



ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГЕНЕТИКИ И РАЗВЕДЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ - филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста»

Характеристика аборигенных пород крупного рогатого скота красного корня популяции России и Беларуси с использованием молекулярно-генетической информации

Сермягин А.А., Нарышкина Е.Н., Белоус А.А.,
Бардуков Н.М., Михайлова М.Е., Песоцкий Н.И.,
академик РАН Н.А. Зиновьева

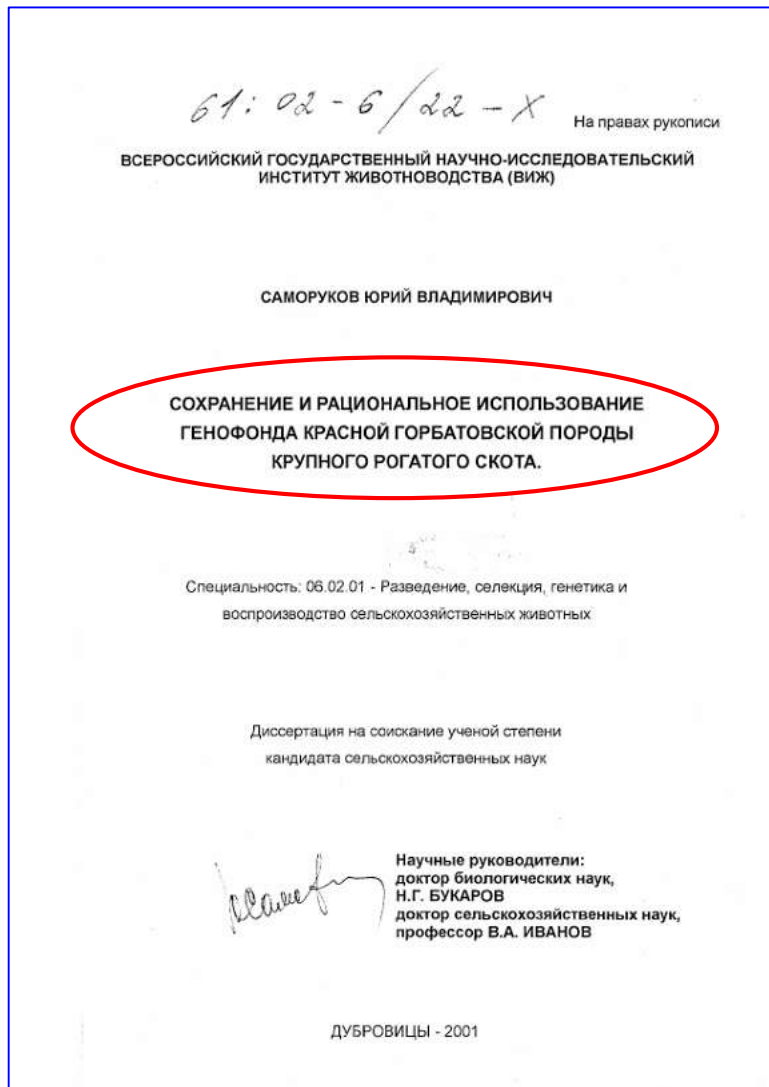
МОЛЕКУЛЯРНАЯ ДИАГНОСТИКА 2025 (MDx-2025)
«Генетические технологии в селекции животных: современные
достижения и перспективы развития», 11 ноября, ГК «Космос»



ГЛАВНАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-
ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО
МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИАГНОСТИКЕ В РОССИИ

Москва - 2025 г.

Предпосылки изучения скота красных пород в России и Беларуси



20 лет!!!



Популяции красных пород скота России и Беларуси



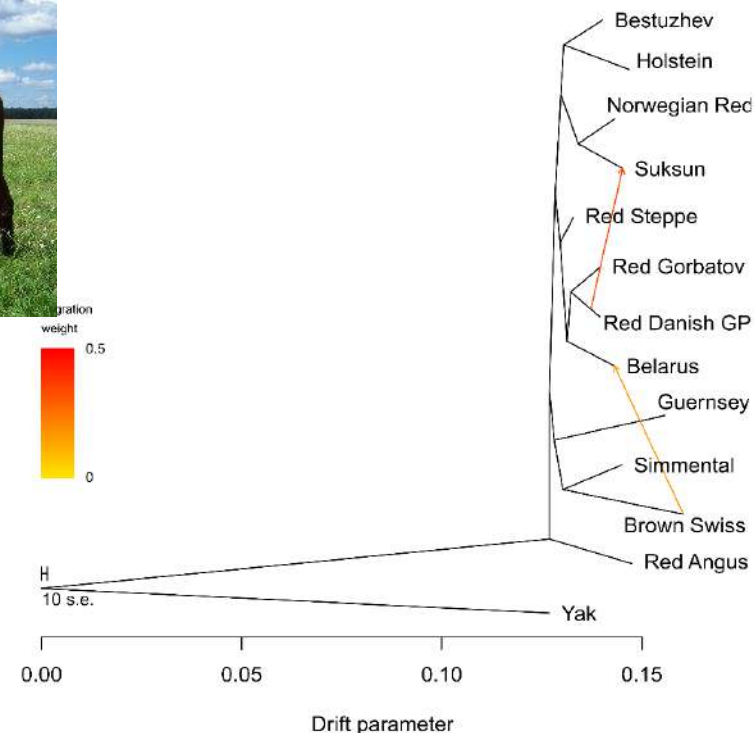
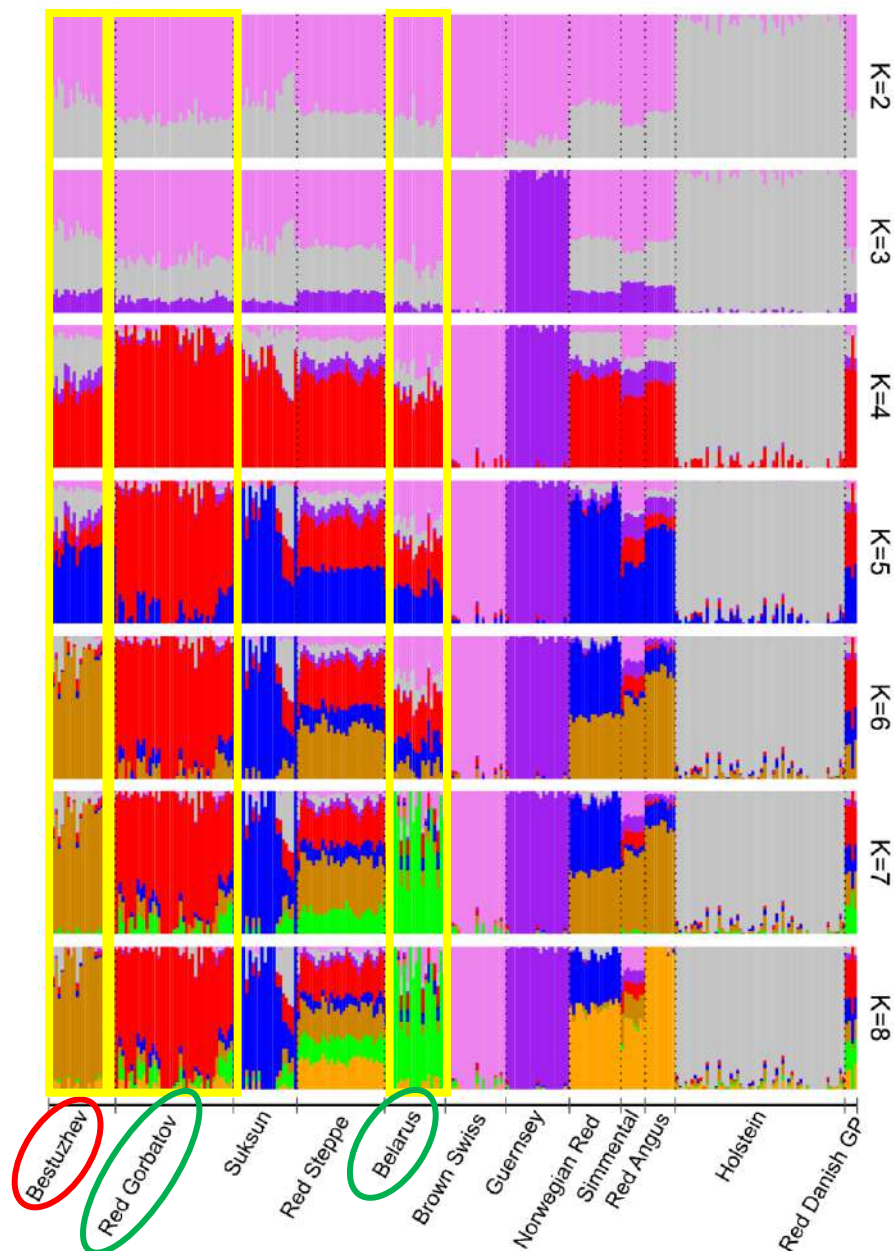
Фотография животных красного белорусского скота (МТФ «Новый двор», Гродненская область, Беларусь)

Фотография животных красной горбатовской породы (АО «Абадковское», Нижегородская область, Россия)

