

## ВЛИЯНИЕ СОЧЕТАНИЙ СОМАТОТРОПНЫХ ГЕНОВ НА МЯСНУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

**Бейшова Индира Салтановна**, канд. с.-х. наук, доцент кафедры «Биология и химия», зав. отделом молекулярно-генетических исследований научно-инновационного центра, Костанайский государственный университет имени А. Байтурсынова.

110000, Республика Казахстан, г. Костанай, ул. А.Байтурсынова, 47.

E-mail: indira\_bei@mail.ru

**Белая Елена Валентиновна**, канд. биол. наук, научный сотрудник, Институт генетики и цитологии НАН Беларуси.

220072, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Академическая, 27.

E-mail: kolyuchka005@rambler.ru

**Баймишев Хамидулла Балтуханович**, д-р биол. наук, проф., зав. кафедрой «Анатомия, акушерство и хирургия», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

446442, Самарская обл., г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: Baimishev\_HB@mail.ru

**Траисов Балуаш Бакишевич**, д-р с.-х. наук, проф., директор департамента животноводства, НАО Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана.

090009, Республика Казахстан, г. Уральск, ул. Жангир хана, 51.

E-mail: btraisov@mail.ru

**Ключевые слова:** ген, полиморфизм, сочетаемость, диплотип, продуктивность, индекс, соматотропиновый, мясная.

*Цель исследований – повышение мясной продуктивности крупного рогатого скота аулиекольской и казахской белоголовой пород, разводимых на территории Республики Казахстан, за счет выявления степени сочетаемости генов гипофизарного фактора транскрипции (*bPit-1*), гормона роста (*bGH*), рецептора гормона роста (*bGHR*) и инсулиноподобного фактора роста-1 (*bIGF-1*). Исследования на наличие однонуклеотидного полиморфизма генов *bPit-1*, *bGH*, *bGHR* и *bIGF-1* проводили на группах аулиекольской ( $n=284$ , ТОО «Каркын») и казахской белоголовой ( $n=296$ , ТОО «Жанабек») пород. Для определения полиморфизмов генов соматотропного каскада у подопытных животных были отобраны пробы крови. ДНК выделяли из крови животных с использованием коммерческого набора «Pure Link Genomic DNA Kits» согласно инструкции изготовителя. Определение генотипов животных проводили методом ПЦР-ПДРФ. На основании проведенных исследований установлено, что для формирования признаков мясной продуктивности, индексов сбитости, костистости, массивности, растянутости, шилозадости в возрасте 18 и 24 месяца ассоциированы диплотипы, в структуру которых входят гены *bGH* и *bIGF-1*. Выявлено, что наличие в диплотипах генотипа *bGH-Alu<sup>LV</sup>* приводит к снижению признаков мясной продуктивности относительно общей выборки, а присутствие генотипа *bGH-Alu<sup>LV</sup>* – к повышению. Ассоциированные диплотипы, обеспечивающие повышение или снижение признака мясной продуктивности, с возрастом не изменяются. Полученные данные за счет анализа парных сочетаний позволяют выявить большее количество генетических маркеров, что способствует возможности расширить диапазон животных – носителей маркерного генотипа для участия в селекционных программах.*

Увеличение производства говядины является одной из наиболее важных и сложных проблем аграрной науки и практики [1]. Известно, что большинство признаков продуктивности, имеющих экономическое значение в животноводстве, являются количественными [2, 3]. Существуют гены, которые оказывают влияние на определенный количественный хозяйственно-полезный признак. Некоторые из этих признаков контролируются одним геном, однако большинство из них обычно контролируются несколькими генами и под влиянием факторов окружающей среды [4, 7, 8]. К одним из распространенных потенциальных генетических маркеров мясной продуктивности относят гены гипофизарного фактора транскрипции (*bPit-1*), гормона роста (*bGH*), рецептора гормона роста (*bGHR*) и инсулиноподобного фактора роста-1 (*bIGF-1*). Ген гипофизарного фактора транскрипции связан со скоростью роста, живой массой, признаками телосложения и качеством

мяса у сельскохозяйственных животных [5, 6, 9, 10]. Ген гормона роста участвует в регуляции постнатального роста и стимуляции метаболизма (липидного, белкового, углеводного и минерального). Ген рецептора гормона роста влияет на живую массу и среднесуточный прирост крупного рогатого скота. Учитывая роль вышеуказанных генов в формировании признаков мясной продуктивности, определение их ассоциации с мясными показателями у крупного рогатого скота аулиекольской и казахской белоголовой пород является актуальным.

