

УДК 004:636.234.1:[082.2+034]

Р.В. БЕРЕЗОВИК¹, Н.М. ХРАМЧЕНКО^{1,2}

**ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ СРЕДЫ И РАЗРАБОТКА УРАВНЕНИЙ
СТАТИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ BLUP ДЛЯ ОЦЕНКИ
ПЛЕМЕННОЙ ЦЕННОСТИ ГОЛШТИНСКОГО СКОТА
ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ ПО ПРИЗНАКАМ
МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ**

¹*Белплемяживобъединение, г. Минск, Республика Беларусь*

²*Гродненский государственный аграрный университет,
г. Гродно, Республика Беларусь*

В статье представлены материалы научной работы, в результате которой разработана оптимальная статическая модель для оценки племенной ценности методом BLUP (AM) по признакам молочной продуктивности голштинского скота белорусской селекции. Проведён сравнительный анализ распределения признаков молочной продуктивности по градациям факторов среды, определена значимость их влияния на изменчивость признаков в популяции племенных животных. Данная модель будет использована для расчёта селекционно-генетических параметров (наследуемость, изменчивость (вариансы)) и племенной ценности признаков молочной продуктивности с применением методов BLUP и GBLUP для голштинского скота Республики Беларусь.

Ключевые слова: линейное моделирование, молочный скот, анализ варiances, голштинская порода.

R.V. BIAROZAVIK¹, M.M. KHRAMCHANKA^{1,2}

**INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL FACTORS AND
DEVELOPMENT OF EQUATIONS OF THE BLUP STATISTICAL
MODEL FOR ASSESSING THE BREEDING VALUE
OF HOLSTEIN CATTLE OF DOMESTIC SELECTION
FOR MILK PRODUCTIVITY TRAITS**

¹*Belplemzhivobedinenie, Minsk, Republic of Belarus*

²*Grodno State Agrarian University, Grodno, Republic of Belarus*

This paper contains the materials of scientific work, as a result of which an optimal statistical model for assessing the breeding value by BLUP (AM) method for milk productivity traits of Holstein cattle of Belarusian selection was developed. A

comparative analysis of the distribution of milk productivity traits by gradations of environmental factors was carried out, the significance of their influence on the variability of traits in the population of breeding animals was determined. This model will be used to calculate the selection and genetic parameters (heritability, variability (variances)) and breeding value of milk productivity traits using the BLUP and GBLUP methods for Holstein cattle in the Republic of Belarus.

Key words: linear modeling, dairy cattle, variance analysis, Holstein breed.

Введение. В настоящее время методической базой для оценки племенной ценности является решение евразийской экономической комиссии от 24.11.2020г. № 149 «Об утверждении методик оценки племенной ценности сельскохозяйственных животных в государствах-членах Евразийского экономического союза». Принципы, изложенные в методике оценки племенной ценности крупного рогатого скота молочного направления продуктивности, заключаются в использовании для расчёта племенной ценности коров и быков метода BLUP (AM), применение которого включает следующие этапы:

- разработка оптимальных статистических моделей, значимо описывающих развитие селекционируемых признаков в оцениваемой популяции;

- расчёт селекционно-генетических параметров оцениваемой популяции по оптимальным статистическим моделям (наследуемость, изменчивость (вариансы));

- для разработки статистических моделей селекционируемых признаков в популяции используются модели смешанного типа;

- для выбора оптимальной статистической модели используются информационный критерий Акаике (AIC) и Байесовский информационный критерий (BIC) [1].

Разработка оптимальных статистических моделей и расчёт селекционно-генетических параметров необходимо проводить для конкретной популяции животных, в которой используется оценка [2, 3]. При определении модели необходимо знать структуру популяции и той внешней среды, в которой продуцирует животное. Для каждой популяции должна быть подобрана оптимальная модель. Модель, наилучшая для одной популяции, может быть не адекватной для другой. Основная проблема при использовании BLUP заключается в том, чтобы определить сколько и какие факторы должны быть включены в модель [4].

Цель работы – определить влияние факторов среды на изменчивость признаков молочной продуктивности голштинского скота и разработать оптимальное уравнение смешанной линейной модели BLUP для оценки племенной ценности.

Материал и методика исследований. На основании ранее проведённых исследований установлено, что для анализа значимости

факторов среды наиболее подходит выборка данных из племенных хозяйств, так как она имеет лучшие показатели нормальности распределения признаков молочной продуктивности, не ограничена объёмом вычислений, связанных с большим количеством градаций факторов, и менее подвержена влиянию несистемных факторов за счёт более высокой культуры зоотехнического и племенного учёта в племенных хозяйствах.

