

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.137.139>

## ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ВЗАИМОСВЯЗЬ ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ И МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА КОРОВ

Научная статья

Карликова Г.Г.<sup>1</sup>, Корнелаева М.В.<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>ORCID : 0000-0002-9021-1404;

<sup>2</sup>ORCID : 0000-0001-5674-6694;

<sup>1,2</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт животноводства имени академика Л.К. Эрнста, Дубровицы, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (marikornelaeva[at]yandex.ru)

### Аннотация

Поскольку наличие заболеваний влияет на рентабельность отрасли молочного скотоводства, благополучие и продуктивное долголетие животных, а также качество продукции животноводства, ветеринарный учет в селекционных программах стал необходим. Цель исследований – изучение генетической взаимосвязи уровня фертильности и молочной продуктивности коров черно-пестрой голштинизированной породы с разными комплексами заболеваний. Материалами исследований послужили записи о заболеваниях коров из ветеринарных амбулаторных журналов за период 2015-2021 г.г. В результате исследований фенотипические корреляции у здоровых и больных животных находились на одном уровне. Генетические корреляции почти для всех пар признаков были более выражены у здоровых животных. Генетические корреляции кратности осеменения и сервис-периода, кратности осеменения и дойных дней были достоверно высокими – 0,9 и 0,7. Генетическая корреляция сервис-периода и дойных дней была одинаковой – 0,99. Коэффициенты наследуемости признаков молочной продуктивности в выборках здоровых и больных животных находятся на одном уровне, и доля их генетической изменчивости составляет от 30 до 50%. Высокие коэффициенты наследуемости по признакам фертильности были присущи больным животным 4 группы (0,64 для кратности осеменения в лактацию, 0,77 для продолжительности сервис-периода, 0,83 для количества дойных дней). Коэффициенты наследуемости признаков у здоровых животных: 0,11 – кратность осеменения в лактацию, 0,14 – продолжительность сервис-периода, 0,15 – количество дойных дней. Наследуемость удоя, выхода жира и белка была высокой у больных животных 6 группы. Высокие коэффициенты наследуемости по МДЖ и МДБ принадлежали животным 3 и 4 групп. Наибольшее количество высоких коэффициентов наследуемости у животных, переболевших эндометритом и маститом.

**Ключевые слова:** дойные коровы, нарушение здоровья, фертильность, молочная продуктивность.

## GENETIC RELATIONSHIP OF REPRODUCTIVE ABILITY AND MILK PRODUCTIVITY DEPENDING ON PHYSIOLOGICAL STATUS OF COWS

Research article

Karlikova G.G.<sup>1</sup>, Kornelaeva M.V.<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>ORCID : 0000-0002-9021-1404;

<sup>2</sup>ORCID : 0000-0001-5674-6694;

<sup>1,2</sup> L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Dubrovitsy, Russian Federation

\* Corresponding author (marikornelaeva[at]yandex.ru)

### Abstract

Since the presence of diseases affects the profitability of the dairy cattle breeding industry, animal welfare and productive longevity, as well as the quality of livestock products, veterinary records in breeding programmes have become essential. The aim of the research was to study the genetic relationship of fertility level and milk productivity of cows of black-and-white Holstein breed with different disease complexes. The materials of the research were records on diseases of cows from veterinary outpatient registers for the period of 2015-2021. The phenotypic correlations in healthy and diseased animals were at the same level as a result of the studies. Genetic correlations for almost all pairs of traits were more pronounced in healthy animals. Genetic correlations of insemination multiplicity and service period, insemination multiplicity and milking days were significantly high – 0.9 and 0.7. The genetic correlation of service period and milking days was the same – 0.99. Heritability coefficients of milk productivity traits in samples of healthy and sick animals are at the same level, and the share of their genetic variability is from 30 to 50%. High heritability coefficients for fertility traits were inherent in sick animals of group 4 (0.64 for insemination rate per lactation, 0.77 for length of service period, 0.83 for number of milking days). The coefficients of inheritability of traits in healthy animals: 0.11 – multiple insemination per lactation, 0.14 – duration of service period, 0.15 – number of milking days. Inheritability of milk yield, fat and protein yield was high in sick animals of group 6. High inheritability coefficients for MDJ and MDB belonged to animals of groups 3 and 4. The highest number of high heritability coefficients belonged to animals that had endometritis and mastitis.