**Цель исследований** – повышение мясной продуктивности крупного рогатого скота аулиекольской и казахской белоголовой пород, разводимых на территории Республики Казахстан, за счет выявления степени сочетаемости генов гипофизарного фактора транскрипции (*bPit-1*), гормона роста (*bGH*), рецептора гормона роста (*bGHR*) и инсулиноподобного фактора роста-1 (*bIGF-1*).

**Задачи исследований** – изучить степень влияния сочетаемости гена гипофизарного фактора в транскрипции (*bPit-1*), гормона роста (*bGH*), рецептора гормона роста (*bGHR*) и инсулиноподобного фактора роста-1 (*bIGF-1*); определить наличие однонуклеотидного полиморфизма генов *bPit-1*, *bGH*, *bGHR* и *bIGF-1* на группах аулиекольской ( $n=284$ , ТОО «Каркын») и казахской белоголовой ( $n=296$ , ТОО «Жанабек») пород.

**Материалы и методы исследований.** Исследования на наличие однонуклеотидного полиморфизма генов *bPit-1*, *bGH*, *bGHR* и *bIGF-1* проводили на группах аулиекольской ( $n=284$ , ТОО «Каркын») и казахской белоголовой ( $n=296$ , ТОО «Жанабек») пород. Экспериментальная часть работы выполнялась в отделе молекулярно-генетических исследований научно-инновационного центра КГУ им. А.Байтурсынова, в рамках проекта грантового финансирования Министерства образования и науки Республики Казахстан № 0115РК01596 «Скрининг на носительство мутаций, детерминирующих развитие наследственных заболеваний, и разработка генетических маркеров для выявления мясной продуктивности племенного крупного рогатого скота отечественной селекции».

Для определения полиморфизмов генов соматотропного каскада у подопытных животных были отобраны пробы крови. ДНК выделяли из крови животных с использованием коммерческого набора «Pure Link Genomic DNA Kits» согласно инструкции изготовителя. Определение генотипов животных проводили методом ПЦР-ПДРФ (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика аллельных вариантов полиморфных генов соматотропного каскада

Полиморфизм	Нуклеотидные последовательности и температура отжига праймеров	Длина амплификата (п.н.)	Генотип	Длина рестрикта (п.н.)
<i>bPit-1</i> -HinfI	F: 5'-aaaccatcatctcccctctt-3', R: 5'-aatgtacaatgtctctctgag-3', t=56 °C	451	<i>bPit-1</i> -HinfI <sup>AA</sup>	451
			<i>bPit-1</i> -HinfI <sup>BB</sup>	244, 207
			<i>bPit-1</i> -HinfI <sup>AB</sup>	451, 244, 207
<i>bGH</i> -AluI	F: 5'-ccgtgtctatgagaagc-3', R: 5'-gttcttgagcagcgct-3', t=64 °C	208	<i>bGH</i> -AluI <sup>VV</sup>	208
			<i>bGH</i> -AluI <sup>LL</sup>	172, 35
			<i>bGH</i> -AluI <sup>LV</sup>	208, 172, 35
<i>bGHR</i> -SspI	F: 5'- aatactgggctagcagtgacaatat-3', R: 5'- acgttctactgggttgatga -3', t=60 °C	182	<i>bGHR</i> -SspI <sup>YY</sup>	182
			<i>bGHR</i> -SspI <sup>FF</sup>	158, 24
			<i>bGHR</i> -SspI <sup>FY</sup>	182, 158, 24
<i>bIGF-1</i> -SnaBI	F: 5'-attcaaagctgcctgcccc-3', R: 5'-acacgtatgaaaggaact-3', t=64 °C	249	<i>bIGF-1</i> -SnaBI <sup>AA</sup>	223, 26
			<i>bIGF-1</i> -SnaBI <sup>AB</sup>	249, 223, 26
			<i>bIGF-1</i> -SnaBI <sup>BB</sup>	249

Число и длину фрагментов рестрикции определяли электрофоретически в агарозном геле при УФ-свете после окрашивания бромистым этидием и анализировали с помощью компьютерной системы гель-документирования. Статистическая обработка данных была выполнена с помощью компьютерных программ «Microsoft Excel» и «Statistica 6.0».

