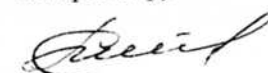


*На правах рукописи*



**ТИТОВА СВЕТЛАНА ВИКТОРОВНА**

**АДАПТАЦИЯ МЕТОДА BLUP ДЛЯ ОЦЕНКИ  
БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ В РЕСПУБЛИКЕ  
МАРИЙ ЭЛ**

06.02.01 – Разведение, селекция, генетика  
и воспроизводство сельскохозяйственных животных

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Саранск-2008

Работа выполнена в государственном научном учреждении  
«**Марийский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Россельскохозяйственной академии**».

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор,  
**Кузнецов Василий Михайлович**

Официальные оппоненты: доктор, сельскохозяйственных наук,  
профессор,  
**Вельматов Анатолий Павлович**

кандидат сельскохозяйственных наук,  
**Шаркаев Валерий Исмаилович**

Ведущая организация: **ГНУ «Нижегородский НИПТИ АПК  
Россельскохозяйственной академии»**

Защита состоится «22» мая 2008 года в 10<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета Д 212.117.02 при **ГОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева»** по адресу: 430000, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Большевикская, 68.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева».

Автореферат разослан «22» апреля 2008 года.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор

  
**Прытков Юрий Николаевич**

## 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Диссертация является итогом научно-исследовательских работ по популяционной генетике и селекции крупного рогатого скота, выполненных в соответствии с государственными планами НИР ГНУ «Марийский НИИСХ Россельскохозяйственной академии» (№ гос. рег. 01.2.00106990).

**Актуальность.** Начальным этапом анализа генетической структуры любой популяции молочного скота является оценка генетических параметров: коэффициентов наследуемости и генетических корреляций. Наличие генетической изменчивости - необходимое условие для эффективной племенной работы с породой. Селекция проводится, как правило, по нескольким признакам. Поэтому важно знать силу и направление генетических связей между ними. Популяционно-генетический анализ продуктивных признаков черно-пестрого скота Республики Марий Эл никогда не проводился. Оценок генетических параметров нет. Вместе с тем они необходимы для прогноза прямого и коррелированного ответов на селекцию, оценки племенной ценности животных и конструирования селекционных индексов по комплексу признаков.

Официальный метод оценки племенной ценности быков - «сравнение со сверстницами» (СС). Метод СС не учитывает генетические различия между группами животных и генетический тренд в популяции. Поэтому возможны смещения оценок племенной ценности (особенно значительные при голштинизации). Как следствие - неправильные решения по отбору лучших животных.

В настоящее время во многих странах для оценки животных используются методы, базирующиеся на смешанных моделях. К ним относится BLUP (Best Linear Unbiased Prediction), который не имеет недостатков метода СС. Биометрические модели BLUP могут учитывать различные паратипические и генетические факторы и, самое главное, они оцениваются *одновременно*. Это способствует корректной оценке племенной ценности, повышению вероятности отбора и использования быков с лучшими генотипами. Внедрение в племенную работу метода BLUP значительно ускорит темпы генетического улучшения молочного скота Республики Марий Эл.

**Цель исследований** - адаптация метода BLUP для популяции черно-пестрого скота Республики Марий Эл и проверка его эффективности при оценке племенной ценности производителей по качеству потомства.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- исследовать эффективность различных биометрических моделей;
- выявить силу и статистическую значимость влияния паратипических и генетических факторов на вариацию признаков молочной продуктивности;
- оценить коэффициенты наследуемости и генетических корреляций признаков;
- рассчитать корректур-факторы для элиминации влияния продолжительности лактации на молочную продуктивность коров-первотелок;
- разработать систему BLUP-оценки быков, специфицировать и апробировать биометрическую модель;
- оценить прогностическую значимость BLUP относительно метода СС, продуктивности дочерей и женских предков;
- сделать прогноз генетического прогресса в популяции.

**Научная новизна.** Проведен сравнительный анализ 16 биометрических моделей, различающихся по числу, набору и форме представления паратипических факторов. Получена количественная оценка влияния хозяйственных условий, года и месяца отела, живой массы и возраста при отеле, сервис-периода, продолжительности лактации и производителей на молочную продуктивность первотелок. Выявлен уровень генетической изменчивости и степень генетической сопряженности признаков. Установлена прогностическая значимость метода BLUP. Определены возможности генетического улучшения популяции.

**Практическая значимость.** Результаты мультифакторного анализа использованы для корректировки зоотехнических и селекционных мероприятий с породой. Определена биометрическая модель и проведена BLUP-оценка быков. Для племенной службы Республики Марий Эл подготовлен и издан «Бюллетень генетической оценки быков по качеству потомства методом BLUP».