**Keywords:** dairy cows, health disorders, fertility, milk productivity.

### Введение

Длительная селекция молочного скота на повышение удоев привела к ухудшению функциональных признаков, включая признаки здоровья [4], [7]. Болезни конечностей, клинический мастит и бесплодие – это наиболее часто встречаемые заболевания в популяциях коров молочного направления по всему миру. Эти заболевания оказывают сильное влияние на долголетие животных и на экономику хозяйств [4], [5], [7]. До 80% выбракованных молочных коров имеют проблемы со здоровьем [7]. Учет заболеваний в селекционных программах стал необходимым, поскольку эти признаки влияют на рентабельность отрасли молочного скотоводства, благополучие и продуктивное долголетие животных, качество продукции животноводства. Однако до сих пор во многих странах учет заболеваний на фермах оставляет желать лучшего, и это затрудняет повышение устойчивости к болезням с помощью программ тестирования потомства (из-за недостатка дочерних записей) [5], [7]. Но на улучшение признаков здоровья и фертильности влияет не только менеджмент стада, но и генетические факторы. В этом контексте знание дисперсии, наследственности и генетической корреляции между признаками имеет ключевое значение для эффективного отбора животных в рамках селекционных программ [6].

Расчетные генетические корреляции между признаками здоровья обычно варьируют от низких до умеренных. Многие из них являются положительными, что может указывать на то, что дочери определенных производителей более восприимчивы ко всем нарушениям здоровья, возможно, потому, что они испытывают экстремальный отрицательный энергетический баланс в начале лактации [9].

Мастит имеет низкую или умеренную отрицательную генетическую корреляцию с долголетием. Клинический мастит увеличивает уровень выбраковки после отела, тем самым вызывая тенденцию к снижению продолжительности жизни стада, значительному снижению количества отелов при выбраковке и продолжительности продуктивной жизни. Эти изменения в жизненном цикле могут снизить эффективность производства молока в течение всей жизни коровы. Сообщалось о генетической корреляции между удоем и клиническим маститом у голштинской породы (от 0,21 до 0,55) [4], [13].

Существует зависимость между возрастом коровы в лактациях и клиническим маститом. Отмечено, что увеличение возраста первого отела значительно связано с увеличением частоты клинического мастита и уровня выбраковки. Благоприятные генетические корреляции между продолжительностью продуктивной жизни и клиническим маститом на разных стадиях лактации (от -0,28 до -0,69), дают основание проводить отбор на здоровье вымени на ранних стадиях жизни, чтобы генетически улучшить долголетие [3], [8], [13].

Существуют возможные предпосылки для будущих исследований эпигенетических механизмов. Наследуемость мастита у голштинской породы составляет 0,17. Авторами было обнаружено, что средний SCS матери был положительно связан с возрастом дочери при первом отеле, а также со средним SCS первой и второй лактации. Более того, дочери, рожденные от матерей с более высоким SCS, продуцировали меньше молочного жира во время второй лактации. Таким образом, была показана связь мастита матери с более низкой продуктивностью дочери [1], [14].

Фактически, неспособность достичь и сохранить своевременную стельность в стаде является основной причиной низкой рентабельности в системах молочного животноводства. Успешная стельность зависит не только от нормального ритма циклической активности яичников – эстрального цикла, – но и от здоровья коровы, так как гинекологические заболевания могут негативно повлиять на репродуктивные показатели молочного скота [6].

