

УДК 636.22/.28.082.1

DOI 10.18286/1816-4501-2021-4-188-194

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА BLUP ANIMAL MODEL ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЛЕМЕННОЙ ЦЕННОСТИ КОРОВ СИММЕНТАЛЬСКОЙ ПОРОДЫ

Игнатьева Лариса Павловна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных

Сермягин Александр Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, руководитель отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»

142132, Московская область, Городской округ Подольск, поселок Дубровицы, дом 60; e-mail: ignatieva-lp@mail.ru

Ключевые слова: симментальская порода, оценка племенной ценности, молочная продуктивность, содержание жира, содержание белка, коэффициент корреляции.

В статье представлены результаты анализа молочной продуктивности и расчета племенной ценности коров (EBV) разного уровня продуктивности, с использованием методологии BLUP ANIMAL MODEL. Исследования проведены на коровах симментальской породы 14 регионов России, общее поголовье составило 61816 голов. Были оценены уровни развития основных показателей молочной продуктивности и получен прогноз племенной ценности коров по ряду показателей. Установлено, что продуктивность коров симментальской породы, рожденных после 2005 года, достоверно выше на +617 кг молока ($P \leq 0,001$) и на +0,06% белка в молоке ($P \leq 0,001$), при снижении на -0,02% жира ($P \leq 0,001$), сервис-периода на -4 дня ($P \leq 0,001$) и количества дойных дней на -20 ($P \leq 0,001$) в сравнении с коровами, рожденными ранее. EBV по массовой доле жира в молоке больше у животных, рожденных после 2005 года при средней продуктивности от 5000 до 7000 кг молока, где они имеют положительные значения в пределах +0,0021...+0,0041 %, в сравнении с коровами, рожденными до 2005 года, где они принимали отрицательные значения -0,0107...-0,0020 %. EBV по массовой доле белка в молоке у коров, рожденных после 2005, хоть и имели отрицательные значения в пределах -0,0037...-0,0008%, но были гораздо выше, чем у рожденных ранее 2005 года со значениями -0,0057...-0,0028 %. Получены достаточно высокие коэффициенты корреляции $r=0,568$ между фенотипическими показателями удоя и его оценками и $r=0,450$ между показателями массовой доли жира и его оценками.

Исследования выполнены в рамках выполнения научных исследований Министерства науки и высшего образования РФ по теме № 0445-2021-0016

Введение

В настоящее время не только национальные системы оценки племенной ценности молочного скота экономически развитых стран, но и интернациональная оценка, проводимая Центром INTERBULL, базируются на теории BLUP [1, 2, 3]. Используя данные о племенной ценности

животных по комплексу признаков, появляется возможность управлять процессом генетического совершенствования популяции (стада), сконцентрированном на повышении молочной или мясной продуктивности и улучшении фертильности [4, 5, 6, 7].

Для создания высокопродуктивных стад,

в зависимости от породных особенностей и зональных условий, необходимо учитывать генетический потенциал не только быков-производителей, но и коров, который целесообразно оценивать с привлечением методологии BLUP [8, 9, 10]. Точность прогноза племенной ценности животных при оценке их методов наилучшего линейного несмещенного прогноза составляет более 80%. В сравнении с традиционными методами селекции в стадах крупного рогатого скота такой подход позволяет получить экономический эффект значительно раньше и будет способствовать селекционному прогрессу в популяции [11, 12]. В многочисленных исследованиях показана высокая эффективность прогноза племенной ценности как быков-производителей, так и коров различных пород, разводимых на территории РФ [13, 14, 15, 16, 17, 18, 19].

В нашей стране характеристику стад и популяций молочного крупного рогатого скота основывают на фенотипических показателях молочной продуктивности коров, поэтому исследования по сравнительной оценке генетической ценности животных симментальской породы на основе их фенотипических показателей является актуальными.

