

ISSN 0130—8629

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ГЕНЕТИКИ И РАЗВЕДЕНИЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

**СЕЛЕКЦИОННО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ
СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ**

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
1996

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА BLUP ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЛЕМЕННОЙ ЦЕННОСТИ
БЫКОВ ПО ЖИВОЙ МАССЕ

В. М. Кузнецов, И. Л. Суллер

Метод наилучшего линейного несмещенного прогноза (BLUP) базируется на линейных статистических моделях смешанного типа [1]. BLUP является наиболее теоретически обоснованным методом генетической оценки животных. Основное свойство метода BLUP заключается в одновременной оценке всех включенных в модель средовых и генетических эффектов. Это обеспечивает получение несмещенных оценок генетической ценности животных. BLUP используется во многих странах для оценки быков по качеству потомства [2]. Ряд авторов показали возможность использования метода BLUP для генетической оценки быков по собственным показателям [3-15].

В России для оценки быков по качеству потомства используется метод сравнения со сверстницами (СС). Разработаны компьютерные программы для оценки быков по потомству методом BLUP [16]. Проведены исследования по сравнению методов СС и BLUP [17]. Показано, что при использовании метода BLUP достоверность прогноза генотипа быков по качеству потомства можно повысить на 13-18% [18]. Исследования по использованию метода BLUP для прогноза генотипа быков по собственным показателям в нашей стране не проводились. Вместе с тем разработка метода, который бы наиболее точно идентифицировал быков с лучшими генотипами при оценке их по собственным показателям необходима. Чем точнее метод прогноза генотипа, тем более точно можно отобрать родителей для следующей генерации животных, тем больший генетический прогресс может быть достигнут. Поэтому цель настоящей работы заключалась в адаптации метода BLUP для генетической оценки быков по собственным показателям и проверке эффективности этого метода на фактическом материале.

Материалом для исследований служили данные по выращиванию на элевере 179 бычков черно-пестрой породы Ленинградской области 1987-1991 гг. рождения. Ремонтные бычки были получены от заказных спариваний в 5 хозяйствах. На элевёр бычки поступали в возрасте 2-7 месяцев. В возрасте 12-13 месяцев 85-90% быков отбиралось для постановки на племпредприятие. При отборе быков учитывалась их живая

масса в 12-месячном возрасте.

О каждом быке имели следующую информацию: номер быка, место рождения (хозяйство), дата рождения, номер и линия отца, дата постановки на элевёр, живая масса в 12-месячном возрасте.

Быки являлись сыновьями 55 отцов. 165 быков (92,2%) относились к четырем голштинским линиям. 14 быков - к пяти линиям отечественной черно-пестрой породы, которые были объединены в одну группу.

Для дисперсионного анализа живой массы быков в 12-месячном возрасте использовали программу LSML76 [19]. Математическая модель имела вид:

$$y = \mu + N + Y + S + A + L + e ,$$

где y - наблюдение живой массы быка в 12-месячном возрасте;

μ - среднее наименьших квадратов;

N - эффект хозяйства, в котором родился бык;

Y - эффект года постановки на элевёр;

S - эффект сезона при постановке на элевёр

($S=1,2,\dots,6$ по 2 месяца в сезоне: январь-февраль и т.д.);

A - эффект класса возраста при постановке на элевёр ($\leq 3, 4, 5, 6$ и >6 мес.);

L - эффект линии;

e - случайный эффект неучтенных факторов.

Все эффекты за исключением e фиксированные.

При адаптации BLUP для прогноза генотипа быков по собственным показателям использовали [16,20]. Математическая модель имела вид

$$y = N + Y + S + A + C + e ,$$

где C - случайный эффект аддитивной генетической ценности каждого индивидуального быка.

Значение остальных символов дано выше.

Допускали, что C и e имеют среднее 0 и дисперсии $\text{Var}(c)$ и $\text{Var}(e)$, соответственно.

В матричной записи модель BLUP имела вид

$$y = Xf + Pc + e ,$$

где y - вектор данных по живой массе быков в 12-месячном возрасте;

f - вектор фиксированных эффектов;

c - вектор случайных эффектов быков;

e - вектор случайной ошибки;

X, P – соответствующие матрицы плана из нулей и единиц.

Математическое ожидание и дисперсия y

$$E(y) = Xf; \quad \text{Var}(y) = PP' * \text{Var}(c) + I * \text{Var}(e);$$

где $\text{Var}(c)$ – дисперсия по быкам (генетическая);

$\text{Var}(e)$ – дисперсия ошибки (остаточная).

I – единичная матрица.