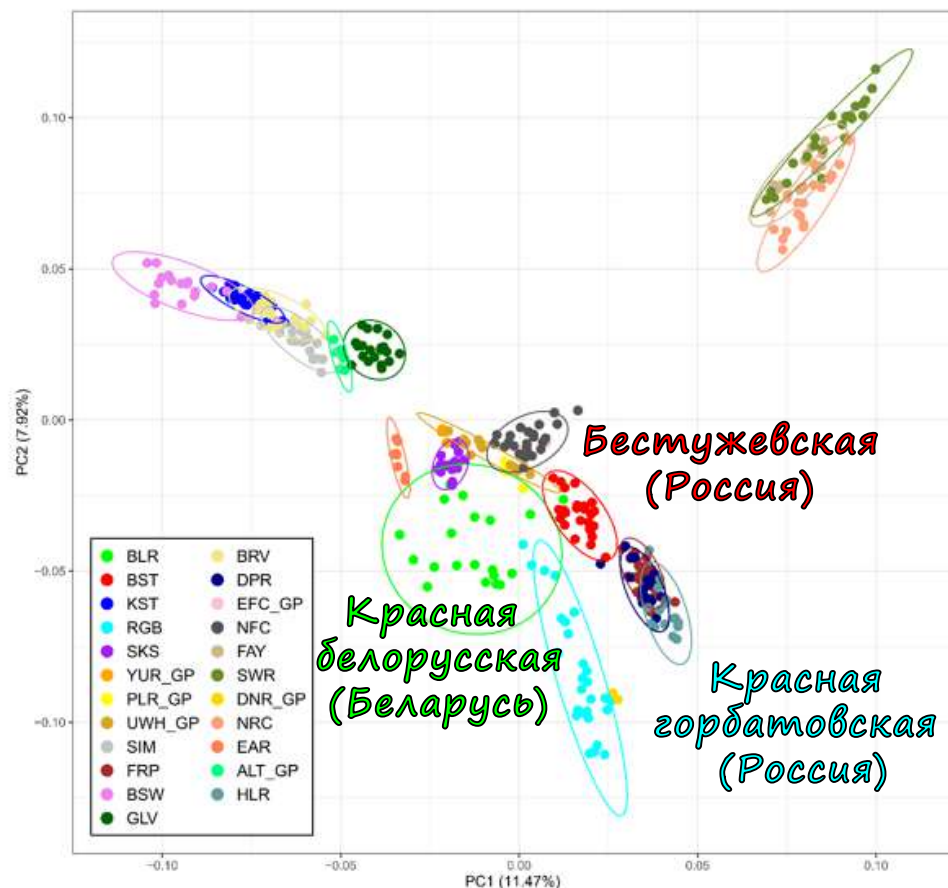


Оценка уникальности редких пород (генофонд)

Анализ смешения для популяций (совокупность особей, населяющих одну территорию) крупного рогатого скота красного корня России, Беларуси и ряда мировых пород



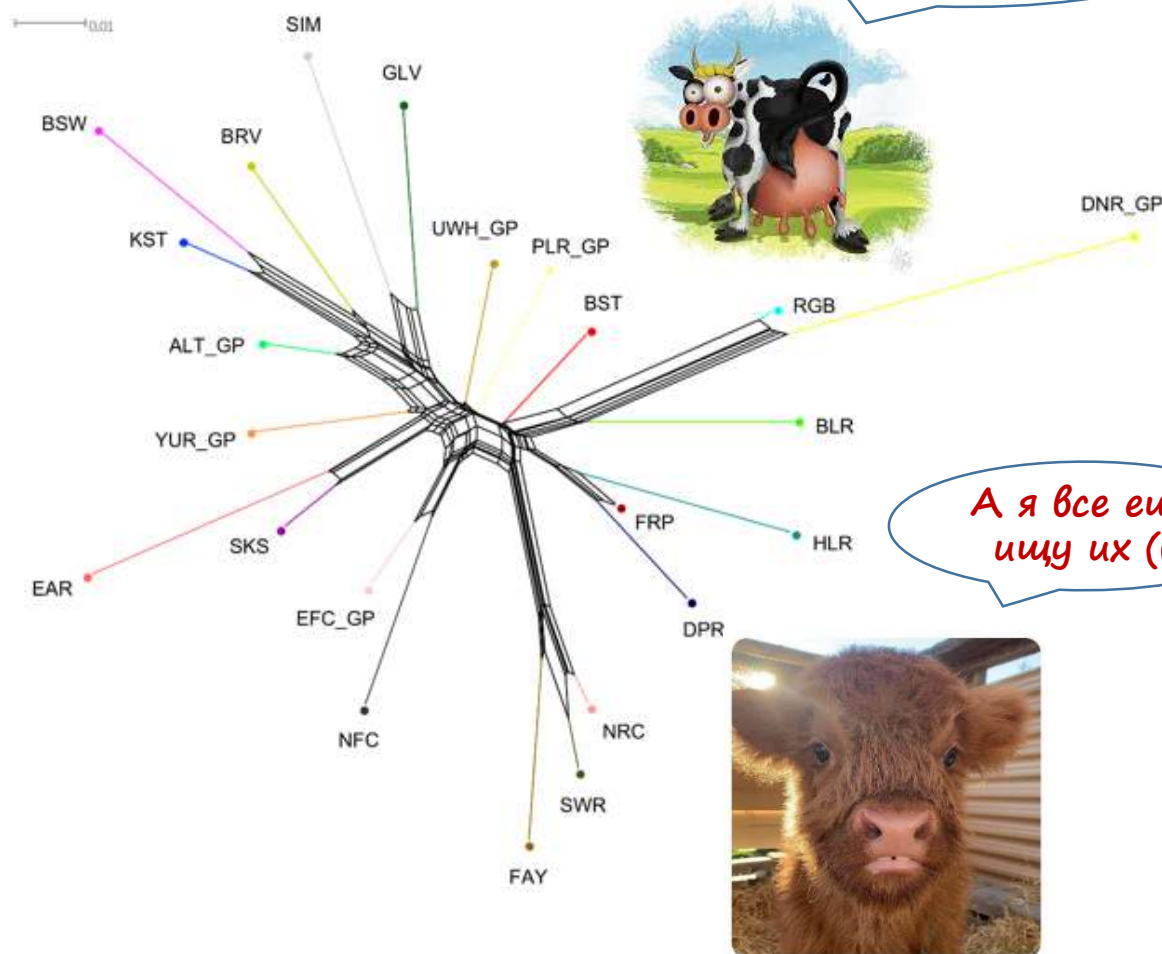
Дерево родства для изученных популяций скота красного корня с учетом дрейфа генов от одной породы к другой
(Бурая швицкая → Белорусский скот;
Красная датская → Суксунский скот)



Результаты анализа главных компонент (PCA) между породами красного скота России и Беларуси в сравнении с европейскими породами

Происхождение пород: Европа + Россия

Дерево сети ближайшего родства на основе генетических дистанций



«Главные» гены продуктивности скота красной горбатовской породы

Показатели продуктивности первотелок красно-горбатовской породы генофондного хозяйства АО «Абабковское» Нижегородской области, в зависимости от аллельного полиморфизма

Генотип	Удой за 305. кг	Жир за 305. %	Жир за 305. кг	Белок за 305. %	Белок за 305. кг
CSN3_AA	4523±199	4,35±0,03	197±9,0	3,22±0,02	151±5,6
CSN3_AB	4688±137	4,42±0,03	207±6,7	3,23±0,01	154±4,3
CSN3_BB	5139±89 <i>a**/b*</i>	4,38±0,06	225±4,0 <i>a**/b*</i>	3,3±0,02 <i>a*/b*</i>	169 <i>a*/b*</i> ±3,4
CSN2_A1A1	4952±166	4,41±0,03	218±7,7	3,2±0,02	159±5,7
CSN2_A1A2	4542±144	4,38±0,03	199±6,7	3,2±0,01	153±4,1
CSN2_A2A2	4851±186	4,38±0,05	212±9,3	3,3±0,03	160±6,3
AGPAT6_GG	4709±144	4,39±0,03	207±6,7	3,23±0,01	156±4,3
AGPAT6_GT	4671±159	4,39±0,03	205±7,7	3,23±0,02	156±4,7
AGPAT6_TT	4885±236	4,4±0,02	214±9,8	3,23±0,03	158±7,9
SCD1_CC	4998±116 <i>c**/d*</i>	4,4±0,04	220±5,8 <i>c**/d*</i>	3,25±0,01	164 <i>c***/d*</i> ±3,7
SCD1_CT	4507±160	4,4±0,03	197±7,4	3,24±0,02	151 <i>e*</i> ±4,6
SCD1_TT	4223±181	4,4±0,05	186±7,3	3,14±0,02 <i>c***/e***</i>	132±5,5

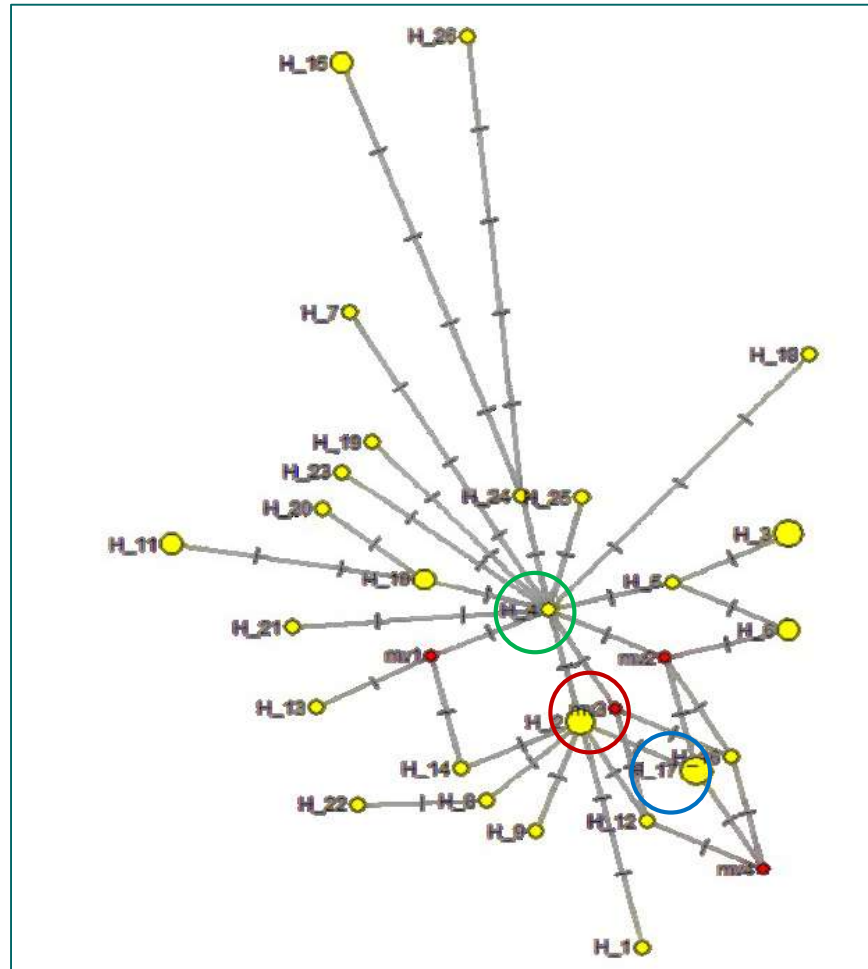
Частоты встречаемости генотипов и аллелей генов SCD1 (А), AGPAT6 (Б), CSN3 (В) и CSN2 (Г)