На основе информации ИС «Племдело КРС» сформирована выборка признаков молочной продуктивности (удой, кг; содержание жира и белка, %) коров за 305 дней первой лактации, удовлетворяющих условиям, описанным в зоотехнических правилах оценки селекционируемых признаков племенного животного, племенного стада, их расчёта и измерения из племенных хозяйств за последние 5 лет наблюдений в количестве 133 887 голов, которая является предметом наших исследований [5]. С целью очистки данных от выбросов мы ограничили значения признаков молочной продуктивности 25 и 75 перцентилиями, отбраковав данные, которые имеют +/- 1,5 межквартильного размаха.

Статистическая обработка, расчёт дисперсий и информационных критериев АИС и ВИС, а также построение диаграмм размаха (box plot) осуществлены в среде статистического программирования R.

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ базы данных ИС «Племдело-КРС» показал, что в настоящее время среди факторов среды, которые могут оказывать влияние на величину признаков молочной продуктивности, выделяются: год отёла – «ГОД_ОТЕЛА», год рождения «ДАТА_РОЖДЕНИЯ», хозяйство, в котором лактирует корова – «ХОЗЯЙСТВО», сезон отела – «СЕЗОН», возраст первого отёла – «ВОЗРАСТ_ОТЕЛА». Использование диаграмм размаха и медианных значений для характеристики средних значений по факторам обусловлено предыдущими исследованиями, в которых доказана нормальность распределения оцениваемых признаков в представленной выборке.

По диаграммам размаха, представленным на рисунках 1 и 2, можно отметить тенденцию к увеличению количества надоев молока и содержания белка у более молодых животных, что согласуется с тенденциями в селекции и ростом надоев в популяции, при этом по содержанию жира в молоке данная тенденция была не очевидна.

Из-за большого количества факторов (49 племенных хозяйств) графическое отображение диаграмм размаха, характеризующих разброс и распределение данных исследуемой популяции по фактору «ХОЗЯЙСТВО», затруднительно для восприятия. Градации данного фактора имели высокую вариабельность относительно среднего значения и, как следствие, высокую значимость при использовании в статистическом моделировании. Установлено, что различия в средних значениях удоя между племенными хозяйствами достигают 5000 литров молока, что

окажет серьёзное влияние на величину случайной неучтённой дисперсии и в последующем на коэффициент наследуемость, так как даже самые современные методы статистики не могут нивелировать изменчивость между факторами в три и более стандартных отклонения, часть этой изменчивости неминуемо попадет в случайную переменную.

