

А. А. Кудинов, А. В. Петрова, К. В. Племяшов

Применение метода BLUP Animal Model для оценки племенной ценности коров айрширской породы Ленинградской области

Аннотация. Основной задачей проведенных исследований являлась отработка и адаптация применения методики BLUP Animal Model в частном варианте RM (Repeatability Model — Модель повторных записей) для оценки генетических параметров популяции, прогнозирования племенной ценности животных и расчета эффекта влияния внешних факторов с использованием единой модели.

Представлены результаты апробации метода BLUP Animal Model при расчете племенной ценности коров айрширской породы Ленинградской области. Рассматривается и предлагается опыт использования статистической модели, оценивающей быков и коров методом BLUP.

В связи с широким распространением геномной селекции в странах с развитым молочным скотоводством и использованием геномно оцененных быков-производителей при совершенствовании отечественной популяции молочного скота отмечается важность перехода на оценку племенной ценности животных методом BLUP. Данный подход увеличивает темпы селекционного прогресса и позволяет получить эффект значительно раньше при малом повышении затрат или их отсутствии, в отличие от традиционных методов селекции.

Сотрудниками ФГБНУ ВНИИГРЖ проведена работа по оценке коров айрширской породы методом BLUP Animal Model. Для исследования были выбраны данные в родословных животных 1976–2014 гг. рождения, а также записи продуктивности коров за период 2000–2012 гг. Проведена комплексная обработка данных и их статистическая оценка. Рассчитана племенная ценность коров айрширской породы 11 хозяйств Ленинградской области.

Установлено, что у коров 2002–2012 гг. рождения средний ежегодный генетический тренд за 10 лет составил +22 кг, наивысший (2006–2007 г.) — +80 кг. Построен генетический тренд по удою коров на основании рассчитанной племенной ценности животных популяции айрширского скота Ленинградской области.

Ключевые слова: метод BLUP Animal Model, племенная ценность, геномная селекция, айрширская порода, генетический тренд.

Авторы:

Кудинов Андрей Андреевич — младший научный сотрудник лаборатории молекулярной организации генома ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных»; г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Московское шоссе, д. 55а, 196601, e-mail: kudinov_aa@list.ru;

Петрова Анна Владимировна — младший научный сотрудник лаборатории генетики и селекции айрширского скота ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных»; г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Московское шоссе, д. 55а, 196601, e-mail: anusha.82@mail.ru;

Племяшов Кирилл Владимирович — доктор ветеринарных наук, член-корреспондент РАН, директор ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных»; г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Московское шоссе, д. 55а, 196601, e-mail: spbvniigen@mail.ru.

Введение.

В Российской Федерации с 1980 г. официально действующей системой оценки быков-производителей по качеству потомства является оценка методом «Дочери-сверстницы» [1, 2]. Как альтернативный вариант рассматривается, но официально не принят, давно и широко используемый в странах с развитым молочным скотоводством метод BLUP [3–5] (Best Linear Unbiased Prediction), позволяющий измерять и прогнозировать племенную ценность животных с учетом влияния внеш-

ней среды. Использование BLUP Animal Model позволяет повысить точность прогноза и оценки быков за счет использования родословных связей между быками, как по отцам, так и матерям. Данным методом оцениваются самцы и самки, пробанды, предки и потомки. Учитываются все известные родственные связи с животными и все экономически важные признаки.

В последние годы с переходом на новый уровень селекции в молочном скотоводстве — геномной селекции — наиболее остро стоит проблема

оценки отечественного молочного скота по генотипу. Внедрение в РФ новой системы селекции указывает на необходимость перехода на оценку племенной ценности методом BLUP животных отечественной популяции молочного скота [7–9].

На базе BLUP AM проводится геномная оценка животных как в рамках национальных, так и международных программ. Геномная селекция дает возможность отбирать высокоценных производителей и не только сокращает расходы на проверку производителей по качеству потомства на 70%, но и ускоряет генетический прогресс по продуктивным признакам животных на 30%. Для внедрения геномной оценки в практическое использование коллективом ВНИИГРЖ было выбрано племенное поголовье Ленинградской области [6].

Материалы и методы.