Целью исследований являлась разработка уравнения модели для расчета генетической ценности коров симментальской породы (с использованием методологии BLUP) с последующей оценкой и прогнозированием их племенной ценности (EBV) в зависимости от уровня продуктивности животных.

Материалы и методы исследований

В анализ были включены племенные заводы и репродукторы по разведению крупного рогатого скота симментальской породы 14 регионов РФ: Воронежская, Липецкая, Орловская, Тюменская, Саратовская, Иркутская, Тамбовская, Новосибирская, Брянская, Оренбургская области, а также Республики Башкортостан, Хакасии, Мордовии и Алтайского края. поголовье коров составило 61816 голов, отелившихся в период с 1995 по 2015 гг. Была сформирована база данных с использованием информации племенного учета ИАС «СЕЛЭКС». Исследования были проведены по следующим показателям:

- показатели удоя с первой по пятую лактации (кг),
- процентное содержание жира и белка в молоке коров (%),
- продолжительность лактации (дней),
- продолжительность сервис-периода (дней),

- возраст 1 отела (месяцев).

Для расчета племенной ценности коров (EBV, Estimated Breeding Value) симментальской породы в исследуемой популяции было разработано следующее уравнение смешанной модели:

$$y_{ijk} = \mu + HYS_i + \sum r_1 DO_s + \sum r_2 A_s + Animal_j + e_{ijs}$$

где: y_{ijk} – оцениваемый показатель животного;

μ – общая средняя по популяции;

DO_s – продолжительность сервис-периода первотелки (коварианса);

A_s – возраст первого отела первотелки (коварианса);

HYS_i – эффект «стада-года-сезона» (фиксированный);

$r_{1,2}$ – коэффициенты регрессии;

$Animal_j$ – эффект самого животного (рандомизированный);

e_{ijs} – эффект неучтенных факторов, связанный с каждой регистрацией продуктивности коровы (рандомизированный).

Для расчета племенной ценности (EBV) использовали программу BLUPF90 (Introduction to BLUPF90 suite programs Standard Edition, Y. Masuda, 2019) [20]. Оценка генетической и паратипической вариаций и ковариаций была проведена с использованием метода ограниченного максимального правдоподобия (REML) Статистическая обработка аналитических данных проводилась на персональном компьютере с использованием пакета анализа из программного приложения Excel 2013.

Результаты исследований

Анализируя полученные данные по результатам оценки племенной ценности коров симментальской породы с использованием методологии BLUP, мы видим, что с ростом молочной продуктивности идет и повышение оценок племенной ценности (табл. 1). Результаты анализа показали, что продуктивность коров симментальской породы, рожденных после 2005 года, составила 5110 кг молока с содержанием жира в молоке 3,93 % и белка 3,20 %, что достоверно больше, чем у коров, рожденных до 2005 года, на +617 кг молока ($P \leq 0,001$), на +0,06 % белка в молоке ($P \leq 0,001$), при снижении на -0,02% жира ($P \leq 0,001$). Кроме того, у коров, рожденных после 2005 года, сервис-период достоверно ниже на 4 дня ($P \leq 0,001$), а количество дойных дней на 20 ($P \leq 0,001$) в сравнении с коровами, рожденными ранее. Все полученные результаты говорят о положительной динамике в селекционной работе

Таблица 1.

Результаты оценки племенной ценности коров (EBV) симментальской породы разного уровня молочной продуктивности