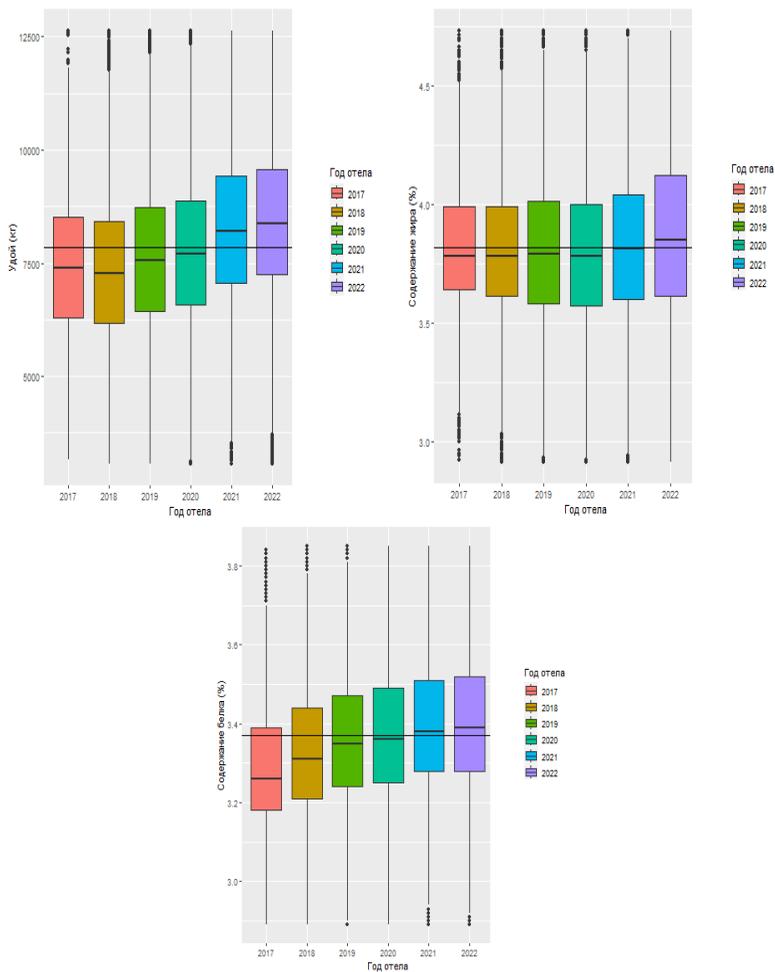


Рисунок 1 – Диаграммы размаха признаков молочной продуктивности по фактору «ГОД ОТЕЛА» (горизонтальная линия чёрного цвета – среднее значение в популяции)

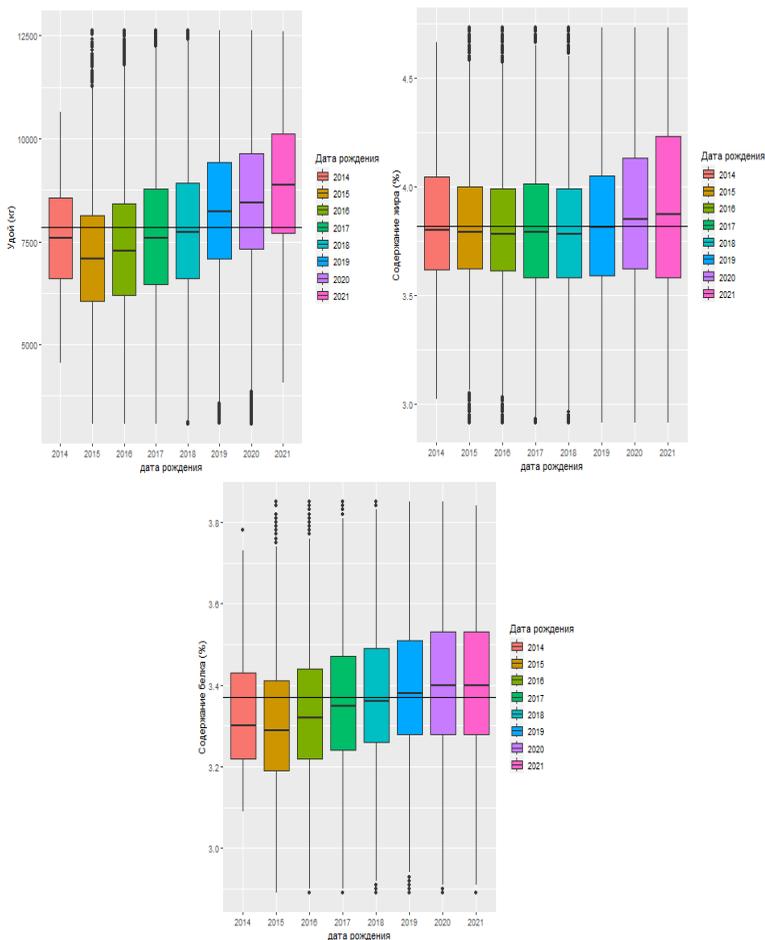


Рисунок 2 – Диаграммы размаха признаков молочной продуктивности по фактору «ДАТА_РОЖДЕНИЯ» (горизонтальная линия чёрного цвета – среднее значение в популяции)

Анализ диаграмм размаха признаков молочной продуктивности по фактору «СЕЗОН» (рисунок 3) не позволяет установить наличия значимых отличий между четырьмя градациями фактора. Для установления значимости различий средних значений градаций фактора будет использован дисперсионный анализ.