Задержание последа, метрит, клинический эндометрит – являются наиболее распространенными заболеваниями, поражающими репродуктивную систему. Эти заболевания влияют на продолжительность продуктивной жизни, увеличивая интервал между отелами, количество осеменений на успешное оплодотворение, процент аборт, и снижая производство молока и уровень долголетия животных. Авторы отметили, что генетическая корреляция между метритом и сервис-периодом составила 0,25 у канадских голштинов, что указывает на ощутимое преимущество интервала до стельности у здоровых коров [11]. И хотя наследуемость заболеваний репродуктивной системы – низкая (0,04-0,05), они демонстрируют потенциал в качестве будущих фенотипов фертильности для использования в селекционных целях [2], [7], [12], [13].

Генетические корреляции для репродуктивных расстройств в основном положительные (задержание последа – метрит (0,61), эндометрит – метрит (0,45)), что подразумевает, что успешное лечение одного заболевания приведет к излечению другого [9].

Введение новых признаков устойчивости к заболеваниям является важным шагом в создании здоровой матки, что улучшит фертильность. Признаки, связанные с процессом отела (легкость отела и мертворождение), в конечном итоге влияют на здоровье матки в послеродовой период, поскольку коровы с трудными отелами чаще имеют задержание последа и (или) заболевают метритом. Коровы, рожающие телят-близнецов, также имеют более высокий риск тяжелого отела, задержания последа и метрита. Поэтому прямой отбор против многоплодных беременностей может улучшить фертильность через механизм, включающий улучшение здоровья матки после родов [11].

Иммунная система коровы в первую очередь отвечает за разрешение болезни и восстановление после воспаления в матке в послеродовой период. Прямой отбор коров для улучшения иммунной функции может также способствовать улучшению здоровья послеродового периода и снижению заболеваемости метритом [11].

Болезни конечностей влияют на продолжительность жизни молочных коров, воздействуя на их активность, поведение при кормлении, эструсное поведение и производственные показатели (увеличение сервис-периода и межотельного интервала) [6], [7], [15]. Наследуемость заболеваний конечностей и, в частности, хромоты у голштинской породы составляет 0,18 и 0,09, соответственно [10], [14].

В целом, результаты исследований свидетельствуют о полезности оценки хромоты для генетического улучшения здоровья конечностей. Селекция на лучшую оценку хромоты потенциально может уменьшить заболевания конечностей, особенно частоту тяжелых заболеваний конечностей, которые приводят к выбраковке [6], [7], [10], [14].

В настоящее время для повышения устойчивости к заболеваниям, а также уровня понимания взаимосвязи групп заболеваний с молочной продуктивностью и фертильностью, используются различные методы.

Традиционно смешанные модели на основе родословной, такие как модель животного и модели структурных уравнений, используются для изучения сигналов генетических достоинств и вклада окружающей среды. Преимуществом моделей, в отличие от независимого анализа каждого интересующего признака, является то, что они позволяют оценить генетические корреляции [6].

Несколько последних исследований проливают свет на потенциал геномного прогнозирования для улучшения лечения и профилактики таких заболеваний. Результаты этих исследований показывают, что геномная наследуемость заболеваний выше генетической, что может быть успешно использовано для прогнозирования геномной племенной ценности признаков здоровья у молочного скота [4], [5], [12].

Цель исследований – изучить генетическую взаимосвязь уровня фертильности и молочной продуктивности коров черно-пестрой голштинизированной породы с разными комплексами заболеваний на примере одного из хозяйств Московской области.

### Методы и принципы исследования

Материалами исследований послужили записи о заболеваниях коров из ветеринарных амбулаторных журналов племенной организации Московской области за период 2015-2021 г.г. в количестве 1234 штук. Информация об исследуемой популяции взята из базы данных по разведению молочного скота ИАС «Селэкс». Исследования проводились на популяции черно-пестрого голштинизированного молочного скота по признакам молочной продуктивности за 305 дней лактации (удой, массовая доля жира и белка, выход жира и белка) и фертильности (кратность осеменения в лактацию, продолжительность сервис-периода и дойных дней). Учитываемые заболевания – эндометрит, мастит и заболевания конечностей.

