

БЕСПЛАТНО

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

Н. З. БАСОВСКИЙ
кандидат сельскохозяйственных наук

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
СЕЛЕКЦИИ МОЛОЧНОГО СКОТА
ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ
ТЕХНИКИ И ГЕНЕТИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ
МЕТОДОВ

Специальность 06—550
Разведение сельскохозяйственных животных

Диссертация написана на русском языке

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

Ленинград
1971

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

Н. З. БАСОВСКИЙ

кандидат сельскохозяйственных наук

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
СЕЛЕКЦИИ МОЛОЧНОГО СКОТА
ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ
ТЕХНИКИ И ГЕНЕТИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ
МЕТОДОВ

Специальность 06—550
Разведение сельскохозяйственных животных

Диссертация написана на русском языке

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

Ленинград
1971

Работа выполнена во Всесоюзном научно-исследовательском институте разведения и генетики сельскохозяйственных животных в период с 1962 по 1971 гг.

Диссертация изложена на 454 страницах машинописного текста, содержит 162 таблицы и 12 рисунков. Список литературы включает 430 наименований, в том числе 174 на иностранных языках.

Научный консультант — доктор сельскохозяйственных наук проф. М. М. ЛЕБЕДЕВ.

Официальные оппоненты: член корреспондент ВАСХНИЛ доктор с/х наук, проф. Ф. Ф. ЭЙСНЕР; член корреспондент ВАСХНИЛ, доктор с/х наук, проф. Л. К. ЭРНСТ; доктор с/х наук, проф. С. И. БОГОЛЮБСКИЙ.

Ведущее научное учреждение — Эстонский ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт животноводства и ветеринарии.

Автореферат разослан „_____“ 1971 г.

Защита диссертации состоится „_____“ 1971 г. на заседании Совета зоотехнического факультета Ленинградского ордена Трудового Красного Знамени сельскохозяйственного института по адресу: Ленинград, 188620, г. Пушкин, Академический пр., 23, аудитория 406.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛСХИ.

Ученый секретарь Совета — кандидат биологических наук, доцент Е. А. МАМЗИНА

Племенная работа эффективна только в том случае (при всех других оптимальных условиях), если собранная информация по каждому племенному животному будет своевременно обработана и проанализирована. В то же время объем информации по племенному учету в колхозах и совхозах настолько большой, что обработать его вручную невозможно.

Племенная работа, как известно, не ограничивается только в пределах отдельных стад, но распространяется на всю породу. Поэтому по всему массиву животных необходимо обобщать и анализировать результаты бонитировки, оценки производителей по качеству потомства, разрабатывать оптимальные программы племенной работы в целом по породе и т. д.

При существующих же методах и средствах обработки информации удовлетворительное решение этой задачи практически невозможно. Анализ производится только по нескольким показателям, позволяющим лишь в приблизительной форме проследить динамику развития продуктивности животных.

Создается парадоксальное положение, когда на ведение племенного учета в масштабе породы затрачиваются огромные усилия и средства, а проанализировать полученную информацию и эффективно ее использовать практически невозможно. Особенно трудно составить оптимальную программу племенной работы по наиболее распространенным породам (симментальская, красная степная, черно-пестрая и другие), насчитывающим миллионы голов.

Использование современной высокопроизводительной вычислительной техники позволит успешно решить эти задачи племенного дела.

В связи с бурным развитием кибернетики, в настоящее время проблему использования вычислительной техники следует рассматривать не только с точки зрения снижения затрат труда и средств на обработку данных. Использование электронных счетных машин позволяет по-новому решать вопросы в управлении производственными процессами отдельных отраслей народного хозяйства, в том числе и селекцией сельскохозяйственных животных.

В условиях широкого применения искусственного осеменения на первый план выдвигаются вопросы ведения крупномасштаб-

ной селекции с отдельными породами скота. Эффективно проводить работу по управлению селекционным процессом в пределах всей породной популяции практически невозможно без применения современных средств автоматизации сбора и обработки информации по племенному учету. Для осуществления наиболее эффективных мероприятий по крупномасштабной селекции с/х животных необходимо в ближайшее время создавать автоматизированные информационно-вычислительные системы по племенной работе.

В директивах 24 съезда КПСС особое внимание уделяется вопросам разработки и внедрения автоматизированных систем планирования и управления отдельными отраслями народного хозяйства на основе широкого применения вычислительной техники и математических методов.

В связи с этим разработка методов использования вычислительной техники, способствующих повышению эффективности селекции имеет важное государственное значение. Не менее важное значение имеет разработка наиболее совершенных методов генетического анализа и прогноза результатов селекции, основанных на использовании математической статистики.

Основной задачей наших исследований была разработка и проверка на практике методов повышения эффективности селекции молочного скота путем использования современной вычислительной техники и генетико-математических методов.

I. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ПО ПЛЕМЕННОЙ РАБОТЕ С МОЛОЧНЫМ СКОТОМ

Областная информационно-вычислительная система по племенной работе

Впервые в СССР методика использования вычислительной техники в племенной работе была разработана Пушкинской лабораторией разведения сельскохозяйственных животных (В. А. Горяшин, 1961; Н. З. Басовский, 1964, 1968, 1970; М. М. Лебедев, Н. З. Басовский, 1966, 1967). Примерно в это же время начали работу по использованию счетных машин в племенной работе с молочным скотом в ВИЖе (Л. К. Эрнст, 1962, 1968), Латвийском институте животноводства и ветеринарии (А. А. Цалитис, 1966), Эстонском институте животноводства (Л. Ф. Вахер, 1968) и в Харьковском институте животноводства Лесостепи и полесья Украины (В. В. Борзов, 1962; Ф. Ф. Эйнер и др., 1966).

Первоначально (в период 1962—1964 гг.) на практике 10 племенных хозяйств Ленинградской области нами испытывались методики, составленные по опыту зарубежных стран. Эти мето-

дики, основаны на использовании дубликатов первичной документации: составление дублирующей картотеки на станциях по племенной работе с последующей передачей этой документации на счетную станцию, а также обработка данных племенного учета по бонитировочным ведомостям, составленным вручную в хозяйствах.

Опыт показал, что при одновременном ведении племенной документации в хозяйствах и при составлении дублирующей картотеки на станциях по племенной работе один и тот же показатель по животному приходилось многократно переписывать, в результате чего значительно снижалась эффективность использования счетных машин. Неэффективна обработка данных племенного учета и по бонитировочным ведомостям: 1) на их составление требуются большие затраты труда селекционеров, 2) не механизируется такой трудоемкий процесс, как подсчет продуктивности коров за лактацию, и эта работа выполняется селекционерами вручную; 3) поскольку бонитировочные ведомости, составляются только в отчетный период, поэтому вычислительные центры, имеющие равномерную загрузку, не в силах переработать в течение одного месяца большой поток информации.

Поэтому потребовалось разработать систему сбора, накопления и обработки информации по племенному учету применительно к сложившейся в нашей стране организации племенной работы.

Методика сбора и обработки данных племенного учета с применением счетно-перфорационных машин. В течение 1964—1967 гг. разработана и проверена на практике Ленинградской области методика сбора, накопления и обработки данных с применением счетно-перфорационных машин. Сущность методики сбора и обработки данных племенного учета с применением счетно-перфорационных машин сводится к следующему.

Организация сбора и обработки информации по племенному учету возложена на районные и межрайонные станции по племенной работе. В каждом хозяйстве, в котором проводится бонитировка скота, ведутся три формы зоотехнического учета: журнал выращивания молодняка, журнал осеменения и отелов и журнал контрольных удоев. Из этих журналов данные переносятся селекционерами хозяйств в карточки племенных коров.

Индивидуальная карточка, разработанная нами, приспособлена для обработки данных на счетных машинах и отвечает современным требованиям племенного дела. В нее можно заполнять сведения как по молодняку, так и по коровам. Для облегчения работы по этой форме сведения на животных заполняются от рождения и до выбытия. Такая карточка — единый документ как для ведения племенного учета в хозяйстве, так и для обработки данных на счетных машинах. В этих карточках проставляют сведения о происхождении, воспроизводстве, продуктивности

по месяцам, о живом весе и экстерьерной оценке коров на 2—5-ом месяцах после отела и другие сведения.

Согласно установленному графику, каждое хозяйство периодически в течение года привозит на станцию по племенной работе карточки на коров с законченными лактациями. На племстанции проверяется правильность заполненных данных по каждому хозяйству. После проставления шифров по породам, поколениям, генеалогическим линиям и классам зоотехник племстанции передает картотеку в районную или городскую счетную станцию ЦСУ.

На счетной станции сначала подсчитываются данные о продуктивности коров за последнюю лактацию. Затем данные по законченной лактации и другие сведения из карточек переносятся на перфокарты, после чего картотека возвращается обратно в хозяйство для дальнейшего заполнения.

Перфокарты, накопленные в течение года по результатам периодической перфорации данных по коровам с законченными лактациями, в октябре обрабатываются на машинах для составления по каждому хозяйству бонитировочных ведомостей, сводных ведомостей по бонитировке, результатов оценки быков по продуктивности дочерей и других материалов по племенной работе.

Картотека с данными по бонитировке молодняка передается на счетную станцию в сентябре. После переноса показателей на перфокарты, карточки возвращаются в хозяйство. В октябре по перфокартам счетные станции составляют материалы по бонитировке молодняка.

Таким образом, зоотехники-селекционеры хозяйств освобождаются от подсчета продуктивности коров по лактациям, от составления материалов по бонитировке скота, оценке быков по качеству потомства и ряда других материалов, от которых зависит успех племенной работы. Селекционеры только регулярно и аккуратно заполняют необходимые сведения в картотеку и своевременно представляют ее на счетную станцию.

Сводные материалы по бонитировке скота и оценке быков по качеству потомства в целом по хозяйствам зоны деятельности районных или межрайонных станций по племенной работе составляются в октябре на счетных машинах по итоговым перфокартам, полученным автоматически с помощью итогового перфоратора по каждому хозяйству.

Районная станция по племенной работе передает областной племстанции сводные материалы по району и итоговые перфокарты на них. По этим перфокартам областная племстанция на одной из районных (городских) счетных станциях или на областном сельскохозяйственном вычислительном центре составляет сводные материалы по области. Материалы по бонитировке скота и оценке быков размножаются на ротопринте и рассыпаются по области.

Аналогичным образом можно получить сводные материалы по бонитировке скота республики, если в вычислительный центр Министерства сельского хозяйства передать итоговые перфокарты, автоматически отперфорированные в областных вычислительных центрах при составлении сводных материалов по области.

В 1967 году система сбора и обработки данных племенного учета была одобрена Ленинградским областным управлением. Программы для составления сводных материалов по бонитировке скота и оценки быков переданы Областному статуправлению для широкого использования на районных машинносчетных станциях ЦСУ СССР. По этому проекту на Ломоносовской, Выборгской и Кингисеппской районных счетных станциях, а также на счетной станции ВИРГЖа и Ленинградского сельхозинститута были обработаны результаты бонитировки скота и оценки быков по 65 хозяйствам в 1968 г., по 77 хозяйствам в 1969 году, по 108 хозяйствам в 1970 году и по 120 хозяйствам в 1970 году.

В 1964 и 1969 гг. этот проект был одобрен на научно-технических Советах Министерства с/х СССР. В 1969 году составленные нами методические указания были разосланы Министерством с/х на областные племстанции и районные машинносчетные станции ЦСУ СССР. Начиная с 1970—1971 гг. по этой методике начали вести обработку данных племенного учета в Свердловской, Вологодской, Смоленской и других областях РСФСР.

Методика сбора и обработки данных по искусственному осеменению. Аналогичная методика разработана для сбора и обработки данных по искусственному осеменению скота. Согласно этой методике станции по искусственному осеменению в конце каждого месяца передают РМСС ордера на отправку семени быков, в которых зарегистрированы показатели о качестве спермопродукции каждого быка, а также результаты осеменения коров этим семенем. Кроме этого на счетные станции в конце года передаются журналы по использованию быков на станциях по искусственному осеменению, а в начале каждого года — журналы учета осеменения и отелов крупного рогатого скота за предшествующий год.