**Апробация работы.** Результаты исследований доложены на заседаниях Ученого совета ГНУ «МарНИИСХ Россельхозакадемии» (2003, 2004, 2005, 2006), на научно-техническом Совете при МСХиП РМЭ (Йошкар-Ола, 2003), на межрегиональных научно-практических конференциях в Марийском ГУ (Йошкар-Ола, 2003, 2004, 2005), на Всероссийской научно-практической конференции «Сельскохозяйст-

венная наука Республики Мордовия» (Саранск, 2005), на научно-практической конференции «Роль и значение кадрового потенциала в решении проблемы продуктивности дойного стада с учетом комплексного подхода к воспроизводству, кормлению и содержанию крупного рогатого скота» (МарИПКА, Йошкар-Ола, 2003), на республиканском семинаре «Современный подход к ведению селекционно-племенной работы в племенных хозяйствах республики» (ФГУП «Марийское» по племенной работе, 2003), на научно-практической конференции «Проблемы развития и научное обеспечение животноводства Евро-Северо-Востока России» (Кострома, 2003), на международной конференции (семинаре) «Современные методы селекции крупного рогатого скота» (ГУ ЗНИИСХ Северо-Востока, 2004), на международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию со дня основания ФГОУ ВПО «Смоленский сельскохозяйственный институт» (Смоленск, 2004), на научно-практических конференциях Вятской ГСХА (Киров, 2004, 2005), на Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию Вятской сельскохозяйственной опытной станции (ГУ ЗНИИСХ Северо-Востока, Киров, 2005), на научно-практической конференции «Современное состояние, проблемы и перспективы развития молочного скотоводства в Республике Марий Эл» (МарИПКА, Йошкар-Ола, 2006).

**Публикация результатов исследований.** Основное содержание диссертации опубликовано в 14 печатных работах, в том числе в ведущих рецензируемых изданиях, рекомендуемых ВАК РФ - 1 работа.

**Объем и структура работы.** Диссертация состоит из введения, обзора литературы, материала и методики исследований, результатов исследований и их обсуждения, выводов, практических предложений, списка литературы, включающего 165 источников, в том числе 42 зарубежных авторов. Работа изложена на 155 страницах текста, содержит 40 таблиц, 11 рисунков, дополнена приложением.

**Положения, выносимые на защиту:**

- обоснование использования мультифакторных моделей для популяционно-генетического анализа продуктивных признаков;
- оценки влияния паратипических факторов на фенотипическую изменчивость молочной продуктивности;
- коэффициенты наследуемости и генетических корреляций;
- биометрическая модель BLUP и результаты ее апробации;
- прогноз генетического прогресса в популяции.

## 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Использована база данных по черно-пестрой породе ОАО «Марийское» по племенной работе за 8-летний период. Всего учтено 9325 первотелок, дочерей 223 быков из 13 племенных хозяйств (*выборка 1*; табл. 1).

1. Средняя продуктивность первотелок по хозяйствам

Хозяйство	Число		Удой, кг		Жир, %		Жир, кг	
	быков	дочерей	М	CV, %	М	CV, %	М	CV, %
Упшер	25	278	4412	16,3	3,69	3,8	163	15,8
Им. Мосолова	38	850	4666	14,7	3,75	4,7	175	16,0
Им. Ленина	50	604	3769	17,1	3,71	4,1	140	17,3
Кузнецовский	50	685	4160	18,9	3,74	2,4	155	18,6
Им. Мичурина	50	1151	3333	14,5	3,77	2,4	125	14,4
Искра	28	465	3095	18,0	3,79	3,9	117	16,6
Янга Тормыш	48	263	3819	18,7	3,69	3,0	141	19,2
Куженерский	30	460	3373	18,0	3,77	4,3	127	17,2
Семеновский	46	1449	4023	14,2	3,83	3,0	154	14,9
Шойбулакский	85	1183	4229	18,6	3,81	2,6	161	18,4
Азановский	47	1082	6393	15,2	3,67	4,2	234	15,1
Овощевод	28	319	5243	16,2	3,77	2,7	198	16,0
Марийское	22	536	4213	18,6	3,71	3,0	156	19,4
<b>Общее / среднее</b>	<b>223</b>	<b>9325</b>	<b>4271</b>	<b>27,0</b>	<b>3,76</b>	<b>3,7</b>	<b>160</b>	<b>26,3</b>

Примечание. М – среднее значение; CV – коэффициент фенотипической изменчивости.

На рис. 1 представлена схема проведения исследований. Работа проходила в три этапа.

**I этап.** Исследование эффективности статистических моделей, мультифакторный анализ и оценка генетических параметров. Для последнего были сформированы выборки с числом дочерей на быка не менее 5 - *выборка 2* (8475 первотелок дочерей 176 быков) и не менее 10 - *выборка 3* (8256 первотелок и 145 быков).