Уравнения смешанной модели (ММЕ) имели вид

$$\begin{bmatrix} X'X & X'P \\ P'X & P'P + I * k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{f} \\ \hat{c} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'y \\ P'y \end{bmatrix}$$

где \hat{f} – вектор оценок фиксированных эффектов;

\hat{c} – вектор оценок генетической ценности быков;

$$k = \text{Var}(e) / \text{Var}(c) = (1 - h^2) / h^2;$$

h^2 – коэффициент наследуемости живой массы.

Для второго ряда ММЕ имели следующее соотношение

$$P'X\hat{f} + (P'P + I * k)\hat{c} = P'y,$$

тогда $(P'P + I * k)\hat{c} = P'y - P'X\hat{f}$.

Так как бык имел только одну регистрацию живой массы, то

$$P'P + I * k = I * (1 + k); \quad P'y = y; \quad P'X\hat{f} = \hat{f};$$

и решением для быков было

$$\hat{c} = (y - \hat{f}) / (1 + k).$$

Оценки племенной (генетической) ценности быков по BLUP (BVC) выражались как

$$BVC = \hat{c} + M,$$

где M – средняя живая масса по всем быкам.

Для прогноза генетической ценности отцов по живой массе сыновей модель BLUP имела вид

$$y = H + Y + S + A + L + SI + e,$$

где SI – случайный эффект аддитивной генетической ценности отца быка.

Оценки племенной ценности отцов по потомству (BVS) рассчитывались из решений ММЕ для L и SI [16]. Племенная ценность выражалась как

$$BVS = 2 * (L + \hat{SI}) + M.$$

В табл. 1 даны результаты дисперсионного анализа по живой массе быков в 12-месячном возрасте.

Таблица 1. Результаты дисперсионного анализа по живой массе быков черно-пестрой породы в 12-месячном возрасте

Источник изменчивости	df	SS/100	%	F	P
Общая	170	1189,7	-	-	-
Модель	22	403,3	33,9	3,5	0,0000
Хозяйство (H)	4	84,1	7,1	3,9	0,0044
Год постановки (Y)	4	39,4	3,3	1,8	0,1220
Сезон при постановке (S)	5	128,8	10,8	4,8	0,0004
Класс возраста (A)	4	51,3	4,3	2,4	0,0514
Линия (L)	4	49,2	4,1	2,3	0,0602
Остаток (e)	148	786,5	-	-	-

Примечание. df - число степеней свободы; SS - сумма квадратов; F - критерий Фишера; P - уровень вероятности нулевой гипотезы.

Коэффициент детерминации модели составил 33,9%. Суммарное влияние учтенных факторов было высокодостоверным.

Наибольшее влияние на изменчивость живой массы оказывали сезон при постановке быков на элеватор (10,8%) и хозяйства, из которых они поступали (7,1%). Влияние года постановки, возраста при постановке и принадлежности к линии было на уровне 3-4%. Влияние года постановки было значимо на уровне 88%, остальных факторов - 94-99%. Общее влияние негенетических факторов (исключая эффект линии) было значительное и составляло 25,5%. Таким образом, включение этих факторов в модель BLUP было, как нам представляется, оправданным.

В табл. 2 дана статистика по фактической живой массе быков в 12-месячном возрасте (ABS) и по оценкам их племенной ценности методом BLUP (BVC).

Средние по ABS и BVC равны потому, что племенная ценность быка выражалась как оценка по BLUP плюс общая средняя. Коэффициент изменчивости живой массы был 6,3%, племенной ценности - 1,8%. Различия между минимальным и максимальным значениями были соответственно 140 и 35 кг. Следует отметить, что остаточное стандартное отклоне-

ние живой массы по дисперсионному анализу было 23 кг, коэффициент изменчивости - 5,8%.

Таблица 2. Средние значения (M), стандартные отклонения (SD) и лимиты живой массы быков в 12-месячном возрасте

Переменная	N	M	SD	MIN	MAX
ABS, кг	179	395	25	320	460
BVC, кг	179	395	7	378	413

Независимо от используемого метода, абсолютно точная оценка племенной ценности животных невозможна, так как их истинная генетическая ценность неизвестна. Поэтому можно только сравнивать различные методы между собой допуская, что один из них является более точным. В данной работе эффективность метода BLUP была определена посредством расчета парной корреляции между оценками племенной ценности быков по BLUP и фенотипическим измерением их живой массы в 12-месячном возрасте. Эта взаимосвязь показана в табл. 3.

Таблица 3. Корреляция между оценками племенной ценности быков (BVC), живой массой в 12-месячном возрасте (ABS) и племенной ценностью их отцов (BVS)

Коррелируемые переменные	Число пар	Коэффициент корреляции
BVC x ABS	179	0,827
BVS x ABS	105(+)	0,369
BVC x BVS	105(+)	0,415

Примечание. Все оценки корреляций высокозначимые.