На счетных станциях данные переносятся на перфокарты, после чего первичная документация возвращается в хозяйства и на станции искусственного осеменения. Методика обработки данных позволяет ежемесячно, а также за квартал и в целом за год, проводить систематический всесторонний контроль за ходом искусственного осеменения и своевременно устранять обнаруженные недостатки.

В течение 1967—1971 гг. методика проверена на практике Детскосельской, Лесновской и Торосовской станциях искусственного осеменения.

Методика обработки данных на ЭВМ. В последние годы широкое распространение получили более совершенные электронные вычислительные машины (ЭВМ). Учитывая, что будущее принадлежит большим ЭВМ, в течение 1968—1971 гг. нами разработана и проверена на практике методика обработки данных племенного учета на электронных вычислительных машинах.

Методика обработки данных племенного учета на ЭВМ сводится к следующему. Так же, как и при использовании счетно-перфорационных машин, в качестве источника информации по племенному учету используются карточки коров колхозов и совхозов, временно присыпаемых в вычислительный центр. В вычислительном центре на перфоленту переносятся шифр хозяйства, инвентарный номер и кличка животного, порода, поколение, дата рождения, сведения о матери, об отце и о наивысшей лактации, дата отела и запуска, живой вес и экстерьерная оценка, удой и содержание жира в молоке за каждый месяц последней законченной лактации.

Когда информация по всем коровам полностью перенесена на перфоленты, составляются материалы бонитировки по каждому хозяйству и в целом по району. Сначала в машину вводится несколько программ, которые обеспечивают: 1) подсчет продуктивности коров за всю лактацию и за первые 300 дней; 2) определение классной оценки коровы по введенным в машину постоянным параметрам (требованиям для классной оценки) по удою, проценту жира, живому весу и балльной оценке экстерьера; 3) составление бонитировочных ведомости и всех таблиц сводной ведомости; 4) оценку быков по качеству потомства.

Затем в машину вводится информация. Сведения о происхождении, данные о наивысшей лактации, итоговые показатели о продуктивности коров за законченную лактацию, подсчитанные машиной, и другие сведения переносятся во внешнюю память машины, то есть записываются на магнитную ленту. На бумажной ленте машина печатает сначала бонитировочные ведомости, а затем таблицы сводной ведомости и данные об оценке быков по качеству потомства.

Согласно методике, сводные материалы по области или республике составляются с помощью итоговых магнитных лент, автоматически полученных соответственно в районных или областных вычислительных центрах.

По этой методике в вычислительном центре института Строительного машиностроения (г. Гатчина) составлен комплекс программ для ЭВМ Минск-22. В течение 1968—1971 гг. по этой программе в вычислительных центрах Ленинградского сельскохозяйственного института и института Строительного машиностроения обрабатывались данные племенного учета хозяйств Гатчинского и Тосненского районов. В отличие от перфорационных машин ЭВМ обладает высокой производительностью, а также печатает удобные для пользования бонитировочные ведо-

ности и табличные материалы по бонитировке скота и оценке быков.

В ближайшие 5—10 лет областная информационно-вычислительная система по племенной работе будет совершенствоваться в следующем направлении. В соответствии с постановлением Совета Министров СССР от 29/VIII-1969 г. и решением Исполкома Ленинградского областного Совета депутатов трудящихся от 22/VII-70 г. в 1971 г. организован областной сельскохозяйственный информационно-вычислительный центр и на его базе в настоящее время создается комплексная информационно-вычислительная система управления сельским хозяйством области, в состав которой входит и подсистема по племенной работе.

В этой системе основным источником передачи информации будут информационно-диспетчерские пункты, установленные в каждом хозяйстве. Предусматривается, что из диспетчерских пунктов информация будет поступать в вычислительный центр по телеграфной связи. В связи с этим значительно упростится способ передачи данных племенного учета в вычислительный центр. В памяти машины на магнитной ленте будет храниться информация по каждому животному за предшествующие годы, включая и сведения о происхождении. Ежегодно к этим данным будут добавляться сведения по продуктивности и воспроизводительной службе за истекший год путем передачи информации из хозяйств по телеграфу. Это позволит значительно снизить затраты по подготовке и вводу информации в ЭВМ. В дальнейшем, когда будут созданы возможности браковать коров по типу их продуктивности, по телеграфу будет передаваться ежемесячная информация по каждому животному, что позволит на ЭВМ экстраполировать ожидаемую продуктивность коров по данным за первые месяцы лактации.

Таким образом, при разработке методов использования счетных машин в племенной работе нами использовался системный подход: 1) автоматизированное получение необходимых материалов во всей иерархической системе управления племенной службы (хозяйство, район, область, республика); 2) комплексный анализ результатов племенной работы (начиная от анализа результатов бонитировки скота и кончая составлением сложных селекционных индексов и разработкой прогноза селекции); 3) создание комплекса взаимосогласованных программ, способствующих из одного, первоначально составленного технического носителя информации (перфокарта, перфолента, магнитная лента), осуществить поэтапный цикл автоматизированного выполнения всех необходимых вычислительных работ.

Такой подход позволил разработать наиболее экономически выгодную методику использования счетных машин в племенной работе. Стоимость обработки данных племенного учета по одной корове на перфорационных машинах составляет 10—15 коп., а на ЭВМ 15—20 коп. в год. При этом снижаются затраты труда

и средств на ведение племенного учета и обработку данных в 15—20 раз. По широко распространенной в зарубежных странах системе интернациональной корпорации деловых машин (IBM), обработка данных по одной корове составляет 3—5 руб. в год.

Информационно-вычислительная система по крупномасштабной селекции

В условиях широкого применения искусственного осеменения основным методом дальнейшего совершенствования отдельных пород скота является крупномасштабная селекция. Особенно большое значение будет иметь этот метод в ближайшее время, когда широкое распространение получит глубокое замораживание семени в жидким азоте. При этом масштабы использования отдельных производителей выйдут далеко за пределы отдельных районов и областей. В связи с этим осуществлять крупномасштабную селекцию с широко распространенными породами такими, как симментальская, черно-пестрая, красная степная и другими практически невозможно будет без применения автоматизированных систем управления. Для этого необходимо будет в ближайшее время организовать селекционно-генетические центры с вычислительными центрами при них, укомплектованных электронной вычислительной техникой и автоматическими средствами сбора и передачи информации. Селекционно-генетические центры будут общаться с областными сельскохозяйственными центрами с помощью телеграфной связи.

Лаборатория счетных машин ВНИИ разведения и генетики сельскохозяйственных животных в настоящее время выполняет функции зонального вычислительного центра по племенной работе.

Институт (М. М. Лебедев, А. И. Бич, Х. И. Старостина и др.) осуществляет руководство племенной работой с черно-пестрым скотом. Ежегодно по почте в адрес института поступает информация из различных областей РСФСР, а также из Эстонской ССР, Литовской ССР и Белорусской ССР.

В течение нескольких лет в лаборатории счетных машин института на 700 тыс. перфокартах накоплена информация данных племенного учета по 250 тыс. головам черно-пестрого скота, оценены по качеству потомства 2,5 тыс. быков-производителей, проанализированы данные по 3800 быкам черно-пестрой породы, принадлежащих станциям искусственного осеменения, проведен генетико-математический анализ результатов племенной работы с черно-пестрым скотом в 47 ведущих стадах СССР. Эти материалы использовались сотрудниками ВНИИ разведения и генетики сельскохозяйственных животных совместно с Советом по породе при составлении плана племенной работы с породой.

Другим зональным вычислительным центром в СССР является вычислительная лаборатория ВИЖа, которая анализирует

материалы племенного учета по симментальской и другим породам скота.

В следующих разделах автореферата (II, III и IV) приводятся результаты исследований по разработке методов повышения эффективности селекции при использовании счетных машин и генетико-математических методов в информационно-вычислительной системе.

II. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАССОВОГО ОТБОРА МОЛОЧНОГО СКОТА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГЕНЕТИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

В отличие от зарубежных стран, в которых структура пород состоит из мелких фермерских хозяйств, наше отечественное животноводство представлено крупными колхозно-совхозными стадами. В связи с этим в нашей стране представляются богатые возможности для изучения селекционно-генетических параметров как в пределах отдельных стад, так и по всей породной популяции. Это позволяет также глубже изучать динамику селекционно-генетических параметров по породе в связи с различным влиянием генетических и паратипических факторов, а также в связи с применением различных методов племенной работы в отдельных стадах. Все это требует новых методических подходов к изучению селекционно-генетических параметров и к разработке методов их практического использования в селекции.

Изучение селекционно-генетических параметров в пределах породной популяции и ее структурных единиц, а также разработка методов их эффективного использования в селекции молочного скота, осуществлялась нами на примере черно-пестрой породы. Для этого использовались данные племенного учета за период с 1965 по 1970 гг. по 47 ведущим племенным стадам Сибири, Урала и Европейской части СССР. По ведущим племенным заводам таким, как «Лесное», «Петровский», опытная станция «Вяндра» ЭССР и другим материалы племенного учета анализировались в динамике за последние 20 лет. Уровень кормления в анализируемых стадах в основном отвечает зоотехническим требованиям. Расход кормов на фуражную корову по отдельным стадам колеблется в пределах 4000—4500 кормовых единиц.

Материалы племенного учета обрабатывались на счетных машинах совместно с аспирантами В. П. Поповым, М. Р. Федоровой и Л. П. Шульгой. Данные по белковомолочности племенных хозяйств Литовской ССР анализировались совместно с главным специалистом Министерства сельского хозяйства республики М. В. Юсайтисом.

Методика генетико-математического анализа данных племенного учета на ЭВМ

Как известно, биометрия связана с обилием статистических формул и необходимостью огромной вычислительной работы. Из-за этих трудностей биометрические методы не нашли широкого распространения в селекционной практике. Эта задача с большим успехом решается с помощью счетных машин. При этом все биометрические показатели, независимо от числа наблюдений, можно вычислить по единым формулам, используя для этого метод «малой выборки».

Используя общепринятые методики (Н. А. Плохинский, 1961, 1970; Д. Снедекор, 1961; П. Ф. Рокицкий, 1964, 1967; Е. К. Меркульева, 1964), нами составлены алгоритмы для корреляционного и дисперсионного анализов, по которым разработаны программы для ЭВМ Минск-22 и Наури-С, а также для перфорационных машин, в комплекте которых имеются электронные вычислители.

Программы биометрической обработки данных рассчитаны на использование перфокарт, перфолент и магнитных лент, составленных для бонитировки скота. То есть при математической обработке данных как на ЭВМ, так и на перфорационных машинах, никаких дополнительных затрат по вводу информации не производится. Это обстоятельство очень важно, так как при обработке данных племенного учета 80—90% всех затрат приходится на подготовку и ввод информации. Совместно с программистами вычислительного центра Ленинградского статуправления для ЭВМ Минск-22 разработана также программа для составления уравнения множественной регрессии методом наименьших квадратов (метод линейного программирования). Программы составлены таким образом, чтобы можно было получить все необходимые биометрические константы как по популяции в целом, так и по ее составным частям. Это дает возможность проводить сравнительную селекционно-генетическую характеристику отдельных групп скота, а также оценивать препотентность производителей.

Фенотипическая изменчивость хозяйственно-полезных признаков

Результаты анализа массовых данных по черно-пестрому скоту показали (табл. 1), что фенотипическая изменчивость породной популяции по основным показателям продуктивности находится в следующих пределах: удой 21,6%, количество молочного жира 24,6%, живой вес 10,8%, содержание жира в молоке 6,6% и содержание белка в молоке 6,3%.