Уровни по удою	n	Молочная продуктивность				Средние значения племенной ценности (EBV)			
		удой, кг	содержание жира, %	содержание белка, %	сервис-период, дн.	удой, кг	содержание жира, %	содержание белка, %	сервис-период, дн.
Коровы, рожденные до 2005 года									
<3500	2118	3010±7,8	4,03±0,009	3,12±0,005	106±1,8	-211,5	+0,0026	-0,0052	-3,14
3501-4000	1287	3770±3,9	4,00±0,012	3,11±0,004	110±2,4	-105,9	+0,0028	-0,0051	-1,58
4001-4500	1322	4243±3,9	3,97±0,011	3,12±0,005	126±2,7	-53,9	+0,0054	-0,0046	-0,64
4501-5000	1138	4741±4,2	3,94±0,010	3,12±0,004	133±2,9	+8,5	+0,0019	-0,0057	-1,75
5001-5500	867	5232±4,9	3,90±0,011	3,15±0,005	150±4,1	+32,1	-0,0020	-0,0051	-1,22
5501-6000	460	5712±6,8	3,90±0,012	3,17±0,006	167±6,1	+79,2	-0,0038	-0,0035	+0,32
6001-6500	318	6229±8,4	3,87±0,011	3,18±0,007	162±6,7	+173,5	-0,0039	-0,0033	+0,19
6501-7000	148	6723±11,9	3,84±0,020	3,18±0,009	177±10,6	+206,9	-0,0107	-0,0028	-0,58
7000>	186	7718±47,8	3,79±0,017	3,18±0,007	174±8,7	+295,9	-0,0147	-0,0046	-0,36
Средняя	7844	4493±11	3,95±0,003	3,14±0,002	131±1,0	-42,5	+0,0008	-0,0044	-1,81
Коровы, рожденные после 2005 года									
<3500	4577	3015±5,6	3,89±0,004	3,16±0,002	111±1,3	-222,3	+0,0009	-0,0036	-1,61
3501-4000	5440	3766±1,9	3,89±0,003	3,18±0,002	118±1,3	-148,5	+0,0024	-0,0037	-1,33
4001-4500	7897	4247±1,6	3,92±0,002	3,18±0,002	118±1,0	-88,0	+0,0033	-0,0029	-1,27
4501-5000	9191	4746±1,5	3,93±0,002	3,19±0,001	127±1,0	-32,3	+0,0046	-0,0033	-0,91
5001-5500	8912	5236±1,5	3,94±0,002	3,20±0,001	128±1,0	+10,8	+0,0041	-0,0026	-0,52
5501-6000	6527	5734±1,8	3,93±0,003	3,22±0,002	129±1,2	+64,1	+0,0021	-0,0020	-0,71
6001-6500	4520	6222±2,1	3,93±0,003	3,23±0,002	137±1,5	+111,4	+0,0011	-0,0018	-0,49
6501-7000	2523	6724±2,8	3,97±0,005	3,24±0,003	144±2,2	+165,6	+0,0021	-0,0008	-0,73
7000>	4385	7966±12,9	3,96±0,003	3,25±0,001	154±1,6	+297,7	-0,0027	-0,0033	-1,09
Средняя	53972	5110±6	3,93±0,001	3,20±0,001	127±0,4	+1,2	+0,0026	-0,0028	-0,87

с симментальской породой.

Однако, при градации молочной продуктивности коров по уровню удоя мы видим, что у коров до 2005 года рождения, с увеличением удоя от 3010 кг до 7718 кг содержание жира в молоке снижается с 4,03 % до 3,79 % или на -0,24 % с повышением белка в молоке на +0,06 %. В то время, как у коров, рожденных после 2005 года, при увеличении удоя до 7966 кг одновременно повышается как массовая доля жира на +0,07 %, так и белка в молоке на +0,09 %.

Стоит отметить, что с ростом продуктивности коров удлиняется сервис-период в большей степени у коров, рожденных до 2005 года, где он достоверно увеличился на +68 дней, в то время, как у коров, рожденных после 2005 года, он составил +43 дня. Удлинение продолжительности сервис-периода неизбежно приводит к сокращению выхода телят. Рядом авторов показано, что с увеличением продолжительности сервис-периода до 120 дней выход телят уже не соответствует приемлемому показателю для ведения дальнейшей селекционной работы, а свыше 140 дней является не выгодным при любой продуктивности.

Расчет племенной ценности коров симментальской породы с использованием метода BLUP показал, что при практически равных значениях абсолютных показателей молочной продуктивности при всех уровнях градации признака, средние оценки EBV по удою выше у коров, рожденных до 2005 года, в пределах -211,5...+295,9 кг.