Примечание: а-Разница между CSN3_BB и CSN3_AA, б- Разница между CSN3_BB и CSN3_AB, с-Разница между SCD1_CC и SCD1_TT, д- Разница между SCD1_CC и SCD1_CT, е- Разница между SCD1_TT и SCD1_CT;
* - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$; *** - $p \leq 0,001$

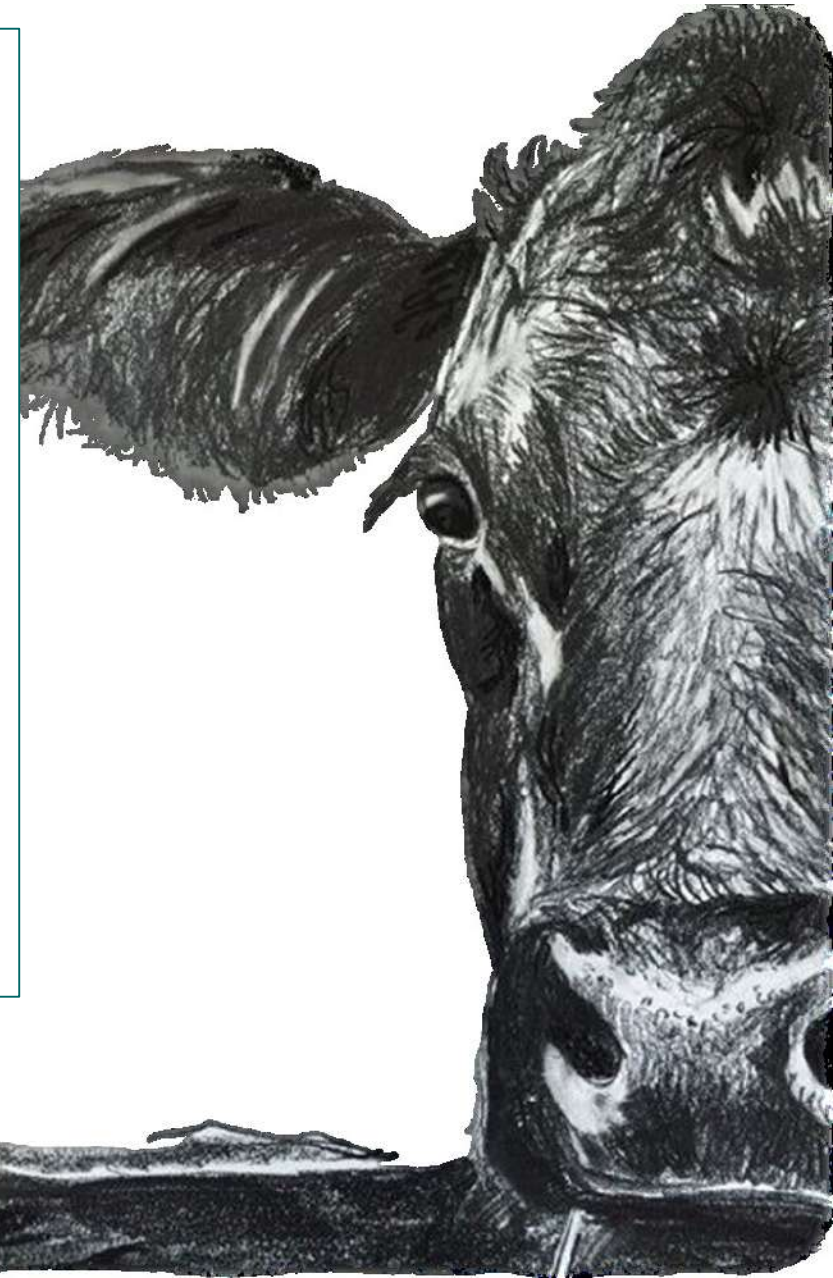
Генофонд красного белорусского скота: исследования Мт-ДНК (D-петля)

MATRIX	10	20	30	
17380	TCGGCTGTAAATTTTCTAAGGCTCGACGCGAAGCCT			
17381	...T..C.....			H_2
17384	...T..C..A.....A..G...			
17387	...T..C.....G.....			H_4
17388	...T..C.....A..G...			
17394	...T..C..A.....A..G...			
17395	...T..C.....A.T.G...			
17396	...AT..C...C.....G...G...			
17389	...T..C...C.....			
17398	...T..C...C.....			
17399	...T..C.....T...G...			
17400	...T..C.....T...G..TC			
17401	...A.T..C.....			
17402	...T.AC.....A..G...			
17408	...T.AC.....			
17412	...T.CC.....T..AA..C...G...			
17413	...A.T..C.....T.G...			
17416	...T..C.....T...			H_17
17417	...T..C.....T...			
17419	...T..C.....			H_2
17421	...T..C.....T...			H_17
17422	...T..C.....T..T..GG			
17424	...T..C.....T...G...			
17425	...T..C..A.....A..G...			
17426	...T.CC.....T..AA..C...G...			
17428	...T..C.....T...G.T...			
17429	...T..CG.....T...G...			
17430	...T..C.....T...G..TC			
17435	...T..C.....A.T.G...			
17437	...T..C.....T...			H_17
17438	...T..C.G.C.....G...			
17439	...T..C.....CG.....			
17440	...T..C.....			H_2
17441	C...T..C.....GG...			
17442	...T..C.....C...G...			
17443	...TC.C.....G...			
17436	...G..T..C.....C...TC.A...G...			

Матрица нуклеотидных замен, характерных для тестируемых образцов



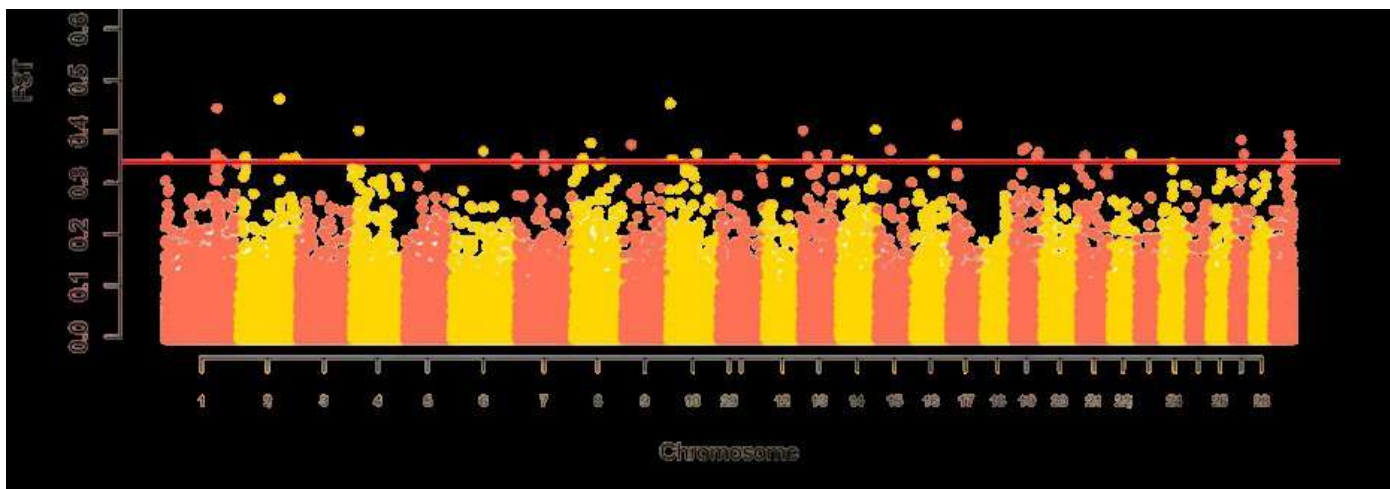
Медианная сеть гаплотипов, построенная по секвенированным последовательностям образцов ДНК красного белорусского скота



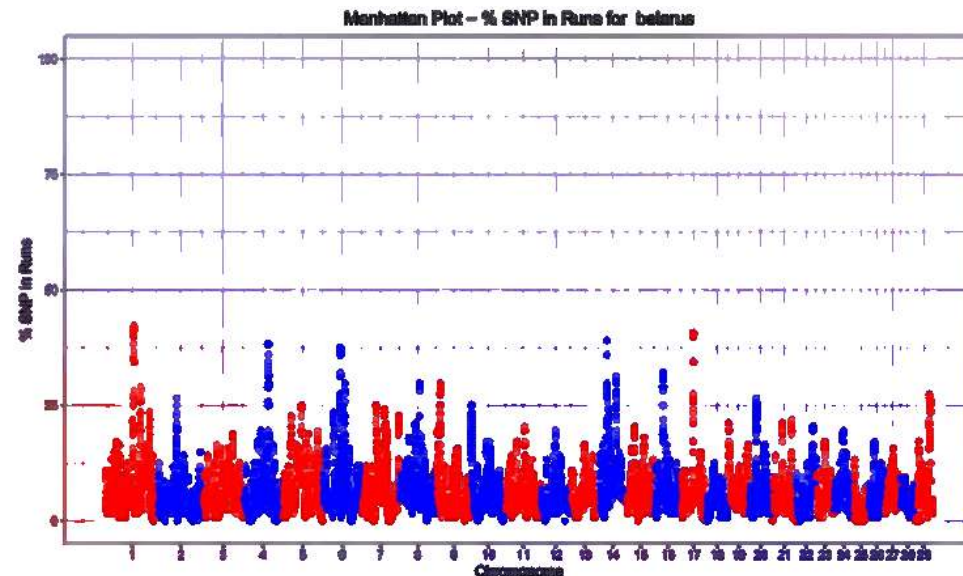
Выявление и сравнительный анализ локусов, находящихся под давлением отбора