**Результаты исследований.** По результатам генотипирования были составлены 54 возможных парных сочетаний полиморфных генов соматотропного каскада. Животные с соответствующими парными сочетаниями генотипов были разбиты на соответствующие группы (диплотипы). Мясная продуктивность каждого диплотипа была проанализирована относительно общей выборки по признакам живой массы в возрасте 18 и 24 месяца, а также по индексам

телосложения (сбитости, костистости, растянутости, шилозадости и массивности) в возрасте 18 и 24 месяца. Непараметрические характеристики продуктивности диплотипов были представлены в виде медианы и интерквартильного размаха  $M_e$  (25%; 75%).

В таблице 2 приведены непараметрические характеристики диплотипов, которые ассоциированы с повышенной либо с пониженной живой массой аулиекольской породы в возрасте 18, 24 месяцев. Из данных, приведенных в таблице 2, следует, что в возрасте 18 месяцев у животных аулиекольской породы с повышенной живой массой ассоциировано 3 диплотипа, самый сильный фенотипический эффект наблюдается у диплотипа  $bGHR-Sspl^{FY}-bIGF-1-SnaBI^{AB}$ . С пониженной живой массой ассоциировано шесть диплотипов, самый низкий уровень живой массы наблюдается для диплотипа  $bGH-AluI^{LV}-bIGF-1-SnaBI^{BB}$ .

Таблица 2

Парные сочетания генотипов, ассоциированные с живой массой животных аулиекольской породы

Структура диплотипа	n животных	Медиана	95% доверительный интервал $M_e$		Интерквартильный размах	
			ДИ 1	ДИ 2	25%	75%
Живая масса в возрасте 18 месяцев						
$bGH-AluI^{LL}-bIGF-1-SnaBI^{AA}$	21	327	305	358	305	358
$bGH-AluI^{LL}-bIGF-1-SnaBI^{AB}$	35	352	343	365	329	368
$bGH-AluI^{LL}-bIGF-1-SnaBI^{BB}$	27	329	313	346	305	364
$bGH-AluI^{LV}-bIGF-1-SnaBI^{AA}$	23	402	379	427	375	428
$bGH-AluI^{LV}-bIGF-1-SnaBI^{AB}$	55	386	379	407	378	421
$bGH-AluI^{LV}-bIGF-1-SnaBI^{BB}$	12	407	382	435	383	431
$bPit-1-HinFI^{AB}-bIGF-1-SnaBI^{AB}$	36	378	377	382	377	385
Общая выборка	237	373	368	377	329	395
Живая масса в возрасте 24 месяца						
$bGH-AluI^{LL}-bIGF-1-SnaBI^{AA}$	21	376	361	397	361	397
$bGH-AluI^{LL}-bIGF-1-SnaBI^{AB}$	35	389	383	402	381	404
$bGH-AluI^{LL}-bIGF-1-SnaBI^{BB}$	27	379	365	383	346	399
$bGH-AluI^{LV}-bIGF-1-SnaBI^{AA}$	23	462	429	487	423	489
$bGH-AluI^{LV}-bIGF-1-SnaBI^{AB}$	53	436	429	459	427	477
$bGH-AluI^{LV}-bIGF-1-SnaBI^{BB}$	11	467	428	513	432	488
$bPit-1-HinFI^{AB}-bIGF-1-SnaBI^{AB}$	36	428	427	435	423	436
Общая выборка	230	414	405	423	381	453

Анализ аулиекольской породы по признаку костистости показал, что наиболее костистыми в возрастах 18 и 24 месяца являются животные  $bGH-AluI^{LL}-bIGF-1-SnaBI^{BB}$ , а наименее – с генотипом  $bGH-AluI^{LL}-bIGF-1-SnaBI^{AA}$ . Как и в вышеописанных случаях, структурообразующими генотипами являются в основном гены  $bIGF$  и  $bGH$ , что возможно связано с тем, что они являются практически соседними звеньями соматотропинового каскада.

С признаком массивности у животных аулиекольской породы ассоциированы в основном сочетания генов  $bGH$  и  $bIGF-1$ . Также была выявлена новая ассоциация, а именно сочетание генов  $bPit-1$  и  $bGH$ , диплотип  $bPit-1-HinFI^{AB}-bIGF-1-SnaBI^{AB}$  ассоциирован с повышенной массивностью. С индексом растянутости ассоциируются парные сочетания генов  $bGH$  и  $bIGF-1$ . Кроме того, в структуру входит ген  $bGHR$ , чего ранее не отмечалось. В таблице 3 отражена структура и характеристика диплотипов, ассоциированных с индексом сбитости.