**II этап.** Спецификация биометрической модели BLUP, апробация по *выборке 1*, оценка прогностической значимости.

**III этап.** Моделирование СС- и BLUP-селекции быков, расчет ожидаемого генетического прогресса.



Рис. 1 Схема проведения исследований

Для обоснования необходимости использования мультифакторного анализа при оценке влияния паратипических факторов, генетических параметров и построения процедуры BLUP исследовали 16 биометрических моделей *смешанного* типа:

1.  $y=SI+e$ ,
2.  $y=SI+H+e$ ,
3.  $y=SI+H+Y+e$ ,
4.  $y=SI+H+Y+M+e$ ,
5.  $y=SI+H+Y+M+b_1A+e$ ,
6.  $y=SI+H+Y+M+b_2W+e$ ,
7.  $y=SI+H+Y+M+b_3D+e$ ,
8.  $y=SI+H+Y+M+b_4R+e$ ,

9.  $y = SI + H + Y + M + b_1A + b_2W + b_3D + b_4R + e$ ,
10.  $y = SI + H + Y + M + A + W + D + R + e$ ,
11.  $\tilde{y} = SI + H + Y + M + A + W + R + e$ ,
12.  $\tilde{y} = SI + H + YS + A + W + R + e$ ,
13.  $y = SI + H + YS + A + W + D + R + e$ ,
14.  $y = SI + H + YS + A + D + R + e$ ,
15.  $y = SI + H + YS + A + D + e$ ,
16.  $y = SI + H + YS + b_1^3A + b_3^3D + e$ ,

где  $y$  - продуктивность первотелки, выраженная как отклонение от средней по популяции;  $\tilde{y}$  -  $y$ , предварительно скорректированная на продолжительность лактации;  $SI$  - эффект 1/2 аддитивного генотипа отца (*рандомизированный*);  $H$  - эффект стада - уровень кормления и содержания животных в хозяйстве (этот и последующие эффекты *фиксированные*);  $Y$  - эффект года отела;  $M$  - эффект месяца отела;  $YS$  - совместный эффект года-сезона отела;  $W$  - эффект живой массы первотелки;  $A$  - эффект возраста при отеле;  $D$  - эффект продолжительности лактации;  $R$  - эффект продолжительности сервис-периода;  $b_A, b_W, b_D, b_R$  - коэффициенты линейной регрессии продуктивности на возраст при первом отеле, живую массу, продолжительность лактации и сервис-период;  $b_A^3, b_D^3$  - коэффициенты кубической регрессии продуктивности на возраст и продолжительность лактации;  $e$  - *рандомизированный* эффект неучтенных факторов.

Предварительную корректировку  $y$  на продолжительность лактации (фактор  $D$ ) осуществляли аддитивным методом:

$$\tilde{y}_{j\ell} = y_{j\ell} + k_j,$$

где  $\tilde{y}_{j\ell}$  - скорректированная продуктивность  $\ell$ -ой первотелки из  $j$ -ой градации фактора  $D$ ;  $y_{j\ell}$  - ее фактическая продуктивность;  $k_j = b_{305} - b_j$  - корректур-фактор для животных  $j$ -ой градации;  $b_j$  - LS-оценка (наименьших квадратов) по модели 10 эффекта  $i$ -ой градации фактора  $D$  (в пределах двух временных периодов и трех уровней продуктивности стад);  $b_{305}$  - LS-оценка эффекта базовой градации (продуктивность за 305 дней).

Корректировались удои и количество жира, из которых рассчитывали скорректированное значение содержания жира.

Эффективность  $i$ -ой биометрической модели ( $E$ ) оценивали отношением остаточной дисперсии к дисперсии по модели 1:

$$E = (\sigma_{e_i}^2 / \sigma_{e_1}^2) 100\%,$$

где  $\sigma_{e_i}^2$  - остаточная дисперсия (ошибка) по  $i$ -ой модели.

Коэффициенты наследуемости признаков ( $h^2$ ) рассчитывали методом учетверенной внутрикласовой корреляции:

$$h^2 = 4\sigma_s^2 / (\sigma_s^2 + \sigma_e^2),$$

где  $\sigma_s^2$  - дисперсия «между отцами»;  $\sigma_e^2$  - остаточная дисперсия.

Фенотипические ( $\sigma_p^2$ ), аддитивно-генетические ( $\sigma_g^2$ ) и паратипические ( $\sigma_u^2$ ) дисперсии вычисляли из уравнений:

$$\sigma_p^2 = \sigma_s^2 + \sigma_e^2, \quad \sigma_g^2 = 4\sigma_s^2, \quad \sigma_u^2 = \sigma_e^2 - 3\sigma_s^2.$$

Коэффициенты генетических корреляций рассчитывали из отношения ковариансы «между отцами» двух признаков (1 и 2) к геометрической средней дисперсии «между отцами» каждого признака:

$$r_g = \sigma_{s_{1,2}} / \sqrt{\sigma_{s_1}^2 \sigma_{s_2}^2}.$$

Аналогично вычисляли фенотипические и паратипические коэффициенты корреляции, но с использованием соответствующих коварианс и дисперсий. Расчеты проводили по компьютерной программе LSMLMW (Harvey W.R., 1987).

