

УДК 636.2.033

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-3-66-71>

# Анализ полиморфизма гена гормона роста (L127v) у бычков калмыцкой породы

## КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:

Алтана Вадимовна Убушиева  
E-mail: ameli-altanas@mail.ru

## ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Убушиева А.В., Генджиев А.Я.,  
Убушиева В.С., Чимидова Н.В.,  
Дорджиева Б.Б. Анализ  
полиморфизма гена гормона  
роста (L127v) у бычков калмыцкой  
породы. *Аграрный вестник  
Северного Кавказа*. 2025;15(3):66-71.  
<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-3-66-71> EDN ZKMBES

ПОСТУПИЛА: 02.05.2025

ДОРАБОТАНА: 23.08.2025

ПРИНЯТА: 29.08.2025

## КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

авторы сообщают об отсутствии  
конфликта интересов.

**COPYRIGHT:** © 2025 Убушиева А.В.,  
Генджиев А.Я.,  
Убушиева В.С.,  
Чимидова Н.В.,  
Дорджиева Б.Б.



А.В. Убушиева , А.Я. Генджиев , В.С. Убушиева ,  
Н.В. Чимидова , Б.Б. Дорджиева

Калмыцкий государственный университет им. Б. Б. Городовикова,  
Элиста, Россия

## АННОТАЦИЯ

**ВВЕДЕНИЕ.** Изучение полиморфизма гена гормона роста (GH) у калмыцких бычков актуально для понимания генетических основ их мясной продуктивности, однако влияние молчащих мутаций на функциональные характеристики породы остается малоисследованным.

**ЦЕЛЬ.** Проанализировать полиморфизм L127v гена GH и его возможную связь с продуктивными качествами животных.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** В работе использованы образцы ДНК чистопородных калмыцких бычков ( $n = 21$ ). Проведено секвенирование ключевых участков гена GH у 21 бычка с последующим генотипированием и анализом связи полиморфизма L127v с динамикой привесов. Использованы методы капиллярного электрофореза, ПЦР и статистический анализ.

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** Выявлено доминирование аллеля L (88,1 %) над V (11,9 %) при распределении генотипов LL (76,2 %) и LV (23,8 %), соответствующем равновесию Харди-Вайнберга ( $\chi^2 = 0,376$ ). Гетерозиготы LV демонстрировали достоверно более высокие показатели абсолютного ( $52,4 \pm 4,4$  кг vs  $38,5 \pm 8,9$  кг;  $p = 0,008$ ) и среднесуточного привеса ( $1,68 \pm 0,13$  vs  $1,32 \pm 0,30$  г/сут;  $p = 0,012$ ) по сравнению с LL, а также меньшую вариабельность признака ( $CV = 8,4$  % vs  $23,1$  %).

**ВЫВОДЫ.** Полиморфизм L127v гена GH является перспективным маркером для селекции калмыцких бычков на мясную продуктивность, при этом гетерозиготный генотип LV ассоциирован с устойчиво высокими привесами. Результаты важны для разработки ДНК-маркеров селекции калмыцкого скота с целью улучшения мясной продуктивности в условиях экстенсивного животноводства.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** полиморфизм, ген гормона роста, калмыцкая порода, мясная продуктивность, однонуклеотидные полиморфизмы, миссенс-мутация, SNP, аллели, секвенирование ДНК

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-3-66-71>

# Analysis of Growth Hormone (L127v) Gene Polymorphism in Kalmyk Bull Calves

## CORRESPONDENCE:

Altana V. Ubushieva

E-mail: ameli-altanas@mail.ru

## FOR CITATION:

Ubushieva A.V., Gendzhiev A.Ya., Ubushieva V.S., Chimidova N.V., Dordzhieva B.B. Analysis of Growth Hormone (L127v) Gene Polymorphism in Kalmyk Bull Calves. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2025;15(3):66-71. <https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-3-66-71> EDN ZKMBES

RECEIVED: 02.05.2025

REVISED: 23.08.2025

ACCEPTED: 29.08.2025

## DECLARATION OF COMPETING INTEREST:

none declared.