По данным таблицы 3 можно отметить, что, как и в выше описанных случаях, присутствие генотипа  $bGH-AluI^{LL}$  превращает диплотип в понижающий сбитость животных в возрасте 18 месяцев, а присутствие генотипа  $bGH-AluI^{LV}$  – превращает диплотип в повышающий сбитость. Можно отметить также, что к возрасту 24 месяца понижающий сбитость эффект генотипа  $bGH-AluI^{LL}$  видимо ослабляется. Так, диплотипы  $bGH-AluI^{LL}-bIGF-1-SnaBI^{AA}$ ,  $bGH-AluI^{LL}-bIGF-1-SnaBI^{AB}$ ,  $bGH-AluI^{LL}-bIGF-1-SnaBI^{BB}$ , ассоциированные с пониженной сбитостью у аулиекольских животных в возрасте 18 месяцев, в возрасте 24 месяца среди достоверно понижающих отсутствуют.

Таблица 3

Парные сочетания генотипов, ассоциированные с индексом сбитости

животных аулиекольской породы

Структура диплотида	n животных	Медиана	95% доверительный интервал М <sub>e</sub>		Интерквартильный размах	
			ДИ 1	ДИ 2	25%	75%
Индекс сбитости; возраст 18 месяцев						
bGH-AluI <sup>LL</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AA</sup>	21	81,690	79,592	84,286	79,592	84,286
bGH-AluI <sup>LL</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AB</sup>	35	84,028	83,453	84,496	82,313	85,211
bGH-AluI <sup>LL</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>BB</sup>	27	82,069	80,142	83,453	79,592	84,328
bGH-AluI <sup>LV</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AA</sup>	23	91,216	88,514	92,857	86,806	93,243
bGH-AluI <sup>LV</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AB</sup>	54	89,340	88,636	90,625	88,194	91,912
bGH-AluI <sup>LV</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>BB</sup>	12	91,367	88,722	93,750	88,965	93,349
Общая выборка	236	86,047	85,294	87,879	83,453	93,525
Индекс сбитости; возраст 24 месяца						
bGH-AluI <sup>LV</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AA</sup>	23	88,667	85,465	91,045	84,106	92,857
bGH-AluI <sup>LV</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AB</sup>	51	86,875	85,567	87,838	84,375	89,655
bGH-AluI <sup>LV</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>BB</sup>	11	89,313	85,326	94,615	86,842	91,391
bPit-1-HinFI <sup>AB</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AB</sup>	36	85,256	84,138	86,875	84,106	86,998
Общая выборка	228	83,553	82,432	84,106	81,250	93,023

Оценка индекса шилозадости проводилась также, как и других индексов, и диплотида, значимо повышающие либо понижающие этот признак относительно общей выборки, приведены и описаны в таблице 4. По данным, приведенным в таблице 4, можно отметить, что расширяется диапазон структурообразующих генов. Так, к ассоциированным с индексом шилозадости у аулиекольских животных в возрасте 18 месяцев добавляется ген *bGHR*. В частности, присутствие в составе диплотида генотипа *bGHR*-*SspI*<sup>FF</sup> или *bGHR*-*SspI*<sup>FY</sup> делает его ассоциированным с индексом шилозадости у аулиекольских животных в возрасте 18 месяцев. Однако к возрасту 24 месяца эти диплотипы из списка значимо ассоциированных с индексом шилозадости исчезают.

Таблица 4

Парные сочетания генотипов, ассоциированные с индексом шилозадости животных аулиекольской породы