Средние оценки EBV коров по содержанию жира в молоке выше у животных, рожденных после 2005 года, при средней продуктивности от 5000 до 7000 кг молока, где они имеют положительные значения в пределах +0,0021...+0,0041% в сравнении с коровами, рожденными до 2005 года, где они принимали отрицательные значения -0,0107...-0,0020%. В целом стоит отметить, что у коров, рожденных до 2005 года, при росте продуктивности с 3010 кг до 4243 кг молока оценки EBV по массовой доле жира имеют тенденцию к увеличению с +0,0026 до +0,0054%, при дальнейшем росте продуктивности до 7718 кг молока они принимают отрицательные значения и достигают своего минимума -0,0147%. У животных, рожденных после 2005 года, закономерность немного другая, во-первых, практически все оценки EBV по содержанию жира в молоке имеют положительное значение, во-вторых, с ростом показателей молочной продуктивности с 3015 до 4746 кг молока оценки также

повышаются с +0,0009...+0,0046% и принимают отрицательные значения -0,0027% только при продуктивности свыше 7000 кг молока.

Средние оценки EBV по содержанию белка в молоке у коров, рожденных после 2005, хоть и имели отрицательные значения в пределах от -0,0037 до -0,0008%, но были гораздо выше, чем у рожденных ранее 2005 года со значениями от -0,0057 до -0,0028%. Анализируя полученные данные, можно сказать, что средние оценки у особей, рожденных до 2005 года, при уровне продуктивности от 3010 кг до 5232 кг молока были достаточно низкими и колебались в небольшом диапазоне -0,0046...-0,0057%, а свыше 5712 кг молока немного повысились от -0,0046 до -0,0028%, но также оставались отрицательными. Однако, у коров, рожденных после 2005 года, с ростом продуктивности от 3015 до 6724 кг молока средние оценки EBV по массовой доле белка в молоке хоть и были отрицательными, но имели тенденцию к повышению с -0,0036 до -0,0008%.

Подводя итог, можно сказать, что селекционная работа в симментальской породе после 2005 года направлена не сколько на повышение молочной продуктивности, а в большей степени на повышение компонентного состава молока и улучшении воспроизводительных качеств животных.

Далее был проведен корреляционный анализ между фенотипическими показателями молочной продуктивности коров и их оценками племенной ценности (табл. 2) в исследуемой популяции симментальского скота.

Таблица 2
Коэффициенты корреляции между признаками молочной продуктивности и оценками племенной ценности (EBV) в популяции скота симментальской породы

Показатели	Удой по 1 лактации	Содержание жира в молоке	Содержание белка в молоке	Сервис-период
EBV-удой	0,568	0,105	-0,029	0,005
EBV-МДЖ	-	0,450	-0,061	0,006
EBV-МДБ	-	-	0,247	-0,021
EBV-МДБ	-	-	-	0,377

Как мы видим, коэффициент корреляции между абсолютными показателями по удою и его оценками составил $r=0,568$, по массовой доле жира и его оценками $r=0,450$ и массовой доле белка и его оценками $r=0,247$, по продолжительности сервис-периода и его оценками $r=0,377$.

Обсуждение

Полученные результаты оценки EBV коров симментальской породы с использованием методологии BLUP показали, что с ростом молочной продуктивности идет и повышение оценок племенной ценности. Лучшую молочную продуктивность показали коровы симментальской породы, рожденные после 2005 года (5110 кг молока, 3,93% жира и 3,20% белка в молоке), что достоверно больше, чем у коров, рожденных до 2005 года, на +617 кг молока ($P \leq 0,001$), на +0,06% белка в молоке ($P \leq 0,001$), при снижении на 0,02% жира ($P \leq 0,001$). Кроме того, у коров, рожденных после 2005 года, сервис-период достоверно меньше на -4 дня ($P \leq 0,001$), а количество дойных дней на -20 ($P \leq 0,001$) в сравнении с коровами, рожденными ранее. Все полученные результаты говорят о положительной динамике в селекционной работе с симментальской породой. Проведенные исследования показывают высокую эффективность использования методологии BLUP для прогноза племенной ценности коров симментальской породы, о чем свидетельствуют достаточно высокие коэффициенты корреляции $r=0,568$ между фенотипическими показателями по удою и его оценками и $r=0,450$ между фактической массовой долей жира и его оценками. Полученные коэффициенты корреляции согласуются с данными Кузнецова В.М., который в своих исследованиях показал корреляцию фенотипических значений молочной продуктивности коров и их оценок EBV: по удою в пределах 0,48...0,60 и по содержанию жира в молоке в пределах 0,35...0,44.

