время на изменчивость содержания жира в молоке факторы среды оказывают незначительное влияние. Если до коррекции наследуемость процента жира в молоке была равна $0,43 \pm 0,07$, то после коррекции она составила $0,4 \pm 0,06$.

Таким образом, наши исследования показали, что практически невозможно проводить эффективный отбор племенных животных по удою без коррекции показателей на влияние систематических факторов среды.

Дальнейшим развитием метода наименьших квадратов является метод ВЛРР, с помощью которого при оценке племенной ценности в единой статистической модели учитываются не только средовые, но и генетические факторы (генетический тренд, родство между быками и т.д.). Этот метод позволяет наиболее точно оценить племенную ценность производителей. В наших исследованиях метод ВЛРР использовался при оценке быков по качеству потомства.

3.6. Влияние коррекции на результаты оценки быков по качеству потомства

Используя те же данные, которые применялись для изучения влияния коррекции на вычисление селекционно-генетических параметров, мы провели оценку 75 производителей по качеству потомства с учетом и без учета влияния факторов среды. Анализ полученных данных показал, что из всех оцененных быков 28, или 35,4%, более чем в 2 раза изменили значения индексов племенной ценности после введения коррекции. У 14 быков, или 17,7%, еще более резко изменилась племенная ценность. При оценке по некорректированному удою дочерей из 75 быков можно было отобрать 22 быка-улучшателя (племенная ценность их составляла +52 кг молока и более). После коррекции данных таких быков оказалось 17. Из 22 быков-улучшателей после коррекции 7 голов стали нейтральными, а 1 перешел в разряд ухудшателей; 3 быка из нейтральных перешли в группу улучшателей.

Покажем причину изменения племенной ценности на конкретных быках (табл.5).

Таблица 5. Племенная ценность некоторых быков, полученная по некорректированному и скорректированному удою дочерей

Инв. № быка	Кол-во эффект. дочерей	Некорректированные данные		Скорректированные данные	
		удой дочерей (кг)	индекс плем. ценности (кг)	удой дочерей (кг)	индекс плем. ценности (кг)
3	146	3635	+ 6	3263	-37
77	92	3814	+112	3281	+39
107	126	3741	- 72	3254	-11
197	17	2869	+ 33	3175	-42
241	52	2971	+ 8	3273	+31
244	56	3154	- 8	3302	+54
355	15	3100	+126	3269	- 1
1005	111	2984	- 48	3137	+32
1825	39	2824	+ 71	3179	-13

Так, дочери быка Реалиста 1005 в сравнении со сверстницами имели возраст первого отела (27,8 мес.) ниже на 1,8 месяца, продолжительность сервис-периода (88,2 дня) меньше на 3,5 дня,

40,7% его дочерей отелились в неблагоприятные весенне-летние месяцы. Поэтому после введения корректур на эти факторы бык из ухудшателей (-48 кг) перешел в разряд улучшателей (+32 кг).

Обратная картина наблюдается по дочерям быка Зазора 1825. Средний возраст первого отела его дочерей (31,2 мес.) выше сверстниц на 1,6 месяца, сервис-период (131,8 дня) выше на 40 дней, 75% его дочерей отелились в зимнее время. То есть у быка № 1825 было преимущество дочерей перед сверстницами по всем трем факторам. В итоге, по некорректированным данным он был улучшателем (+71 кг), а по скорректированным данным - нейтральным (-13 кг).

Корреляция между племенной ценностью отцов и сыновей по данным откорректированного массива дала более высокий результат ($r_{ac} = 0,28$), чем по некорректированным данным ($r_{ac} = 0,19$). В работе *L. Dempfle et al* (1979) также обнаружено повышение точности оценки быков методом дочери-сверстницы при учете возраста первого отела, продолжительности лактации и некоторых других средовых факторов.

В дальнейшем нами была произведена по методу BLUP оценка 224 черно-пестрых быков по 33000 дочерям (средний удой 3271 кг), лактировавшим в 94 хозяйствах Ленинградской области в период 1979-1983 гг. Анализ полученных данных показал, что коррекция удою на влияние средовых факторов по методу BLUP имеет аналогичную оценку, полученную по методу наименьших квадратов. С использованием метода BLUP нами изучено влияние генетического тренда на точность оценки быков по качеству потомства. Влияние этого фактора на результаты оценки покажем на примере двух быков. Так, молодой бык Ловкач 3325 рождения 1978 года в сравнении с другими такими же производителями имел оценку -41 кг молока. После коррекции на генетический тренд его оценка увеличилась до +14 кг молока. С другой стороны, старый бык Футляр 1102 1972 года рождения при сравнении его дочерей со сверстницами, являющимися дочерьми быков этого же года рождения, имел оценку +32 кг, после коррекции на генетический тренд его племенная ценность снизилась до +14 кг молока.

Таким образом, для повышения достоверности оценки племенной ценности быков необходимо учитывать влияние как средовых, так и генетических факторов.

4. Выводы

1. Разработаны рекомендации по применению в селекции молочного скота индексов племенной ценности, способствующие повышению эффективности отбора племенного скота.

2. Разработан алгоритм и методика индексной оценки быков по качеству потомства и матерей ремонтных производителей по основному селекционируемому признаку с использованием ЭВМ и банка данных по породе на технических носителях информации.

3. С целью оценки эффективности отбора ремонтных производителей по индексам племенной ценности разработаны методика и алгоритм для определения теоретически возможных значений корреляций между племенной ценностью родителей и потомков.