Установлено, что увеличение уровня кормления скота способствует более полному проявлению генотипа животных, в результате чего общая фенотипическая изменчивость удоя

Таблица 1
Фенотипическая изменчивость продуктивности черно-пестрого скота
по первой лактации

Название показателей	Количество стад	Количество коров	Среднее значение телей	Среднее квадратическое отклонение	Коэффициент изменчивости (%)	
					среднеколебание по стадам	средние данные
Удой — (кг)	47	13093	3150	680	15,8—34	21,6
Молочный жир (кг)	12	2118	120	27,3	20,8—29,6	24,6
Живой вес (кг)	34	10349	494	52,1	5,1—14,5	10,8
Содержание жира в молоке %	47	13093	3,70	0,25	3,6—12,4	6,6
Содержание белка в молоке %	12	1072	3,40	0,21	4,1—11,3	6,3

увеличивается за счет увеличения генотипического разнообразия (табл. 2). Однородный отбор и подбор в течение ряда поколений сужает границы изменчивости, а межпородное скрещивание,

Таблица 2
Фенотипическая и генотипическая изменчивость удоя в различных стадах

Название хозяйств	Удой по 1 лактации	C_v	h^2
«Нестеровский» Калининградской обл.	2506	17,7	0,19
«Шешупе» Литовской ССР	2800	20,0	0,16
«Ленинск-Кузнецкий» Кемеровской обл.	2804	34,9	0,40
«Шиловский» Свердловской обл.	3222	25,7	0,17
«Вяндра» Эстонской ССР	3303	18,0	0,08
«Байсогала» Литовской ССР	3514	20,7	0,15
«Черновский» Челябинской обл.	3781	23,0	0,19
«Молочное» Вологодской обл.	3919	18,8	0,08
«Исток» Свердловской обл.	3959	25,8	0,10
«Лесное» Ленинградской обл.	4039	16,8	0,07

а также разнородный подбор увеличивают изменчивость признаков. Например, если в племенном заводе «Лесное» в течение последних 20 лет изменчивость удоя снизилась от 21% до 16,8%, а содержание жира в молоке от 8,1% до 5,1%, то в племзаводе «Ленинск-Кузнецкий», в результате разведения помесей, полученных от скрещивания местного сибирского скота с черно-пест-

Таблица 3

Корреляционная связь между хозяйствственно-полезными признаками

Коррелируемые признаки	Коэффициенты корреляции по первой лактации	
	колебания по стадам	среднее по породе
Удой — процент жира	от -0,41 до +0,57	-0,12
Удой — (кг) жира	от +0,94 до +0,98	0,95
Удой — процент белка	от -0,38 до +0,21	-0,18
Удой — живой вес	от -0,19 до +0,51	0,16
Процент жира — процент белка	от +0,14 до +0,57	0,30
Удой — возраст при первом отеле	от -0,18 до +0,39	0,10

Таблица 4

Фенотипическая корреляция между удоем и содержанием жира в молоке по отдельным стадам

Название хозяйств	Продуктивность по первой лактации		<i>r</i>
	удой	% жира	
«Вяндра» Эстонской ССР	3303	4,13	-0,29
Экспериментальное хозяйство института земледелия Литовской ССР	3543	4,01	-0,21
9-й Пермский конзавод	4300	3,99	-0,22
«Победа» Литовской ССР	3238	3,95	-0,22
«Бородулинский» Свердловской обл.	3660	3,94	-0,41
Экспериментальное хозяйство ветеринарной академии Литовской ССР	3582	3,92	+0,57
им. Свердлова Свердловской обл.	3411	3,92	-0,34
«Раздолье» Ленинградской обл.	3478	3,58	-0,02
18-й Псковский конзавод	3734	3,56	+0,26
«Холмогорка» Московской обл.	3374	3,54	+0,10
«Ленинский путь» Ленинградской обл.	3027	3,41	-0,02

от -0,2 до -0,3. В стадах с содержанием жира в молоке 3,4—3,6% коэффициент корреляции ниже и составляет в среднем -0,05.

Всесторонне изучены факторы, влияющие на проявление отрицательной корреляции между удоем и содержанием жира

рыми быками, изменчивость удоя составляет 34,9%, а содержания жира в молоке 12,4%.

В целом в популяции уральского и сибирского отродий черно-пестрого скота изменчивость удоя, содержания жира в молоке и живого веса несколько выше, чем в популяции черно-пестрого скота Европейской части СССР. Объясняется это тем, что уральский и сибирский скот являются менее отселекционированными популяциями черно-пестрого скота.

По 15 тыс. коровам, записанным в 20 томах госплемкниги по черно-пестрому скоту, а также по картотеке 3800 быков, используемых в настоящее время на станциях искусственного осеменения РСФСР, Эстонской и Литовской ССР изучены закономерности фенотипической изменчивости экстерьерных признаков животных. Фенотипическая изменчивость основных экстерьерных промеров по отдельным отродьям колеблется в следующих пределах: высота в холке 2,8—5,3%, ширина груди—5,3—10%, ширина в маклоках 4,8—8,1%, косая длина туловища 3,2—5,7%, обхват груди 3,1—5,4% и обхват пясти 3,9—17%.

Изучено также влияние возраста животных на изменчивость селекционируемых признаков, установлена зависимость селекционного дифференциала от степени изменчивости признаков, выявлены причины различий между стадами и отродьями по степени изменчивости признаков, изучена динамика степени изменчивости признаков в процессе смены поколений и в зависимости от направления и интенсивности отбора и т. д.

Корреляционная связь между хозяйственно-полезными признаками

Корреляция между удоем и содержанием жира в молоке. В молочном животноводстве наибольшее значение представляет изучение корреляции между удоем и содержанием жира в молоке. В целом по 47 стадам черно-пестрой породы коэффициент корреляции между этими признаками составляет -0,12 (табл. 3).

По отдельным стадам (табл. 4) наблюдаются значительные различия как по величине, так и по характеру связи между удоем и содержанием жира в молоке: от +0,57 (экспериментальное хозяйство Литовской ветакадемии) до -0,41 (племенной совхоз «Бородулинский» Свердловской области). При этом установлена следующая закономерность: в стадах с высокой жирномолочностью отрицательная корреляция между удоем и содержанием жира в молоке, за некоторым исключением, проявляется в большей степени. Так, в хозяйствах «Вяндра», 9-й Пермский конзавод, «Лесное», им. Свердлова, «Победа» Литовской ССР, Литовского института земледелия, Вильнюсский конзавод и др., у которых жирномолочность коров составляет 3,8—4,1%, корреляция между этими признаками колеблется

в молоке. При этом установлено, что основной причиной увеличения отрицательной корреляции между удоем и содержанием жира в молоке является предпочтительный отбор по одному из этих признаков.

Установлено, что с помощью отбора и подбора можно изменять корреляцию между этими признаками в желаемом направлении для селекции. На примере племенных заводов «Лесное», «Молочное», «Петровское», «Омский» и ряда других установлено, что маточные семейства, а также семейства дочерей быков имеют различный уровень и характер корреляции между удоем и содержанием жира в молоке (табл. 13).

Особенно важное значение имеет изучение генетических корреляций между удоем и содержанием жира в молоке, так как это дает возможность правильнее планировать отбор и подбор. Используя методику Хейзеля (1943), а также метод ковариантного анализа (Д. Снедекор, 1961), мы изучали в какой степени отбор скота по одному признаку изменяет другой. Например, по результатам селекционной работы в племенном совхозе «Торосово» установлено, что в результате интенсивного отбора по содержанию жира в молоке и ростом этого показателя в течение трех поколений с 3,35% до 3,71%, в этом стаде наблюдается резкое увеличение генетической корреляции от -0,42% до -0,90 (табл. 5). В то же время, в племзаводе «Лесное» в результате комплексного отбора по удою и содержанию жира в молоке генетическая корреляция снизилась от -0,5 до +0,16 при одновременном повышении удоя на +802 кг молока и содержания жира в молоке на +0,4%.

Таблица 5

Динамика генетической корреляции между удоем и содержанием жира в молоке в совхозе «Торосово»

Периоды (годы)	Сравниваемые пары	Продуктивность по 1-й лактации		Генетическая корреляция
		удой (кг)	жир (%)	
1959—1962	матери	3996	3,36	-0,42
	дочери	3870	3,35	
1963—1966	матери	3807	3,36	-0,91
	дочери	3543	3,52	
1967—1970	матери	3544	3,58	-0,90
	дочери	3472	3,71	

По данным племзавода «Лесное» на ЭВМ моделировался односторонний отбор скота в течение трех поколений. Сравнивая плюс и минус варианты отбора установлено, что в течение трех

поколений можно добиться генетического повышения или снижения продуктивности коров: по удою на ± 339 кг молока, а по содержанию жира в молоке на $\pm 0,15\%$.

Корреляция между удоем и белком молока. По материалам 9 хозяйств Литовской ССР, а также племенных заводов «Лесное» и «Петровский» Ленинградской области (по данным лаборатории протеиномолочности ВИРГЖ) установлено, что отрицательная связь между удоем и белком молока в два раза выше корреляции между удоем и содержанием жира в молоке (соответственно -0,18 и -0,05). Между жиром и белком молока корреляция составляет в среднем +0,3.

Анализ эффективности отбора молочного скота по удою, содержанию жира и белка в молоке показал, что односторонний отбор коров по белку приводит к значительному снижению удоя и что наиболее эффективным средством увеличения общего количества белка является селекция скота по удою. К такому выводу пришли и другие исследователи (И. Леншев и Е. Шуллер, 1960; Ван Флек, 1969; В. Суханек, 1969; О. Венке и К. Кристенсен, 1969).

По-видимому, задачу массового улучшения черно-пестрого скота с учетом белковомолочности необходимо решать в основном за счет отбора быков от коров, имеющих наиболее удачное сочетание высокого удоя, содержания жира и белка в молоке, а также за счет отбора лучших быков по результатам проверки их качества потомства по комплексу признаков.

Корреляция между удоем и живым весом. В целом по племенным стадам корреляционная связь между удоем и живым весом коров-первотелок составляет +0,16 с колебаниями по отдельным стадам от -0,19 в племенном совхозе Тимирязевский Калининградской области до +0,52 в племзаводе «Ленинск-Кузнецкий» Кемеровской области. Причем в стадах, имеющих уровень молочной продуктивности по 1-й лактации 2 600—3 000 кг молока, положительная связь между удоем и живым весом коров проявляется в большей степени ($r=+0,29$). В стадах с более высоким уровнем молочной продуктивности, связь между этими признаками проявляется в меньшей степени.

Зависимость между удоем и живым весом имеет криволинейный характер. Корреляционное отношение, как критерий криволинейности составляет 0,28. Оптимальный класс по живому весу в целом по племенным стадам колеблется в пределах 550—600 кг. В этом классе удачно сочетаются высокий удой и выход молока на 100 кг живого веса.

В целом по племенным стадам увеличение живого веса на 100 кг первотелок способствует увеличению удоя на 200—300 кг. Поэтому нет оснований бояться снижения удоя коров в связи с повышением их живого веса. Если учитывать, что средний живой вес 176,9 тыс. черно-пестрых коров, бонитируемых в ведущих областях РСФСР, по первому отелу составляет всего лишь

395 кг, то достижение оптимального живого веса должно быть одной из основных задач селекции.

Корреляционная зависимость между удоем и основными промерами телосложения. Изучение корреляционных связей показало, что увеличение основных промеров экстерьера скота, приводит к повышению живого веса и небольшому росту удоя коров. Установлена высокая зависимость живого веса от следующих промеров: обхвата груди за лопатками ($r=0,68$), высоты в холке ($r=0,48$), ширины в маклоках ($r=0,45$) и косой длины зада ($r=0,44$). Между удоем и промерами установлены следующие коэффициенты корреляции: по обхвату груди 0,26, ширине в маклоках 0,16 и косой длине туловища 0,17. В стадах с высоким уровнем продуктивности как по удою, так и по живому весу, эти связи проявляются в большей степени.

Анализ показал, что коровы черно-пестрой породы, имеющие оптимальное сочетание живого веса (550 кг) и удоя (4000 и более кг молока), имеют следующие промеры: высота в холке 125—130 см, косая длина туловища 155—160 см, обхват груди за лопатками 190—195 см и ширина в маклоках 50—55 см. Взаимосвязь суммарного балла за экстерьер с удоем проявляется четко лишь в стадах с высокой продуктивностью.