Заключение

Анализ племенной ценности и продуктивного потенциала коров симментальской породы показал устойчивую динамику роста не только молочной продуктивности коров, но и улучшения компонентного состава молока. Кроме того, в последние годы начали уделять внимание репродуктивным показателям коров.

Библиографический список

1. Explicit modeling of ancestry improves polygenic risk scores and BLUP prediction / C. Y. Chen, J. Han, D. J. Hunter, P. Kraft, A. L. Price // Genetic epidemiology. - 2015. - Vol. 39, № 6. - P. 427-438. - Doi: 10.1002/gepi.21906
2. Li, H. Y. Mapping soil salinity in the yangtze delta: REML and universal kriging (E-BLUP) revisited / H. Y. Li, R. Webster, Z. Hi // Geoderma. - 2015. - Vol. 237. - P. 71-77. - Doi:10.1016/j.geoderma.2014.08.008
3. Efficient estimation and applications of cross-validated genetic predictions to polygenic risk scores and linear mixed models / J. Mefford, N. Zaitlen, D. Park, Z. Zheng, J. Yang, A. Ko. - 2020. - Vol. 27, № 4. - P. 599-612. - Doi: 10.1089/cmb.2019.0325
4. Использование BLUP-оценки быков-производителей ярославской породы в селекции высокопродуктивных коров и повышении их продуктивного долголетия / Е. А. Зверева, Н. С. Фураева, Н. А. Муравьева, Л. П. Москаленко // Вестник АПК Верхневолжья. - 2016. - № 3 (35). - С. 58-62.
5. Шкуратова, Г. М. Продуктивные качества первотелок симментальской породы разной селекции в условиях резко континентального климата / Г. М. Шкуратова, Т. Н. Хамируев // Молочное и мясное скотоводство. - 2016. - № 8. - С. 15-21.
6. Даншин, В. А. Оценка племенной ценности быков-производителей и коров молочных пород / В. А. Даншин, С. Ю. Рубан, В. Ю. Афанасенко // Биология тварин. - 2017. - Т. 19, № 1. - С. 44-53. - Doi: 10.15407/animbiol19.01.044
7. Племенная ценность быков-производителей по комплексу показателей молочной продуктивности их дочерей / С. Н. Харитонов, Е. Е. Мельникова, Н. С. Алтухова, А. П. Пыжов, И. А. Лашнева, О. Ю. Осадчая, А. А. Сермягин // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. - 2019. - № 4. - С. 77-87.
8. Кудинов, А. А. Применение метода BLUP ANIMAL MODEL для оценки племенной ценности коров айрширской породы ленинградской области / А. А. Кудинов, А. В. Петрова, К. В. Племяшов // Генетика и разведение животных. - 2017. - № 2. - С. 79-85.
9. Сравнительная характеристика стад крупного рогатого скота на основе оценки племенной ценности коров методом BLUP ANIMAL MODEL / А. А. Сермягин, И. Н. Янчуков, Е. Е. Мельникова, С. Н. Харитонов, Р. В. Некрасов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. - 2018. - № 9. - С. 160-167.
10. Никитин, С. А. Оценка племенной ценности коров симментальской и голштинской пород методом BLUP AM / С. А. Никитин // Современные проблемы в животноводстве: состояние, решения, перспективы : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию юбилею академика РАН В.Г. Рядчикова. - 2019. - С. 169-177.
11. Использование метода BLUP Animal model в определении племенной ценности гол-

штинизированного скота Ленинградской области / К. В. Племяшов, В. В. Лабинов, Е. И. Сакса, М. Г. Смарагдов, А. А. Кудинов, А. В. Петрова // Молочное и мясное скотоводство. - 2016. - № 1. - С. 2–5.