Число и длина ROH в геноме исследованных групп

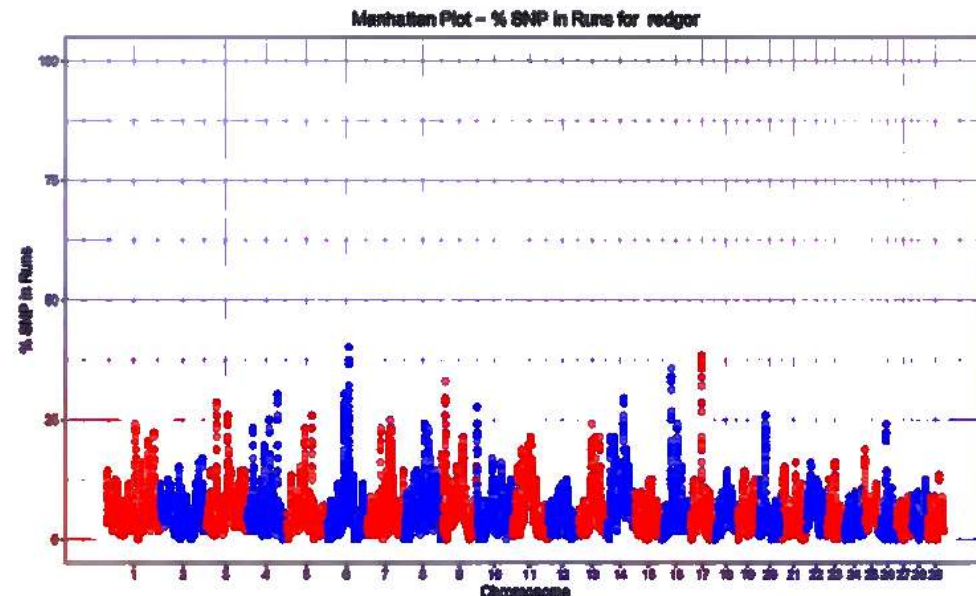
Группа	Количество голов	Средняя длина ROH, Mb	Среднее число ROH	Средний FROH
Красный белорусский скот	128	259,13±8,43	66,20±9,38	0,057±0,002
Красная горбатовская порода	112	131,19±5,24	63,94±9,32	0,052±0,002



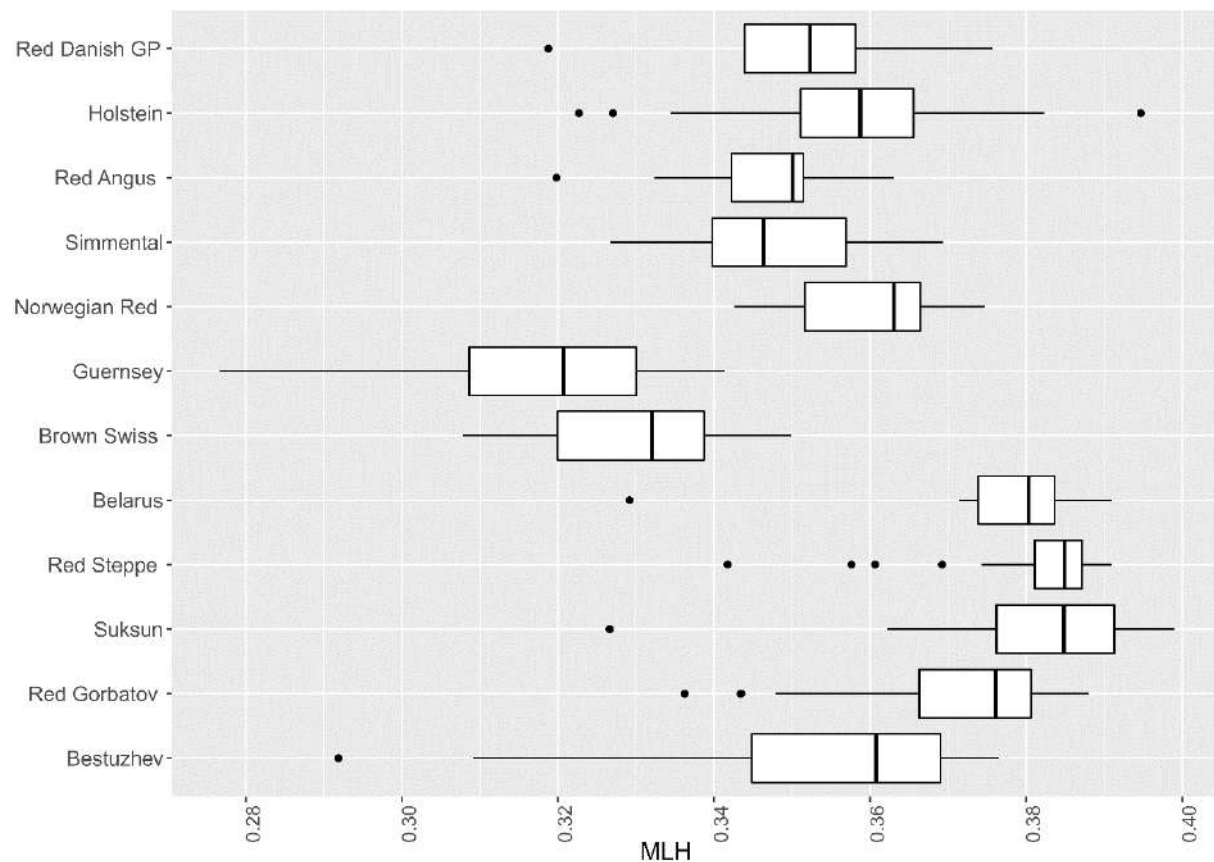
Анализ F_{st} для изучаемых пород крупного рогатого скота красного корня



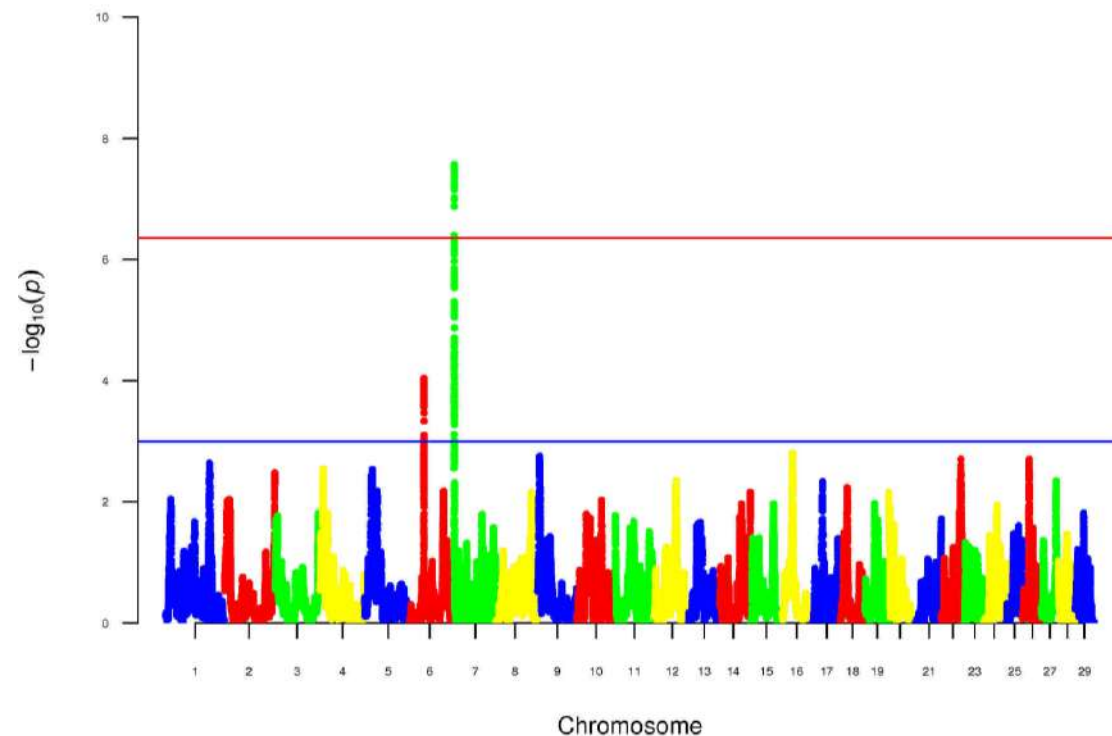
Анализ участков гомозиготности (ROH) для красного белорусского скота



Анализ участков гомозиготности (ROH) для скота красной горбатовской породы



Показатель мультилокусной гетерозиготности для красных пород скота России, Беларуси и ряда мировых пород

