

6. Тонкости специализации (по материалам зарубежной прессы) // Конный мир. - - 2014. - № 4. - С. 64-67.
7. Jonson, D. Equine (Horse) conformation [Electrom. resource ]. – Access mode: <http://horsehints.org/Conformation.htm>.
8. Инструкция по бонитировке племенных лошадей заводских пород / Главное управление государственной инспекции. – Москва, 1991. – 25 с.
9. Система оценки племенной (генетической) ценности лошадей разводимых в республике пород / М. А. Горбуков [и др.] ; Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по животноводству. – Жодино, 2018. – 19 с.
10. Политова, М. А. С природой не поспоришь. Техника и прыжковые качества лошадей / М. А. Политова, А. И. Семак // Золотой мустанг. – 2003. – № 6. – С. 23.
11. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Изд. 3-е, испр. – Минск : Высшэйшая школа, 1973. – 320 с.

*Поступила 5.03.2020 г.*

УДК 636.4.082.13

И.Ф. ГРИДЮШКО, А.А. БАЛЬНИКОВ, О.Я. ВАСИЛЮК,  
Е.С. ГРИДЮШКО

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЛИНЕЙНОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ХРЯКОВ БЕЛОРУССКОЙ ЧЁРНО-ПЁСТРОЙ ПОРОДЫ**

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

С целью определения линейной принадлежности хряков белорусской чёрно-пёстрой породы на основе микросателлитного анализа проведено генетическое тестирование в КСУП «Племзавод "Ленино"», СГЦ «Вихра» и ОАО «СГЦ "Заречье"». В исследованных популяциях установили 51 аллель по 9 микросателлитным локусам.

Данные исследований показали, что хряки с установленными «приватными» аллелями в микросателлитных локусах достоверно подтверждают свою линейную принадлежность и являются продолжателями одноименных линий. Это даёт основание рассматривать эти аллели в качестве маркерных для данных линий и могут быть использованы в селекции и породообразовательном процессе.

**Ключевые слова:** порода, линия, локус, микросателлит, генофонд.

I.F. GRIDYUSHKO, A.A. BALNIKOV, O.Y. VASILYUK, E.S. GRIDYUSHKO

## **USE OF GENETIC MARKERS IN DETERMINING THE LINEAR AFFILIATION OF BELARUSIAN BLACK-AND-WHITE BREED OF BOARS**

*Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus  
for Animal Breeding, Zhodino, Republic of Belarus*

In order to determine the linear affiliation of Belarusian black-and-white breed of boars based on microsatellite analysis, genetic testing was carried out at KSUP Plemzavod Lenino,

SGC Vikhra and OJSC SGC Zarechye. 51 alleles were determined according to 9 microsatellite loci in the studied populations.

Research data showed that boars with determined “private” alleles at microsatellite loci reliably confirm their linear affiliation and are considered to be successors of the like lines. This gives grounds to consider these alleles as marker for these lines and can be used in breeding and breed formation process.

**Keywords:** breed, line, locus, microsatellite, gene pool.

**Введение.** Одна из актуальных задач в свиноводстве – разработка приёмов контроля чистопородности племенных животных. Современные технологии промышленного производства свинины основаны на получении эффекта гетерозиса от скрещивания специализированных пород. Известно, что эффект гетерозиса по воспроизводительным качествам будет наивысшим при сочетании чистых линий. В то же время необходимы новые методы оценки гетерогенности подборов родительских пар, направленных на обеспечение стабильной передачи потомству продуктивных признаков при снижении их вариабельности. В этой связи к числу перспективных приёмов можно отнести использование микросателлитов – tandemно расположенных коротких не кодирующих повторяющихся последовательностей ДНК, равномерно расположенных по всему геному.

Во многих странах мира для оценки генетической структуры, а также изучения динамики популяционно-генетических процессов в популяциях домашних животных, широко используются преимущества методов молекулярно-генетического анализа. В частности, в странах ЕС действует программа PiGMa, координирующая оценку генетического разнообразия европейских пород и линий свиней. Основным инструментом в работах европейских исследователей выступают высокополиморфные генетические маркеры – микросателлиты [1].