12. Elevated haplotypes frequencies reveal similarities for selection signatures in Western and Russian Simmental populations / G. Mészáros, M. Fornara, H. Reyer, K. Wimmers, J. Sölkner, G. Brem, A. Sermyagin, N. Zinovieva // Journal of Central European Agriculture. - 2019. - No. 20 (1). - P. 1–11. - DOI: 10.5513/jcea01/20.1.2412.

13. Хайнацкий, В. Ю. Метод племенной оценки быков-производителей мясных пород на основе BLUP / В. Ю. Хайнацкий // Животноводство и кормопроизводство. - 2021. – Т. 104. – С. 23-31. - Doi: 10.33284/2658-3135-104-1-20

14. Фирсова, Э. В. Результаты оценки племенной ценности линий при помощи методов сравнения со сверстницами и BLUP на поголовье крупного рогатого скота мурманской области / Э. В. Фирсова, А. П. Карташова // Аграрный вестник Урала. - 2021. - № 5. – С. 63-70. - Doi: 10.32417/1997-4868-2021-208-05-63-70

15. Игнатъева, Л. П. Сравнительная характеристика животных симментальской породы разного происхождения на основе оценки племенной ценности коров методом BLUP ANIMAL MODEL в связи с уровнем продуктивности стад / Л. П. Игнатъева // Вестник КрасГАУ. - 2020. - № 11(164). – С. 152-161. - Doi: 10.36718/1819-4036-

2020-11-152-161

16. Генетическая ценность симментальских быков-производителей зарубежной селекции при переоценке на базе племенных ресурсов России / А. А. Сермягин, Л. П. Игнатъева, С. А. Шеметюк, С. Н. Харитонов, И. Сёлкнер, Н. А. Зиновьева // Молочное и мясное скотоводство. - 2019. - № 7. – С. 13-18.

17. Разработка и оптимизация уравнений смешанной модели BLUP для оценки племенной ценности быков-производителей голштинской черно-пестрой породы Республики Казахстан / К. Ж. Жуманов, Т. Н. Карымсаков, М. А. Кинеев, А. Д. Баймуханов // Аграрная наука. - 2021. - № 2. – С. 33-36. - DOI: 10.32634/0869-8155-2021-345-2-33-36

18. Evaluation of breeding value of dairy breeds sires / V. Danshyn, S. Ruban, O. Fedota, L. Mitiohlo, O. Borsch // Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. - 2016. - № 2 (129). - С.110-116.

19. Kudinov, A. A. Application of BLUP AM in Russian Ayrshire cattle breeding value evaluation / A. A. Kudinov, A.V. Petrova, K.V. Plemyashov // The international conference on the Status of plant & animal genome research. - 2017. - San Diego, CA, 14–18 January. – P. 0425.

20. Masuda, Y. Introduction to BLUPF90 suite programs Standard Edition / Y. Masuda. - University of Georgia, September 2019. - 199 p.

USAGE OF THE BLUP ANIMAL MODEL FOR ESTIMATION OF THE BREEDING VALUE OF SIMMENTAL COWS

Ignatieva L.P., Sermyagin A.A.
Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center of Animal Husbandry - VIZH named after Academician L.K. Ernst "
142132, Moscow region, Podolsk city district, Dubrovitsy village, house 60
e-mail: ignatieva-lp@mail.ru

Keywords: Simmental breed, breeding value assessment, milk productivity, fat content, protein content, correlation coefficient.