Для BLUP-оценки племенной ценности быков использовали предварительно скорректированную на продолжительность лактации продуктивность первотелок ( $\tilde{y}_{j\ell}$ ). Чтобы учесть и элиминировать эффекты «стадо», «год отела» и «сезон отела», а также взаимодействия между ними, эти эффекты были интегрированы в один эффект «стадо-год-сезон» - HYS. Линейная биометрическая модель скорректированной продуктивности первотелки для BLUP оценки быков имела вид:

$$\tilde{y}_{ijk1} = HYS_i + G_j + S_{jk} + e_{ijk1},$$

где:  $G_j$  - эффект  $j$ -ой генетической группы (кровность по голштинской породе), к которой относился  $jk$ -ый бык (5 групп);  $S_{jk}$  - аддитивный генетический эффект (=SI)  $k$ -го отца (рандомизированный) из  $j$ -ой генетической группы;  $e_{ijk1}$  - эффект неучтенных факторов, связанный с каждой регистрацией продуктивности первотелки.

Племенная ценность (BV) выражалась как удвоенная оценка суммы эффекта генетической группы и эффекта быка-отца:

$$BV = 2(g + s).$$

Расчеты проводили по рекомендациям и программе для персональных компьютеров В.М. Кузнецова и др. (1987).



### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

#### 3.1 Анализ фенотипической изменчивости

**Эффективность биометрических моделей.** В большинстве отечественных работ по оценке селекционно-генетических параметров использовался *однофакторный* дисперсионный анализ (модель 1). Данные, представленные в табл. 2, свидетельствовали о том, что при использовании *мультифакторных* моделей (2-16) объективность таких исследований можно повысить почти в 1,5-2 раза. Так, модель 12 имела остаточную вариацию (ошибку) на 44% меньше, чем модель 1. Поэтому *модель 12* была использована для оценки коэффициентов наследуемости и генетических корреляций. К ней близка по эффективности *модель 10*, которую использовали для оценки влияния различных факторов на изменчивость молочной продуктивности животных.

#### 2. Остаточная вариация (ошибка) по 16 моделям в % от модели 1 (значения эффектов см. на стр. 8)

№	Эффекты модели	Признак		
		удой, кг	жир, %	жир, кг
1	SI	100,0	100,0	100,0
2	SI, H	69,3	93,1	70,8
3	SI, H, Y	68,2	92,5	69,5
4	SI, H, Y, M	66,2	92,5	67,7
5	SI, H, Y, M, b <sub>A</sub>	65,8	92,5	67,3
6	SI, H, Y, M, b <sub>W</sub>	65,0	92,5	66,4
7	SI, H, Y, M, b <sub>D</sub>	58,5	91,2	58,8
8	SI, H, Y, M, b <sub>R</sub>	62,2	91,2	62,8
9	SI, H, Y, M, b <sub>A</sub> , b <sub>W</sub> , b <sub>D</sub> , b <sub>R</sub>	56,6	90,6	56,9
10	SI, H, Y, M, A, W, D, R	56,4	90,6	56,6
11	SI, H, Y, M, A, W, D(с корр.) R	56,3	85,0	56,6
12	SI, H, YS, A, W, D(с корр.) R	55,9	85,0	56,1
13	SI, H, YS, A, W, D, R,	56,0	96,6	56,2
14	SI, H, YS, A, D, R,	57,2	92,5	57,3
15	SI, H, YS, A, D	57,8	90,6	58,1
16	SI, H, YS, b <sub>A</sub> <sup>3</sup> , b <sub>D</sub> <sup>3</sup>	57,7	90,6	58,1

**Вклад факторов,** включенных в *модель 10*, оценивался частными коэффициентами детерминации (отношением суммы квадратов по фактору к общей сумме квадратов). В изменчивости удоя и количества жира наибольший и статистически значимый вклад имел фактор

«стадо» - 23-24%. На изменчивость содержания жира в молоке влияние этого фактора было около 5%.

Вторым по силе воздействия был фактор «продолжительность лактации». Его влияние на удой и количество жира было на уровне 3,0-3,5%. Однако, на содержание жира в молоке влияние продолжительности лактации было незначительным (0,3%).