Возможности отбора молочного скота по комплексу признаков. В племенных стадах черно-пестрой породы величина селекционного дифференциала колеблется в следующих пределах: по удою 500—600 кг молока и по содержанию жира в молоке 0,15—0,18%. Комплексный отбор скота, с учетом содержания белка в молоке, оплаты корма, скорости молокоотдачи, мясных качеств и других признаков, приводит к значительному снижению селекционного дифференциала основных показателей продуктивности. Несколько легче решается задача отбора скота по таким признакам как живой вес, телосложение, скорость молокоотдачи, т. к. эти признаки имеют хотя незначительную, но все же положительную связь с молочной продуктивностью.

На примере племенного завода «Лесное» и «Петровский», племенных хозяйств «Деткосельский», «Раздолье» и других хозяйств анализировались различные модели отбора молочного скота с использованием генетических корреляций. При этом установлено, что наиболее эффективным является отбор, направленный на повышение удоя как основного селекционируемого признака при одновременном сохранении содержания жира и белка в молоке на уровне стандарта по породе. Такой отбор обеспечивает оптимальный прирост общего выхода как молочного жира, так и белка.

Наследуемость селекционных признаков

Сравнительная оценка различных методов вычисления наследуемости признаков. В популяционной генетике наиболееши-

рокое распространение получили методы вычисления коэффициентов наследуемости, основанные на измерении прямолинейной корреляции или регрессии между родственниками и методы, основанные на измерении факториальной дисперсии наследственных влияний (Райт, 1923; И. Иоганссон, 1963, 1970; Н. А. Плохинский, 1964; З. С. Никоро, 1966, 1968 и др.).

Сравнение коэффициентов наследуемости, рассчитанных разными методами на примере отдельных стад, выявило резкие различия в абсолютном их значении (таблица 6).

Таблица 6

Коэффициенты наследуемости по жирномолочности, вычисленные разными методами

Хозяйство	$h^2 = \frac{2r_{D/M}}{2R_{D/M}}$	$h^2 = \frac{2R_{D/M}}{2r_{D/M}}$	$h^2 = 4r_{n/c}$ (внутри- классовая корреляция по полу- сестрам)	$h^2 = \frac{C_x}{C_y}$	
	по классам продуктив- ности матерей	по отцам			
«Лесное» Ленинградской обл.	0,50	0,46	1,04	0,11	0,11
«Петровский» « »	0,22	0,24	0,22	0,06	0,08
«Торосово» « »	0,05	0,02	0,77	0,03	0,08
«Ленинский путь» « »	0,13	0,10	0,74	0,02	0,05
«Петровское» Московской обл.	0,40	0,58	0,78	0,05	0,21
«Тимирязевский» Калининградской обл.	0,00	0,00	0,94	0,05	0,25
«Ленинск-Кузнецкий» Кемеровской обл.	0,28	0,30	1,52	0,10	0,43

Всесторонний анализ показал, что методы вычисления коэффициентов наследуемости, основанные на удвоении корреляции (регрессии) между родственниками или учетверении корреляции (регрессии) между полусибсами, не точно отражают степень наследуемости признаков в пределах отдельных стад. Анализ показал, что такая методика эффективна только в приложении к большим популяциям. В пределах отдельных стад, когда 500 и более коров стада являются дочерьми 10—15 быков, в группах полусестер не всегда проявляется аддитивный характер наследуемости селекционируемого признака. Преобладание унаследования большей части признаков одного из родителей П. Н. Кулешов (1937) считал скорее правилом, чем исключением. Однако, даже при аддитивном характере наследования

признаков, в силу более интенсивного отбора производителей, доля влияния наследственности матерей и отцов всегда будет не одинаковой.

Эта особенность четко проявляется при изучении совокупного воздействия племенной ценности предков на фенотип селекционируемого признака потомков. Частная регрессия фенотипа коров на фенотип их отцов в два-три раза выше регрессии на фенотип матерей. Например, в популяциях племенных заводов частная регрессия на жирномолочность дочерей отцов составляет 0,4—0,5.⁶ Поэтому коэффициенты наследуемости, полученные путем удвоения корреляции «дочери-матери», не точно отражают степень наследуемости признаков, что снижает их теоретическое и практическое значение. Корреляцию (регрессию) «дочери-матери» без ее удвоения необходимо использовать для измерения степени фенотипического сходства между родственниками.

В отличие от корреляции дисперсионный анализ имеет большое преимущество, так как он позволяет всю сумму влияний, определяющих фенотипическое разнообразие признаков, разделить на генотипические и патотипические факторы. Практическая проверка на примере 34 племенных хозяйств по черно-пестрой породе показала, что с помощью дисперсионного анализа достаточно точно можно выявлять степень генотипического разнообразия стад в зависимости от племенной ценности используемых производителей. Однако использование дисперсионного анализа для выявления степени генотипического разнообразия популяций в зависимости от уровня продуктивности матерей коров не эффективно. Коэффициенты наследуемости, вычисленные таким методом, в большинстве случаев приближаются к квадрату коэффициента корреляции «дочери-матери» и поэтому по своей абсолютной величине очень незначительные (табл. 6). Как известно, при отсутствии криволинейности связи парная корреляция равна корреляционному отношению

$$r = \sqrt{\frac{C_x}{C_y}}, \text{ отсюда и } r^2 = \frac{C_x}{C_y}. \text{ Проверка этого метода}$$

при вычислении ожидаемого эффекта селекции показала, что он занижает степень наследуемости признаков.

Практическая проверка различных методов вычисления коэффициентов наследуемости показала, что наследуемость селекционных признаков в пределах конкретных стад необходимо изучать в отдельности со стороны матерей и отцов и что наиболее эффективными биометрическими методами для этого являются корреляция (регрессия) «дочери-матери» и однофакторный дисперсионный комплекс по отцам. Поскольку генотипическая изменчивость одновременно характеризует и степень наследования селекционных признаков в популяции (Н. А. Плюхинский, 1968; И. Иоганссон и др., 1970), поэтому можно счи-

тать, что генотипическое разнообразие популяции в зависимости от племенной ценности производителей, характеризует степень наследования признаков со стороны отцов, а парная корреляция (регрессия) между показателями дочерей и матерей — степень наследования признаков со стороны матерей.

Зависимость показателей наследуемости от некоторых факторов. Показатель наследуемости не является постоянной величиной. Он характеризует только конкретную популяцию и в конкретных условиях. Например, в племенном совхозе «Торосово» на протяжении 10 лет степень генотипического разнообразия производителей находится в постоянной динамике (табл. 7).

Таблица 7
Динамика изменения степени генотипического разнообразия
в совхозе «Торосово»

Периоды (годы)	Продуктивность коров по 1-й лактации		Коэффициенты генотипи- ческого разнообразия	
	удой	% жира	по удою	по % жира
1957—1959	3932	3,32	0,17	0,04
1960—1962	3692	3,44	0,18	0,29
1963—1964	3516	3,53	0,07	0,10
1965—1966	3400	3,55	0,08	0,06

До 1960 г. в этом стаде использовались в основном остфризские производители, препотентные по удою и нейтральные по содержанию жира в молоке. После того, как в стадо были завезены производители из Голландии и Эстонской ССР, препотентные по содержанию жира в молоке, одновременное использование завезенных и местных производителей привело к резкому увеличению степени генотипического разнообразия по жирномолочности ($h^2=0,29$). Однако в последующие годы (1963—1966 гг.) остфризские быки были выбракованы и в стаде использовались только завезенные генетически однородные быки, поэтому снизился коэффициент наследуемости как по содержанию жира в молоке (0,06), так и по удою (0,08). В зависимости от применяемых методов племенной работы, находится и степень фенотипического сходства между дочерьми и матерями.

Влияние методов племенной работы на динамику наследуемости по отцам и по матерям изучено и по другим стадам. Изучено также влияние возраста, уровня кормления и содержания, а также ряда других факторов на изменение коэффициентов наследуемости. Всесторонне изучены также факторы,

влияющие на достоверность оценки степени наследуемости признаков.

Использование показателей наследуемости для прогноза эффекта селекции. Применение коэффициентов наследуемости, полученных различными методами, для вычисления прогноза эффекта селекции показало, что коэффициенты наследуемости, полученные отдельно по матерям и отцам, приближают теоретический и фактический эффект селекции.

С помощью коэффициентов наследуемости, вычисленных отдельно по матерям и отцам, по племенным стадам черно-пестрой породы рассчитан прогноз результатов селекции. Расчеты показывают, что в ближайшие десять лет отбор только маточного поголовья обеспечит генетическое улучшение скота по удою на 200—300 кг молока и по содержанию жира в молоке на +0,1%. Чтобы повысить эффективность селекции, следует улучшить кормление, и наряду с более тщательным подбором, увеличить требования к отбору быков для станций искусственного осеменения.

Изучены темпы генетического улучшения стада в зависимости от интенсивности отбора, величины селекционного дифференциала, степени наследуемости признаков и других факторов.

Характеристика наследуемости хозяйственно-полезных признаков черно-пестрого скота. При определении степени фенотипического сходства между матерями и дочерьми установлено, что большинство племенных стад представляют собой недостаточно отселекционированные группы скота. В среднем по племенным стадам корреляция «дочери-матери» имеет следующую величину: по удою 0,13, по содержанию жира в молоке 0,13 (табл. 8). Исключением являются племенные заводы «Лесное», «Омский», «Петровское», 9-й Пермский конзавод, «Вяндра» и другие, в которых в течение ряда поколений применяется однородный отбор и подбор с применением родственного спаривания.

При характеристике степени генетического разнообразия популяций по отцам выявлено, что этот параметр по всем хозяйственно-полезным признакам во многом зависит от генетической разнородности производителей. Особенно четко эта закономерность проявляется в стадах Сибири и Урала, так как эти популяции, как мы уже отмечали, являются менее отселекционированными (табл. 2). Установлена и другая закономерность: степень генетического разнообразия удоя по отцам в связи с увеличением уровня продуктивности коров в стадах заметно уменьшается. Если в стадах с уровнем продуктивности по 1-й лактации до 3000 кг молока генетическое разнообразие удоя составляет 0,15—0,20, то в хозяйствах с удоем 3000—4000 кг молока — только 0,07—0,10. Эта закономерность является результатом не одинаковой интенсивности отбора и различ-

ной степени влияния генотипа производителей на качество потомства.

Хотя по белку селекция в анализируемых стадах не ведется, степень генетического разнообразия этого признака находится на уровне генетического разнообразия жирномолочности (табл. 8). Степень наследуемости живого веса сравнительно высокая. Следовательно, по этому признаку можно осуществлять эффективную селекцию.

Таблица 8
Наследуемость хозяйственно-полезных признаков черно-пестрого скота

Признаки	Фенотипическое сходство дочери-матери			$h^2 = 2r_d/m$	Генетическое разнообразие по отцам		
	количество пар дочери-матери	колебание коэффициента корреляции по стадам	средне-известный показатель		количество поголовья	колебание коэффициента по стадам	средне-известный показатель
Удой	5460 (28 стад)	0—0,34	0,13	0,26	10349 (34 стада)	0—0,40	0,14
% жира в молоке	5460 (28 стад)	0—0,47	0,13	0,26	10349 (34 стада)	0,02—0,43	0,137
% белка в молоке					1035 (11 стад)	0,01—0,69	0,18
кг молочно-го жира	1155 (9 стад)	0—0,32	0,04	0,08	4960 (20 стад)	0,01—0,35	0,18
кг живого веса	1375 (6 стад)	0,08— —0,19	0,14	0,28	5460 (28 стад)	0,01—0,33	0,11
Высота в холке					1939 коров		0,05
Ширина в маклоках							0,22
Косая длина туловища							0,04
Косая длина зада							0,08
Обхват груди							0,14
Обхват пясти							0,08

Изучена наследуемость промеров телосложения. При этом установлена повышенная генетическая изменчивость объемных промеров: по обхвату груди за лопатками $h^2=0,14$, по ши-

рине в маклоках $h^2=0,22$ (табл. 8). Повышенная генотипическая изменчивость этих промеров телосложения связана с наследуемостью молочного типа скота, так как высокая продуктивность коров тесно связана с хорошо развитой грудной клеткой и задней частью тела.