Информация о продуктивности и родословной животных популяции айрширского скота была предоставлена ООО «РЦ «ПЛИНОР» из электронных баз «СЕЛЭКС» — 11 племенных заводов и репродукторов Ленинградской области. В их число вошли следующие хозяйства: ЗАО «Березовское», СПК «Будогощь», СПК «Осничевский», СПК «Дальняя Поляна», ЗАО «Волховское», АО «Заречье», ООО «ПЗ Новолодожский», АО «Алексино», ОАО «ПЗ Мыслинский», ЗАО «Культура-Агро», ООО «Агрофирма Рассвет».

В анализируемую выборку вошли данные по родословным животных 1976–2014 гг. рождения. Для идентификации коров с целью исключения совпадения инвентарных номеров и имен между хозяйствами были использованы внутренние тринадцатизначные номера базы СЕЛЭКС. Для обработки крупной базы данных с применением ПК, а также работы с BLUP Animal Model требуется использование единых номеров для быков, работающих в нескольких стадах. В связи с этим в родословных дочерей одного и того же быка для идентификации применялся единый внутренний номер быка базы данных «СЕЛЭКС», вне зависимости от хозяйства содержания дочерей. Родословные коров были проанализированы на наличие ошибок идентификации, несовпадений в датах рождения родителей и потомков, логических закликиваний.

Продуктивная группа животных, содержащая фенотипическую информацию, представлена коровами 2000–2012 годов рождения. Записи продуктивности этой группы содержали информацию: год рождения животного, номер и продолжительность лактации, показатели удоя, молочного жира и белка в кг за 305 дней лактации, дату отела, плодотворного осеменения и запуска. Каждая лак-

тация от одного животного была использована как отдельная запись продуктивности в составе модели.

Полученная из базы СЕЛЭКС информация прошла предварительную обработку на исключение записей продуктивности, не удовлетворяющих условиям использования для оценки в BLUP Animal Model.

Согласно инструкции по бонитировке крупного рогатого скота молочных и молочно-мясных пород [10], животные, закончившие лактацию в промежутке между 240 и 305 днями со дня отела, имеют укороченную лактацию. Ввиду отсутствия на момент проведения анализа в базе данных информации о причине сокращения дней в лактации некоторых животных, записи, имеющие продолжительность лактации менее 305 дней, были исключены из анализа с целью предотвращения переоценки или недооценки животных, в связи с возможным его выбытием до 305-го дня.

Информация о продуктивности животных проанализирована с использованием стандартных методов описательной статистики: средний удой, максимальные и минимальные значения удоя, стандартное отклонение. Полученные показатели использованы для построения доверительных интервалов по признакам продуктивности.

Так средний (m) удой составил 6368 кг, стандартное отклонение (SD) — 1465 кг, средний выход (m) молочного жира и белка 254 и 227 кг, стандартное отклонение (SD) — 57 и 54 кг соответственно. Для работы в модели оценки были использованы показатели продуктивности, входящие в доверительный интервал: с минимальным значением — минус три и максимальным — плюс три стандартных отклонения соответственно. После удаления записей продуктивности, выходящих за пределы доверительного интервала, для работы в модели оценки были оставлены 32309 записей от 20155 животных.

Анализ и подготовка данных продуктивности производилась с помощью программы RStudio [11].

Оценка племенной ценности и генетических параметров популяции происходила с использованием смешанной модели оценки повторных записей — BLUP Repeatability Animal Model, имевшей вид:

$$y = X_1 HYS + X_2 DOAC + Z_1 a + Z_2 pe + e,$$

где y — вектор показателей продуктивности животных,

HYS — вектор фиксированного эффекта Год-Сезон-Стадо,

DOAC — вектор фиксированного эффекта возраст отела — сервис период,

a и pe — вектора случайных эффектов животного и окружающей среды,

матрицы X_1 , X_2 и Z_1 , Z_2 — связывающие фиксированные и случайные эффекты с записями продуктивности,

e — вектор остаточного неизвестного.

Фиксированные эффекты DOAC и HYS включают в себя 174 и 528 уровней.

Оценка генетических параметров и племенной ценности производилась с помощью программного пакета DMU [12]. Расчет коэффициента наследуемости производилась по формуле:

$$h^2 = V_a / V_t,$$

где h^2 — коэффициент наследуемости, V_a — аддитивная генетическая дисперсия, а V_t — общая дисперсия.

Коэффициент повторяемости вычислялся по формуле:

$$R = (V_a + V_{pe}) / V_t,$$

где R — коэффициент повторяемости, V_a — аддитивная генетическая дисперсия, V_{pe} — дисперсия влияния окружающей среды, V_t — общая дисперсия.