Для оценки разницы между показателями молочной продуктивности у животных с одним или комплексом из двух и трех заболеваний, наблюдавшихся у коровы в течение лактации, записи разделили на 7 групп. Заболевания обозначили литерами: Э – эндометрит, М – мастит, К – заболевания конечностей. Комбинации из нескольких заболеваний у одной головы обозначались со знаком «+» (например, комбинация эндометрита и мастита – Э+М).

На рисунке 1 показано количество записей в группах.

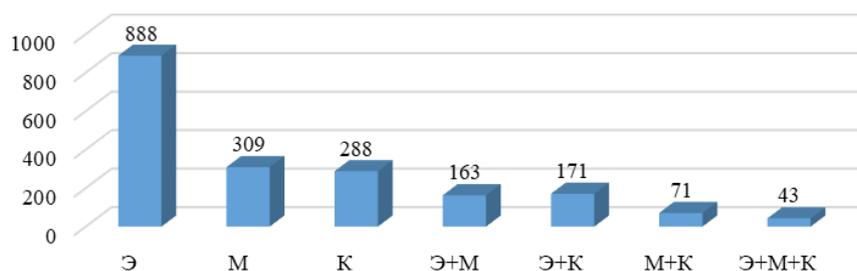


Рисунок 1 - Количество записей коров с разными группами заболеваний

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.137.139.1>

Фенотипические показатели (средние значения, ошибки, варианты, коэффициенты корреляции) были определены согласно общепринятым статистическим методам. Расчет достоверностей разниц между показателями проводился с расчетом Т-критерия Стьюдента.

Расчет параметров наследуемости и генетических корреляций проводился с помощью модели, включающей в себя параметры «год-сезон» в программе RStudio:

$$y = \mu + YS + a + e$$

где  $\mu$  – популяционная средняя,  $YS$  – эффект «год-сезон»,  $a$  – эффект животного (оценка племенной ценности),  $e$  – эффект остаточной изменчивости, не учтенной в модели.

### Результаты и их обсуждение

Для определения уровня взаимосвязи между признаками у здоровых и больных животных были рассчитаны фенотипические и генетические корреляции, а также коэффициенты наследуемости признаков. Полученные результаты представлены в таблицах 1 и 2. Выше диагонали расположены фенотипические корреляции, ниже диагонали – генетические. Коэффициенты наследуемости выстроены по диагонали.

Генетические корреляции почти для всех пар признаков были более выраженными в группе здоровых животных, чем в группе больных животных. Фенотипические корреляции у обеих групп животных находились примерно на одном уровне.

Генетические корреляции кратности осеменения и сервис-периода, и кратности осеменения и дойных дней в обеих группах животных были достоверно высокими – 0,9 и 0,7, но у здоровых животных они были выше (на 0,2). Генетическая корреляция сервис-периода и дойных дней в группах животных была одинаковой – 0,99.

Таблица 1 - Фенотипические, генетические корреляции и коэффициенты наследуемости признаков воспроизводства и молочной продуктивности здоровых животных

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.137.139.2>

Здоровые (n=1523)	Кратность осемен.-й, раз в л.	Сервис период, дни	Дойные дни, дни	Удой за 305, кг	МДЖ, %	Выход жира, кг	МДБ, %	Выход белка, кг
Кратность осемен.-й, раз в л.	<b>0,110</b>	0,76***	0,76***	0,19***	-0,02	0,15***	0,01	0,18***
Сервис период, дни	0,92***	<b>0,139</b>	0,98***	0,13**	-0,04	0,09*	-0,05	0,10*
Дойные дни, дни	0,93***	0,99***	<b>0,148</b>	0,17***	-0,01	0,14***	-0,03	0,14***
Удой за 305, кг	0,36***	0,37***	0,42***	<b>0,445</b>	-0,05	0,81***	0,04	0,92***
МДЖ, %	0,28***	0,25***	0,22***	-0,54***	<b>0,416</b>	0,53***	0,63***	0,21***
Жир за 305, кг	0,59***	0,59***	0,62***	0,85***	-0,004	<b>0,308</b>	0,41***	0,90***
МДБ, %	-0,01	-0,11**	-0,14***	-0,55***	0,58***	-0,30***	<b>0,328</b>	0,43***
Белок за 305, кг	0,40***	0,39***	0,43***	0,96***	-0,42***	0,87***	-0,29***	<b>0,349</b>