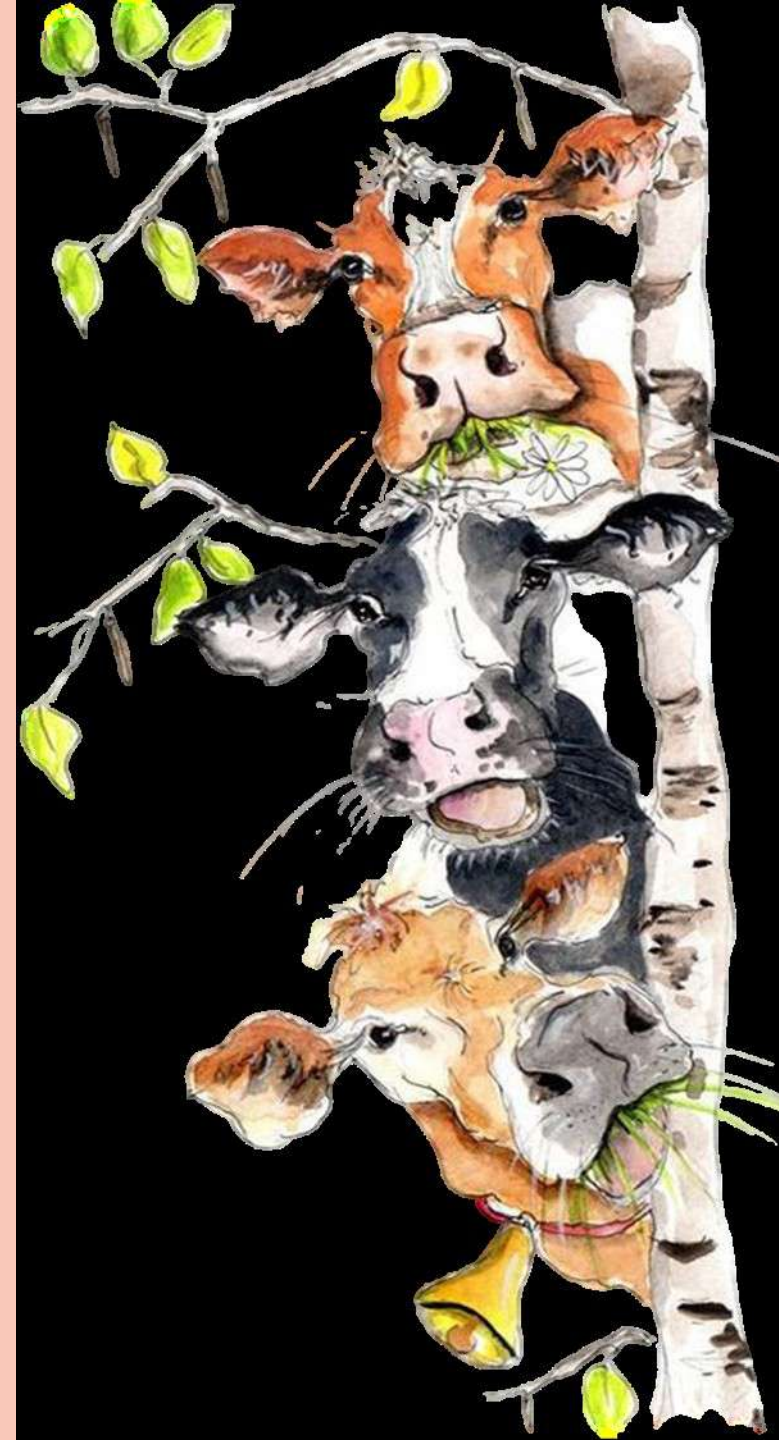


Результаты сканирования поиска локусов, находящихся под давлением отбора, на основе различий в частотах гаплотипов между популяциями красных пород скота с учетом их иерархической структуры в общей выборке

Селекционный контроль качества молока коров красного белорусского скота

База фенотипов данных для выявления особенностей расширенного
компонентного состава молока коров красного белорусского скота

Показатель	М	сигма	Cv, %
Суточный удой, кг	25,93	9,27	35,73
Массовая доля жира, %	4,69	1,15	24,6
Массовая доля общего белка, %	3,63	0,43	11,9
Массовая доля истинного белка, %	3,78	0,40	10,6
Массовая доля лактозы, %	4,89	0,27	5,5
Сухой обезжиренный молочный остаток, %	9,57	0,54	5,6
Массовая доля сухого вещества, %	14,09	1,40	9,9
Массовая доля казеина, %	3,02	0,36	11,9
Содержание ацетона, ммоль/л	0,08	0,07	84,8
Бета-гидроксibuтират, ммоль/л	0,04	0,05	111,1
Мочевина, мг x 100мл-1	23,29	6,15	26,4
Точка замерзания, °C	556,84	25,38	4,6
Кислотность, pH	6,47	0,09	1,5
Миристиновая кислота, г/100 г	0,47	0,12	25,1
Пальмитиновая кислота, г/100 г	1,03	0,28	27,1
Стеариновая кислота, г/100 г	0,42	0,10	22,6
Олеиновая кислота, г/100 г	1,36	0,33	24,3
Длинноцепочечные жирные кислоты, г/100 г	1,83	0,45	24,9
Среднецепочечные кислоты, г/100 г	1,69	0,42	25,0
Мононенасыщенные кислоты, г/100 г	1,36	0,33	24,2
Полиненасыщенные кислоты, г/100 г	0,13	0,04	27,8
Насыщенные кислоты, г/100 г	2,87	0,76	26,5
Короткоцепочечные кислоты, г/100 г	0,50	0,15	30,1
Трансизомеры жирных кислот, г/100 г	0,13	0,04	33,4
Количество соматических клеток, тыс./мл	146,6	309,7	211,3

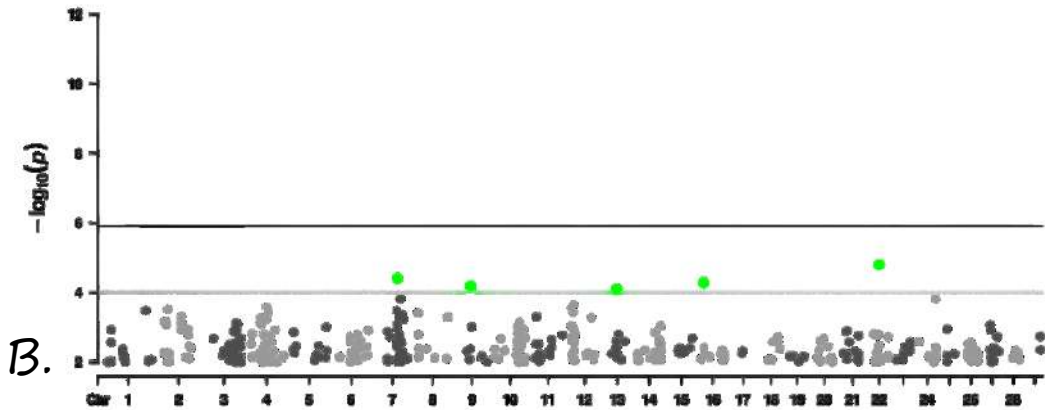
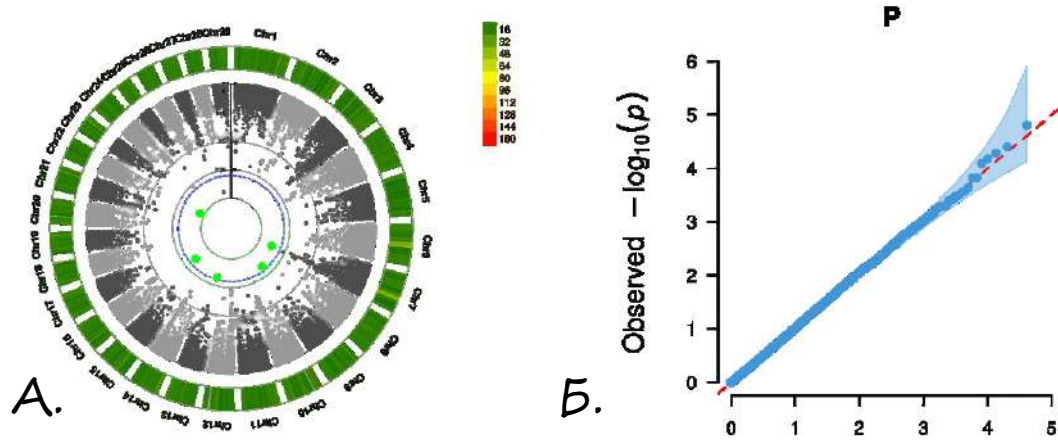


Показатели физиологического состояния коров красной горбатовской породы

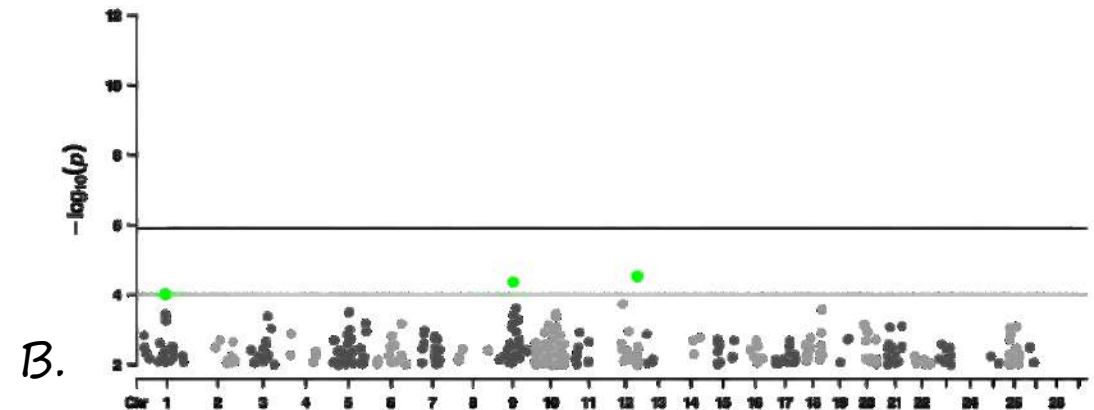
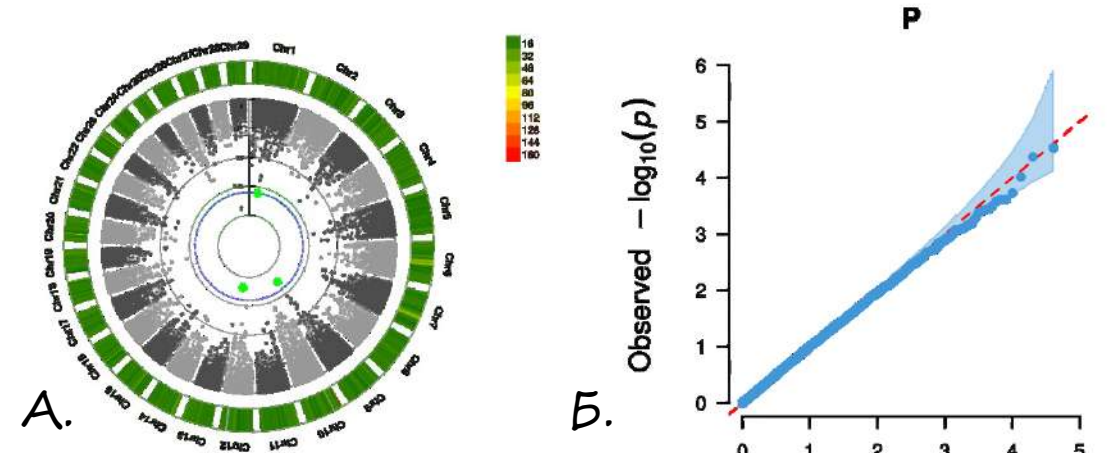
Результаты мониторинга биохимических и гематологических показателей крови коров красной горбатовской породы