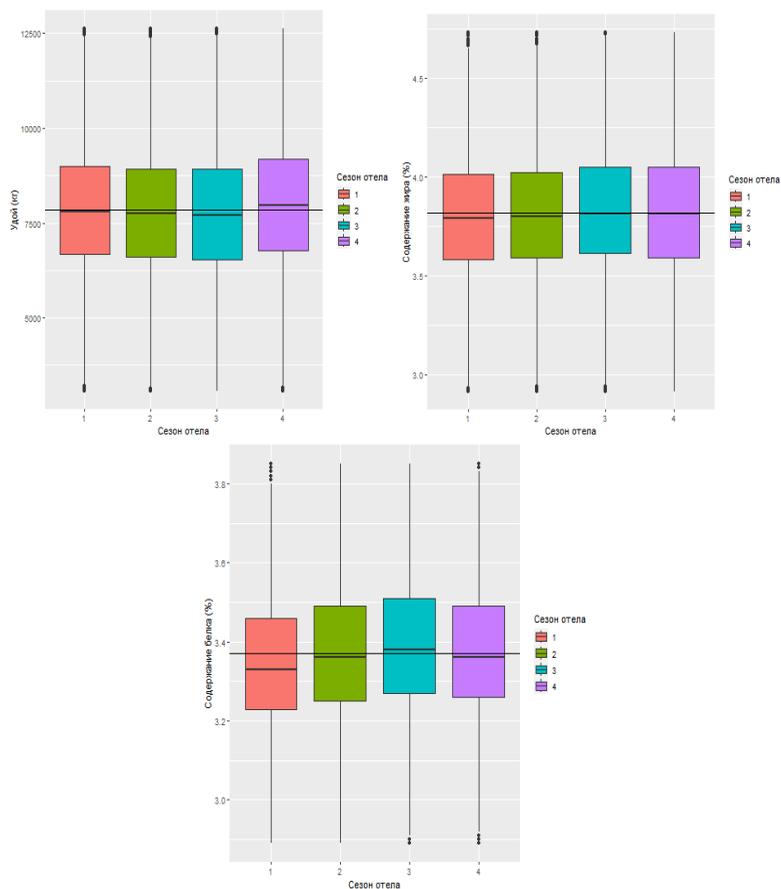


Рисунок 3 – Диаграммы размаха признаков молочной продуктивности по фактору «СЕЗОН» (горизонтальная линия чёрного цвета – среднее значение в популяции)

На основании анализа графиков размаха градаций фактора «ВОЗРАСТ_ОТЕЛА» (рисунок 4) установлено наличие значительных различий в средних уровнях удоя. Максимальные удои отмечены у животных, отелившихся в возрасте до 25 месяцев, что в первую очередь связано с тем, что данные животные выращены в оптимальных технологических условиях. По признаку содержания жира в молоке визуальными значимых отличий не выявлено, в то время как более высокой белково-молочностью отличались животные, отелившиеся в более раннем возрасте.

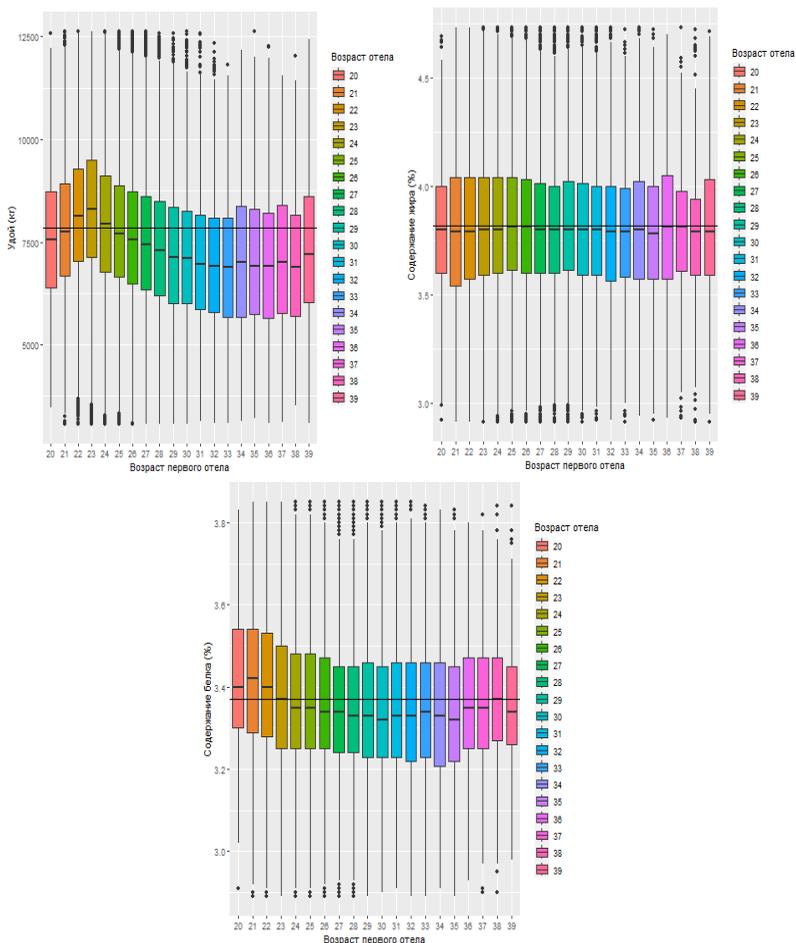


Рисунок 4 – Диаграммы размаха признаков молочной продуктивности по фактору «ВОЗРАСТ_ОТЕЛА» (горизонтальная линия чёрного цвета – среднее значение в популяции)