Примечание: \*\*\* $p < 0,001$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \* $p < 0,05$ ; генетические корреляции (ниже диагонали), фенотипические корреляции (выше диагонали), коэффициенты наследуемости (на диагонали)

У здоровых коров фенотипические корреляции были значительно ниже, чем генетические корреляции. Тогда как у больных животных значения генетических и фенотипических корреляции находились примерно на одном уровне. Таким образом можно сделать вывод, что коровы в рассмотренной группе здоровых животных обладают лучшим генетическим потенциалом по признакам молочной продуктивности, чем коровы, у которых были выявлены заболевания.

Таблица 2 - Фенотипические, генетические корреляции и коэффициенты наследуемости признаков воспроизводства и молочной продуктивности больных животных

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.137.139.3>

Больные (n=1234)	Кратность осемен.-й, раз в л.	Сервис период, дни	Дойные дни, дни	Удой за 305, кг	МДЖ, %	Выход жира, кг	МДБ, %	Выход белка, кг
Кратность осемен.-й, раз в л.	<b>0,117</b>	0,74***	0,72***	0,09**	-0,08*	0,04	-0,14***	0,04
Сервис период, дни	0,72***	<b>0,150</b>	0,97***	0,09**	-0,07	0,05	-0,13**	0,04
Дойные дни, дни	0,71***	0,99***	<b>0,178</b>	0,13**	-0,07	0,08*	-0,13**	0,08*
Удой за 305, кг	0,41***	0,54***	0,57***	<b>0,335</b>	-0,06	0,85***	-0,004	0,93***
МДЖ, %	0,06	-0,12**	-0,14**	-0,26***	<b>0,517</b>	0,47***	0,65***	0,18***

%								
Жир за 305, кг	0,42***	0,45***	0,47***	0,83***	0,33***	<b>0,325</b>	0,34***	0,91***
МДБ, %	-0,29***	-0,40***	-0,37***	-0,45***	0,66***	-0,06	<b>0,408</b>	0,35***
Белок за 305, кг	0,34***	0,46***	0,50***	0,94***	-0,04	0,90***	-0,12**	<b>0,286</b>

Примечание: \*\*\* $p < 0,001$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \* $p < 0,05$ ; генетические корреляции (ниже диагонали), фенотипические корреляции (выше диагонали), коэффициенты наследуемости (на диагонали)

В таблице 3 представлены рассчитанные коэффициенты наследуемости признаков воспроизводства здоровых животных и животных с заболеваниями разных групп. Красным цветом выделены наибольшие показатели коэффициентов наследуемости по каждому признаку.

Сравнивая коэффициенты наследуемости признаков молочной продуктивности в группах здоровых и больных животных, можно утверждать, что они находятся примерно на одном уровне, и что доля генетической изменчивости признаков молочной продуктивности в данных группах составляет от 30 до 50% для отдельных признаков.

Самые высокие коэффициенты наследуемости по всем трем признакам фертильности были присущи животным 4 группы (0,64 для кратности осеменения в лактацию, 0,77 для продолжительности сервис-периода, 0,83 для количества дойных дней). В группе здоровых животных были низкие коэффициенты наследуемости признаков (0,11 для кратности осеменения в лактацию, 0,14 для продолжительности сервис-периода, 0,15 для количества дойных дней).