#### 3. Вклад различных факторов в изменчивость признаков молочной продуктивности первотелок, %

Причина изменчивости	df*	Признак		
		удой, кг	жир, %	жир, кг
Отец (SI)	222	6,9	7,8	6,2
Хозяйство (H)	12	24,3	5,3	22,9
Год отела (Y)	7	1,0	0,7	1,1
Месяц отела (M)	11	1,6	0,3	1,6
Возраст при отеле (A)	8	0,3	0,1*	0,3
Живая масса (W)	8	1,2	0,1*	1,2
Дойные дни (D)	7	3,1	0,3	3,5
Сервис-период (R)	9	0,6	0,4	0,8
Неучтенные факторы	-	61,0	85,0	62,4

Примечание. \* df - число степеней свободы; \* статистически не значимо ( $\alpha > 0,05$ );

Влияние генетического фактора, быка-отца, было достаточно высоким 6-8% и статистически значимым ( $\alpha < 0,05$ ).

**Коэффициенты наследуемости.** Все оценки коэффициентов наследуемости были статистически значимыми при уровне значимости  $\alpha < 0,05$  (табл. 4).

#### 4. Коэффициенты изменчивости и наследуемости признаков молочной продуктивности

Показатели	Признак		
	удой, кг	жир, %	жир, кг
Средние наименьших квадратов	4464	3,75	167
Коэффициент изменчивости, %	14,6	3,2	14,5
<b>Коэффициент наследуемости</b>	<b>0,35</b>	<b>0,28</b>	<b>0,29</b>
Ошибка оценки наследуемости	$\pm 0,041$	$\pm 0,035$	$\pm 0,036$
95% доверительный интервал	0,27+0,43	0,21+0,35	0,22+0,36

В последней строке даны интервальные оценки, показывающие, в каких границах с доверительной вероятностью 95% могут находиться

истинные значения коэффициентов наследуемости. Интервалы перекрывались, поэтому для сокращения времени расчетов в процедуре BLUP использовали  $h^2=0,30$ .

**Коэффициенты корреляции.** Установлена достаточно высокая отрицательная (-0,41) статистически значимая ( $\alpha < 0,05$ ) генетическая взаимосвязь между удоем и содержанием жира в молоке (табл. 5). Между содержанием и количеством молочного жира оценка была статистически не значимой.

### 5. Коэффициенты корреляции между признаками молочной продуктивности

Показатели	Коррелируемые признаки		
	удой*жир, %	удой*жир, кг	жир, кг*жир, %
Корреляция			
- фенотипическая ( $r_p$ )	-0,13	+0,97	+0,10
- паратипическая ( $r_u$ )	-0,01	+0,97	+0,22
- генетическая ( $r_G$ )	<b>-0,41</b>	<b>+0,97</b>	<b>-0,18 *</b>
Ошибка оценки $r_G$	$\pm 0,087$	$\pm 0,006$	$\pm 0,096$
95% доверительный интервал $r_G$	-0,58+/-0,24	+0,96+/-0,98	-0,37+/-0,01

Примечание. \* статистически не значимо ( $\alpha > 0,05$ ).

Значения паратипических корреляций указывали на то, что повышение удою и количества молока можно добиться, улучшая одни и те же факторы среды (степень связности  $r^2=0,94$ ). Однако эти средовые факторы не будут повышать содержание жира в молоке ( $r^2=0,0-0,04$ ).

### 3.2 Оценка быков методом BLUP

**Спецификация модели BLUP.** Способ элиминации фактора «продолжительность лактации» не влиял на оценки генетических параметров (модели 10 и 11). Логично допустить, что он не будет влиять и на оценки племенной ценности быков. Поэтому с целью упрощения операционной модели BLUP была разработана процедура предварительной корректировки данных. Корректируемые факторы рассчитывали по модели 10 для стад трех уровней продуктивности (высокий, средний, низкий) в пределах двух временных периодов по 4 года. Посредством корректируемых факторов продуктивность каждой первотелки была приведена к продуктивности коров имеющих продолжительность лактации 301...305 дней (по специально разработанной компьютерной программе).

Влияние живой массы, возраста при отеле и сервис-периода было небольшим (табл. 3). Поэтому эти факторы не были включены в модель BLUP (см. стр. 9). Факторы «стадо», «год отела» и «сезон отела» были объединены в один - «стадо-год-сезон отела», дополнительно учитывающий все взаимодействия. Так как в популяции использовались голштинские и голштинизированные быки, то в операционную модель был введен фактор «генетическая группа» (кровность по голштинской породе). Это дало возможность косвенным образом учесть происхождение быков.

**Распределение быков по племенным категориям.** Категорию присваивали при наличии у быка 15 и более дочерей исходя из следующего распределения:

Племенная ценность j-го быка в %, $RBV_j$	Категория
$RBV_j > (\overline{RBV} + 2\sigma_{RBV})$	++
$(\overline{RBV} + 2\sigma_{RBV}) \geq RBV_j > (\overline{RBV} + 0,75\sigma_{RBV})$	+
$(\overline{RBV} + 0,75\sigma_{RBV}) \geq RBV_j \geq (\overline{RBV} - 0,75\sigma_{RBV})$	0
$(\overline{RBV} - 0,75\sigma_{RBV}) > RBV_j \geq (\overline{RBV} - 2\sigma_{RBV})$	-
$(\overline{RBV} - 2\sigma_{RBV}) > RBV_j$	--

Примечание.  $\overline{RBV}$  - средняя RBV всех быков;  $\sigma_{RBV}$  - стандартное отклонение.