Микросателлиты, или короткие tandemные (простые) повторы, – варьирующие участки (локусы) в ядерной ДНК и ДНК органелл (митохондрий и пластид), состоящие из tandemно повторяющихся мономеров длиной меньше 9 пар оснований и образующие поля менее 1 тысячи пар оснований, являются широко распространёнными молекулярными маркерами в генетических и геномных исследованиях. Микросателлиты характеризуются высокой скоростью изменения последовательностей, обусловленной «проскальзыванием» при репликации ДНК и точечными мутациями, обладают высокой степенью полиморфизма. В отличие от сателлитных ДНК они локализованы в эухроматиновой части генома. По длине фрагментов судят о количестве коротких tandemных повторов и об аллелях локуса [2].

Наличие объективной генеалогической структуры свиней белорусской чёрно-пёстрой породы позволит эффективно проводить селекционно-племенную работу, как в отдельно взятом стаде, так и с породой

в целом, с целью сохранения и совершенствования её уникальных породных особенностей (высокая адаптационная способность к технологиям, применяемым в республике, отличные вкусовые качества и технологические свойства свинины). В связи с этим, большое значение приобретает оценка линий, составляющих генеалогическую структуру белорусской чёрно-пёстрой породы, на основе микросателлитного анализа линий животных, разводимых в генофондном предприятии, направленная на их сохранение как основных структурных единиц породы, а также сохранение белорусской чёрно-пёстрой породой свиней как локальной и уникальной породы, разводимой на территории Беларуси и эффективное использование её генетического и племенного потенциалов в племенном свиноводстве республики.

**Целью исследований** стало определение линейной принадлежности хряков белорусской чёрно-пёстрой породы на основе микросателлитного анализа.

**Материал и методика исследований.** Исследования по генетическому тестированию проводились на свиньях белорусской чёрно-пёстрой породы, которые разводились в КСУП «Племзавод "Ленино"», СГЦ «Вихра» и ОАО «СГЦ "Заречье"». Из оставшейся популяции свиней, содержащихся в ОАО «СГЦ "Заречье"», было протестировано пять основных хряков, по одному из каждой линии. В качестве биологического материала использовали пробы ушной ткани. Выделение ДНК осуществляли с помощью колонок Nexttec («Nexttec™ Biotechnologie GmbH», Германия) согласно протоколу фирмы-изготовителя. Исследования в области генетики по 9 STR-локусам (S0155, S0355, S0386, SO005, SW72, SW951, S0101, SW240, SW857) были проведены в лабораторных условиях ФГБНУ «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста». Обработку данных капиллярного электрофореза осуществляли путём перевода длин фрагментов в числовое выражение на основании сравнения их подвижности со стандартом ДНК. Биометрическую обработку материалов исследований выполняли с применением методов вариационной статистики по П.Ф. Рокицкому [3] на персональном компьютере с использованием пакета программ Microsoft Excel с плагином GenAIEx v. 6.5 [4].

**Результаты эксперимента и их обсуждение.** В исследованных популяциях были установлены 51 аллель по 9 микросателлитным локусам. Наибольшей вариабельностью характеризовались локусы SO005 (11 аллелей) и SW857 (7 аллелей), а наименьшей (по 4 аллеля) – локусы S0386, SW951, S0101 и SW72. У хряков, используемых в ОАО «СГЦ "Заречье"», наибольшей вариабельностью характеризовался локус SO005 (7 аллелей), а наименьшей – S0155 (2 аллеля) (таблица 1). При этом общее количество аллелей составило 33.

Таблица 1 – Результаты генетического тестирования хряков-продолжателей линий белорусской чёрно-пёстрой породы, используемых в ОАО «СГЦ "Заречье"»

Кличка и индивидуальный № хряка	Микросателлитные локусы								
	S0 155	SO 005	SW 72	SW 951	S0 386	S0 355	SW 240	SW 857	S0 101
Корелич 5101	158/ 160	223/ 233	103/ 103	120/ 122	176/ 184	245/ 249	95/ 111	139/ 153	211/ 213
Застон 4717	160/ 160	231/ 231	111/ 113	120/ 122	176/ 184	259/ 259	93/ 109	149/ 151	211/ 213
Макет 4773	160/ 160	219/ 235	113/ 113	120/ 120	184/ 184	249/ 251	109/ 111	149/ 151	195/ 211
Тик 4913	158/ 160	0/0	113/ 113	120/ 120	166/ 166	245/ 259	95/ 109	149/ 151	211/ 213
Слуцк 4363	158/ 160	223/ 243	111/ 113	120/ 128	176/ 184	259/ 259	111/ 111	139/ 139	195/ 213