Наибольшие показатели по трем из пяти признаков принадлежали животным 6 группы (удой, выход жира и белка). Высокие коэффициенты наследуемости по МДЖ и МДБ принадлежали животным 3 и 4 групп, соответственно.

Таблица 3 - Коэффициенты наследуемости показателей у коров разных групп заболеваний ( $h^2$ )

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.137.139.4>

Показатели	Кратность осеменения, раз в л.	Сервис период, дни	Дойные дни, дни	Удой за 305 дн., кг	МДЖ, %	Выход жира, кг	МДБ, %	Выход белка, кг
Здоровые	0,110	0,139	0,148	0,445	0,416	0,308	0,328	0,349
Больные	0,117	0,150	0,178	0,335	0,517	0,325	0,408	0,286
1 группа (Э)	0,138	0,107	0,108	0,352	0,529	0,377	0,400	0,321
2 группа (М)	0,207	0,550	0,678	0,370	0,070	0,364	0,319	0,342
3 группа (К)	0,266	0,451	0,520	0,275	<b>0,563</b>	0,418	0,419	0,337
4 группа (Э+М)	<b>0,643</b>	<b>0,765</b>	<b>0,834</b>	0,258	0,105	0,272	<b>0,608</b>	0,183
5 группа (Э+К)	0,528	0,276	0,269	0,310	0,450	0,441	0,452	0,359
6 группа (М+К)	0,583	0,482	0,570	<b>0,746</b>	0,221	<b>0,635</b>	0,424	<b>0,593</b>
7 группа (Э+М+К)	0,388	0,203	0,247	0,510	0,466	0,250	0,554	0,277

Наибольшее количество высоких коэффициентов наследуемости присуще животным в группе, переболевшей эндометритом и маститом. Можно предположить, что наличие заболевания у животных связано с генетическими факторами, и поэтому такие признаки, как кратность осеменения, сервис-период, количество дойных дней будут также обусловлены генетическими факторами.

Рассчитанный нами коэффициент наследуемости позволяет использовать его для предсказания степени влияния родителей на продуктивные качества будущего потомства. Мы предполагаем, что потомство от здоровых коров возможно будет обладать лучшими значениями коэффициента наследуемости признаков фертильности (при сохранении благоприятных условий содержания и кормления животных).

## Заключение

В исследуемой популяции у здоровых коров фенотипические корреляции были значительно ниже, чем генетические корреляции. Тогда как у больных животных значения генетических и фенотипических корреляции находились примерно на одном уровне. Из чего можно сделать заключение, что здоровые коровы обладали лучшим генетическим потенциалом по признакам молочной продуктивности, чем коровы, у которых были выявлены заболевания.

В результате исследования коэффициентов наследуемости признаков молочной продуктивности в группах здоровых и больных животных, можно утверждать, что они находятся примерно на одном уровне, и что доля генетической изменчивости признаков молочной продуктивности в данных группах составляет от 30 до 50% для отдельных признаков.

В группе здоровых животных были низкие коэффициенты наследуемости признаков (0,11 для кратности осеменения в лактацию, 0,14 для продолжительности сервис-периода, 0,15 для количества дойных дней).

Наибольшее количество высоких коэффициентов наследуемости присуще животным в группе, переболевшей эндометритом и маститом. Можно предположить, что наличие заболевания у животных связано с генетическими факторами, и поэтому такие признаки, как кратность осеменения, сервис-период, количество дойных дней будут также обусловлены генетическими факторами.

### Финансирование

Исследования выполнены в рамках темы ГЗ № 0445-2021-0016.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Funding

The research was carried out within the framework of the State Assignment topic № 0445-2021-0016.