Результаты и их обсуждение.

Оценка генетических параметров производилась с использованием метода AI-REML для признаков продуктивности: удой, молочный жир и молочный белок в кг. Результаты оценки популяционных параметров (коэффициента наследуемости и повторяемости) отражены в таблице 1.

Расчет племенной ценности был осуществлен для всех животных популяции, рожденных в период с 1976 по 2014 годы, с помощью выше обозначенной модели. На рисунке 1 представлен генетический тренд по признаку удой за 305 дней лактации коров популяции 2002–2012 годов рождения. Для построения линии тренда были использованы только животные, имеющие собственные записи продуктивности, однако племен-

ная ценностью была предсказана и для животных без фенотипических данных. Согласно генетическому тренду наблюдается средний ежегодный генетический прогресс популяции по удою за 305 дней лактации для коров рождения с 2002 по 2012 годы, равный +22 кг в год. Наибольший генетический тренд, согласно результатам расчета, наблюдается между животными 2006–2007 года рождения (+80 кг).

В таблице 2 приведена расчетная племенная ценность по 11 племенным хозяйствам Ленинградской области. Согласно общепринятой международной практике, иллюстрация результатов генетической оценки животных проводится с использованием обобщенных данных популяции. Общая племенная ценность хозяйства или отдельных животных сообщается исключительно владельцу животного или предприятия, а также специалистам зоотехнической службы хозяйства, без общественного оглашения. Для иллюстрации работы модели племенные хозяйства, участвующие в работе, были зашифрованы числами от 1 до 11.

Отличительной особенностью применения смешанных моделей для прогноза племенной ценности животных является возможность элиминации и выявления влияния внешних факторов на фенотипическое проявление признака продуктивности. В связи с высокой численностью поголовья



Рис. 1. Генетический тренд удоя коров айрширской породы по годам рождения

Таблица 1. Результаты расчета популяционных параметров

Признак продуктивности	Коэффициент наследуемости (h^2)	Коэффициент повторяемости (R)
Удой (кг)	0.23	0.40
Молочный жир (кг)	0.24	0.37
Молочный белок (кг)	0.25	0.38

в племенных хозяйствах эффект влияния хозяйства был определён фиксированным в виде комбинации HYS (Год-сезон-стадо). Всего в эффекте присутствовало 528 уровней, соответствующих комбинации: 11 хозяйств, 4 сезона, 12 лет.

Для анализа среднего влияния хозяйства на фенотипический показатель животного был построен график (рис. 2), где единичная точка — расчетный эффект влияния хозяйства на реализацию генетического потенциала без точной идентификации года и сезона отела животных. График позволяет отобразить общую картину влияния хозяйства на фенотип животного по сравнению с другими хозяйствами.

Согласно информации, отображённой на графике, хозяйство 11 имеет стойкое отрицательное влияние на реализацию генетического потенциала животных вне зависимости от года и сезона отела, в то время как хозяйство 9 имеет положительное влияние на фенотип животных. Опираясь на эти данные модель оценки корректирует племенную ценность животных, исключая положительный или отрицательный эффект из расчетной племенной ценности, что делает возможным оценку быка, дочери которого находятся в разных по уровню менеджмента хозяйствах.

В хозяйствах 10, 8—4, 2 и 1 встречаются комбинации года и сезона отела с положительным

Таблица 2. Племенная ценность коров 2012 года рождения из племенных хозяйств Ленинградской области

Хозяйство	Количество голов, получивших оценку	Средняя племенная ценность по;		
		удю, кг	молочному жиру, кг	молочному белку, кг
1	718	+204	+5.1	+1.7
2	313	+231	+5.8	+5.4
3	781	+244	+6.1	+7.4
4	300	+147	+3.4	+1.4
5	842	+228	+5.7	+2.2
6	847	+279	+7.1	+8.1
7	784	+279	+8.2	+7.4
8	481	+217	+5.1	+1.6
9	1143	+342	+10.7	+5.8
10	491	+277	+6.9	-0.5
11	439	+225	+5.3	+2.8