Структура диплотида	n животных	Медиана	95% доверительный интервал М <sub>e</sub>		Интерквартильный размах	
			ДИ 1	ДИ 2	25%	75%
Индекс шилозадости; возраст 18 месяцев						
bGH-AluI <sup>LL</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AA</sup>	21	210,000	200,000	218,750	200,000	218,750
bGH-AluI <sup>LL</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AB</sup>	35	218,750	218,750	218,750	213,333	220,000
bGH-AluI <sup>LL</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>BB</sup>	27	211,111	205,882	218,750	200,000	218,750
bGH-AluI <sup>LV</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AA</sup>	23	246,154	236,842	253,333	233,333	269,231
bGH-AluI <sup>LV</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AB</sup>	55	244,444	237,500	247,059	233,333	250,000
bGH-AluI <sup>LV</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>BB</sup>	12	248,529	237,500	271,429	239,338	266,964
bPit-1-HinFI <sup>AB</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AB</sup>	36	234,524	233,333	237,500	233,333	244,444
bPit-1-HinFI <sup>BB</sup> -bGH-AluI <sup>LL</sup>	44	237,500	233,333	246,667	194,444	250,000
Общая выборка	237	228,571	221,053	233,333	194,737	244,444
Индекс шилозадости; возраст 24 месяца						
bGH-AluI <sup>LV</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AA</sup>	23	247,059	233,333	258,824	230,000	261,111
bGH-AluI <sup>LV</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AB</sup>	53	238,889	233,333	247,059	231,579	253,333
bGH-AluI <sup>LV</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>BB</sup>	11	247,368	233,333	277,778	235,714	261,111
bPit-1-HinFI <sup>AB</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AB</sup>	36	233,333	231,579	237,500	231,579	238,194
Общая выборка	230	225,000	222,222	231,579	194,444	235,714

В таблице 5 представлены структуры и непараметрические характеристики диплотида, ассоциированных с живой массой животных казахской белоголовой породы. По данным таблицы 5 видно, что, как и у животных аулиекольской породы, присутствие в диплотида генотипа *bGH*-*AluI*<sup>LV</sup> повышает живой вес животных в возрасте 18, 24 месяца. Исключение составляет диплотип *bPit-1*-*HinFI*<sup>AB</sup>-*bGH*-*AluI*<sup>LV</sup>, в состав которого входит ген гипофизарного фактора роста. Присутствие генотипа *bPit-1*-*HinFI*<sup>AB</sup> в данном парном сочетании приводит к снижению живой массы животных в возрасте 24 месяца по сравнению не только с другими диплотидами, содержащими в структуре генотип *bGH*-*AluI*<sup>LV</sup>, но и по отношению к общей выборке. С индексом костистости у животных казахской белоголовой породы ассоциированы практически те же диплотипы, что и у аулиекольской.

Таблица 5

Парные сочетания генотипов, ассоциированные с живой массой  
животных казахской белоголовой породы

Структура диплотипов	п животных	Медиана	95% доверительный интервал $M_e$		Интерквартильный размах	
			ДИ 1	ДИ 2	25%	75%
Живая масса в возрасте 18 месяцев						
bGH-AluI <sup>LL</sup> -bGHR-Sspl <sup>FY</sup>	23	368	295	341	326	405
bGH-AluI <sup>LL</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>BB</sup>	53	352	329	367	326	372
bGH-AluI <sup>LV</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AB</sup>	15	380	376	405	376	405
bGH-AluI <sup>LV</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>BB</sup>	31	381	376	395	375	404
bGHR-Sspl <sup>FY</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AB</sup>	9	425	413	432	417	425
bGHR-Sspl <sup>FY</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>BB</sup>	16	428	416	429	417	429
bPit-1-HinFI <sup>AB</sup> -bGH-AluI <sup>LV</sup>	45	346	326	367	326	373
Общая выборка	297	370	367	372	329	384
Живая масса в возрасте 24 месяца						
bGH-AluI <sup>LL</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AA</sup>	9	374	363	405	363	385
bGH-AluI <sup>LL</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>BB</sup>	41	382	374	397	342	405
bGH-AluI <sup>LV</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AB</sup>	13	456	435	492	435	481
bGH-AluI <sup>LV</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>BB</sup>	26	447	434	475	431	478
bPit-1-HinFI <sup>AB</sup> -bGH-AluI <sup>LV</sup>	43	381	374	405	365	423
Общая выборка	257	411	405	420	374	435

Характер влияния генотипа *bGH* на индекс массивности у казахской белоголовой сохраняется, как и для других индексов, и совпадает с характером влияния у аулиекольских коров. А именно, присутствие генотипа *bGH-AluI<sup>LL</sup>* превращает диплотип в понижающий массивность животных в возрасте 18, 24 месяца, а присутствие генотипа *bGH-AluI<sup>LV</sup>* – превращает диплотип в повышающий массивность у животных. В то же время, необходимо отметить, что на массивность животных казахской белоголовой породы повышающий эффект оказывает так же присутствие генотипа *bGHR-Sspl<sup>FY</sup>* в паре с аллелем *bIGF-1-SnaBI<sup>B</sup>*.