(+) - отцы с не менее чем 4 сыновьями.

Коэффициент корреляции составил 0,827. Это указывает на то, что оценки по BLUP отличались от фактической живой массы быков. При использовании процедуры BLUP неизвестные средовые эффекты были одновременно оценены в структуре несбалансированных данных и элиминированы. Поэтому можно полагать, что оценки по BLUP являются более точными критериями для отбора (выбраковки) быков. Исходя из по-

лученного коэффициента корреляции вероятность ошибки при отборе лучших быков или выбраковке худших по фактической живой массе в 12-месячном возрасте может достигать 17%. Так как эффективность селекции прямопропорциональна точности прогноза генотипа животных, то на такую же величину следует ожидать и повышения генетического прогресса.

Интересно сопоставить установленную нами взаимосвязь с результатами других авторов. В проведенных за рубежом исследованиях корреляция между BLUP и среднесуточным приростом быков герефордской породы была 0,82, по быкам породы шароле - 0,88. Между BLUP и простым отклонением от сверстников в субклассе станция-год-сезон - 0,95 и 0,92 [6,12]. По данным Хеннингссона корреляция между BLUP и среднесуточным приростом быков шведской фризской породы была 0,75, красно-пестрой породы - 0,69. Корреляции между BLUP и T-индексом (сравнение со сверстниками) были 0,83 и 0,88 [14,15]. По быкам датской комбинированной породы эта корреляция варьировала от 0,89 до 0,93 [13], по быкам немецкой симментальской породы она составляла 0,84 [11]. Таким образом, полученная нами корреляция и анализ литературных данных свидетельствуют о том, что использование метода BLUP для прогноза генотипа быков по признакам мясной продуктивности способствует повышению эффективности селекции на 5-31%.

В табл. 3 даны также коэффициенты корреляции между живой массой быков и оценками по BLUP их отцов (по сыновьям), оценками по BLUP быков и оценками по BLUP их отцов. Более высокая корреляция между оценками по BLUP сыновей и отцов указывает на преимущество метода. Так как число сыновей у большинства отцов было небольшим, то эти результаты мы рассматриваем как ориентировочные. Следует отметить, что по данным [11], корреляция между оценками быков по BLUP, рассчитанными по двум группам сыновей, была 0,61. В том случае, когда критерием было отклонение от сверстников, эта корреляция составляла 0,37.

Как отмечалось выше, отцы 165 анализируемых быков относились к 4 голштинским линиям и 14 быков было черно-пестрой породы. Представляли интерес результаты прогноза генотипа быков по BLUP использовать для сравнения линий (табл. 4).

Таблица 4. Средняя живая масса в 12-месячном возрасте (М) и племенная ценность (BVC) быков разных линий

Линия	N	М	+—к ЧП	BVC	+—к ЧП
Черно-пестрые (ЧП)	14	383	0	397	0
В. Айдиала	86	393	+10	395	-2
Р. Соверинга	40	398	+15	395	-2
М. Чифтейна	29	393	+10	394	-3
С. Т. Рокита	10	413	+30	400	+3

По живой массе только быки линий Р. Соверинга и С. Т. Рокита превосходили общее среднее (395 кг) соответственно на +3 и +18 кг. Живая масса быков собственной селекции (черно-пестрые) была на 12 кг ниже общего среднего значения. Обращает на себя внимание ярко выраженное превосходство по живой массе голштинизированных быков над быками черно-пестрой породы. Относительно живой массы быков собственной селекции, живая масса быков голштинских линий была на 10-30 кг выше.

Несколько иная картина наблюдалась при сравнении линий по племенной ценности. Общее среднее по племенной ценности превосходили быки линии С. Т. Рокита (+5 кг) и быки черно-пестрой породы (+2 кг). Племенная ценность быков остальных линий была на уровне среднего значения. Из представленных данных видно, что племенная ценность быков этих линий в среднем была на 2-3 кг ниже племенной ценности быков черно-пестрой породы. В то время, как по абсолютным показателям они превосходили их на 10-15 кг. При использовании метода BLUP средовые и генетические эффекты оценивались одновременно. Возможные смещения оценок были минимальные. Это позволило более точно идентифицировать наследственные задатки быков и выявить действительные различия между линиями. Полученные данные могут быть перспективны в качестве основы для выбора производителей определенных линий и использования их в практической селекции для генетического совершенствования мясной продуктивности популяции черно-пестрого скота Ленинградской области.