Для характеристики аллелофонда определяли среднее число аллелей ( $N_a$ ), число эффективных ( $N_e$ ) и «приватных» ( $Pr$ ) аллелей в расчёте на локус, число информативных аллелей или аллелей с частотой встречаемости более 5 %. Показатели аллельного разнообразия в отношении среднего числа аллелей, числа эффективных, информативных и приватный аллелей по всем исследованным маркерам представлен на рисунке 1.

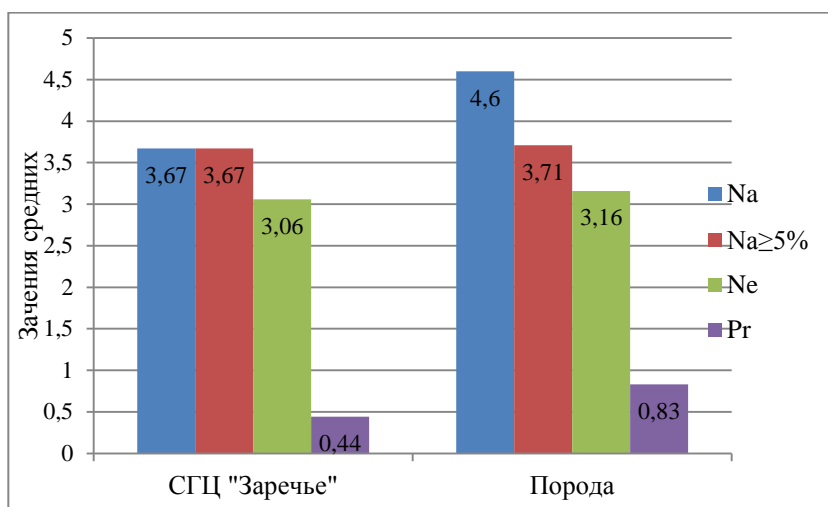


Рисунок 1 – Показатели аллельного разнообразия хряков белорусской чёрно-пёстрой породы на основе 9 STR-локусов

Популяция свиней белорусской чёрно-пёстрой породы из СГЦ «Заречье» представлена основными хряками пяти линий, в то время как порода состоит из десяти линий и двух родственных групп, что отразилось на результатах аллельного разнообразия. Среднее число аллелей ( $N_a$ ) варьировало от  $3,67 \pm 0,47$  в ОАО «СГЦ "Заречье"» до  $4,60 \pm 0,49$  в породе. Различия составили 9,3 %. Такая же закономерность наблюдалась в отношении эффективного числа аллелей ( $N_e$ ) и информативных аллелей ( $N_{a \geq 5\%}$ ) на локус: свиньи породы имели максимальные значения показателей ( $N_e = 3,16 \pm 0,26$ ,  $N_{a \geq 5\%} = 3,71 \pm 0,25$ ), в то время как у свиней из СГЦ «Заречье» значения данных показателей были меньшими ( $N_e = 3,06 \pm 0,47$ ,  $N_{a \geq 5\%} = 3,67 \pm 0,47$ ).

Хряки белорусской чёрно-пёстрой породы характеризовались наличием уникальных (приватных Pr) аллелей. Максимальные значения показателя были отмечены в породе ( $Pr = 0,83 \pm 0,22$ ), в СГЦ «Заречье» этот показатель находится на среднем уровне ( $Pr = 0,44 \pm 0,24$ ).

В целом, максимальный уровень аллельного разнообразия был выявлен у хряков общей популяции породы, о чём свидетельствуют наибольшие значения всех показателей ( $N_a = 4,60 \pm 0,49$ ,  $N_e = 3,16 \pm 0,26$ ,  $N_{a \geq 5\%} = 3,71 \pm 0,25$  и  $Pr = 0,83 \pm 0,22$ ), в сравнении со свиньями из ОАО «СГЦ "Заречье"» ( $N_a = 3,67 \pm 0,47$ ,  $N_e = 3,06 \pm 0,47$ ,  $N_{a \geq 5\%} = 3,67 \pm 0,47$  и  $Pr = 0,44 \pm 0,24$ ).

