

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ГЕНОМНОГО ПРОГНОЗА ПЛЕМЕННОЙ ЦЕННОСТИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ С ЛАБОРАТОРНЫМ КОНТРОЛЕМ КАЧЕСТВА ФЕНОТИПИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Савинов Антон Васильевич, аспирант кафедры разведения, генетики и биотехнологии животных, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, savinovantonv@mail.ru

Круткина Мария Сергеевна, руководитель аналитического отдела АО «Агроплем», mkrutkina@agroplem.ru

Алтухова Наталья Сергеевна, доцент кафедры разведения, генетики и биотехнологии животных, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, n.altukhova@rgau-msha.ru

Рукин Илья Владимирович, директор по научному развитию и разработкам АО «Агроплем», irukin@agroplem.ru

Аннотация. Разработана система прогноза племенной ценности молочного скота с полным циклом обработки данных в одной структурной организации – лабораторном кластере «Агроплем».

Ключевые слова: голштинская порода, прогноз племенной ценности, геномный прогноз.

За последний век система прогноза племенной ценности сельскохозяйственных животных претерпела значительные изменения. Переход от сравнения фенотипических данных к решению уравнений смешанной модели, а в последствии к использованию данных о геноме способствовал значительному увеличению точности прогноза племенной ценности [1,2]. Однако достоверность фенотипических показателей, лежащих в основе статистической обработки данных, до сих пор является основополагающим критерием для успешного генетического совершенствования животных. В то же время, стоит отметить, что для наиболее эффективной организации племенной работы, необходимо системное взаимодействие на всех уровнях управления: от сбора данных до принятия селекционных решений. Отсутствие системного подхода к селекционной работе в животноводстве Российской Федерации, минимизированное взаимодействие производителей на уровне породных ассоциаций, а также отсутствие контроля сбора и верификации данных, создает определенные сложности в процессе апробации современных селекционных технологий и методик [3]. Среди большинства существующих систем селекции молочного скота в разных странах консорциум организаций молочной промышленности играет значительную роль в исключении смещения надежности первичных фенотипических данных. Для молочных признаков первичные фенотипические данные получают на молочной ферме и в специализированных лабораториях по анализу молока. Затем эти данные

передаются через ассоциации в центры расчета данных, где они уже используются для прогноза племенной ценности. Контроль качества всех процессов осуществляется путем внедрения системы DHI (Dairy Herd Improvement - система совершенствования молочного стада) [1]. Однако система аналогичная DHI не была создана и внедрена в Российской Федерации, поэтому достоверность исходных данных не может быть гарантирована. Это затрудняет получение достоверного прогноза племенной ценности высокой точности. Статистическая модель, основанная на недостоверных фенотипических данных, может не только замедлить генетический прогресс, но и привести к снижению производственных показателей. Поэтому для селекционной работы в России, помимо внедрения современных технологий геномного прогноза, является актуальным вопрос проверки достоверности и верификации первичных фенотипических показателей признаков [4].

Целью данной работы являлась разработка системы прогноза племенной ценности молочного скота с полным циклом обработки данных от контрольного доения до геномного прогноза в одной структурной организации – лабораторном кластере «Агроплем». Данная система включает в себя селекционный качественный анализ молока по основным биохимическим показателям, процесс идентификации животных, формирование базы данных, генотипирование и геномную оценку по признакам удою, содержания молочного жира и белка в молоке, а также выхода молочного жира и белка. Ввиду отсутствия в РФ системы аналогичной DHI, качественные показатели молока были верифицированы и прошли логическую обработку, фильтрацию и контроль данных на базе лабораторного кластера «Агроплем».

В период с 2019 по 2021 год было исследовано 1 832 278 проб молока контрольного дня доения от 420 400 коров голштинской породы из 95 хозяйств Российской Федерации. Все данные были отфильтрованы в четыре этапа: (1) оценка попадания в доверительный интервал, (2) оценка «разлития из танка», (3) фильтрация проб с признаками скисания и (4) фильтрация проб с признаками разведения водой. Для получения геномного прогноза племенной ценности животных было генотипировано 7745 коров посредством чипа средней плотности Illumina BovineSNP50.

На основе отфильтрованных данных и данных о генотипах были получены геномные прогнозы по пяти признакам молочной продуктивности (удой (кг), содержание жира и белка (%), количество молочного жира и белка (кг)) с помощью метода ssGBLUP [5, 6].

Для геномного прогноза племенной ценности была составлена следующая модель смешанного типа:

$$y=Xb+Z_1a+Z_2p+e,$$

где y - вектор значений признака молочной продуктивности, b - вектор фиксированных эффектов (стадо-год-сезон, возраст отела, уровень кровности по голштинской породе, номер лактации), a - вектор аддитивных генетических эффектов животных, p - вектор постоянных эффектов окружающей среды, e -

вектор неучтенных факторов. X , Z_1 и Z_2 - соответствующие матрицы наблюдений.