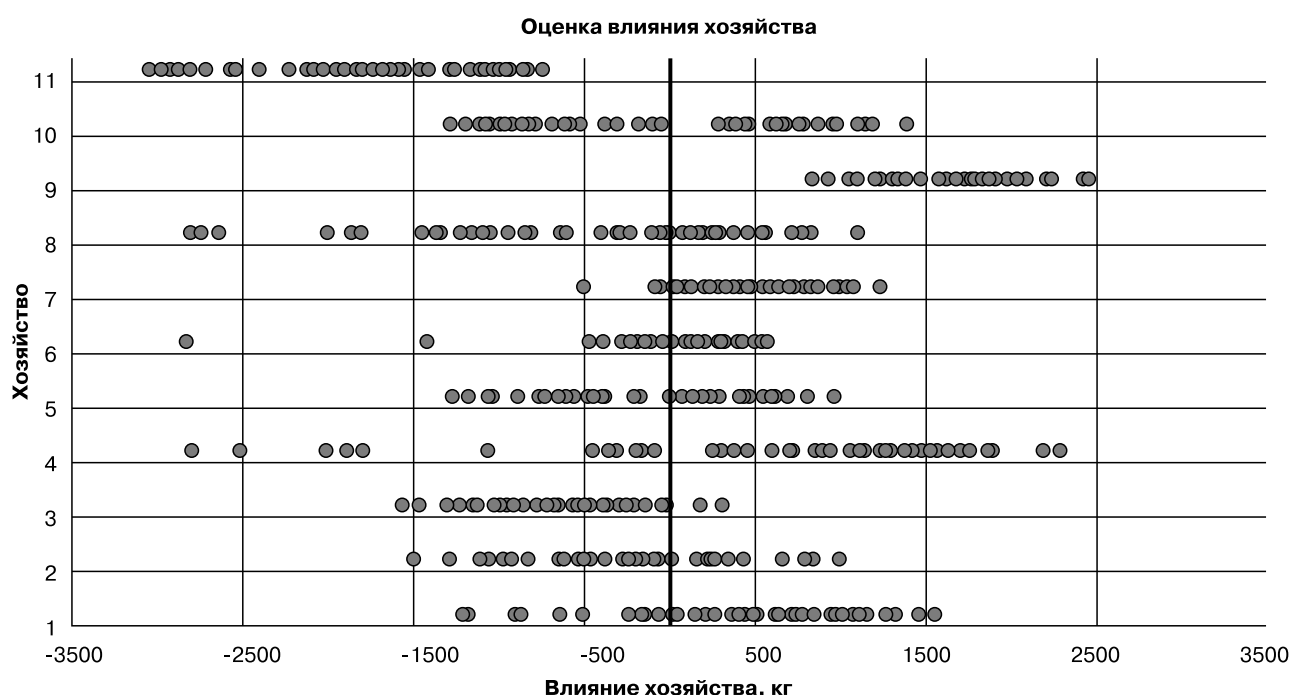


Рис. 2. Влияние хозяйств на реализацию генетического потенциала коров без идентификации года и сезона отела

и отрицательным эффектом на удой животных. Зачастую это может быть связано с изменениями в рационе в связи с сезоном или годом, в виду климатических или финансовых аспектов. Проанализировав влияние сезона отела на реализацию фенотипического потенциала животных, можно оценить постоянство влияния сезона, что говорит о корректной работе модели оценки, рассчитав среднее влияние года в одном стаде. На рисунке 3 отображено влияние сезона отела на фенотип животных в хозяйстве № 1 за 2011–2013 годы. На гистограмме наблюдается постоянство соотношения между сезонами каждого года за трехлетний отрезок времени.

Средняя достоверность оценки коров, рассчитанная по методу Misttal & Wiggans, составила 35%.

Выводы. Оценка племенной ценности с использованием BLUP Animal Model позволила оценить 80 тысяч животных, фигурирующих в родословных коров айрширской породы Ленинградской области. Основной задачей проведенных исследований являлась отработка и адаптация применения методики BLUP Animal Model в частном варианте RM (Repeatability Model — Модель повторных записей) для оценки генетических параметров популяции, прогнозиро-

вания племенной ценности животных и расчета эффекта влияния внешних факторов с использованием единой модели. В результате проделанного анализа принято решение о поиске информации, отражающей причины укороченной лактации, и применении в будущем методик, способствующих сохранению животных с укороченной лактацией в базе данных продуктивности. Грамотное включение животных с укороченной лактацией в базу данных не повлияет на перерасчет генетических параметров популяции, однако дополнит и уточнит расчетную племенную ценность животных.