При проверке соотношения частот генотипов к генетическому равновесию Харди-Вайнберга (таблица 2) по всей выборке в породе два локуса имели высокодостоверные отклонения ( $P < 0,001$ ) от состояния генетического равновесия: SO005 и S0386. Статистически значимое отклонение у свиней белорусской чёрно-пёстрой породы было отмечено в локусах SO355 ( $P < 0,01$ ), SO155 и SW857 ( $P < 0,05$ ). Вместе с тем, свиньи белорусской чёрно-пёстрой породы имели большее количество локусов (пять) с подтверждённым достоверным отклонением от состояния генетического равновесия, что указывает на высокий генетический потенциал, позволяющий проводить селекцию на линейном уровне в породе.

Таблица 2 – Результаты теста на соответствие генетическому равновесию Харди-Вайнберга свиней белорусской чёрно-пёстрой породы

Порода свиней	Локус MC								
	S0 155	S0 005	SW 72	SW 951	S0 386	S0 355	SW 240	SW 857	S0 101
БЧП	*	***	ns	ns	***	**	ns	*	ns

Примечание: ns – не достоверно; \* –  $P < 0,05$ ; \*\* –  $P < 0,01$ ; \*\*\* –  $P < 0,001$ .

Одной из характеристик аллелофонда популяции в породе является наличие «приватных» аллелей, т. е. аллелей, специфичных для каждой

из исследуемых групп свиней. Наибольшее их количество было идентифицировано среди животных, разводимых в ОАО «СГЦ "Заречье"» Рогачёвского района Гомельской области – 3 из 7 во всей породе. Причём, максимальное количество «приватных» аллелей было выявлено в локусе SO005 – 3, а также по одному в локусах SO155, SO101, SO355 и SW951 (таблица 3). В СГЦ «Заречье» «приватные» аллели выявлены у хряков Макет 4773 и Слуцк 4363. Хряки с установленными «приватными» аллелями в определённых локусах, используемые в ОАО «СГЦ "Заречье"», отличаются от остальных протестированных хряков в породе. Только один хряк – Макет 4773 – обладает двумя «приватными» аллелями – SO005219 и SO355251. У хряка Слуцк 4363 установлен «приватный» аллель в локусе SW типа. В породе Pt аллели определены у хряков линий Копыль, Славный, Весёлый и родственной группы Застон в локусах SO155, SO005 и SO101.

Таблица 3 – Описание хряков белорусской чёрно-пёстрой породы с установленными «приватными» аллелями

Кличка и индивидуальный № хряка	Микросателлитные локусы								
	S0 155	SO 005	SW 72	SW 951	S0 386	S0 355	SW 240	SW 857	S0 101
ОАО «СГЦ "Заречье"»									
Макет 4773	160/ 160	<u>219</u> / 235	113/ 113	120/ 120	184/ 184	<u>249</u> / <u>251</u>	109/ 111	149/ 151	195/ 211
Слуцк 4363	158/ 160	223/ 243	111/ 113	<u>120</u> / <u>128</u>	176/ 184	259/ 259	111/ 111	139/ 139	195/ 213
Порода									
Копыль 221	<u>164</u> / <u>164</u>	223/ 231	111/ 113	120/ 120	184/ 184	259/ 259	95/ 111	139/ 151	195/ 211
Славный 26165	158/ 158	<u>241</u> / 243	111/ 113	122/ 122	174/ 184	245/ 259	95/ 109	149/ 157	209/ 211
Копыль 3575	160/ 160	237/ 243	111/ 113	120/ 126	174/ 176	245/ 245	93/ 95	149/ 157	<u>211</u> / <u>215</u>
Весёлый 3675	148/ 158	0/0	103/ 113	120/ 120	176/ 184	259/ 259	93/ 95	143/ 149	<u>195</u> / <u>215</u>
Застон 3455	158/ 158	<u>223</u> / <u>229</u>	103/ 111	120/ 120	0/0	259/ 259	93/ 109	139/ 149	211/ 211

Наличие специфичных («приватных») аллелей приводит к тому, что повышается разнообразие аллельных профилей как среди животных одной популяции, так и для породы в целом. Хряки с установленными «приватными» аллелями в микросателлитных локусах достоверно подтверждают свою линейную принадлежность и являются продолжателями одноименных линий. Это даёт основание рассматривать эти аллели в качестве маркерных для данных линий и использовать в

селекции и породообразовательном процессе.