Из 223 быков племенную категорию получили 127 (57%). Быки с категориями (++) и (+) составляли: по удою - 25%, по содержанию жира - 17%. Три быка были улучшателями по обоим признакам (табл. 6).

### 6. Распределение быков по категориям

Категория	F ++	F +	F 0	F -	F --	Итого
Y ++	-	1	6	1	-	8
Y +	-	2	16	5	1	24
Y 0	3	9	46	10	2	70
Y -	3	4	16	1	-	24
Y --	-	-	1	-	-	1
Итого	6	16	85	17	3	127

Примечание. Y и F - категории по удою и % жира.

В таблице 7 показана средняя племенная ценность быков разных категорий. Для 8 быков с категорией Y++ (отцы быков) она составила по удою +534 кг, по содержанию жира -0,01%, по количеству жира +20 кг. Племенная ценность 32 быков с категориями Y++ и Y+ (отцы коров в племенных стадах) была, соответственно, +324 кг, -0,01% и +11,7 кг.

#### 7. Средняя племенная ценность быков, дифференцированных по категориям

Категория	N	n	Средняя племенная ценность		
			удой, кг	жир, %	жир, кг
Y++ (удой, кг)	8	55	+534	-0,01	+19,9
Y+	24	88	+254	-0,01	+9,0
Y0	70	65	3	0,00	+0,2
Y-	24	36	-257	+0,01	-9,0
Y--	1	50	-537	+0,02	-19,0
F++ (жир, %)	6	31	-145	+0,07	-2,8
F+	16	68	-15	+0,08	+0,8
F0	85	69	+30	0,00	+1,3
F-	17	50	+126	-0,04	+3,1
F--	3	30	+93	-0,11	-1,3
V++ (жир, кг)	8	55	+534	-0,01	+19,9
V+	24	90	+248	-0,01	+9,0
V0	72	63	0	0,00	0,0
V-	21	37	-256	+0,01	-9,0
V--	2	53	-457	+0,01	-17,5

Примечание. N - число быков; n - среднее число дочерей на быка.

Средняя племенная ценность быков с категориями V++ и V+ была аналогичной, соответственно, +320 кг, -0,01% и +11,7 кг. Это свидетельствует об адекватности ответа на селекцию при отборе как по удою, так и по количеству жира.

Быки с категорией Y0 могут использоваться в товарных стадах. Быки с категориями (- -) и (-) не должны использоваться.

С увеличением кровности быков по голштинской породе их племенная ценность возрастала на 133...300 кг молока, по содержанию жира в молоке снижалась на 0,01...0,02%.

**Связь BLUP-оценок с оценками по СС-методу.** Оценки племенной ценности быков по методу СС были взяты из Каталогов, выпускаемых ВНИИплем (официальная оценка). Коэффициенты ранговой корреляции были невысокими и составили по удою +0,44, по количеству жира +0,43, по содержанию жира -0,02. Методы по-разному классифицировали быков.

**Связь BLUP-оценок с продуктивностью дочерей и женских предков.** До настоящего времени для селекционеров основными критериями при отборе быков или покупке спермы остаются продуктивность дочерей и/или женских предков.

#### 8. Корреляция BLUP-оценок быков с продуктивностью дочерей, матерей и бабок по отцу

Продуктивность	Число пар	BLUP-оценки быков		
		удой, кг	жир, %	жир, кг
Средняя дочерей	127	+0,40	+0,41	+0,45
Наивысшая				
- матерей	121	+0,54	-0,05*	+0,50
- бабок по отцу	115	+0,39	+0,09*	+0,33
- индекс (I)	112	+0,56	+0,05*	+0,56
Средняя				
- матерей	107	+0,50	+0,12*	+0,54
- бабок по отцу	72	+0,47	+0,11*	+0,41
- индекс (I)	68	+0,53	+0,20*	+0,53

Примечание. I=0,5(мать)+0,25(мать отца); \* - не значимо ( $\alpha > 0,05$ )

Данные табл. 8 дают основание полагать, что при отборе быков по средней продуктивности дочерей вероятность ошибки может достигать 55...60%. Другими словами метод BLUP повышал точность прогноза генотипа быков более чем в два раза.

Продуктивность матерей и особенно бабок также малоинформативна. Объединение данных в фенотипический индекс очень немного повысило точность прогноза генотипа быков. По жирномолочности оценки корреляций были не значимыми.