Необходимо отметить, что структура и перечень диплотипов, ассоциированных с индексом растянутости у животных казахской белоголовой, совпадает с таковым у аулиекольской выборки. В частности, структурообразующими генами в таких диплотипах являются гены *bGH* и *bIGF-1*. Анализ структуры диплотипов, ассоциированных с индексом сбитости, у животных казахской белоголовой породы соответствует таковому у животных аулиекольской породы (табл. 6).

Таблица 6

Парные сочетания генотипов, ассоциированные с индексом сбитости  
у животных казахской белоголовой породы

Структура диплотипов	п животных	Медиана	95% доверительный интервал $M_e$		Интерквартильный размах	
			ДИ 1	ДИ 2	25%	75%
Индекс сбитости; возраст 18 месяцев						
bGH-AluI <sup>LL</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>BB</sup>	53	84,375	83,140	85,326	82,270	87,050
bGH-AluI <sup>LV</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AB</sup>	15	89,404	88,636	90,476	88,636	90,476
bGH-AluI <sup>LV</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>BB</sup>	31	89,474	88,636	90,071	88,235	90,278
bGHR-Sspl <sup>FY</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AB</sup>	9	94,512	91,912	100,000	92,199	95,172
bGHR-Sspl <sup>FY</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>BB</sup>	16	95,595	92,188	98,400	92,522	98,158
Общая выборка	297	86,765	85,475	87,500	83,140	89,744
Индекс сбитости; возраст 24 месяца						
bGH-AluI <sup>LL</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AA</sup>	9	81,457	79,870	84,242	79,894	83,553
bGH-AluI <sup>LL</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>BB</sup>	41	82,836	81,098	83,889	79,394	84,375
bGH-AluI <sup>LV</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AB</sup>	13	89,944	88,636	93,939	88,667	92,121
bGH-AluI <sup>LV</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>BB</sup>	26	89,543	87,879	91,453	87,586	91,515
Общая выборка	257	85,000	84,242	85,714	81,457	88,816

Из таблицы 6 можно отметить, что, как и в выше описанных случаях, присутствие генотипа *bGH-AluI<sup>LL</sup>* превращает диплотип в понижающий сбитость животных в возрасте 18 месяцев, а присутствие генотипа *bGH-AluI<sup>LV</sup>* превращает диплотип в повышающий сбитость.

Оценка индекса шилозадости проводилась так же, как и у аулиекольских животных, и диплотипы, значимо повышающие либо понижающие этот признак относительно общей выборки, приведены и описаны в таблице 7.

Таблица 7

Парные сочетания генотипов, ассоциированные с индексом шилозадости животных казахской белоголовой породы

Структура диплотипов	n животных	Медиана	95% доверительный интервал М <sub>e</sub>		Интерквартильный размах	
			ДИ 1	ДИ 2	25%	75%
Индекс шилозадости; возраст 18 месяцев						
bGH-AluI <sup>LL</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>BB</sup>	53	212,500	205,882	218,750	200,000	227,778
bGH-AluI <sup>LV</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AB</sup>	15	244,444	237,500	258,824	237,500	258,824
bGH-AluI <sup>LV</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>BB</sup>	31	244,444	237,500	253,333	235,714	258,824
bGHR-SspI <sup>FY</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AB</sup>	9	269,231	269,231	284,615	269,231	275,000
bGHR-SspI <sup>FY</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>BB</sup>	16	275,000	269,231	280,000	269,231	280,000
общая выборка	297	223,529	220,000	228,571	205,882	250,000
Индекс шилозадости; возраст 24 месяца						
bGH-AluI <sup>LL</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AA</sup>	9	207,143	200,000	218,750	200,000	211,111
bGH-AluI <sup>LL</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>BB</sup>	41	210,526	206,667	214,286	200,000	220,000
bGH-AluI <sup>LV</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AB</sup>	13	253,333	242,857	285,714	243,750	275,000
bGH-AluI <sup>LV</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>BB</sup>	26	250,000	241,176	271,429	240,000	271,429
общая выборка	257	222,222	218,750	227,778	207,143	244,444

По данным таблицы 7 можно отметить, что у животных казахской белоголовой породы структурообразующими генами для диплотипов, ассоциированных с индексом шилозадости, являются гены гормона роста и инсулиноподобного фактора роста-1, также как и для других индексов, и эти данные совпадают с таковыми у животных аулиекольской породы.