The article presents results of milk productivity analysis and calculation of the breeding value of cows (EBV) of different levels of productivity, using the BLUP ANIMAL MODEL methodology. The studies were carried out on Simmental cows from 14 regions of Russia, the total number was 61816 heads. The levels of development of the main parameters of milk productivity were assessed and a forecast of the breeding value of cows according to a number of parameters was obtained. It was found that productivity of Simmental cows born after 2005 is significantly higher: by +617 kg of milk ($P \leq 0.001$) and + 0.06% of protein in milk ($P \leq 0.001$), with a decrease of -0.02% of fat ($P \leq 0.001$), a service period of -4 days ($P \leq 0.001$) and the number of milking days by -20 ($P \leq 0.001$) in comparison with cows born earlier. Animals born after 2005 have higher EBV by mass fraction of milk fat with an average productivity of 5000 to 7000 kg of milk, where they have positive values in the range of + 0.0021 ... + 0.0041%, in comparison with cows born before 2005 years, which have negative values -0.0107 ... -0.0020%. As for EBV by mass fraction of milk protein of cows born after 2005, they had negative values in the range of -0.0037 ... -0.0008%, nevertheless, their values were much higher than the values of cows born earlier 2005 (values of -0.0057 ... -0.0028%). Sufficiently high correlation coefficients were obtained, $r = 0.568$ between phenotypic parameters of milk yield and its estimates, and $r = 0.450$ between parameters of the mass fraction of fat and its estimates.

Bibliography:

1. Explicit modeling of ancestry improves polygenic risk scores and BLUP prediction / C. Y. Chen, J. Han, D. J. Hunter, P. Kraft, A. L. Price // Genetic epidemiology. - 2015. - Vol. 39, № 6. - P. 427-438. - Doi: 10.1002/gepi.21906
2. Li, H. Y. Mapping soil salinity in the yangtze delta: REML and universal kriging (E-BLUP) revisited / H. Y. Li, R. Webster, Z. Hi // Geoderma. - 2015. - Vol. 237. - P. 71-77. - Doi: 10.1016/j.geoderma.2014.08.008
3. Efficient estimation and applications of cross-validated genetic predictions to polygenic risk scores and linear mixed models / J. Mefford, N. Zaitlen, D. Park, Z. Zheng, J. Yang, A. Ko. - 2020. - Vol. 27, № 4. - P. 599-612. - Doi: 10.1089/cmb.2019.0325
4. Usage of BLUP-assessment of servicing bulls of Yaroslavl breed in selection of highly productive cows and increase of their productive longevity / E. A. Zvereva, N. S. Furaeva, N. A. Muravyova, L. P. Moskalenko // Vestnik of the agro-industrial complex of the Upper Volga region. - 2016. - № 3 (35). - P. 58-62.
5. Shkuratova, G. M. Productive qualities of first-calf heifers of the Simmental breed of different breeding in a sharply continental climate / G. M.

Shkuratova, T. N. Khamiruev // *Dairy and beef cattle breeding*. - 2016. - № 8. - P. 15–21.

6. Danshin, V. A. Assessment of the breeding value of bulls and cows of dairy breeds / V. A. Danshin, S. Yu. Ruban, V. Yu. Afanasenko // *Animal biology*. - 2017. - V. 19, № 1. - P. 44-53. - Doi: 10.15407 / animbiol19.01.044

7. The breeding value of servicing bulls by a complex of milk productivity parameters of their daughters / S. N. Kharitonov, E. E. Melnikova, N. S. Altukhova, A. P. Pyzhov, I. A. Lashneva, O. Yu. Osadchaya, A. A. Sermyagin // *Vestnik of Timiryazev Agricultural Academy*. - 2019. - № 4. - P. 77-87.

8. Kudinov, A. A. Application of the BLUP ANIMAL MODEL method for assessing the breeding value of Ayrshire cows in Leningrad region / A. A. Kudinov, A. V. Petrova, K. V. Plemyashov // *Genetics and animal breeding*. - 2017. - № 2. - P. 79-85.