**Эффективность СС- и BLUP-селекции.** При расчете ожидаемого генетического прогресса (табл. 9) допускали: а) селекцию только по удою; б) BLUP-оценка - истинная генетическая ценность быка; в) 75% случного поголовья осеменяется спермой оцененных и отобранных быков; г) генерационный интервал для оцененных быков 8 лет,



проверяемых – 2,5 года, матерей быков и коров 6 и 5 лет. Генетическое превосходство 8 отцов быков по удою, содержанию и количеству жира было при BLUP-селекции, соответственно, +534 кг, -0,01% и +20 кг (см. стр. 14), при СС-селекции - +108 кг, -0,008% и +3,5 кг; превосходство 32 отобранных отцов коров +324 кг, -0,01%, +11,7 (BLUP) и +57 кг, -0,005%, +2 кг (СС).

### 9. Ожидаемый генетический прогресс ( $\Delta G$ )

Метод оценки быков	$\Delta G$ на корову в год		
	удой, кг	жир, %	жир, кг
СС	+5,9	-0,0005	+0,2
BLUP	+30,4*	-0,0007	+1,1

$$* \Delta G = \frac{+534 + 0,75(+324)}{8 + 0,75 \times 8 + 0,25 \times 2,5 + 6 + 5} = \frac{+777}{25,6} = +30,4 \text{ кг}$$

При выручке за реализацию 1 литра молока 8 руб. и удельном весе затрат на корма в структуре себестоимости 50%, дополнительный чистый доход *только* от перехода на метод BLUP составит  $0,5 \times 8(30,4 - 5,9) = 98$  руб. на корову в год.

## ВЫВОДЫ

1. Однофакторный дисперсионный анализ - чрезвычайно слабый инструмент для изучения генетической структуры популяций животных. Исследование 16 биометрических моделей с различным числом и набором паратипических факторов показало, что при использовании мультифакторных моделей остаточная вариация (ошибка) может быть снижена более, чем на 40% (повышение достоверности и объективности результатов в 1,5-2 раза).

2. Мультифакторный анализ признаков молочной продуктивности позволил разложить фенотипическую изменчивость на компоненты и оценить их удельный вес. В частности, обнаружено статистически значимое влияние паратипических факторов: «стадо» - 23-24%, «продолжительность лактации» - 3-4%, «месяц отела» - 1,6%, «живая масса при первом отеле» - 1,2% и «год отела» - 1%. Влияние возраста при отеле и продолжительности сервис-периода было статистически

значимо, но менее 1%. Вклад генетического фактора «отец», составил 6-8% при  $\alpha < 0,05$ .

3. Выявлена достаточная для проведения эффективной селекции генетическая изменчивость удою, содержания и количества молочного жира ( $h^2 = 28-35\%$ ). Близкие значения наследуемости и перекрывающиеся 95% доверительные интервалы явились основанием для использования при BLUP-оценке коэффициента наследуемости, равного 30% (один для всех признаков). Это сократило время расчета племенной ценности быков более чем в 3 раза.

4. Установлена статистически значимая отрицательная генетическая взаимосвязь между содержанием жира и удоем (-0,41) и отсутствие таковой между содержанием и количеством молочного жира. В этой связи можно рассматривать три варианта отбора животных: по независимым уровням, селекционному индексу и по количеству жира. Два первых предполагают селекцию животных по удою и содержанию жира; последний вариант представляется более простым для реализации.

5. Разработана система BLUP-оценки быков, включающая: а) ежегодное обновление базы данных по первотелкам, б) фильтрацию, проверку и исправление данных, в) расчет мультифакторной модели корректур-факторов и корректировку продуктивности первотелок на продолжительность лактации, г) решение системы линейных уравнений смешанной модели, включающей эффекты стадо-год-сезона, генетической группы и отца, д) анализ и тиражирование результатов оценки.

6. Методы СС и BLUP по-разному классифицировали быков. Коэффициенты ранговой корреляции по удою и количеству жира были на уровне +0,4, по содержанию жира связь между оценками отсутствовала. Примерно аналогичными были корреляции между BLUP-оценками и продуктивностью дочерей и женских предков. Это дало основание полагать, что официальная оценка является смещенной, а продуктивность дочерей, матерей и бабок по отцу сама по себе имеет низкую информационную ценность при отборе быков.

7. Результаты имитационного моделирования и расчеты ожидаемого генетического прогресса показали, что при переходе на BLUP-селекцию быков можно ожидать повышение эффективности племенной работы с породой в 5 раз (при соответствующем кормлении и содержании животных).

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

Для повышения эффективности разведения черно-пестрого скота племенной службе Республики Марий Эл рекомендуется:

1. Использовать результаты мультифакторного анализа, коэффициенты наследуемости и генетических корреляций при разработке планов племенной работы для племенных стад и оптимизации программы селекции для породы.