**Заключение.** На основании проведенных исследований оценки ассоциации парных сочетаний генотипов полиморфных генов соматотропинового каскада с признаками мясной продуктивности пород аулиекольской и казахской белоголовой установлено, что формирование признаков мясной продуктивности ассоциировано с живой массой в возрасте 18, 24 месяцев, индексы сбитости, костистости, массивности, растянутости и шилозадости – в возрасте 18 и 24 месяца, ассоциированы диплотипы, в структуру которых входят гены *bGH* и *bIGF-1*. Присутствие в таких диплотипах генотипа *bGH-AluI<sup>LL</sup>* приводит к снижению признаков мясной продуктивности относительно общей выборки, а присутствие генотипа *bGH-AluI<sup>LV</sup>* – к повышению. Диплотипы, ассоциированные с повышенной или пониженной продуктивностью, сохраняют свою динамику во все возрастные периоды. Проведение анализа парных сочетаний позволяет выявить большее количество генетических маркеров, что способствует увеличению диапазона животных – носителей маркерного генотипа для участия в селекционных программах.

Библиографический список

1. Амерханов, Х. Новый высокорослый зональный мясной тип – Уральский герефорд / Х. Амерханов, Ф. Каюмов, К. Джуламанов // Молочное и мясное скотоводство. – 2008. – №6 – С. 2-10.
2. Бейшова, И. С. Анализ аллельного состава гена *bGH* в выборках аулиекольской и казахской белоголовой пород / И. С. Бейшова, Е. В. Белая, В. П. Терлецкий [и др.] // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2017. – № 1. – С. 117-120.
3. Белая, Е. В. Комбинированные фенотипические эффекты полиморфных вариантов генов соматотропинового каскада (*bPit-1*, *bPRL*, *bGH*, *bGHR* и *bIGF-1*) на признаки молочной продуктивности у крупного рогатого скота голштинской породы / Е. В. Белая, М. Е. Михайлова, Н. В. Батин // Молекулярная и прикладная генетика : сб. науч. трудов. – 2012. – Т. 13. – С. 36-43.
4. Хлесткина, Е. К. Молекулярные маркеры в генетических исследованиях и в селекции // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. – Т. 17, №4. – С. 1044-1054.
5. Aytakin, İ. Associations of *Pit-1* gene polymorphism with milk yield and composition traits in brown swiss cattle / İ. Aytakin, S. Boztepe // The Journal of Animal & Plant Sciences. – 2013. – Vol. 23(5). – P. 1281-1289.
6. Bonfatti, V. Effect of  $\kappa$ -casein B relative content in bulk milk  $\kappa$ -casein on Montasio, Asiago, and Caciotta cheese yield using milk of similar protein composition / V. Bonfatti, A. Cecchinato, Di Martino [et al.] // Journal of Dairy Science. – 2011. – Vol. 94, № 2. – P. 602-613.

7. Carsai, C. T. Polymorphism within growth hormone receptor (GHR) gene in Romanian Black and White and Romanian Grey Steppe cattle breeds / C. T. Carsai, A. V. Balteanu, A. Vlaic, O. Chakirou // International Journal of the Bioflux Society. – 2013. – Vol. 5, № 1. – P. 1-5.
8. Edriss, Mohammad Ali Association of PIT-1 gene polymorphism with birth weight, milk and reproduction traits in Isfahan Holstein cows / Mohammad Ali Edriss, Vahid Edriss, Hamid Reza Rahmani // Archiv Tierzucht. – 2009. – Vol. 52. – P. 445-447.
9. Moravčíková, N. HinfI polymorphism of Pit-1 gene in Slovak spotted cattle / N. Moravčíková, A. Trakovická, M. Miluchová [et al.] // Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences. – 2013. – Vol.1. – P.1883-1890.
10. Jakaria, Noor R.R. Identification of a Single Nucleotide Polymorphism at Hinf-1 Enzyme Restriction Site of Pit-1 Gene on Indonesian Bali Cattle Population // Media Peternakan. – 2015. – Vol. 38 (2). – P. 104 -109.