Показатель	Апрель (n=104)		Июль (n=100)		Норма для молочных коров
	Среднее	Cv	Среднее	Cv	
Общий белок, г/л	73,9±0,62	8,5	79,6±0,76	9,5	70-92
Альбумин, г/л	29,7±0,19	6,6	29,0±0,24	8,4	25-36
Глобулин, г/л	44,3±0,62	14,3	50,6±0,89	17,5	40-64
Альбумин / Глобулин	0,68±0,01	14,9	0,59±0,01	20,2	-
Креатинин, мкмоль/л	144,7±1,72	12,2	149,4±2,80	18,7	63-162
Глюкоза, ммоль/л	1,67±0,03	19,3	2,02±0,06	27,4	1,65-4,19
Билирубин общий	1,81±0,09	51,4	2,64±0,20	74,5	1,16-8,18
Триглицериды, ммоль/л	0,14±0,004	32,0	0,16±0,005	29,1	0,09-0,37
Холестерин общий, ммоль/л	4,71±0,10	21,6	3,67±0,10	27,7	2,35-8,30
АЛТ, МЕ/л	26,9±0,51	19,2	29,18±0,89	30,5	12,0-35,0
АСТ, МЕ/л	75,02±1,56	21,2	87,58±4,40	50,2	46-108
АСТ/АЛТ	2,88±0,08	29,2	3,15±0,10	32,0	0,79-1,35
Щелочная фосфатаза, МЕ/л	58,13±2,19	38,4	53,07±2,64	49,8	41-187
Кальций, ммоль/л	2,19±0,01	6,8	1,96±0,02	8,6	2,03-3,14
Фосфор, ммоль/л	2,36±0,03	15,0	2,07±0,05	22,9	1,13-2,90
Кальций/фосфор	0,95±0,02	17,1	1,00±0,02	24,0	-
Мочевина, ммоль/л	2,76±0,11	42,2	2,75±0,09	32,3	2,35-7,06
Магний, ммоль/л	1,108±0,02	17,4	1,106±0,02	18,0	0,79-1,35
Железо	17,45±0,74	43,3	14,33±0,82	57,0	-
Хлориды, ммоль/л	98,7±0,18	1,9	99,6±0,22	2,3	90-110
Лейкоциты, 10×9/л	7,84±0,21	26,2	6,56±0,23	35,4	5,30-16,60
Эритроциты, 10×12/л	5,38±0,05	9,9	5,34±0,06	11,5	5,20-8,20
Гемоглобин, г/л	93,4±1,11	11,9	89,51±1,28	14,3	84-122
Гематокрит, %	22,77±0,26	11,2	24,46±0,34	13,8	23,20-34,20

Результаты анализа полногеномных ассоциаций: удой и массовая доля белка в ,

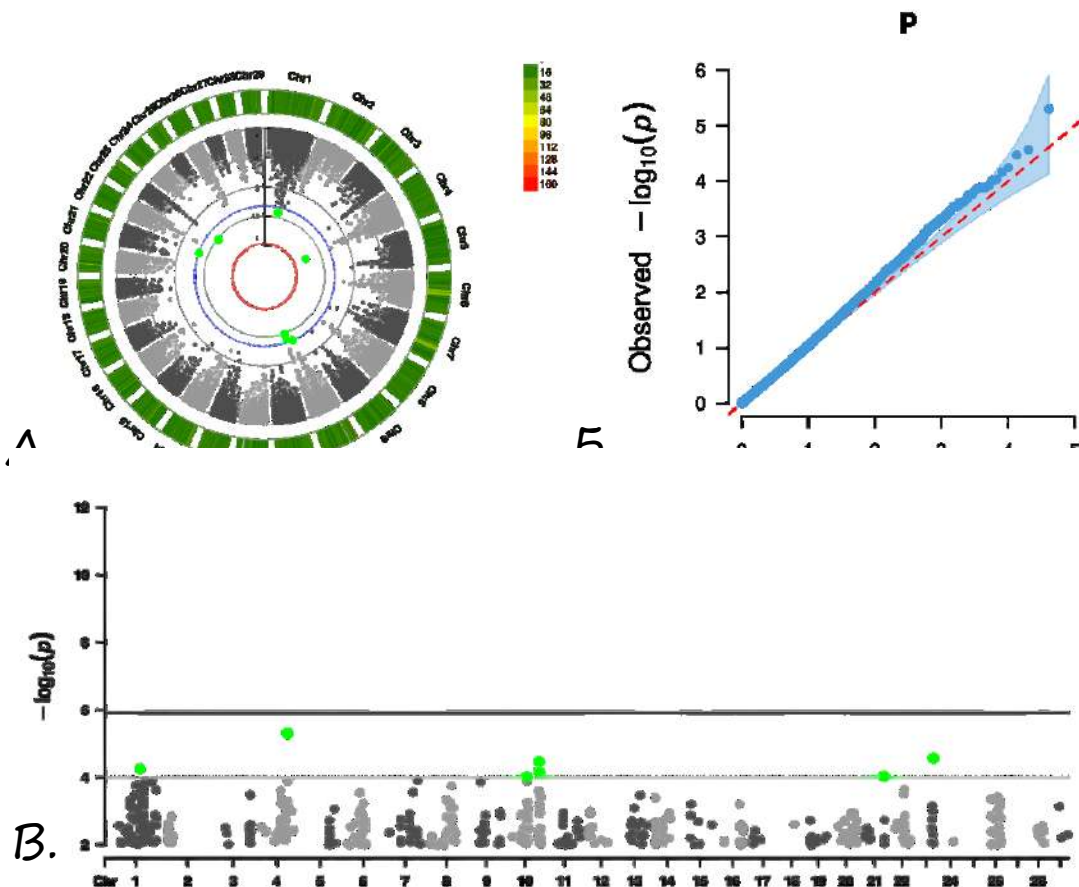


Результаты анализа полногеномных ассоциаций для суточного удоя молока коров красного белорусского скота (А – круговая диаграмма GWAS; Б – q-q (квантиль-квантиль) график распределения ожидаемых и наблюдаемых значений достоверности ассоциаций; В – манхеттанский график GWAS по наиболее значимым ассоциациям (верхняя линия – порог по Бонферрони, нижняя пунктирная – порог для суггестивных ассоциаций).

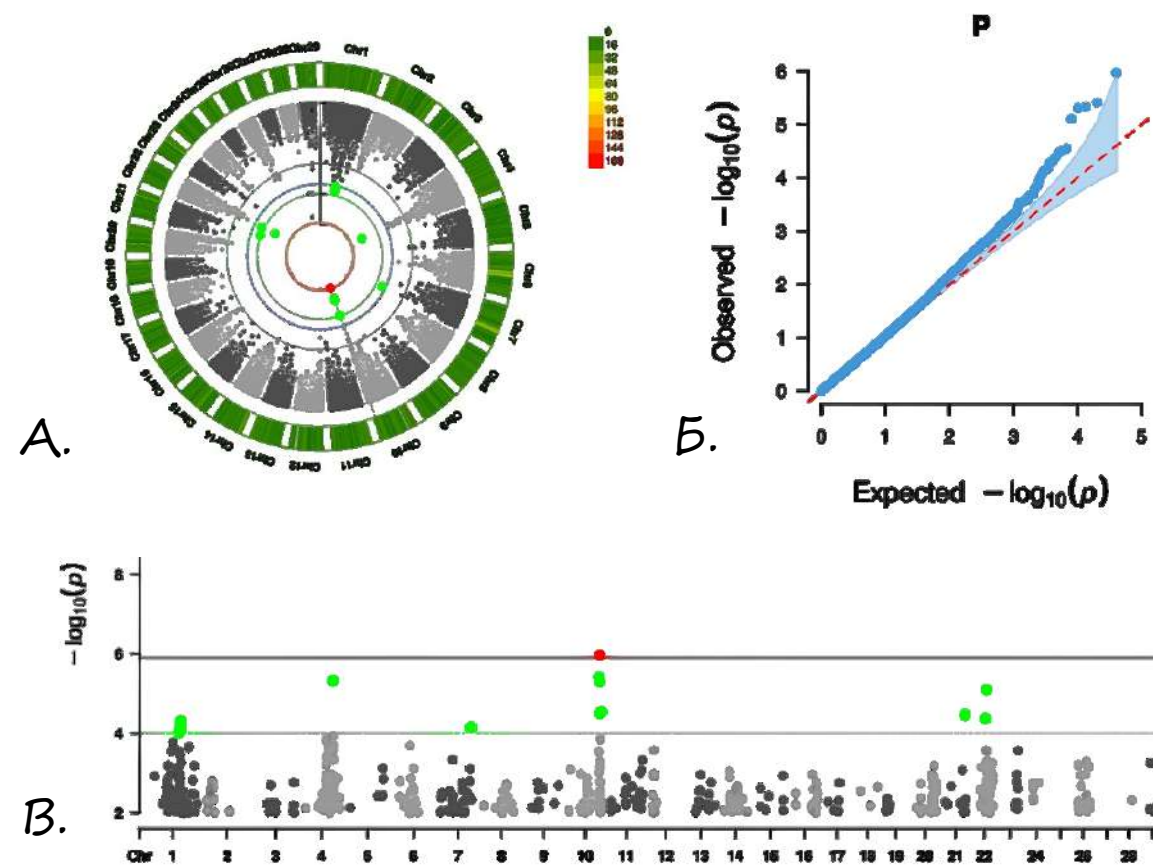


Результаты анализа полногеномных ассоциаций для массовой доли белка молока коров красного белорусского скота (А – круговая диаграмма GWAS; Б – q-q (квантиль-квантиль) график распределения ожидаемых и наблюдаемых значений достоверности ассоциаций; В – манхеттанский график GWAS по наиболее значимым ассоциациям (верхняя линия – порог по Бонферрони, нижняя пунктирная – порог для суггестивных ассоциаций).