2. Перейти на ежегодную оценку племенной ценности быков методом BLUP по биометрической модели, включающей эффекты стадогод-сезона отела, генетической группы (кровности по голштинской породе) и отец (с предварительной корректировкой данных на продолжительность лактации).

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ИЗЛОЖЕНЫ В СЛЕДУЮЩИХ ПУБЛИКАЦИЯХ

### Статьи, опубликованные в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ

1. Титова, С.В. *Оценка быков-производителей методом BLUP* / С.В. Титова, В.М. Кузнецов // Зоотехния.-2005.-№3.- С. 2-4.

### Статьи, опубликованные в прочих научных изданиях

2. Титова, С.В. *Прогноз племенной ценности и эффективности отбора быков методом BLUP* / С.В. Титова, В.М. Кузнецов // Материалы региональной научно-практической конференции «Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства».- Йошкар-Ола.- 2003.- Вып. 5.- С. 194-195.

3. Титова, С.В. *Бюллетень генетической оценки быков по качеству потомства методом BLUP в Республике Марий Эл* / С.В. Титова, В.М. Кузнецов, Л.А. Моков, Г.Ф. Церида, В.Д. Курак. - Йошкар-Ола.- 2003.- 30 с.

4. Титова, С.В. *Взаимосвязь продуктивности женских предков с BLUP-оценкой быков по потомству* / С.В. Титова // Материалы региональной научно-практической конференции «Актуальные вопросы

совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства».- Йошкар-Ола.- 2004.- Вып.6.- С. 121-122.

5. Титова, С.В. *Генетические параметры молочного скота Республики Марий Эл* / С.В. Титова, В.М. Кузнецов // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию со дня основания ФГОУ ВПО «Смоленский сельскохозяйственный институт».- Смоленск.- 2004.- Т.1.- С.317-320.

6. Титова, С.В. *BLUP-оценка быков-производителей по потомству в республике Марий Эл* / С.В. Титова, В.М. Кузнецов. // Материалы научно-практической конференции «Вопросы физиологии, содержания, кормопроизводства и кормления, селекции с.-х. животных, биологии пушных зверей и птиц, охотоведения».- Киров: Вятская ГСХА.- 2004.- С. 165-168.

7. Титова, С.В. *Наследуемость и взаимосвязь признаков молочной продуктивности черно-пестрого скота* / С.В. Титова // Материалы региональной научно-практической конференции «Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства».- Йошкар-Ола.- 2005.- Вып. 7.- С. 176-179.

8. Титова, С.В. *Оценка компонентов фенотипической изменчивости признаков молочной продуктивности черно-пестрого скота* / С.В. Титова // Материалы региональной научно-практической конференции «Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства».- Йошкар-Ола.- 2005.- Вып.7.- С. 179-180.

9. Титова, С.В. *Генетическая изменчивость, наследуемость и взаимосвязь признаков молочной продуктивности черно-пестрого скота* / С.В. Титова // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Сельскохозяйственная наука Республики Мордовия: достижения, направления развития» (Саранск, 6-8-июля 2005 г.).- Саранск.- 2005.- Т.2.- С. 285-287.

10. Титова, С.В. *BLUP-оценка быков в Республике Марий Эл* / С.В. Титова, В.М. Кузнецов // Материалы международной научно-практической конференции «Основные итоги и приоритеты научного обеспечения АПК Евро-Северо-Востока», посвященной 110-летию Вятской сельскохозяйственной опытной станции.- Киров.- 2005.-С. 285-287.

11. Титова, С.В. *Влияние паратипических и генетических факторов на молочную продуктивность черно-пестрого скота* / С.В. Ти-

това, В.М. Кузнецов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока.- Киров.- 2005.- №6.- С. 94-97.

12. Титова, С.В. *Наследуемость и генетические корреляции черно-пестрого скота республики Марий Эл* / С.В. Титова, В.М. Кузнецов // Материалы научно-практической конференции биологического факультета «Достижения в области совершенствования пород, кормления и содержания животных».- Киров: Вятская ГСХА.- 2005.- С. 33-36.

13. Титова, С.В. *Оценка быков-производителей методом BLUP в Республике Марий Эл* / С.В. Титова, В.М. Кузнецов // Материалы научно-практической конференции «Проблемы развития и научное обеспечение животноводства Евро-Северо-Востока России» (Кострома, 23-25 июня 2003 г.).- Кострома.- 2005.- С. 349-356.

14. Титова, С.В. *Селекционно-генетические параметры популяции черно-пестрого скота Республики Марий Эл* / С.В. Титова, В.М. Кузнецов // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы аграрной науки и пути их решения» (Ижевск, 15-18 февраля 2005 г.).- Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА.- 2005.- Т.1.- С 318-324.