Разработанная система прогноза племенной ценности животных позволила оценивать как импортных, так и отечественных быков на основе достоверных данных о их потомстве. Прогноз племенной ценности был получен для 25 856 быков, среди которых 572 быка имели генетическую оценку с точностью выше 70% ($REL = >0.7$) по каждому из исследуемых признаков продуктивности. Такой уровень точности дает возможность эффективно использовать эту систему (геномной оценки) для отбора быков, в том числе для комплектования станций по искусственному осеменению. Средняя точность прогноза племенной ценности составила 45% ($REL = 0.45$). Были рассчитаны средние значения прогноза племенной ценности и средние значения точности прогноза по каждому показателю для следующих групп животных: 1) генотипированные животные, имеющие данные о собственной продуктивности, 2) генотипированные животные без данных о фенотипах, 3) быки, точность прогноза которых по каждому из показателей была выше 70% (таблица 1). Для повышения надежности планируется дальнейшее расширение референтной популяции путем генотипирования животных с наиболее высоким уровнем достоверности прогноза племенной ценности.

Таблица 1

Средние значения достоверности и племенной ценности по каждому показателю

Признаки	Генотипированные животные с фенотипическими данными (N = 4414)		Генотипированные животные без фенотипических данных (N = 6595)		Быки, оцененные по потомству с достоверностью $rel > 0.7$ (N = 572)	
	Среднее значение достоверности прогноза (REL)	Среднее значение прогноза	Среднее значение достоверности прогноза (REL)	Среднее значение прогноза	Среднее значение достоверности прогноза (REL)	Среднее значение прогноза
Удой, кг	0,62	+790	0,41	+695,6	0,86	+937,8
Содержание жира, %	0,58	-0,019	0,39	-0,022	0,83	-0,025
Выход жира, кг	0,52	+27,02	0,35	+23,76	0,80	+31,5
Содержание белка, %	0,64	-0,012	0,43	-0,022	0,86	-0,017
Выход белка, кг	0,58	+26,54	0,39	+22,78	0,84	+31,85

Как можно наблюдать из представленных в таблице данных, средняя точность геномного прогноза выше у тех животных, у которых учитывались данные о собственной продуктивности, что свидетельствует о необходимости

сбора и логического контроля фенотипических данных для повышения достоверности геномного прогноза.

Помимо российских быков, оцененных в системе геномного прогноза АО Агроплем, также прогноз племенной ценности получили зарубежные быки, сперма которых используется для осеменения в хозяйствах РФ и имеющих прогноз в базе CDCB (Council on Dairy Cattle Breeding, Совет по разведению молочного скота, США), содержащую информацию о более чем 6 млн. генотипов крупного рогатого скота. Для 394 быков, имеющих прогноз CDCB, были рассчитаны коэффициенты корреляции между геномными прогнозами племенной ценности, полученными в системе Агроплем и официальными геномными прогнозами CDCB (таблица 2).

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между прогнозами, полученными в системе CDCB и Агроплем

Признаки продуктивности	Удой, кг	Содержание жира, %	Выход жира, кг	Содержание белка, %	Выход белка, кг
Коэффициент корреляции	+0,62	+0,73	+0,45	+0,83	+0,54

По всем показателям продуктивности прослеживается положительная взаимосвязь, что может свидетельствовать о достаточно высоком качестве подготовки исходных данных. Самые высокие показатели корреляции наблюдаются у признаков содержание жира и содержание белка в молоке (+0,73 и +0,83, соответственно), что свидетельствует о высоком уровне сопряженности геномных прогнозов по данным показателям. Прогнозы показателей удой, выход жира и выход белка имеют уровень корреляции +0,62, +0,45 и + 0,54 соответственно, что характеризует уровень сопряженности геномных прогнозов племенной ценности как средний.

Внедрение системы геномного прогноза племенной ценности в РФ – это многоуровневый процесс, затрагивающий различные этапы производства, а также требующий системного подхода к организации племенной работы. Построение данной системы в рамках одного коммерческого предприятия является перспективным в условиях отечественной племенной работы, за счет наличия возможности отслеживать и контролировать все стадии селекционного процесса, от сбора данных до расчета геномного прогноза. Увеличение точности прогноза планируется за счет расширения референсной популяции путем генотипирования животных с наиболее высокой точностью прогноза племенной ценности.

Библиографический список

1. Weigel K. A. et al. A 100-Year Review: Methods and impact of genetic selection in dairy cattle-From daughter–dam comparisons to deep learning algorithms //Journal of dairy science. – 2017. – Т. 100. – №. 12. – С. 10234-10250.

2. Кузнецов В.М. Племенная оценка животных: прошлое, настоящее, будущее / В. М. Кузнецов // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2012. – № 4. – С. 18-57.

3. Харитонов С.Н. Методика оценки генетической ценности быков-производителей на региональном и федеральном уровнях управления племенными ресурсами / С. Н. Харитонов, А. А. Сермягин, Л. П. Игнатьева [и др.]. // Дубровицы: Всероссийский научно-исследовательский институт животноводства имени академика Л.К. Эрнста, 2019. – 78 с.

4. Никитин, С. А. О верификации и интеграции данных племенного учета в животноводстве / С. А. Никитин // Техника и технологии в животноводстве. – 2020. – № 4(40). – С. 29-32.

5. Legarra A. et al. Single Step, a general approach for genomic selection //Livestock Science. – 2014. – Т. 166. – С. 54-65

6. Christensen O. F., Lund M. S. Genomic prediction when some animals are not genotyped //Genetics Selection Evolution. – 2010. – Т. 42. – С. 1-8.