В таблице 4 приведены результаты анализа генетического разнообразия исследуемого стада племенных свиней белорусской чёрно-пёстрой породы, которое разводится в ОАО «СГЦ "Заречье"».

Таблица 4 – Показатели генетического разнообразия исследуемой популяции свиней в белорусской чёрно-пёстрой породе на основе 9 STR-локусов

Популяция	Наблюдаемая гетерозиготность, (Ho) (M±m)	Ожидаемая гетерозиготность, (He) (M±m)	Коэффициент инбридинга (Fis) (M±m)
СГЦ «Заречье»	0,667±0,058	0,618±0,040	-0,101±0,097
В среднем по породе	0,666±0,058	0,663±0,049	-0,003±0,040

Наблюдаемая степень гетерозиготности в исследованных группах свиней белорусской чёрно-пёстрой породы находилась в пределах от 0,617±0,102 до 0,667±0,058. При этом популяция свиней из СГЦ «Заречье» характеризовалась минимальным значением ожидаемой гетерозиготности (He=0,618±0,040). На смещение генетического разнообразия в сторону избытка гетерозигот у племенных свиней основного стада СГЦ «Заречье» указывают отрицательные значения коэффициента инбридинга (Fis= -0,101±0,097).

Показатели наблюдаемой гетерозиготности оказались выше, чем ожидаемой, что может свидетельствовать об определённом уровне «чистокровности» исследованных животных в популяции и генеалогической оригинальности линий в породе.

Среди свиней белорусской чёрно-пёстрой породы, относительно значений ожидаемой и наблюдаемой степени гетерозиготности, существенных отличий выявлено не было. При этом порода в целом характеризуется незначительным (0,3 %) избытком гетерозигот (рисунок 2).

Количество гетерозиготных особей среди хряков-производителей, разводимых в ОАО «СГЦ "Заречье"», составляет 10,1 %, что указывает на универсальность генотипов и возможность их использования в породообразовательном процессе (создании новых родственных групп и линий).

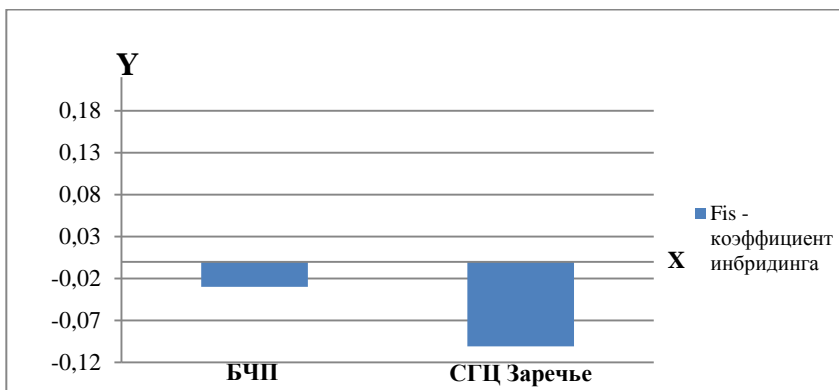


Рисунок 2 – Дефицит («+») / избыток («-») гетерозигот в изучаемых популяциях свиней белорусской чёрно-пёстрой породы на основе 9 STR-локусов

**Заключение.** Выполненная исследовательская работа позволила в исследованных популяциях по 9 использованным микросателлитам (S0155, S0355, S0386, SO005, SW72, SW951, S0101, SW240, SW857) установить 51 аллель. Наибольшей вариабельностью характеризовались локусы SO005 (11 аллелей) и SW857 (7 аллелей), а наименьшей (по 4 аллеля) локусы S0386, SW951, S0101 и SW72. У хряков, используемых в ОАО «СГЦ "Заречье"», наибольшей вариабельностью характеризовался локус SO005 (7 аллелей), а наименьшей – S0155 (2 аллеля). При этом общее количество аллелей составило только 33. Уровень аллельного разнообразия у свиней из ОАО «СГЦ "Заречье"» составил –  $N_a$  (среднее число аллелей) =  $3,67 \pm 0,47$ ,  $N_e$  (число эффективных аллелей) =  $3,06 \pm 0,47$ ,  $N_a \geq 5$  % (число информативных аллелей) =  $3,67 \pm 0,47$  и  $Pr$  (число «приватных» аллелей) =  $0,44 \pm 0,24$ .