Последующее развитие моделей BLUP путём использования в оценке трёх и более лактаций делает использование даты рождения не перспективной на начальном этапе внедрения данного метода. Использование возраста первого отёла будет являться фактором, корректирующим популяцию по годам рождения, а в последующем фактор год рождения будет использован при формировании генетических групп оцениваемых животных.

На следующем этапе исследований факторов среды, влияющих на изменчивость признаков молочной продуктивности в популяции, был проведён дисперсионный анализ (ANOVA). Установлено, что все исследуемые факторы имели значимое влияние на изменчивость признаков молочной продуктивности. Другими словами, средние значения признаков по грациям факторов имели статистически значимые различия, уровень значимости составил менее 0,0001, включая комбинированный фактор «ХОЗЯЙСТВО×ГОД_ОТЕЛА×СЕЗОН», который широко используется в моделях, использующих данные за 305 дней лактации, в отличие от модели тестового дня (test-day model) для признаков молочной продуктивности [6, 7].

Для определения оптимальной статистической модели, описывающей изменчивость селекционируемых признаков молочной продуктивности, сформировано восемь моделей кандидатов, включающих от двух до четырёх фиксированных факторов, включая комбинацию «ХОЗЯЙСТВО×ГОД_ОТЕЛА×СЕЗОН». В качестве критерия выбора оптимальной модели использовались информационные критерии AIC и BIC, чем лучше модель, тем ниже показатели AIC и BIC.

На основании анализа информационных критериев можно заключить, что лучшей для признака удои является модель, включающая факторы «ХОЗЯЙСТВО×ГОД_ОТЕЛА×СЕЗОН»+«ВОЗРАСТ_ОТЕЛА»; для признака содержание жира в молоке незначительно лучше была модель с одним фиксированным фактором «ХОЗЯЙСТВО×ГОД_ОТЕЛА×СЕЗОН»; по признаку содержание белка в молоке модель «ХОЗЯЙСТВО×ГОД_ОТЕЛА×СЕЗОН»+«ВОЗРАСТ_ОТЕЛА» была лучшей по AIC, а по BIC с одним комбинированным фактором – «ХОЗЯЙСТВО×ГОД_ОТЕЛА×СЕЗОН».

Неоднозначность использования фактора «ВОЗРАСТ_ОТЕЛА» для оптимальной модели связана с тем, что согласно диаграммам размаха (рисунок 3), данный фактор имел по удою и содержанию белка очевидную зависимость от граций фактора, которую можно описать функцией, в то время как по содержанию жира в молоке заметной зависимости не прослеживалось. Следовательно, величины информационных критериев получили штраф за увеличение числа факторов в модели без снижения изменчивости.

В целом можно заключить, что близкой к оптимальной модели описывающий изменчивость признаков молочной продуктивности является модель, содержащая факторы «ХОЗЯЙСТВО×ГОД_ОТЕЛА×СЕЗОН»+«ВОЗРАСТ_ОТЕЛА». Для снижения негативного влияния фактора «ВОЗРАСТ_ОТЕЛА» на увеличение остаточной изменчивости, при использовании в расчётах содержания жира, мы будем использовать регрессию на данный фактор.

Заключение. На основе дисперсионного анализа (ANOVA) установлены значимые различия факторов среды: хозяйство, в котором лактирует корова, год отёла, год рождения, сезон отёла, возраст первого отёла и их комбинаций на изменчивость признаков молочной продуктивности. Использование данных факторов и их комбинаций для определения оптимальной модели, описывающей изменчивость признаков молочной продуктивности в популяции голштинского скота, позволило разработать оптимальную статическую модель оценки племенной ценности методом BLUP:

$$Y_{klm} = HYS_k + AGE_{cl} + a_m + e_{klm};$$

где:

Y_{klm} – продуктивность m -ого животного, k -ого хозяйства-года_отела-сезона, l -ого возраста отела;

HYS_k – фактор «ХОЗЯЙСТВО×ГОД_ОТЕЛА×СЕЗОН» (фиксированный);

AGE_{cl} – фактор «ВОЗРАСТ_ОТЕЛА» (регрессия);

a_m – эффект m -ого животного (рандомизированный);

e_{klm} – эффект неучтённых, случайных факторов (рандомизированный).