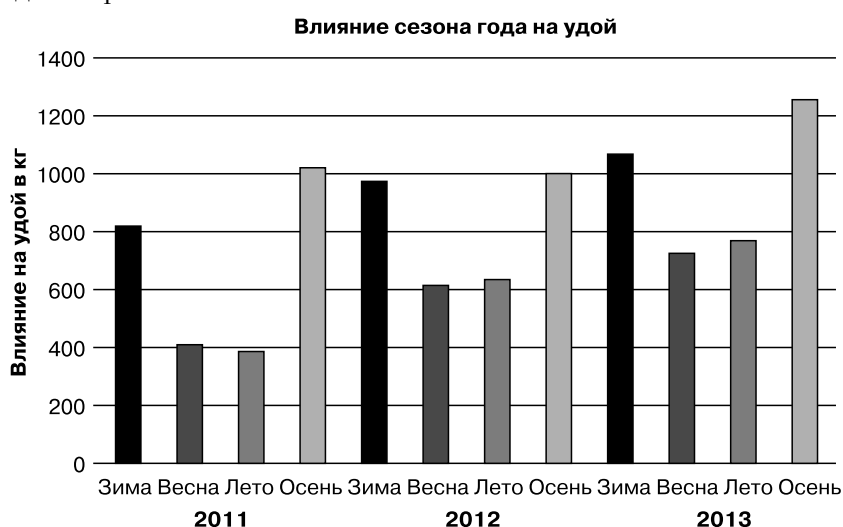


Рис.3. Влияние сезона года на реализацию фенотипического потенциала в хозяйстве №1 в 2011–2013 гг.

Литература

1. Инструкция по проверке и оценке быков молочных и мясо-молочных пород по качеству потомства. М.: Колос, 1980. 42 с.
2. Тулинова О. В. Племенные ресурсы и генеалогическая структура отечественной популяции быков-производителей айрширской породы / О. В. Тулинова, Е. Н. Васильева [и др.]. // Каталог. — СПб., СИНЭЛ, 2015. — 312 с.
3. Кузнецов В. М. Племенная оценка животных: прошлое, настоящее, будущее / В. М. Кузнецов // Проблемы биологии продуктивных животных. — 2012. — № 4. — С. 118–157.
4. Кузнецов В. М. Методы племенной оценки животных с введением в теорию BLUP / В. М. Кузнецов. — Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого. — 2003. — 358 с.
5. Племяшов К. В. Использование метода BLUP Animal Model в определении племенной ценности голштинизированного скота Ленинградской области / К. В. Племяшов, В. В. Лабинов, М. Г. Смарагдов, А. А. Кудинов, А. В. Петрова // Молочное и мясное скотоводство. — 2016. — № 1. — С. 2–6.
6. Племяшов К. В. Ленинградская область — платформа развития геномной селекции уже сегодня. / К. В. Племяшов, А. А. Кудинов // Новые подходы к научному обеспечению АПК и развитию сельских территорий. — 2014. — С. 50–54.
7. Янчуков И. Роль геномной оценки в разведении молочного скота / И. Янчуков, А. Ермилов, С. Харитонов, М. Глущенко // Молочное и мясное скотоводство. — 2013. — № 8. — С. 6–8.
8. Тележенко Е. В. Влияние геномной селекции на стратегию развития племенного молочного животноводства / Е. В. Тележенко // Молочное и мясное скотоводство. — 2016. — 3. С. 3–6.
9. Сермягин А. А. Перспективы использования оценки геномной племенной ценности в селекции молочного скота / А. А. Сермягин, Е. Н. Нарышкина, Т. В. Карпушкина [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. — № 7. — 2015. — С. 2–5.

10. Инструкция по бонитировке крупного рогатого скота молочных и молочно-мясных пород. М.: Колос, 1974. 42 с.
11. R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
12. Madsen P, Jensen J: An user's guide to DMU. A package for analysing multivariate mixed models. 2007. Version 6, release 4.7. available at <http://dmu.agrsci.dk>.

Kudinov A., Petrova A., Plemyashov K.

Application of the BLUP Animal Model for evaluation of the breeding value of the cows of the Ayrshire breed of the Leningrad Region

Abstract. Major aim of the research studies was practicing and adaptation of BLUP Animal Model (Repeatability Model Variant) utilization for evaluation of population's genetic parameters, predicting breeding values and estimation of environmental effects simultaneously, by common model.