Селекционные индексы и методика их вычисления. Хотя показатели наследуемости и имеют большое теоретическое и прикладное значение, все же они имеют существенный недостаток. Они моделируют лишь односторонний процесс наследуемости одного из селекционируемых признаков без учета его сложной генетически обусловленной связи с другими признаками, а также различными процессами, протекающими в популяциях сельскохозяйственных животных.

Поэтому для изучения степени наследуемости признаков необходимо в дальнейшем использовать такие математические методы, которые более точно отражают динамику селекционно-генетических процессов в популяциях сельскохозяйственных животных.

В известной степени эту задачу можно решить с помощью линейного и матричного программирования для ЭВМ. С помощью уравнения множественной регрессии можно построить математическую модель селекционного индекса, отражающего частное воздействие генетических и паратипических факторов на фенотипическое проявление селекционируемого признака.

Проверка эффективности применения уравнения множественной регрессии для характеристики наследуемости селекционируемых признаков, а также для составления селекционных индексов проводилась по данным некоторых племенных заводов.

В начале составлялась математическая модель для характеристики наследуемости одного признака с учетом показателей продуктивности как родителей, так и дальних предков. Ниже приводятся уравнения по удою и по содержанию жира в молоке, составленных по данным племенного завода «Лесное»: по удою $y=0,25x_1+0,43x_2+15,85$ (ц молока), по % жира $y=-0,23x_1+0,51x_2+1,0$ (% жира), где x_1 — продуктивность матерей, x_2 — продуктивность дочерей отцов (полусестер), 15,85 ц и 1% — уровень удоя и жирномолочности, обусловленный влиянием других не учтенных факторов (начальный член уравнения регрессии).

Степень генетического влияния (частная регрессия) отцов выше степени влияния матерей и поэтому отбор коров по полусястрам является наиболее эффективным. Достоверное влияние более дальних предков не установлено, так как их генотип проявляется через родителей (мать и отец).

Когда в модель были включены и другие признаки, которые имеют как генетическую, так и фенотипическую корреляцию с основными селекционируемыми признаками, то эти уравнения изменились и более точнее стали отражать селекционно-генети-

ческую характеристику популяции. Для примера приводится уравнение, в котором приведены частные коэффициенты регрессии по факторам, имеющим достоверное влияние на фенотипическое проявление содержания жира в молоке коров: $y=-0,19x_1+0,44x_2-0,01x_3+1,57$, где x_1 и x_2 — содержание жира в молоке матерей и полусестер по отцу соответственно, x_3 — удой коров, выраженный в центнерах. С помощью этих уравнений вычислялась продуктивность для каждой коровы, а затем предполагаемые показатели сравнивали с фактическими, и между ними вычислялась парная корреляция. При этом второе уравнение точнее отражало генотип животного. Коэффициенты корреляции между фактическими и теоретическими показателями в первом случае составляли 0,3, во втором случае 0,57. Аналогичные результаты получены при разработке селекционных индексов для отбора быков по данным продуктивности предков и боковых родственников.

Если за основной селекционируемый признак (y) взять общее количество молочного жира или экономическую прибыль от каждой коровы, то таким же образом можно выявить весовые коэффициенты, оказывающие суммарное влияние на эти признаки. С помощью индексов можно отбирать в племенное ядро таких животных, которые дадут максимальную прибыль.

Повторяемость селекционируемых признаков

Повторяемость селекционируемых признаков изучали как с помощью парной корреляции между показателями продуктивности смежных лактаций, так и с помощью дисперсионного комплекса по методике, изложенной в работе З. С. Никоро (1966). При этом установлено, что в лучших племенных заводах повторяемость удоя колеблется в пределах 0,5—0,6, содержание жира в молоке 0,6—0,7, количества молочного жира 0,4—0,5. В стадах, имеющих невысокую продуктивность и нестабильный уровень кормления по годам, повторяемость селекционируемых признаков ниже: по удою 0,3—0,4, по содержанию жира в молоке 0,2—0,5 и по количеству молочного жира 0,2—0,4.

При сравнении данных продуктивности по первой лактации с суммарными показателями продуктивности за первые пять лактаций в большинстве анализируемых стад установлены высокие коэффициенты корреляции от 0,5 до 0,8. Следовательно, по данным первой лактации можно осуществлять вполне эффективный отбор.

Изучена также эффективность отбора коров по данным продуктивности коров за укороченную часть первой лактации. В племенных стадах уже по данным продуктивности за первые 3 месяца можно осуществлять эффективную оценку коров, так как коэффициент корреляции между этими показателями и дан-

ными продуктивности за 300 дней лактации составляет 0,8—0,9 по удою и 0,7—0,8 по содержанию жира в молоке.

III. ПРИМЕНЕНИЕ СЧЕТНЫХ МАШИН И МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ОЦЕНКЕ БЫКОВ

Оценка быков по происхождению

Эффективность массовой селекции во многих стадах молочного скота оказывается недостаточной ввиду невысокой интенсивности отбора маточного поголовья скота, а также низкой наследуемости селекционируемых признаков. В связи с этим на первый план выдвигается программа селекции, основанная на широком использовании ценных в племенном отношении быков-производителей. Поэтому одним из важных вопросов племенного дела является выбор наиболее надежных методов генетической оценки быков.

Используя массовые данные по черно-пестрой породе, мы провели исследования по дальнейшему совершенствованию методов оценки производителей с применением счетных машин и генетико-математических методов.

При отборе ремонтных быков, родословная является единственной возможностью для определения их племенной ценности. Поэтому, независимо от дальнейшего совершенствования методов оценки производителей по потомству, генеалогический анализ останется одним из главных методов племенного дела.

Для выявления более эффективных методов отбора производителей проанализированы результаты оценки 1,5 тыс. быков черно-пестрой породы. При этом установлено, что основным признаком для отбора молодых быков должно быть качество их полусестер. Коэффициент корреляции между продуктивностью дочерей быков и их полусестер в среднем составляет по содержанию жира в молоке 0,57, по удою 0,34. Если при проверке по качеству потомства производителей дочерям отцов и сыновей создаются одинаковые и оптимальные условия кормления и выращивания, то между их племенной ценностью проявляется более тесная связь. Так, в стадах, где удой выше 3 000 кг, связь между племенной ценностью отцов и их сыновей составляет по удою $r_{\varphi} = 0,4 - 0,5$, по содержанию жира в молоке $r_{\varphi} = 0,6 - 0,7$ (табл. 9.).

О наличии тесной связи между племенной ценностью отцов и сыновей характеризуют и другие материалы. По данным Ленинградской области были отобраны 24 производителя и 70 их сыновей, достоверно оцененных по качеству потомства при оптимальном уровне продуктивности дочерей. При этом от быков-улучшателей получено 39% сыновей-улучшателей, 54% нейтральных и только 7% ухудшателей. В то же время быки,

Таблица 9
Связь между продуктивностью дочерей быков и их полусестер
в стадах с различным уровнем продуктивности

Уровень удоя коров по 1-й лактации в стадах, в которых оценивались быки	Число быков	Коэффициенты корреляции	
		по удою	по % жира
2000—2500	165	0,20	0,50
2501—3000	179	0,34	0,54
3001—3500	95	0,31	0,62
3501—4000	59	0,46	0,60
4001 и более	51	0,47	0,71

оцененные как ухудшатели и как нейтральные, не дали ни одного сына-улучшателя.

Менее эффективен отбор по продуктивности матерей быков. Коэффициенты корреляции между показателями дочерей и матерей быков составляют: по удою 0,17, по содержанию жира в молоке 0,34. Особенно большие недостатки имеет широко практикуемый отбор быков по наивысшей лактации их матерей. По 677 быкам установлено, что между средним удоем дочерей и наивысшей лактации матерей производителей, достоверная связь отсутствует ($r_{\varphi} = 0,07$). Аналогичные результаты приводят в своих исследованиях Ф. Ф. Эйтнер (1965), Л. К. Эрнст (1968), И. Иоганссон (1970) и др.

По-видимому, основной причиной низкой наследуемости молочных признаков со стороны матерей быков являются систематические различия во внешних условиях (уровень кормления и содержания), создаваемых для матерей быков и для остальных животных. В связи с этим целесообразно при отборе быков учитывать не только продуктивность их матерей, но и результаты оценки качества потомства дочерей отцов матерей, так как нередко связь между продуктивностью дочерей быков и продуктивностью дочерей отцов матерей выше. Например, по нашим данным корреляция между удоем дочерей быков и их матерей составляет 0,17, а между удоем дочерей отцов матерей 0,24.

Наибольшее значение при отборе быков по происхождению имеет отбор по селекционным индексам. С помощью уравнения множественной регрессии по результатам достоверной оценки 174 быков, нами составлена математическая модель для отбора ремонтных быков. Для примера приводится индекс по жирно-молочности $y = 0,116x_1 + 0,439x_2 - 0,094x_3 + 1,92$, где x_1 , x_2 и x_3 —

Таблица 10

Результаты оценки быков различного происхождения путем сравнения продуктивности их дочерей со сверстницами за первую лактацию

Происхождение быков	Количество быков	Дочери				Сверстницы			
		голов	удой	% жира	кг жира	голов	удой	% жира	кг жира
Голландское	85	3359	3253	3,71	121	17370	3142	3,69	116
Шведское	41	1648	3141	3,50	110	10215	3106	3,54	110
Эстонское	15	490	2960	3,52	104	2121	2861	3,50	110
Остфризское	6	136	2990	3,56	106	1773	2652	3,52	93
Смешанное происхождение в т. ч. сыновья голландских быков	102	2897	3022	3,57	108	12563	2945	3,54	104
	53	1512	3064	3,59	109	6239	2972	3,57	106
Быки уральского отряда	47	1124	3035	3,76	114	4188	2959	3,77	111

линиям черно-пестрого скота, а также выращенных в ведущих племенных стадах страны. Эти и ряд других материалов использовались при разработке плана племенной работы с черно-пестрым скотом.

Из 1,5 тыс. быков, оцененных по качеству потомства, было отобрано 738 быков, имеющих статистически достоверную разницу между показателями продуктивности их дочерей и сверстниц. Анализ этих материалов позволил решить ряд методических вопросов. По этому количеству производителей установлена качественная структура популяции быков: количество улучшателей по удою 25%, по содержанию жира в молоке 25,5%; количество ухудшателей по удою 23,6%, по содержанию жира в молоке 16,6%.

Поскольку между удоем и содержанием жира существует отрицательная взаимосвязь, действительными улучшателями следует считать тех быков, которые являются улучшателями по одному и нейтральным или улучшателями по другому признаку. Таких производителей выявлено 38% от анализируемого поголовья, в том числе: 8,7% абсолютные улучшатели, 17,0% улучшатели по проценту жира и нейтральные по удою, 12,3% улучшатели по удою и нейтральные по содержанию жира в молоке.

Исходя из этого, можно предполагать наличие генетически сложившейся структуры популяции быков. При проверке быков

жирномолочность соответственно матерей, полусестер и матерей отцов быков.

Как показывает селекционный индекс, значение племенной ценности отцов быков в 4 раза выше племенной ценности их матерей. Практическая проверка показала, что корреляционная связь между фактической жирномолочностью дочерей быков и вычисленной с помощью селекционного индекса составляет 0,57.

Оценка быков по качеству потомства

Применение счетных машин и генетико-математических методов в значительной степени повышает эффективность оценки быков по качеству потомства. Оценка быков с применением счетных машин в Ленинградской области осуществляется с 1964 года. За этот период оценено по качеству потомства 839 быков. Своевременная и массовая оценка быков позволила институту совместно с областными организациями разработать эффективный план селекционной работы с молочным скотом области, а также комплектовать станции искусственного осеменения наиболее ценными быками. В настоящее время на станциях искусственного осеменения области используется 80% быков, проверенных по полусестрам и 20% по продуктивности дочерей.

Использование счетных машин дало возможность также обобщить материалы оценки 1500 черно-пестрых быков, использовавшихся в различных областях и республиках Советского Союза. Анализ результатов оценки быков осуществлялся в зависимости от происхождения производителей, уровня продуктивности, наследуемости, изменчивости и корреляционной связи между хозяйственно-полезными признаками в отдельных стадах, количества дочерей и т. д.