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### Список литературы на английском языке / References in English

- Swartz T.H. Intergenerational Cycle of Disease: Maternal Mastitis is Associated with Poorer Daughter Performance in Dairy Cattle / T.H. Swartz, B.J. Bradford, J.S. Clay // *Journal of Dairy Science*. — 2021. — Vol. 104. — № 4. — P. 4537-4548
- Diaz-Lundahl S. Heritability of Subclinical Endometritis in Norwegian Red Cows / S. Diaz-Lundahl, B. Heringstad, R.T. Garmo [et al.] // *Journal of Dairy Science*. — 2022. — Vol. 105. — № 7. — P. 5946-5953
- Kurokawa Y. Effect of Relationships among Clinical Mastitis Incidence, Reproductive Performance, and Culling Rate on the Lifetime of Dairy Cows at Hiroshima University Farm / Y. Kurokawa, M. Okita, H. Kubota [et al.] // *Anim Sci J*. — 2021. — Vol. 92. — № 1. — P. 1-8
- Cai Z. Distinguishing Pleiotropy from Linked QTL between Milk Production Traits and Mastitis Resistance in Nordic Holstein Cattle / Z. Cai, M. Dusza, B. Guldbandsen [et al.] // *Genet Sel Evol*. — 2020. — Vol. 52. — № 1. — P. 1-15
- Naderi S. Genomic Breeding Values, SNP Effects and Gene Identification for Disease Traits in Cow Training Sets / S. Naderi, M. Bohlouli, T. Yin [et al.] // *Stichting International Foundation for Animal Genetics*. — 2018. — № 49. — P. 178-192
- Fernando B. Investigating Functional Relationships among Health and Fertility Traits in Dairy Cows / B. Fernando, J.M. Lopes Guilherme, E.P. Rosa Pablo Pinedo Jose [et al.] // *Livestock Science*. — 2022. — 266. — P. 105122. — DOI: 10.1016/j.livsci.2022.105122
- Hu H. Analysis of Longevity Traits in Holstein Cattle: a review / H. Hu, T. Mu, Y. Ma [et al.] // *Frontiers in Genetics*. — 2021. — Vol.12. — Art. 695543
- Kašná E. Genetic Evaluation of Clinical Mastitis Traits in Holstein Cattle / E. Kašná, L. Zavadilová, M. Štípková // *Czech J. Anim. Sci*. — 2018. — 63(11). — P. 443-451
- Kašná E. Genetic Evaluation of Reproductive and Metabolic Disorders and Displaced Abomasum in Czech Holstein Cows / E. Kašná, P. Fleischer, L. Zavadilová [et al.] // *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. — 2019. — 67(4). — P. 939-946.
- Köck A. Short Communication: Use of Lameness Scoring to Genetically Improve Claw Health in Austrian Fleckvieh, Brown Swiss, and Holstein Cattle / A. Köck, B. Fuerst-Waltl, J. Kofler [et al.] // *Journal of Dairy Science*. — 2019. — Vol. 102. — № 2. — P. 1397-1401
- Lucy M.C. Symposium Review: Selection for Fertility in the Modern Dairy Cow – Current Status and Future Direction for Genetic Selection / M.C. Lucy // *J. Dairy Sci*. — 2019. — 102. — P. 3706-3721.
- De Lima F.S. Recent Advances and Future Directions for Uterine Diseases Diagnosis, Pathogenesis, and Management in Dairy Cows / F.S. de Lima // *Anim Reprod*. — 2020. — 17(3)
- Shabalina T. Influence of Common Health Disorders on the Length of Productive Life and Stayability in German Holstein Cows / T. Shabalina, T. Yin, S. König // *Journal of Dairy Science*. — 2020. — Vol. 103. — № 1
- Becker V.A.E. Genetic Parameters for Dry Matter Intake, Energy Balance, Residual Energy Intake, and Liability to Diseases in German Holstein and Fleckvieh Dairy Cows / V.A.E. Becker, E. Stamer, H. Spiekers [et al.] // *Journal of Dairy Science*. — 2022. — Vol. 105. — № 12.
- Remnant J. Association of Lameness and Mastitis with Return-to-service Oestrus Detection in the Dairy Cow / J. Remnant, M.J. Green, J. Huxley [et al.] // *Veterinary Record*. — 2019. — № 185(14). — P. 442.