Results of using method BLUP Animal Model for breeding value evaluation in Ayrshire breed from Leningrad region are shown. The experience of using the statistical model estimating bulls and cows using the BLUP method is considered and suggested.

Due to the wide spread of genomic selection in countries with developed dairy cattle breeding and use of genetically evaluated bulls in the improvement of the national dairy cattle population, importance of switching to the breeding value evaluation of animals using BLUP method is noted. This approach increases the rate of selection progress and allows to obtain the effect much earlier with little or no increase in costs, unlike traditional methods of breeding.

Research scientists of the RRIFAGB carried out work on the evaluation of the cows of the Ayrshire breed, using BLUP Animal Model. For the study, data were selected in the pedigree animals born in 1976–2014, as well as productivity records from cows born in 2000–2012. Comprehensive data processing and statistical evaluation were carried out. Breeding value of the Ayrshire breed cows from 11 farms placed in Leningrad Region is calculated.

It is explored that cows, born from 2002 to 2012, average genetic trend for 10 years was +22 kg, the highest (2006–2007) — + 80kg. Genetic trend was constructed for cows based on the calculated breeding value of Ayrshire breed animals from Leningrad Region.

Key words: BLUP AM method, breeding value, genomic selection, Ayrshire breed, genetic trend.

Authors:

Kudinov A. — Junior researcher of Laboratory of Molecular genome organization of Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding; Moskovskoe shosse, 55a, St. Petersburg, Pushkin, Russia, 196601, e-mail: kudinov_aa@list.ru;

Petrova A. — Junior researcher of Laboratory of genetics and selection of Ayrshire cattle of Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding; Moskovskoe shosse, 55a, St. Petersburg, Pushkin, Russia, 196601, e-mail: anusha.82@mail.ru;

Plemyashov K. — Dr. Habil. (Vet. Sci.), Corresponding Member of RAS, Director for Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding; Moskovskoe shosse, 55a, St. Petersburg, Pushkin, Russia, 196601, e-mail: spbvniigen@mail.ru.

References

1. Instruction of parentage evaluation of dairy and dairy – meat bulls. Moscow: Kolos, 1980 42 p.
2. Tulinova O. V. Breeding resources and genealogy structure of national population of Ayrshire breed bulls / O.V. Tulinova, E.N. Vasilieva [at all.]. // Katalog. – Saint-Peterburg, SINTEL, 2015. – 312 p.
3. Kuznetsov V. M. Animal breeding value evaluation past, present, future / V. M. Kuznetsov // Problems of biology in productive animals – 2012. – № 4. – P. 118–157
4. Kuznetsov V. M. Methods of breeding value evaluation with BLUP theory / V. M. Kuznetsov – Kirov Zonal NIISH Severo-Vostoka im. N. V. Rudnitsky. – 2003. – 358 p.
5. Plemyashov K. V. Utilization of BLUP Animal Model method in breeding value evaluation of Holstein cattle of Leningrad region / K. V. Plemyashov, V.V. Labinov, Saksa E. I., M. G. Smaragdov, A. A. Kudinov, A. V. Petrova // Molochnoe i myasnoe scotovodstvo. – 2016. – № 1. – P. 2–6
6. Plemyashov K. V. Leningrad region – platform of integration of genomic selection today. / K. V. Plemyashov, A. A. Kudinov // New K. V. Plemyashov, A. A. Kudinov // New approaches in scientific provision of agriculture and rural lands. – 2014. – P. 50–54.
7. Yanchukov I. Role of genomic prediction in dairy cattle breeding / I. Yanchukov, A. Ermilov, S. Haritonov, M. Glushenko // Molochnoe i myasnoe scotovodstvo. – 2013. – № 8. – P. 6–8
8. Telejenko E. V. Effect of genomic selection on strategy of developing dairy cattle breeding / E. V. Telejenko E. V. // Molochnoe i myasnoe scotovodstvo. – 2016. – № 3 – P. 3–6
9. Sermyagin A. A. Perspectives of using genomic breeding value evaluation in selection of dairy cattle / A. A. Sermyagin, E. N. Narishkin, T. V. Karpushkina [at all.] // Molochnoe i myasnoe scotovodstvo. – 2015. – №7 – P. 2–5
10. Instruction of classifying of dairy and dairy-meat cattle breeds.
11. R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
12. Madsen P, Jensen J: An user's guide to DMU. A package for analysing multivariate mixed models. 2007. Version 6, release 4.7. available at <http://dmu.agrsci.dk>.