Свиньи белорусской чёрно-пёстрой породы имеют пять локусов (SO005, S0386, S0355, SO155 и SW857) из девяти с подтверждённым достоверным отклонением от состояния генетического равновесия. Наибольшее количество «приватных» аллелей было идентифицировано среди животных, разводимых в ОАО «СГЦ "Заречье"» – 3 из 7 во всей породе. Причём, максимальное их количество было выявлено в локусе SO005 – 3, а также по одному в локусах SO155, SO101, S0355 и SW951. Хряки с установленными «приватными» аллелями в микросателлитных локусах достоверно подтверждают свою линейную принадлежность и являются продолжателями одноименных линий. Это даёт основание рассматривать эти аллели в качестве маркерных для данных линий и использовать в селекции и сохранении породы.

Количество гетерозиготных особей среди хряков-производителей, разводимых в ОАО «СГЦ "Заречье"», составляет 10,1 %, что указывает



на универсальность генотипов и возможность их использования в породообразовательном процессе (создании новых родственных групп и линий).

#### Литература

1. Nidup, K. Genetic diversity of domestic pigs as revealed by microsatellites: a mini-review / K. Nidup, C. Moran // *Genomics and Quantitative Genetics*. – 2011. – Vol. 2. – P. 5-18.
2. Популяционно-генетическая характеристика свиней пород крупная белая, ландрас и дюрок с использованием микросателлитов / В. Р. Харзинова [и др.] // *Зоотехния*. – 2018. – № 4. – С. 2-7. – Авт. также: Карпушкина Т.В., Денискова Т.Е., Костюнина О.В., Зиновьева Н.А.
3. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Изд. 3-е, испр. – Минск : Вышэйшая школа, 1973. – 320 с.
4. Peakall, R. GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research – an update / R. Peakall, P. E. Smouse // *Bioinformatics*. – 2012. – Vol. 28. – P. 2537-2539 (doi: 10.1093/bioinformatics/bts460).

*Поступила: 2.03.2020 г.*

УДК 636.082.636.4

Е.А. КАПШЕВИЧ, И.П. ШЕЙКО

### **ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОДУКТИВНОСТИ И МЯСНЫХ КАЧЕСТВ МОЛОДНЯКА БЕЛОРУССКОЙ МЯСНОЙ ПОРОДЫ СВИНЕЙ С ПРИЛИТИЕМ КРОВИ ПОРОДЫ ЛАНДРАС**

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

В статье представлены данные оценки откормочных показателей молодняка белорусской мясной породы с прилитием крови свиней породы ландрас, а также материалы вариабельности мясосальных качеств помесных животных.

Таким образом, проведённая оценка основных показателей откормочных признаков молодняка белорусской мясной породы с прилитием крови породы ландрас показала, что возраст достижения живой массы 100 кг животными в среднем составил 185,4 дней, среднесуточный прирост – 738 г, затраты корма на 1 кг прироста – 3,58 к. ед., убойный выход – 68,7 %, длина туши – 98,6 см, толщина шпика – 25,1 мм, площадь «мышечного глазка» – 41,6 см<sup>2</sup>, масса окорока – 11,2 кг. Оценка уровня изменчивости показателей мясосальных качеств животных, полученных при скрещивании свиноматок белорусской мясной породы с хряками породы ландрас, показала, что существует необходимость проведения более жёсткого отбора по толщине шпика животных, так как величина изменчивости данного показателя варьировала в наиболее широких пределах – от 6,4 до 18,8 %.

**Ключевые слова:** сельскохозяйственные животные, свиноводство, племенная работа, мясные свиньи, белорусская мясная порода, ландрас, селекция.