Результаты массовой оценки быков показали, что голландские производители, особенно импортные, имеют высокие наследственные задатки по жирномолочности. При сравнительно одинаковом удое, содержание жира в молоке дочерей голландских быков на 0,1—0,2% выше, чем у дочерей быков шведского, эстонского, остфризского и смешанного происхождения (табл. 10).

В сравнении со сверстницами в целом по 85 голландским быкам, результаты оценки которых опубликованы в III выпуске каталога, выявлено 33% улучшателей по удою и 36% по содержанию жира в молоке.

Высокой жирномолочностью отличаются как дочери, так и их сверстницы быков уральского черно-пестрого скота. Эти быки проверены по качеству потомства в хозяйствах Пермской, Свердловской и Челябинской областях. Проведена оценка быков, принадлежащих к ведущим генетическим и заводским

по качеству потомства, можно ожидать, что в целом по породной популяции только каждый третий производитель может быть улучшателем. Этот вывод подтверждается и другими данными. Как уже выше отмечалось, от быков улучшателей получено 39% сыновей-улучшателей.

С повышением уровня продуктивности в стадах относительное количество улучшателей снижается, а ухудшателей увеличивается (табл. 11). Поэтому интенсивность отбора среди про-

Таблица 11
Качественная структура быков,
использовавшихся в стадах с различным уровнем продуктивности

удой в стадах по 1-ой лактации (кг)	всего быков	По удою				По жира					
		в том числе		уровень жирномолочности стада (%)	всего быков	в том числе					
		улучшатели	ухудшатели			улучшатели	ухудшатели				
		голов	%	голов	%	голов	%	голов	%		
До 2500	238	77	32,3	32	13,4	До 3,59	338	105	31,1	36	10,6
2501—3500	373	81	21,7	99	26,5	3,60—3,69	187	49	26,2	33	17,6
3501 и более	127	32	25,2	43	33,8	3,7 и выше	213	34	16,0	54	25,3

веряемых быков должна увеличиваться в связи с повышением уровня продуктивности коров в стадах.

Достоверность оценки быков по качеству потомства

Всесторонний анализ результатов оценки быков показал, что достоверность оценки быков по качеству потомства зависит от ряда факторов: числа дочерей и сверстниц, уровня их продуктивности, величины разницы в показателях дочерей и матерей или дочерей и сверстниц, а также от степени изменчивости и наследуемости признака в конкретном стаде. При прочих равных условиях, чем больше потомства получено от быка, тем достовернее будет результат оценки. При одинаковом числе дочерей данные более достоверны в том случае, если разница в показателях дочерей проверяемого быка и сравниваемых с ним сверстниц будет наибольшей.

Для определения достоверности разницы между показателями продуктивности дочерей и сверстниц или дочерей и матерей мы использовали общепринятую биометрическую методику (Н. А. Плохинский, 1961, 1970; П. Ф. Рокицкий, 1964, 1967; Е. К. Меркульева, 1964). Если не пользоваться этой методикой, то можно допустить большую ошибку при распределении быков на улучшателей и ухудшателей.

С тем, чтобы облегчить селекционерам работу по определению достоверности оценки быков нами совместно с проф. М. М. Лебедевым и сотрудниками ВИЖа разработана специальная шкала, которая введена в новую инструкцию по оценке быков. При разработке этой шкалы была учтена следующая особенность: в результате действия закона регрессии каждой особи к среднему по популяции, влияние улучшающего эффекта производителей уменьшается с увеличением уровня продуктивности в отдельных стадах. Поэтому одни и те же производители в стадах с различным уровнем продуктивности показывают разные результаты (табл. 11).

В течение 1968—1971 гг. эта шкала успешно использовалась в Ленинградской, Московской и др. областях РСФСР, а также в Эстонской ССР, Литовской ССР и других республиках. В процессе практической проверки шкалы выявлены ее и некоторые недостатки. В таблице 12 приводится уточненная шкала для оценки быков по удою дочерей, в которой увеличено количество классов вариационного ряда. Эта шкала, а также уточненная

Таблица 12
Уточненная шкала для оценки быков
по удою дочерей (число дочерей 20—25)

Группы сверстниц	Удой сверстниц в % от стандарта породы	Превышение удоя дочерей над удоем сверстниц (%)		
		категория быков		
		A ₁	A ₂	A ₃
I	150 и более	6,0 и более	5,9—4,0	3,9—0
II	149—144	7,0 и более	6,9—4,5	4,4—1,5
	143—138	8,0	7,9—5,0	4,9—2,0
	137—132	9,0	8,9—5,5	5,4—2,5
	131—125	10,0	9,9—6,0	5,9—3,0
III	124—119	11,2 и более	11,1—6,8	6,7—3,8
	118—113	12,5	12,4—7,5	7,4—4,5
	112—106	13,7	13,6—8,2	8,1—5,3
	105—100	15,0	14,9—9,0	8,9—6,0
IV	99—93			10 и более
	92—86			13
	85—80			15

шкала для оценки быков по содержанию жира в молоке дочерей, в 1971 г. одобрена научно-техническим советом Министерства сельского хозяйства СССР и будет помещена в новую инструкцию по бонитировке скота.

Для получения более достоверной разницы между средними показателями продуктивности дочерей и их сверстниц, нами использовался коэффициент повторяемости, предложенный А. Робертсоном (1950).

$$B = \frac{n \cdot 0,25 \cdot h^2}{1 + (n - 1) \cdot 0,25 \cdot h^2}, \text{ где}$$

n — количество дочерей быка, а h^2 — коэффициент наследуемости.

При вычислении разницы между продуктивностью дочерей (D) и сверстниц (Cv) по нескольким стадам использовали формулу $Dw = \frac{\Sigma [W \cdot (D - Cv)]}{\Sigma W}$ где w — корректирующий фактор,

вычисляемый по формуле $w = \frac{n_d \cdot n_{cv}}{n_d + n_{cv}}$, а n_d и n_{cv} — число

дочерей и сверстниц. С 1967 года вышеприведенные методики используются нами при уточнении результатов оценки быков в Ленинградской области.

Методы оценки препотентности производителей

Для селекционной практики огромное значение имеют методы, позволяющие выявить препотентных быков, то есть установить способность отдельных производителей стойко передавать наследственные качества своему потомству.

Используя данные племенного учета лучших племенных хозяйств по черно-пестрой породе, мы провели сравнение методов оценки препотентности, предложенных Н. А. Плохинским (1960), С. А. Рузским (1962, 1963), Н. А. Кравченко и Д. Т. Винничуком (1965), Ф. Ф. Эйнером (1963, 1964) и К. И. Клюшкиным (1967). В анализ были включены данные по 59 производителям. Для каждого быка были рассчитаны индексы препотентности всеми методами. Связь между индексами оценивали коэффициентом ранговой корреляции.

Проведенное сравнение позволило выявить следующие наиболее эффективные методы оценки препотентности производителей: 1) степень относительного влияния отцовской наследственности (в сравнении с материнской) на качество потомства с помощью парной корреляции между показателями дочерей быков и их матерей, 2) сравнительная характеристика однородности дочерей быков и их матерей с помощью коэффициентов изменчивости.

В качестве дополнительного метода при оценке препотентности быков с помощью корреляции «дочери-матери» в потомстве производителей, нами разработан графический метод, который позволяет установить, на каком уровне продуктивности стад более эффективно использование отдельных производителей.

Анализ многочисленных материалов по племенным стадам показал, что дочери отдельных быков имеют значительные различия по величине и характеру связи между показателями продуктивности (табл. 13). Было также установлено, что быки оказывают различное влияние на изменение корреляционных

Таблица 13

Коэффициенты корреляций в потомстве быков-производителей

Кличка и номер быка	Число пар лактаций дочери-матери	Средний урой (кг)		Средний % жира в молоке		Коэффициент кор- реляции урой-% жира		Коэффициент кор- реляции дочери- матери	
		дочерей	матерей	дочерей	матерей	дочерей	матерей	по урой	по %

Племенной завод „Лесное“

Браток 30	428	4592	4884	3,65	3,52	+ 0,043	- 0,259	+ 0,177	+ 0,390
Гектор 84	219	4847	4951	3,71	3,52	- 0,109	- 0,282	+ 0,072	+ 0,362
Хелл 92	101	4676	5040	3,64	3,43	- 0,213	- 0,093	+ 0,104	+ 0,254
Мастер 94	293	4850	4873	3,58	3,44	- 0,273	- 0,245	+ 0,282	+ 0,287
Минус 147	101	4637	5003	3,78	3,74	- 0,314	- 0,265	+ 0,002	+ 0,298
Боб 1213	85	4596	4924	3,70	3,65	- 0,335	- 0,141	- 0,075	+ 0,415
Трувор 2918	279	4613	5140	3,76	3,48	- 0,127	- 0,262	+ 0,218	+ 0,260

Племенной совхоз „Торосово“

Циппор 10606	746	3881	4280	3,62	3,33	- 0,090	- 0,225	+ 0,025	+ 0,088
Бывалый 1270	105	3887	4100	3,57	3,40	- 0,087	- 0,425	- 0,029	+ 0,104
Мажор 678	209	4351	4748	3,30	3,34	- 0,140	- 0,135	- 0,177	+ 0,342
Неемель 130	177	4042	4293	3,51	3,32	- 0,106	- 0,355	+ 0,036	+ 0,053
Роджер 248	116	4354	4361	3,43	3,23	- 0,146	- 0,127	+ 0,074	+ 0,255

связей между селекционными признаками. В связи с этим мы рекомендуем в качестве дополнительного метода оценки препотентности быков изучать влияние производителей на генетические и фенотипические корреляции между хозяйствственно-полезными признаками их потомства.

Методы выведения препотентных быков

С тем, чтобы выявить наиболее эффективные методы выведения препотентных быков, были проанализированы результаты племенной работы за период с 1949 по 1969 гг. в племенном заводе «Лесное» и опытной станции «Вяндра» Эстонской ССР, являющихся основными поставщиками черно-пестрых быков для станций искусственного осеменения страны. Для этого использовались данные по 967 коровам племзавода «Лесное», зарегистрированных за указанный период времени, а по опытной станции «Вяндра» по 328 коровам, записанным в Эстонскую племенную книгу. Кроме этого использовались материалы по 86 быкам, полученным в племзаводе «Лесное», и по 85 быкам, полученным в опытной станции «Вяндра», и достоверно оцененным по потомству в различных стадах нашей страны.

Анализ показал, что родственное разведение является весьма эффективным средством для получения высокопродуктивных животных с устойчивой наследственностью. Так, из 125 наиболее высокопродуктивных коров опытной станции «Вяндра», имеющих 4,2% жира и выше, 80 голов, или 64% получено путем родственного разведения. Аналогичные данные приводят в своих работах Е. А. Арзуманян (1961), Д. А. Кисловский (1965), К. И. Прозора (1965), Н. Н. Грищенко, 1965 и др. Однако работ, посвященных изучению результатов оценки быков, полученных с помощью различных методов отбора и подбора, имеется незначительное количество.

Из 171 производителя племзавода «Лесное» и опытной станции «Вяндра» 75 голов оказались инбредными. Среди инбредных быков-улучшателей с учетом удоя и жирномолочности их дочерей, выявлено 50%, а среди аутбредных — 37%. При этом лучшие результаты имеют быки, многократно инбридингированные в умеренных степенях на ограниченное количество выдающихся предков. Из 40 производителей, полученных таким образом около 60% являются улучшателями по % жира (табл. 14).

Менее эффективные результаты дает однократный инбридинг на одного предка. Аналогичные данные получены и по коровам. Большинство коров, полученных путем многократного инбрининга на нескольких предков, имели высокую степень наследования продуктивных признаков: их продуктивность (особенно жирномолочность) или находилась на уровне предков или превышала его.

Таким образом, многолетний опыт 2-х ведущих племенных стад нашей страны показывает, что наиболее эффективной моделью родственного разведения является многократный инбрининг в умеренных степенях на ограниченное число выдающихся предков.