Результаты анализа полногеномных ассоциаций: массовая доля жира и МНЖК

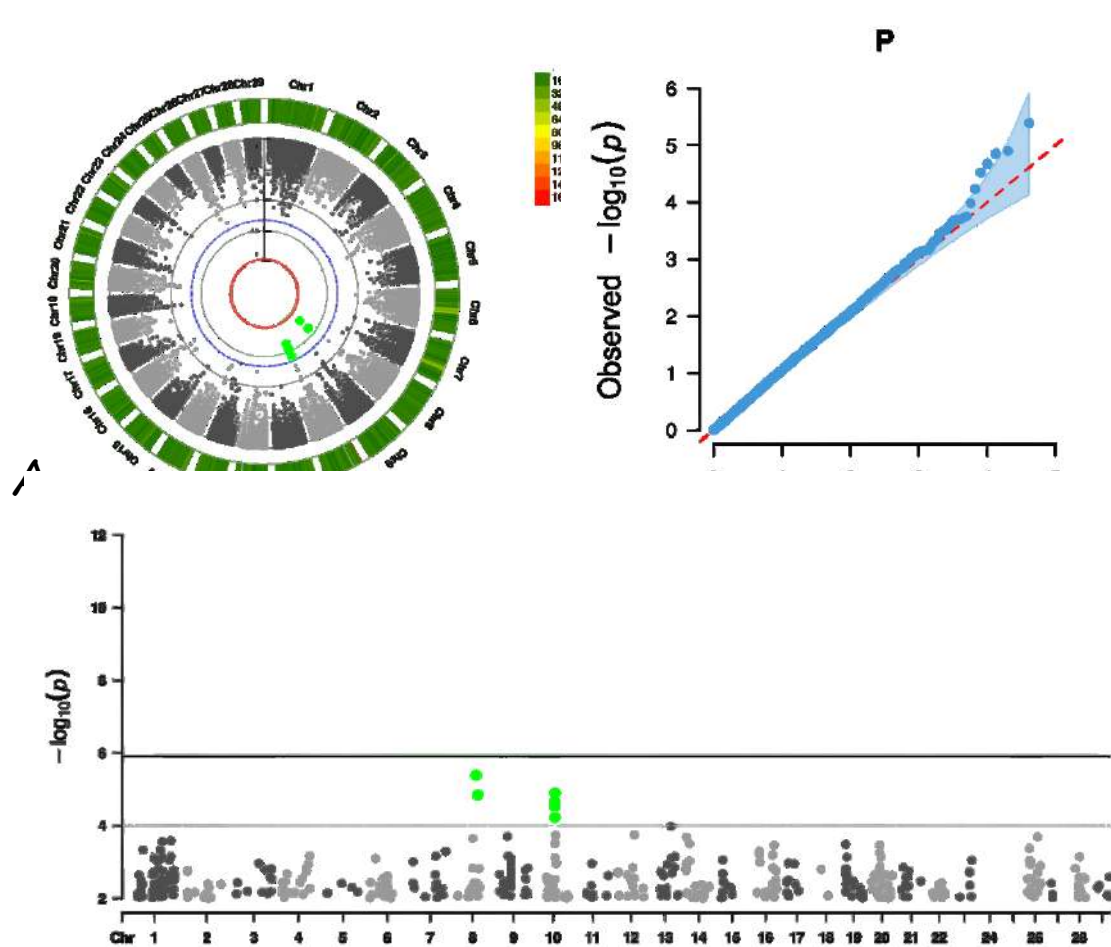


Результаты анализа полногеномных ассоциаций для массовой доли жира в молоке коров красного белорусского скота (А – круговая диаграмма GWAS; Б – q-q (квантиль-квантиль) график распределения ожидаемых и наблюдаемых значений достоверности ассоциаций; В – манхеттанский график GWAS по наиболее значимым ассоциациям (верхняя линия – порог по Бонферрони, нижняя пунктирная – порог для суггестивных ассоциаций).

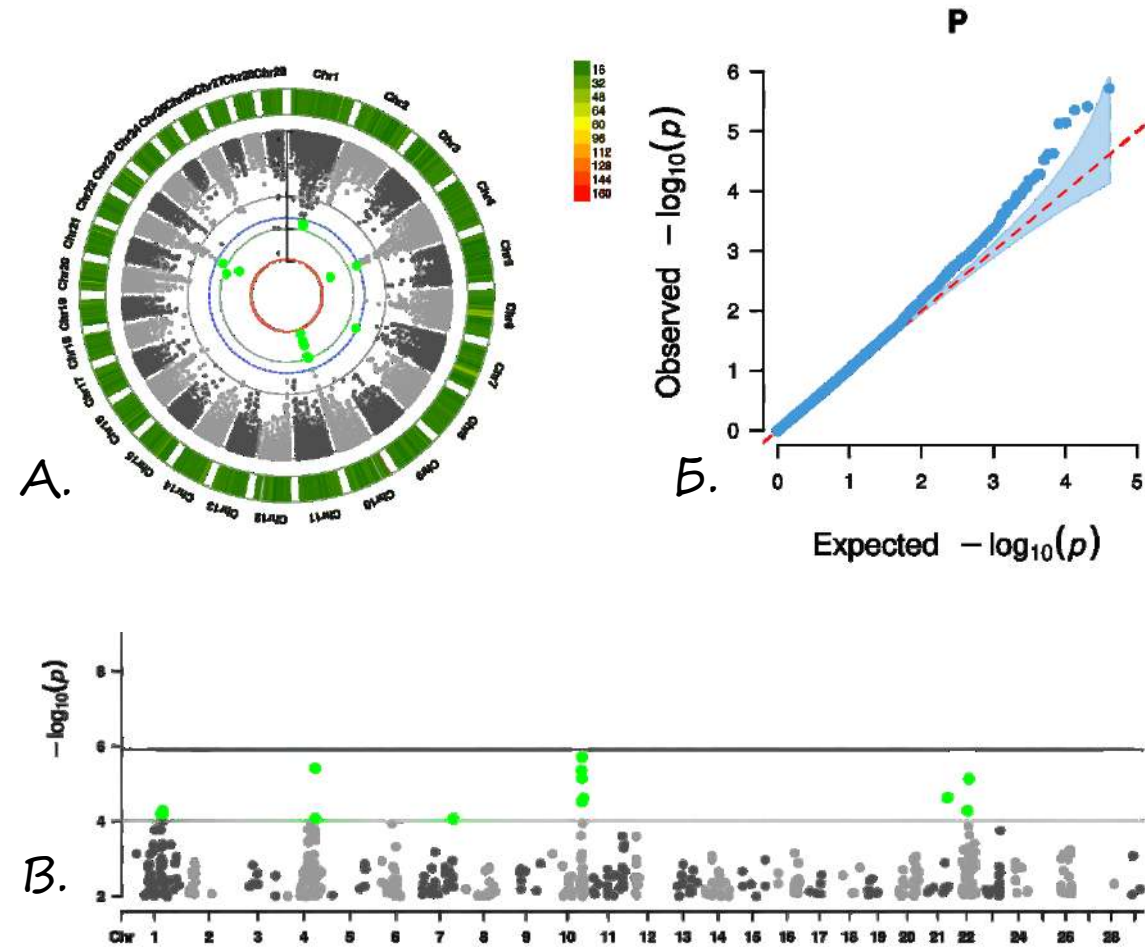


Результаты анализа полногеномных ассоциаций для содержания мононенасыщенных жирных кислот (МНЖК) в молоке коров красного белорусского скота (А – круговая диаграмма GWAS; Б – q-q (квантиль-квантиль) график распределения ожидаемых и наблюдаемых значений достоверности ассоциаций; В – манхеттанский график GWAS по наиболее значимым ассоциациям (верхняя линия – порог по Бонферрони, нижняя пунктирная – порог для суггестивных ассоциаций).