Данная модель будет использована для расчёта селекционно-генетических параметров (наследуемость, изменчивость (вариансы)) и племенной ценности признаков молочной продуктивности с применением методов BLUP и GBLUP для голштинского скота республики.

Литература

1. Решение евразийской экономической комиссии от 24.11.2020 г. № 149 «Об утверждении методик оценки племенной ценности сельскохозяйственных животных в государствах членах Евразийского экономического союза // ЕАС. Правовой портал. – URL: https://eec.eaeunion.org/upload/medialibrary/ae3/Reshenie-Kollegii_-149-ot-24-poyabrya-2020-g._metodiki_.pdf (дата обращения 22.12.2024 г.).
2. Разработка и оптимизация уравнений смешанной модели BLUP для оценки племенной ценности быков-производителей голштинской чёрно-пёстрой породы Республики Казахстан / К. Ж. Жуманов, Т. Н. Кармысаков, М. А. Кинеев, А. Д. Баймуканов // Аграрная наука. – 2021. – Вып. 345(2). – С. 33–36.
3. Тимкина, Е. Ю. Эффективность метода BLUP при оценке быков по потомству в стадах холмогорской породы : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.02.01 / Е.Ю. Тимкина. – Киров, 2002. – 20 с.
4. Кузнецов, В. М. Оценка племенной ценности молочного скота методом BLUP [Электронный ресурс]. – URL: https://vm-kuznetsov.ru/files/etude/05_blup.pdf.
5. Зоотехнические правила оценки селекционируемых признаков племенного животного, племенного стада, их расчёта и измерения от 17.08.2022 г. № 84 // Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – URL: <https://mshp.gov.by/ru/zootehpravila-ru/view/zootechnicheskie-9751/> (дата обращения 12.01.2025 г.).
6. Estimation of Breeding Values for Milk Production Traits, Somatic Cell Score, Conformation, Productive Life and Reproduction Traits in German Dairy Cattle, Version: December 2024 // VIT. – URL: <https://www.vit.de/en/vit-for-animals/genetic-evaluation/breeding-values->

fuer-dairy-cattle (дата обращения 12.02.2025 г.).

7. Ocena wartości hodowlanej krów dla cech produkcyjnych i zawartości komórek somatycznych // CRS. – URL: <https://crs.izoo.krakow.pl/wiki/docs/ocena-konwencjonalna-2> (дата обращения 12.12.2024 г.).

Поступила 10.03.2025 г.

УДК 636.2.082.454:591.463.12

Л.В. ГОЛУБЕЦ, Ю.К. КИРИКОВИЧ, С.А. САПСАЛЁВ,
Е.В. НАУМЕНКО, Н.В. ЯНУТЬ, О.В. ПАЙТЕРОВА

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ГРАДИЕНТА ПЛОТНОСТИ «ПЕРКОЛЛ» НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТБОРА ЖИЗНЕСПОСОБНОЙ ФРАКЦИИ СПЕРМАТОЗОИДОВ ПРИ КАПАЦИТАЦИИ НЕСЕКСИРОВАННОЙ СПЕРМЫ БЫКОВ

Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь

Качество и количество живых сперматозоидов оказывают влияние не только на оплодотворение, но и на развитие эмбриона в целом. В этой связи процедура отбора и подготовки спермы к оплодотворению *in vitro*, направленная на улучшение её количественных и качественных характеристик, является неотъемлемой частью вспомогательных репродуктивных технологий. В статье представлены результаты исследований, целью которых явилось изучение влияния различных концентраций Перколла при приготовлении ступенчатого градиента плотности на выделение наиболее жизнеспособной фракции сперматозоидов при капацитации спермы быков. В процессе использования одно-, двух- и трёх-слойных колонок градиента плотности в различных концентрациях установлена эффективность однослойного 90 % Перколла по основным показателям двигательной активности сперматозоидов.

Ключевые слова: капацитация, Перколл, градиент плотности, подвижность, сперматозоиды, центрифугирование.