Такой метод родственного разведения позволяет сохранить в стаде наследственные задатки выдающихся животных, так как

Таблица 14

Количество быков-улучшателей, полученных различными методами родственного спаривания

Методы выведения производителей	Стада, в которых получены быки	Из них улучшателей	
		Всего быков	голов %
Многократный инбрининг в умеренных степенях на нескольких предков	«Вяндра»*	27	16 60
	«Лесное»*	13	7 54
Инбрининг в умеренных и близких степенях на одного предка	«Вяндра»*	16	5 31
	«Лесное»*	19	3 16

он приводит к многократному повторению генотипа предков и тем самым способствует повышению генетического сходства потомков с предками при сравнительно небольшом возрастании гомозиготности.

Однако, в настоящее время значение родственного спаривания многими селекционерами недооценивается. Например, на станциях искусственного осеменения РСФСР из 1335 быков черно-пестрой породы только 7% производителей получены путем родственного спаривания. Недооценка значения родственного разведения при получении быков во многом объясняет то обстоятельство, что на станциях искусственного осеменения количество быков, являющихся достоверными улучшателями незначительно.

IV. СЕЛЕКЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ СКОТА

Фенотипическая изменчивость

Изучение селекционно-генетических параметров проводилось совместно с аспиранткой Г. Д. Пепиной. Для этого использовались данные за период с 1960 по 1969 гг. по 253 быкам Лесновской, Торосовской и Детскосельской станций искусственного осеменения и по 46 тыс. коровам лучших хозяйств Ленинградской области.

Плодовитость коров вычисляли с помощью методики венгерского ученого И. Дожи (1961): $T = 100 - (K + 2i)$, где T — индекс плодовитости. K — возраст коровы в месяцах при первом отеле, i — средний промежуток между отелами в месяцах. Оплодотворяющую способность семени быков оценивали по первому плодотворному осеменению коров.

Анализ данных по 90 тыс. эякулятам 253 быков показал, что наиболее правильно можно оценить индивидуальные особенности производителей не по отдельному, а по многим эякулятам, полученным от производителей в течение отдельного сезона или в целом за год. По средним данным эякулятов изучены межпородные, возрастные и сезонные различия, установлена степень изменчивости количества и качества спермы и т. д.

По исследуемому поголовью полновозрастных быков установлены достоверные межпородные различия по объему эякулята: у быков черно-пестрой породы средний объем эякулята составляет 5,03 мл, у быков красной датской породы 5,0 мл и у джерсейских производителей 4,5 мл. Межпородные различия по этому показателю объясняются как величиной живого веса быков, так и их породными особенностями. Так, если быки черно-пестрой породы шведского происхождения при среднем живом весе 966 кг дают 5,15 мл семени, то быки голландского происхождения, которые на 131 кг легче (835 кг), имеют объем эякулята всего 3,71 мл. Установлены также достоверные межпородные различия по концентрации семени, интенсивности дыхания и по проценту мертвых сперматозоидов. Менее заметные различия по резистентности и переживаемости семени. Степень фенотипической изменчивости показателей спермопродукции по отдельным породным популяциям быков колеблется в следующих пределах: объем эякулята 19,4—30,1%, концентрация семени 12,5—20,4%, переживаемость 17,3—25,3%, резистентность 14,9—29,2%, интенсивность дыхания (активность дегидрогеназ семени) 33,7—43,1%.

Основным качественным критерием оценки спермы является ее оплодотворяющая способность. Поскольку на этот признак большое влияние оказывают паразитические факторы, поэтому закономерности его распределения изучались по результатам осеменения в лучших хозяйствах области. По 95 быкам, спермой которых осеменялись коровы в племзаводах «Лесное» и «Петровский», а также племсовхозе «Торосово» и совхозе «Детскосельский» установлено, что оплодотворяемость коров после первого осеменения семенем отдельных производителей колеблется от 30% (Казбек 736) до 70% (производитель Сейкал 100).

Существуют множество факторов, которые в период между осеменением и родами могут противодействовать рождению нормального теленка. Анализ многочисленных результатов осеменений показал, что на оплодотворяемость коров оказывает влияние комплекс различных факторов: качество семени быка, физиологическое состояние коров, уровень кормления и содержания, техника осеменения коров и ряд других. При оптимальных условиях среды и хорошем качестве семени быка наибольшее влияние на результаты осеменений оказывает срок осеменения коров после отела.

Вопрос о сроках осеменения коров после отела до сего времени остается спорным. В. К. Милованов (1967) отмечает, что массовое применение рекомендаций об обязательном осеменении коров в 1 месяц после отела и есть, видимо, одна из главных причин массовой яловости.

По результатам осеменения 10328 коров племенных стадах области установлено, что в первый месяц после отела оплодотворяемость колеблется от 19,6 до 29%. В период от 31 до 60 дней оплодотворяемость коров выше и в среднем составляет 42%, в этот же период в охоту пришло около 50% коров. Количество коров, пришедших в охоту спустя два и более месяца после отела, составляет 29%, половина из них (51%) были оплодотворены после первого осеменения.

Следовательно, оплодотворяемость коров в большей степени зависит от их физиологического состояния. Воспроизводительная система коров требует некоторого времени для восстановления после отела. К тому же раннее плодотворное осеменение начинает тормозить лактационную деятельность молочной железы и ведет к уменьшению удоя.

Наследуемость и повторяемость

Наследуемость воспроизводительной способности быков мы изучали в популяции черно-пестрой породы. Уже предварительные исследования показали, что достоверные различия по количественным и качественным показателям семени между быками различного происхождения свидетельствуют о влиянии наследственности на эти показатели. Так, если быки, принадлежащие к линиям черно-пестрого скота шведского происхождения Мариес Боке 17121 и Братка 2689/30, дают много семени хорошего качества (5,7 и 5,5 мл с концентрацией 1030,4 и 1063,2 млн/мл соответственно), то производители линии Трувора 2918 дают на 1,5 мл семени меньше, но несколько лучшей концентрации — 1179,8 млн/мл, а голландские быки наиболее распространенной линии Аннас Адема 30587 продуцируют всего 3,3 мл семени за одну садку. В целом по 132 черно-пестрым быкам между генеалогическими линиями выявлена следующая степень генотипического разнообразия: по объему эякулята 0,44, концентрации семени 0,29, переживаемости 0,21, резистентности 0,07. Примерно такой же уровень генотипического разнообразия быков в зависимости от качества их отцов (табл. 15).

Если с помощью дисперсионного анализа можно установить возможности отбора среди производителей, то с помощью парной корреляции между показателями отцов и сыновей — его эффективность.

Между показателями 35 быков и 66 их сыновей установлены следующие коэффициенты корреляции: по объему эякулята

0,70, концентрации 0,34 и переживаемости 0,43. Высокая степень генотипического разнообразия и фенотипического сходства вы-

Таблица 15

Фенотипическое сходство и генотипическое разнообразие между быками черно-пестрой породы

Показатели	Средние показатели по:		Корреляция между показателями отцов и сыновьями	Генотипическое разнообразие между сыновьями в зависимости от качества их отцов
	отцам	сыновьям		
Количество быков	35	66	—	—
Объем эякулята	5,2	4,5	0,70	0,42
Концентрация	1086,9	1083,1	0,34	0,26
Переживаемость	85,2	88,7	0,43	0,31
Средний % оплодотворяемости	48,5	51,4	0,39	0,49

явлено по оплодотворяющей способности быков, она соответственно составляет 0,49 и 0,39 (табл. 15).

Установлено также, что генотипическое разнообразие между быками, а также фенотипическое сходство между отцами и сыновьями проявляется в большей степени у полновозрастных производителей, то есть тогда, когда заканчивается физиологическое развитие организма производителей. Отмечено и другое обстоятельство: многие производители, обладающие повышенным уровнем воспроизводительной способности, устойчиво передают это качество не только сыновьям, но и внукам, то есть по этому признаку проявляется их препотенция.

В связи с этим для селекционной практики чрезвычайно важное значение имеет выявление производителей препотентных как по воспроизводительной способности, так и по продуктивности их дочерей. Из 95 черно-пестрых производителей, оцененных по оплодотворяющей способности, 19 быков или 20% имели лучшее сочетание по комплексу признаков: качество потомства по молочной продуктивности, количество общей спермопродукции (объем эякулята х концентрация) и оплодотворяющая способность семени.

Таким образом, сравнительно высокая степень наследуемости количественных и качественных показателей спермопродукции, ее оплодотворяющей способности, а также наличие в популяциях быков с лучшим сочетанием комплекса признаков, указывают на возможности отбора скота с учетом его воспроизводительной способности.

С помощью дисперсионного анализа и парной корреляции изучена также повторяемость воспроизводительной способности быков. При этом установлено, что стабильность количественных и качественных показателей спермопродукции в большей степени проявляется у полновозрастных быков: по объему эякулята от 0,46 до 0,63 и по концентрации от 0,17 до 0,48. Между процентом оплодотворяемости семени в первый и второй год использования быков выявлена достоверная корреляция, $r=0,49^{**}$.

По материалам ведущих семейств племенного завода «Лесное» установлено, что коровы, которые оплодотворялись после первого осеменения, имели дочерей и внучек лучших по этому показателю. Число осеменений на оплодотворение в среднем после 3-х отелов у этих коров составляет соответственно 1,0; 1,4 и 1,0. Коровы с плохой оплодотворяемостью передали это свойство последующим поколениям: количество осеменений на оплодотворение составляет соответственно 2,4; 1,9; 1,7. Коэффициент корреляции между дочерьми и матерями по этому признаку составляет 0,45**. Фенотипическое сходство между индексом плодовитости матерей и дочерей составляет 0,68***.

Корреляционная связь основных признаков воспроизводительной способности скота

В популяции полновозрастных производителей черно-пестрой породы шведского происхождения установлена достоверная положительная связь между средним объемом эякулята и живым весом, $r=0,34$. В популяциях быков других пород, наоборот, установлена отрицательная связь от $-0,22$ до $-0,36$. Причем, для всех пород эта связь имеет криволинейный характер.

Всесторонний анализ данных показал, что наиболее желательным живым весом производителей, способствующим хорошей воспроизводительной способности является: для черно-пестрой породы шведского происхождения 1000 кг, для черно-пестрой породы голландского происхождения 800—900 кг, для красной датской породы 900 кг и для быков джерсейской породы 800 кг.

Концентрация семени положительно коррелирует с переживаемостью (0,04—0,48), резистентностью (0,40) и интенсивностью дыхания (0,54—0,58). Между концентрацией семени и объемом эякулята установлена незначительная отрицательная связь. Причем, эта связь имеет криволинейный характер и в большей степени она проявляется у молодых быков, в возрасте до 3 лет.

По 72 быкам установлена достоверная положительная связь между концентрацией семени и оплодотворяющей способностью ($r=0,30^{**}$) и между переживаемостью семени и оплодотворяющей способностью ($r=0,27^{*}$).

Изучение корреляционных связей, а также всесторонний анализ воспроизводительной способности коров с учетом их пожизненной продуктивности и плодовитости показали, что при благоприятных условиях кормления и содержания скота оптимальный класс для срока осеменения находится от 31 до 60 дней после отела, для сухостойного периода 50—70 дней, для возраста первого покрытия телок 18—22 месяца.

По данным племенного завода «Лесное» установлено, что между уровнем удоя и количеством осеменений на оплодотворение существует отрицательная корреляция, $r = -0,26^*$.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Разработана и проверена на практике система сбора, накопления и обработки данных племенного учета и искусственного осеменения, рассчитанная на использование перфорационных и электронных счетных машин. Методика обработки данных племенного учета с применением счетных машин и генетико-математических методов снижает затраты труда и средств в 15—20 раз и способствует повышению эффективности селекции молочного скота.

2. При разработке методов применения счетных машин в племенной работе использовался системный подход: 1) автоматизированное получение необходимых материалов во всей иерархической системе управления племенной службы; 2) комплексный анализ результатов племенной работы; 3) создание комплекса взаимосогласованных программ, способствующих из одного, первоначального составленного технического носителя информации (перфокарта, перфолента, магнитная лента), осуществить поэтапный цикл автоматизированного выполнения всех необходимых вычислительных работ; 4) использование в качестве источника информации первичной рабочей документации селекционеров, приспособленной к перфорации данных на перфораторах или стандартных телеграфных аппаратах.