9. Comparative characteristics of cattle herds based on the assessment of the breeding value of cows using the BLUP ANIMAL MODEL method / A. A. Sermyagin, I. N. Yanchukov, E. E. Melnikova, S. N. Kharitonov, R. V. Nekrasov // *Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*. - 2018. - № 9. - P. 160-167.

10. Nikitin, S. A. Evaluation of the breeding value of Simmental and Holstein cows by the BLUP AM method / S. A. Nikitin // *Modern problems in animal husbandry: state, solutions, prospects: materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 85th anniversary of Academician V. G. Ryadchikov*. - 2019. - P. 169-177.

11. Usage of the BLUP Animal model method in specification of the breeding value of Holstein cattle in Leningrad region / K. V. Plemyashov, V. V. Labinov, E. I. Saksa, M. G. Smaragdov, A. A. Kudinov, A. V. Petrova // *Dairy and beef cattle breeding*. - 2016. - № 1. - P. 2–5.

12. Elevated haplotypes frequencies reveal similarities for selection signatures in Western and Russian Simmental populations / G. Mészáros, M. Fornara, H. Reyer, K. Wimmers, J. Sölkner, G. Brem, A. Sermyagin, N. Zinovieva // *Journal of Central European Agriculture*. - 2019. - № 20 (1). - P. 1-11. - DOI: 10.5513 / jcea01 / 20.1.2412.

13. Khainatskiy, V. Yu. Method of breeding assessment of servicing bulls of meat breeds on the basis of BLUP / V. Yu. Khainatskiy // *Animal breeding and feed production*. - 2021. - V. 104. - P. 23-31. - Doi: 10.33284 / 2658-3135-104-1-20

14. Firsova, E. V. Assessment results of the cattle breeding value of lines with application of methods of peer comparison and BLUP in Murmansk region / E. V. Firsova, A. P. Kartashova // *Agrarian Vestnik of the Urals*. - 2021. - № 5. - P. 63-70. - Doi: 10.32417 / 1997-4868-2021-208-05-63-70

15. Ignatieva, L. P. Comparative characteristics of animals of the Simmental breed of different origin based on the assessment of the breeding value of cows using the BLUP ANIMAL MODEL method in connection with the level of herd productivity / L. P. Ignatieva // *Vestnik of KrasSAU*. - 2020. - № 11 (164). - P. 152-161. - Doi: 10.36718 / 1819-4036-2020-11-152-161

16. Genetic value of Simmental servicing bulls of foreign selection in case of re-evaluation on the basis of breeding resources of Russia / A. A. Sermyagin, L. P. Ignatyeva, S. A. Shemetyuk, S. N. Kharitonov, I. Selkner, N. A. Zinovieva // *Dairy and beef cattle breeding*. - 2019. - № 7. - P. 13-18.

17. Development and improvement of the equations of the mixed BLUP model for assessing the breeding value of servicing bulls of Holstein black-and-white breed of the Republic of Kazakhstan / K. Zh. Zhumanov, T. N. Karymsakov, M. A. Kineev, A. D. Baimukanov // *Agrarian science*. - 2021. - № 2. - P. 33-36. - DOI: 10.32634 / 0869-8155-2021-345-2-33-36

18. Evaluation of breeding value of dairy breeds sires / V. Danshyn, S. Ruban, O. Fedota, L. Mitiohlo, O. Borsch // *Technology of production and processing of livestock products*. - 2016. - № 2 (129). - P. 110-116.

19. Kudinov, A. A. Application of BLUP AM in Russian Ayrshire cattle breeding value evaluation / A. A. Kudinov, A. V. Petrova, K. V. Plemyashov // *The international conference on the Status of plant & animal genome research*. - 2017. - San Diego, CA, 14-18 January. - P. 0425.

20. Masuda, Y. Introduction to BLUPF90 suite programs Standard Edition / Y. Masuda. - University of Georgia, September 2019. - 199 p.