Результаты анализа полногеномных ассоциаций: пальмитиновая (C16:0) и олеиновая (C18:1) ЖК

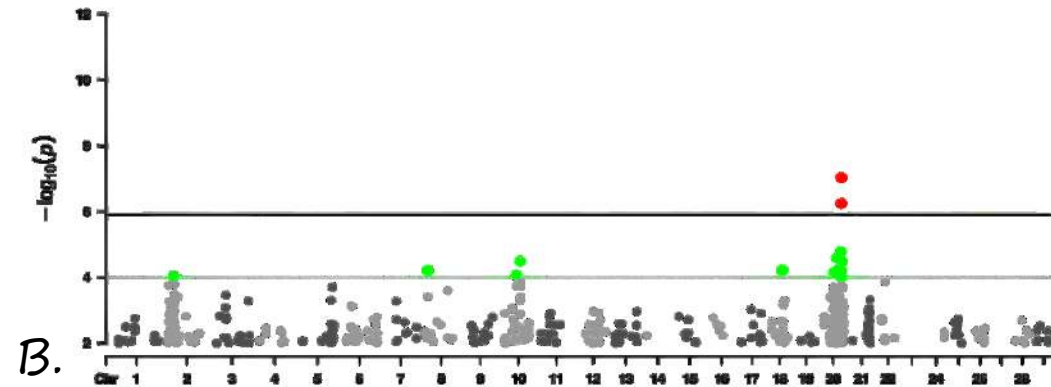
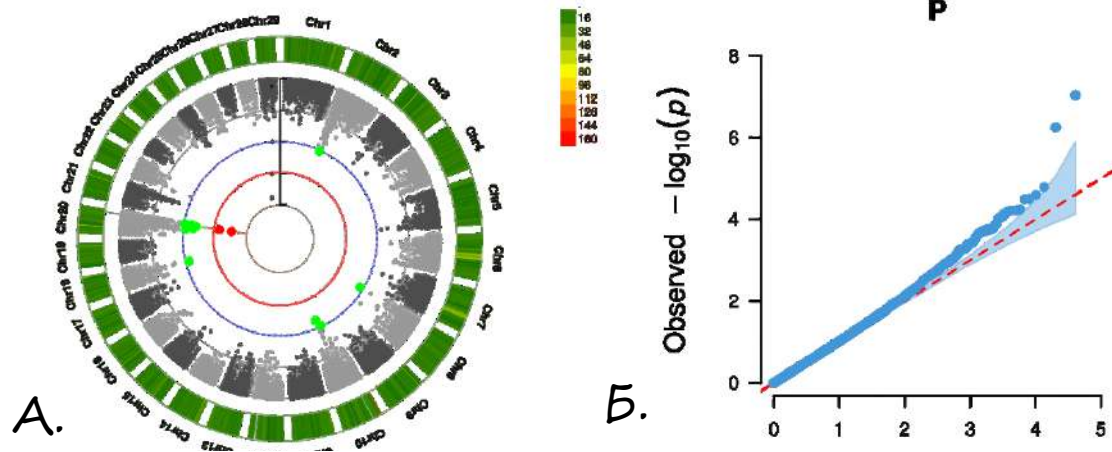


Результаты анализа полногеномных ассоциаций для содержания пальмитиновой (C16:0) жирной кислоты в молоке коров красного белорусского скота (А – круговая диаграмма GWAS; Б – q-q (квантиль-квантиль) график распределения ожидаемых и наблюдаемых значений достоверности ассоциаций; В – манхеттанский график GWAS по наиболее значимым ассоциациям (верхняя линия – порог по Бонферрони, нижняя пунктирная – порог для суггестивных ассоциаций).

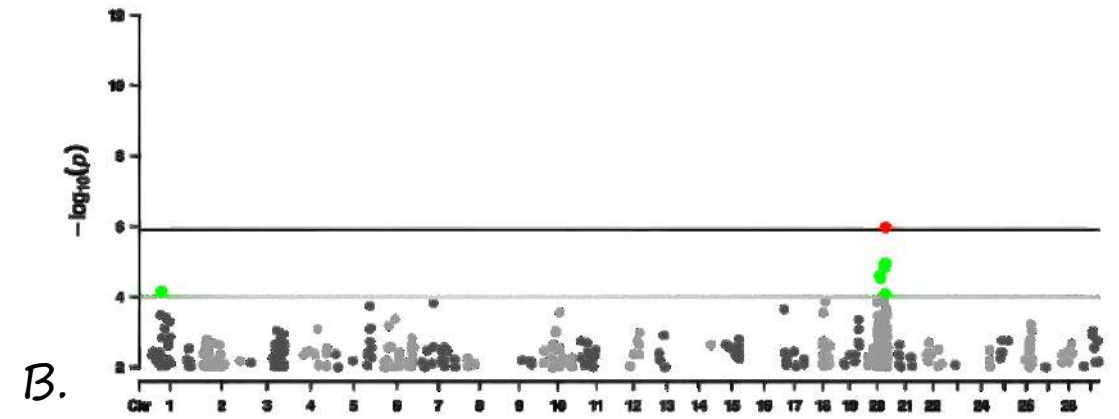
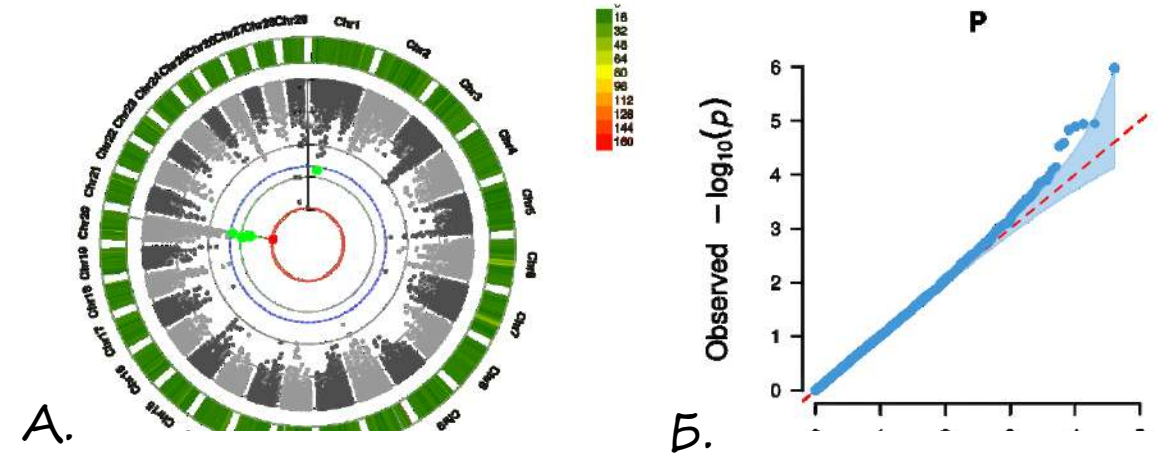


Результаты анализа полногеномных ассоциаций для содержания олеиновой (C18:1) жирной кислоты в молоке коров красного белорусского скота (А – круговая диаграмма GWAS; Б – q-q (квантиль-квантиль) график распределения ожидаемых и наблюдаемых значений достоверности ассоциаций; В – манхеттанский график GWAS по наиболее значимым ассоциациям (верхняя линия – порог по Бонферрони, нижняя пунктирная – порог для суггестивных ассоциаций).

Результаты анализа полногеномных ассоциаций: оценка КСК и ДКСК



Результаты анализа полногеномных ассоциаций для нормированной оценки количества соматических клеток (ОКСК) в молоке коров красного белорусского скота (А – круговая диаграмма GWAS; Б – q-q (квантиль-квантиль) график распределения ожидаемых и наблюдаемых значений достоверности ассоциаций; В – манхеттанский график GWAS по наиболее значимым ассоциациям (верхняя линия – порог по Бонферрони, нижняя пунктирная – порог для суггестивных ассоциаций).



Результаты анализа полногеномных ассоциаций для дифференцированной доли количества соматических клеток по видам (полиморфноядерные нейтрофилы и лимфоциты, ДКСК) в молоке коров красного белорусского скота (А – круговая диаграмма GWAS; Б – q-q (квантиль-квантиль) график распределения ожидаемых и наблюдаемых значений достоверности ассоциаций; В – манхеттанский график GWAS по наиболее значимым ассоциациям (верхняя линия – порог по Бонферрони, нижняя пунктирная – порог для суггестивных ассоциаций).

Сравнительные результаты GWAS-анализа для компонентного состава молока

Сравнительный анализ полногеномных ассоциаций показателями количественного состава молока коров красной горбатовской и красной белорусской пород с учетом их собственной

ВТА (хромосома)	продуктивности Порода / ген / признак			
	красный белорусский скот / ген	признак	красная горбатовская порода / ген	признак
4	<i>POU6F2</i>	ДЦЖК, Мочевина, С18:О	<i>ABCA13</i>	Казеин
	<i>POU6F2</i>	ДЦЖК, Мочевина, С18:О		
	<i>POU6F2</i>	ДЦЖК, Мочевина, С18:О		
	<i>OSBPL3</i>	Мочевина		
	<i>TNS3</i>	ПНЖК		
	<i>UMAD1</i>	БГБ_логарифм		
5	<i>SYN3</i>	Ацетон_логарифм	<i>TBC1D22A</i>	Лактоза
			<i>ASIC1</i>	СВ
			<i>NEMP1</i>	Разовый удой
			<i>MYO1A</i>	Разовый удой
20	<i>CTNND2</i>	ДКСК, ОКСК	<i>C1QTNF3</i>	ТЖК
			<i>CTNND2</i>	ТЖК
			<i>DOCK2</i>	Лактоза
			<i>C1QTNF3</i>	СВ
			<i>CTNND2</i>	СВ
			<i>ANKRD33B</i>	СВ
			<i>ADCY2</i>	СВ
			<i>ARHGEF28</i>	Казеин, МДБ
			<i>ANKRA2</i>	Казеин, МДБ, СОМО
			<i>BTF3</i>	Казеин, МДБ, СОМО
			<i>CDH18</i>	Казеин, МДБ
25	—	—	<i>AUTS2</i>	С14:О, С16:О, С18:1, СЦЖК, ДЦЖК, НЖК, МНЖК
			<i>LIMK1</i>	С14:О, С16:О, С18:О, С18:1, КЦЖК, СЦЖК, ДЦЖК, НЖК, МНЖК, ПНЖК, ТЖК
			<i>HS3ST2</i>	СЦЖК
			<i>AUTS2</i>	МДЖ
			<i>LIMK1</i>	МДЖ, СВ



Institute of Genetics and Cytology
of the National Academy of Sciences of Belarus

Республиканское унитарное предприятие
«Научно-практический центр Национальной
академии наук Беларуси по животноводству»



Благодарим за внимание!

Исследования выполнены в
рамках проекта РНФ №23-
46-10002