3. Многолетняя проверка на практике Ленинградской области показала, что разработанные нами методы по использованию счетных машин в племенной работе с молочным скотом, могут быть успешно применены и в других областях и республиках Советского Союза. Поэтому Министерству СХ СССР необходимо изучить наш опыт и проверить его на практике других областей и республик.

4. В результате изучения закономерностей изменчивости, наследуемости, повторяемости и корреляционной связи хозяйственно-полезных признаков черно-пестрого скота по 47 племенным стадам установлено, что селекционно-генетические параметры, вычисленные в пределах отдельных стад, находятся в за-

висимости от методов племенной работы, интенсивности и направления отбора, племенной ценности животных, уровня кормления и содержания скота и т. д.

5. Для разработки наиболее эффективных направлений селекции необходимо использовать генетические корреляции, а также применять счетные машины для моделирования различных вариантов отбора.

6. Используя различные модели отбора с использованием генетических корреляций установлено, что отбор по удою, при сохранении содержания жира и белка на уровне стандарта по породе, обеспечивает оптимальный прирост общего выхода как молочного жира, так и белка.

7. Практическая проверка различных методов вычисления коэффициентов наследуемости показала, что наследуемость селекционных признаков в пределах конкретных стад необходимо изучать в отдельности со стороны матерей и отцов и что эффективными биометрическими методами для этого являются корреляция (регрессия) «дочери-матери» без ее удвоения и однофакторный дисперсионный комплекс по отцам.

8. С помощью коэффициентов наследуемости, вычисленных по матерям и отцам, установлено, что в ближайшие 10 лет отбор маточного поголовья черно-пестрого скота в племенных хозяйствах обеспечит генетическое улучшение по удою на 200—300 кг молока и по содержанию жира в молоке на +0,1%. Чтобы повысить эффективность селекции, следует улучшить кормление, и наряду с более тщательным подбором, увеличить требования к отбору быков для станций искусственного осеменения.

9. Исследования показали, что уравнение множественной регрессии, составленное с помощью линейного программирования, наиболее точно отражает динамику селекционно-генетических процессов в популяциях. Эта методика успешно использовалась нами и при разработке селекционных индексов.

10. В результате анализа материалов оценки 1500 быков черно-пестрой породы, а также на основании разработки селекционного индекса для 174 быков, установлено, что в родословной быков значение племенной ценности отцов в 4 раза выше племенной ценности матерей. Частная регрессия продуктивности дочерей быков на продуктивность полусестер по отцу составляет 0,439, а на продуктивность матерей 0,116.

11. По 738 быкам, достоверно оцененным по качеству потомства, установлена генетически сложившаяся структура популяции черно-пестрых производителей: количество улучшателей по удою составляет 25%, по содержанию жира в молоке 25,5%, по обоим признакам 8,7%. Общее количество улучшателей по обоим признакам, а также нейтральных по одному и улучшателей по другому признаку, составляет 38%. Поэтому, чтобы обеспе-

чить отбор быков-улучшателей, на проверку по качеству потомства следует ставить ремонтных быков в 3 раза больше необходимого количества.

12. С повышением уровня продуктивности в стадах относительное количество улучшателей снижается, а ухудшателей увеличивается. Поэтому интенсивность отбора среди проверяемых быков должна увеличиваться в связи с повышением уровня продуктивности коров в стадах. Наиболее полно проявляются наследственные задатки производителей в стадах с удоем для черно-пестрой породы не ниже 3000 кг молока по 1 лактации.

13. Анализ массовых данных по оценке быков показал, что для получения достоверных данных о племенной ценности производителей необходимо учитывать число их *дочерей*, величину разницы между показателями продуктивности и сверстниц, степень изменчивости и наследуемости признаков в стадах, в которых оцениваются быки по качеству потомства.

14. Сравнительная характеристика различных методов оценки препотентности быков показала, что наиболее приемлемыми среди них являются следующие: 1) степень относительного влияния отцовской наследственности (в сравнении с материнской) на качество потомства с помощью корреляции «дочери-матери»; 2) сравнительная характеристика однородности дочерей быков и их матерей с помощью коэффициентов изменчивости; 3) степень влияния быков на генетические и фенотипические корреляции между хозяйственно-полезными признаками потомства.

15. По результатам достоверной оценки 171 быков, полученных в племзаводе «Лесное» и опытной станции «Вяндра», установлено, что наиболее эффективным методом выведения препотентных быков-улучшателей является многократный инбридинг в умеренных степенях на ограниченное количество выдающихся предков.

16. По данным 253 быков станций искусственного осеменения и 10328 коров племенных хозяйств Ленинградской области выявлены следующие селекционно-генетические параметры по воспроизводительной способности скота:

1) степень генотипического разнообразия производителей по объему эякулята составляет 0,42, концентрации семени 0,26, переживаемости сперматозоидов 0,31, оплодотворяющей способности семени 0,49;

2) степень фенотипического сходства между отцами и сыновьями по объему эякулята составляет 0,70, концентрации семени 0,34, переживаемости сперматозоидов 0,43, оплодотворяющей способности сперматозоидов 0,39;

3) среди производителей, оцененных по качеству потомства, 20% имеют лучшее сочетание по комплексу признаков: качество потомства, количество общей спермопродукции и оплодотворяющая способность семени;

4) степень фенотипического сходства между матерями и дочерьми племзавода «Лесное» по количеству осеменений на одно оплодотворение составляет 0,45**, по индексу плодовитости 0,60***.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Использование счетно-вычислительных машин для анализа результатов племенной работы. Сб. трудов «Наследственность и изменчивость сельскохозяйственных животных». «Колос», Л., 1964.
2. Ведение племенного учета в молочном животноводстве с использованием счетно-вычислительных машин. «Колос», Л., 1964.
3. Предварительная оценка быков по качеству потомства. Сб. трудов «Методы племенной работы в животноводстве», «Колос», Л., 1965.
4. Опыт Пушкинской лаборатории по использованию счетных машин в племенном деле с молочным скотом. Тезисы докладов Всесоюзного совещания по проблеме «Внедрение математических методов и вычислительной техники в сельскохозяйственную науку и производство», М., 1966.
5. Применение счетных машин в племенном учете СССР и зарубежных стран. В кн. «Опыт механизации учета и вычислительных работ в сельском хозяйстве», «Статистика», М., 1966.
6. Использование счетно-перфорационных машин в племенном учете. В кн. «Опыт механизации учета и вычислительных работ в сельском хозяйстве», «Статистика», М., 1966 (в соавт.).
7. Проверка быков в Ленинградской области. «Молочное и мясное скотоводство», № 7, 1967 (в соавт.).
8. Применение вычислительной техники и генетико-математических методов в племенной работе с молочным скотом. «Животноводство», № 6, 1967 (в соавт.).
9. Характеристика быков по качеству потомства. В кн. «Каталог быков черно-пестрой породы, оцененных по качеству потомства», вып. 2, М., 1968, (в соавт.).
10. Опыт использования вычислительной техники в племенном деле. В кн. «Использование математических методов и вычислительной техники в сельском хозяйстве». «Экономика», М., 1968.
11. Оценка быков по качеству потомства (рекомендации), Л., 1968 (в соавт.).
12. Организация племенной работы в молочном животноводстве с применением счетных машин. «Молочное и мясное скотоводство», № 9, 1968, (в соавт.).
13. Изменчивость и наследуемость продуктивности черно-пестрого скота. «Животноводство», № 2, 1968 (в соавт.).
14. Применение счетных машин для обработки данных по бонитировке скота и оценке быков по качеству потомства. (Рекомендации). Л., 1968, (в соавт.).
15. Оценка быков по качеству потомства в Ленинградской области. В кн. «Каталог быков-производителей станций искусственного осеменения Ленинградской области». Л., 1968 (в соавт.).

16. Показатель наследуемости и использование его в племенной работе. Сб. трудов, вып. 12 «Методы племенной работы с молочным скотом». Л., 1968 (в соавт.).
17. Изменчивость и наследуемость хозяйственно-полезных признаков черно-пестрого скота. Сб. трудов, вып. 12 «Методы племенной работы с молочным скотом». Л., 1968 (в соавт.).
18. Оценка быков по качеству потомства. Сб. трудов, вып. 12 «Методы племенной работы с молочным скотом». Л., 1968.
19. Сравнительная характеристика различных методов определения коэффициентов наследуемости. «Генетика», № 10, 1968 (в соавт.).
20. План племенной работы с черно-пестрым скотом по Европейской части РСФСР. Л., 1968 (в соавт.).
21. Методы племенной работы в молочном животноводстве. В кн. «Животноводство — на научную основу», Лениздат, 1969.
22. Характеристика быков-производителей черно-пестрой породы по качеству потомства. В кн. «Каталог быков черно-пестрой породы, оцененных по качеству потомства», вып. 1, «Колос», М., 1969.
23. Оценка быков по массовым данным продуктивности их дочерей. «Вестник сельскохозяйственной науки», № 7, 1969 (в соавт.).
24. Повышение эффективности отбора быков при использовании биометрических методов. Материалы I конференции молодых ученых по генетике и разведению сельскохозяйственных животных. Л., 1969 (в соавт.).
25. Механизация труда зоотехника-селекционера. «Земля родная», № 10, 1970 (в соавт.).
26. Селекционно-генетические параметры популяций черно-пестрого скота. Материалы II конференции молодых ученых по генетике и разведению сельскохозяйственных животных. Л., 1970 (в соавт.).
27. Применение счетных машин в учете по искусственно осеменению. Сб. трудов Северо-Западного НИИ сельского хозяйства, вып. 19. Л., 1970 (в соавт.).
28. Сравнительная оценка методов выявления препотентности быков. «Сельскохозяйственная биология», № 3, 1970 (в соавт.).
29. Создание автоматизированной системы обработки информации по племенному учету в целом по стране. Материалы II конференции молодых ученых по генетике и разведению сельскохозяйственных животных. Л., 1970.
30. Характеристика быков, оцененных по качеству потомства и записанных в каталог (вып. III). В кн. «Каталог быков черно-пестрой породы, оцененных по качеству потомства», Л., 1970 (в соавт.).
31. Применение счетных машин и математических методов в племенной работе с молочным скотом. В кн. «Генетика и новые методы селекции молочных пород скота», «Колос», М., 1970.
32. Влияние породы, возраста, сезона года и происхождения быков-производителей на физиологические показатели спермопродукции. Сб. научных трудов ВИРГЖ, вып. 14, Пушкин, 1970 (в соавт.).
33. Наследуемость и повторяемость воспроизводительной способности быков. Материалы II конференции молодых ученых по генетике и разведению сельскохозяйственных животных. Л., 1970, (в соавт.).
34. Применение счетных машин в племенной работе. «Колос», М., 1970.
35. План племенной работы с крупным рогатым скотом черно-пестрой породы СССР. Л., 1971 (в соавт.).
36. Исследования по созданию информационно-вычислительной системы по племенной работе. Материалы к Всесоюзному совещанию «Информационно-вычислительная система планирования, учета, отчетности и оперативного управления сельскохозяйственным производством». М., 1971.

37. Черно-пестрый скот и методы его улучшения. «Колос», Л., 1971 (в соавт.).

Материалы диссертации докладывались на:

1. Научно-технических Советах Министерства сельского хозяйства СССР, Москва, 1964, 1969, 1971.
2. Всесоюзных совещаниях по применению вычислительной техники и математических методов в сельском хозяйстве. Москва, 1966, 1968, 1969, 1971.
3. Всесоюзном совещании по племенному делу, генетике и новым методам селекции молочных пород скота, Пушкин, 1968.
4. Всесоюзной конференции «Испытание и оценка производителей по потомству у сельскохозяйственных животных и птиц», Тарту, 1970.
5. Заседаниях секций «Молочное скотоводство» и «Генетика сельскохозяйственных животных» Пленума отделения животноводства ВАСХНИЛ по методологии, методике и технике научных исследований в зоотехнии и ветеринарии, Пушкин, 1969, 1970.
6. I, II и III конференциях молодых ученых по генетике и разведению сельскохозяйственных животных, Пушкин, 1969, 1970, 1971.