Итак, несмотря на относительно стабильные условия содержания быков на элеверах, негенетические факторы могут оказывать значительное влияние на их живую массу в 12-месячном возрасте и, тем самым, снижать эффективность селекции по этому признаку. Исполни-

зование метода BLUP позволяет элиминировать включаемые в модель паратиписческие факторы. Одновременная оценка средовых и генетических эффектов даст возможность получать наиболее точный критерий для отбора быков по собственным показателям. Полученные в данной работе результаты дают основание полагать, что при использовании метода BLUP достоверность отбора быков с лучшими генотипами по живой массе в 12-месячном возрасте можно повысить на 17%.

Литература

1. Henderson C.R. Sire evaluation and genetic trends. In: Proceedings of the animal breeding and genetics symposium in honour of Dr. Jay L. Lush. ASAS and ADSA. Champaign, Illinois, 1973. P. 10-41.
2. Philipsson J., Danell B. Survey of methods for sire evaluation of production traits in 20 countries//IDF/EAAP symposium., Prague, Sep. 14-16. 1984. 12p.
3. Wilton J.W., Schaeffer L.R., Batra T.R. Beef bull growth rate evaluation procedures//Can. J. Anim. 1975. V. 55. No 3. P. 359-367.
4. Eriksson J.-A., Wilton J.W., Henningsson T. Estimating breeding values for rate of gain of beef bulls in Sweden. Department of Animal Breeding and Genetics. Swedish University of Agricultural Sciences. Sweden. Uppsala, 1978. Report No 23.
5. Henningsson T. Application of BLUP in performance testing of dairy bulls//29-th Annual Meeting EAAP. Stockholm, 1978. G. 5. 07.
6. Eriksson J.-A., Wilton J.W., Henningsson T. Evaluation of performance tested beef bulls by BLUP//29-th Annual Meeting EAAP. Stockholm, 1978. G. 5. 08. P. 1-6.
7. Eriksson J.-A., Wilton J.W., Henningsson T. Evaluation performance-tested beef bulls for daily gain by BLUP//Acta Agric. Scand. 1979. V. 29. No 4. P. 393-401.
8. Slinger W.D. Genetic evaluation of beef cattle for weaning weight//J. Anim. Sci. 1979. V. 48. No 5. P. 1070-1078.
9. Lee A.J. Mixed model multiple trait evaluation of related sires when all traits are recorded//J. Anim. Sci. 1979. V. 48. No 5. P. 1079-1088.
10. Quaas R.L., Pollak E.J. Mixed model methodology for farm and ranch beef cattle testing programs//J. Anim. Sci. 1980. V. 51. No 6. P. 1277-1287.

11. Wenzler H., Haussmann H., Schlote W. BLUP-evaluation of performance tested young bulls//31-th Annual Meeting EAAP. Munchen, 1980., C.03.08.P.1-8.
12. Eriksson J.-A. Best Linear Unbiased Prediction of breeding values with regard to related contemporaries and selection of records. Department of Animal Breeding and Genetics. Swedish University of Agricultural Sciences. Sweden. Uppsala, 1981. Report No 50.
13. Andersen B.B., Lovendahl P., Madsen P., Jensen J., Kjastrup S., Sorensen Sv.E. Avelsstationerne for kodproduktion 1983/84. Natl. Inst. Anim. Sci. Copenhagen, 1984. Rep. No 676. P.43-50.
14. Henningsson T. Studies on performance testing for growth rate of dual-purpose bulls. IV. Application of the Best Linear Unbiased Prediction (BLUP) method for evaluation of growth rate and estimation of the genetic trend//Acta Agric. Scand. 1986. V.36. No 1. P.49-59.
15. Henningsson T. Estimation of breeding values for beef production traits on Swedish dual-purpose cattle. In.: Performance testing of AI bulls for efficiency and beef production in dairy and dual-purpose breeds. Proceedings EAAP-seminar study commissions on cattle production and animal genetics. Wageningen, the Netherlands. April 27-29. 1987. Pudoc Wageningen, 1987. P.156-161.
16. Кузнецов В.М., Шестиперов А.А., Егорова В.Н., Методические рекомендации по использованию метода BLUP для оценки племенной ценности быков-производителей. Л.: ВНИИРГЖ, 1987. 69с.
17. Кузнецов В.М. Сравнение результатов оценки производителей по качеству потомства методами СС и BLUP//Генетика. 1988. Т. XXIV. No 6. С.1121-1129.
18. Кузнецов В.М. Точность оценки племенной ценности быков-производителей методами СС и BLUP. В кн.: Генетический прогресс в повышении продуктивности сельскохозяйственных животных/Институт генетики и разведения с.-х. животных, С-Петербург, 1991. С.9-14.
19. Harvey W.R. User's Guide for LSML76. Mixed model least-squares and maximum likelihood computer program. Ohio State University, 1977. 76pp.
20. Schaeffer L.R. Section 1: Animal breeding methods. In.: Livestock and poultry breeding. Notes 40-423. 1986. P.1-98.