4. На фактических материалах изучена эффективность отбора отцов быков и матерей быков с использованием индексов племенной ценности. Установлено, что если племенная ценность определяется с использованием индексов, то корреляция между матерями быков и их родителями по черно-пестрой породе достигает 0,33 ($P > 0,99$), а при использовании абсолютных значений продуктивности такая корреляция равна всего лишь 0,078 ($P > 0,95$). Низкая корреляция получена между индексами племенной ценности быков и их отцов. По черно-пестрой породе она составила 0,11 ($P > 0,95$), а по айрширской 0,2 ($P > 0,95$). Анализ показал, что основной причиной этого явилась низкая достоверность оценки племенной ценности производителей, обусловленная влиянием факторов среды на изменчивость продуктивности их дочерей.

5. Для повышения достоверности оценки племенной ценности скота изучено влияние факторов среды на изменчивость молочной продуктивности в активной части популяции черно-пестрого скота Ленинградской области с помощью метода наименьших квадратов. Установлено, что основными факторами среды, влияющими на правильную оценку племенной ценности молочного скота по удою, являются: уровень кормления и содержания коров в отдельных стадах (27-31%), продолжительность сервис-периода (2,8-4,9%), сезон отела (1,4-3,9%) и возраст первого отела (0,1-1,1%). Перечисленные факторы должны быть учтены при оценке племенной ценности быков путем коррекции молочной продуктивности их дочерей на влияние этих факторов.

6. Разработана методика, алгоритм и машинная программа по использованию метода наименьших квадратов для коррекции

молочной продуктивности на влияние основных факторов среды.

7. Изучена эффективность использования поправочных коэффициентов при вычислении селекционно-генетических параметров. В результате различного влияния факторов среды и физиологического состояния на продуктивность коров, в популяции не возможно правильно оценить степень генетической изменчивости. Поэтому наследуемость удою без учета факторов среды составила $0,91 \pm 0,12$, что намного выше теоретически возможного значения этого параметра. Коррекция удою на влияние этих факторов позволила получить правильную оценку наследуемости ($h^2 = 0,23 \pm 0,03$).

8. Изучено влияние коррекции молочной продуктивности дочерей быков на повышение достоверности индексной оценки производителей по качеству потомства. После коррекции удою дочерей на систематические факторы среды 35,4% оцененных быков почти в два раза изменили значение индекса племенной ценности. Расчет корреляционной связи "отец-сын" по данным откорректированного массива дал более высокий результат $\gamma_{ac} = 0,28$ ($P > 0,95$), чем по неоткорректированным данным $\gamma_{ac} = 0,19$ ($P > 0,95$).

9. Установлено, что оценка племенной ценности по методу ВЛРП позволяет наиболее точно ранжировать производителей в соответствии с генетическими изменениями в популяции при одновременном учете влияния основных факторов среды.

5. Предложения

Для повышения эффективности отбора быков и матерей ремонтных производителей в информационные системы по крупномасштабной селекции, основанные на использовании ЭВМ, внедрить:

1. Методы коррекции показателей продуктивности на влияние средовых и генетических факторов, обеспечивающих повышение достоверности оценки племенной ценности скота, особенно быков-производителей.

2. Индексную селекцию скота по разработанной нами методике, основанной на формировании банка данных по породе на технических носителях информации.

СПИСОК

опубликованных работ по материалам диссертации

1. Шкирандо Ю.П., Рудаков А.Н., Попов В.П. Индекс племенной ценности животных при произвольном количестве источников информации. - Бюл.ВНИИРГЖ, Л., 1976, вып.21, с.12-14.

2. Шкирандо Ю.П. О возможности использования индексной информации при оценке генотипа матерей быков. - Бюл.ВНИИРГЖ, Л., 1980, вып.46, с.16-18.

3. Попов В.П., Шкирандо Ю.П., Дегтярева С.П. Оценка генотипа племенных животных в молочном животноводстве. - Современные методы селекции молочного скота./Сб.научн.тр.ВНИИРГЖ, Л., 1981, № 31, с.18-30.

4. Попов В.П., Шкирандо Ю.П. Влияние сезона и возраста отела на молочную продуктивность. - XXXIII ежег.конф.европ.асс. по животноводству. Л., 1982, с.1-5.

5. Попов В.П., Шкирандо Ю.П. Методы оценки генотипа племенных животных в молочном скотоводстве. Методические рекомендации ВНИИРГЖ, Л., 1983, с.1-54.

6. Шкирандо Ю.П., Попов В.П. Способ коррекции молочной продуктивности на систематические воздействия среды. - Бюл.ВНИИРГЖ, Л., 1983, вып.64, с.20-21.

7. Попов В.П., Шкирандо Ю.П., Тымчук В.В. Эффективность оценки племенной ценности животных при использовании селекционных индексов. - В кн.: Популяционно-генетические основы селекции молочного скота. - Л., ВНИИРГЖ, 1984, с.15-24.

8. Шкирандо Ю.П., Попов В.П., Шестиперов А.А. Применение математико-статистических моделей для коррекции племенной ценности животных на влияние негенетических факторов. - В кн.: Популяционно-генетические основы селекции молочного скота. - Л., ВНИИРГЖ, 1984, с.25-31.

9. Попов В.П., Шкирандо Ю.П. Эффективность использования индексов племенной ценности по происхождению при отборе матерей быков. - Бюл.ВНИИРГЖ, Л., 1984, вып.70, с.29-31.

10. Попов В.П., Шкирандо Ю.П. Методы оценки теоретических связей между племенной ценностью родителей и потомков. - В кн.: Генетические методы оценки сельскохозяйственных животных. Л., ВНИИРГЖ, 1985, с.62-71.

Подписано к печати 15.05.86. М-18162.
Формат 60×90^{1/16}. Печ. л. 1. Тираж 100 экз.
Заказ 518. Бесплатно.