**COPYRIGHT:** © 2025 Ubushieva A.V., Gendzhiev A.Ya., Ubushieva V.S., Chimidova N.V., Dordzhieva B.B.



Altana V. Ubushieva , Alexander Ya. Gendzhiev , Victoria S. Ubushieva , Nadezhda V. Chimidova , Bairta B. Dordzhieva

Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov, Elista, Russia

## ABSTRACT

**INTRODUCTION.** The study of growth hormone gene (GH) polymorphisms in Kalmyk bulls is relevant for understanding the genetic basis of their meat productivity, however, the influence of silent mutations on the functional characteristics of the breed remains understudied.

**AIM.** To analyze the L127v polymorphism of the GH gene and its potential association with the productive traits of the animals.

**MATERIALS AND METHODS.** The study used DNA samples from purebred Kalmyk bulls (n = 21). Sequencing of key regions of the GH gene was performed, followed by genotyping and analysis of the association between the L127v polymorphism and weight gain dynamics. Methods included capillary electrophoresis, PCR, and statistical analysis.

**RESULTS.** A dominance of the L allele (88.1 %) over the V allele (11.9 %) was revealed, with genotype distribution LL (76.2 %) and LV (23.8 %) conforming to Hardy-Weinberg equilibrium ( $\chi^2 = 0.376$ ). Heterozygous LV animals showed significantly higher absolute weight gain ( $52.4 \pm 4.4$  kg vs.  $38.5 \pm 8.9$  kg;  $p = 0.008$ ) and average daily gain ( $1.68 \pm 0.13$  vs.  $1.32 \pm 0.30$  g/day;  $p = 0.012$ ) compared to LL homozygotes, as well as lower trait variability (CV = 8.4 % vs. 23.1 %).

**CONCLUSIONS.** The L127v polymorphism of the GH gene is a promising marker for the selection of Kalmyk bulls for meat productivity, with the heterozygous LV genotype associated with consistently high weight gains. The results are important for developing DNA markers for the selection of Kalmyk cattle to improve meat productivity under extensive livestock farming conditions.

**KEYWORDS:** polymorphism, growth hormone gene, Kalmyk breed, meat productivity, single nucleotide polymorphisms, missense mutation, SNP, alleles, DNA sequencing

## ВВЕДЕНИЕ

Генетика сельскохозяйственных животных играет ключевую роль в повышении эффективности животноводства, поскольку позволяет выявлять и использовать молекулярно-генетические маркеры, связанные с продуктивными признаками. Одним из важнейших направлений современной селекции является изучение полиморфизмов генов, регулирующих рост, развитие и метаболизм животных. В условиях растущего спроса на мясную продукцию особенно актуальны исследования, направленные на выявление генетических факторов, влияющих на мясную продуктивность крупного рогатого скота.

Среди генов-кандидатов, определяющих рост и развитие животных, особое место занимает ген гормона роста (GH), кодирующий соматотропин. Этот гормон регулирует процессы роста, дифференцировки клеток и обмена веществ, что делает его ключевым объектом исследований в области генетики продуктивности [1; 2; 3].

Полиморфизм гена гормона роста (L127v) у бычков калмыцкой породы представляет особый интерес для исследователей, так как этот полиморфизм может существенно влиять на мясную продуктивность животных. Замена лейцина на валин в позиции 127 (L127v) в гене GH приводит к изменению структуры белка соматотропина, что потенциально может изменить его активность и эффективность в регулировании роста и развития мышечной ткани [4; 5].

Современные исследования подтверждают связь полиморфизмов гена GH с ключевыми хозяйственно-полезными признаками у крупного рогатого скота. Например, показано, что определенные аллельные варианты могут ассоциироваться с повышенной скоростью набора массы, улучшенным выходом мяса и его пищевыми характеристиками [3; 6; 7]. Однако большинство таких исследований проведено на коммерческих породах, тогда как локальные, адаптированные к экстремальным условиям породы, такие как калмыцкая, остаются недостаточно изученными [8; 9; 10].

Калмыцкая порода крупного рогатого скота представляет значительный интерес для селекции благодаря высокой адаптивности к засушливому климату и хорошим мясным качествам [11; 12]. Несмотря на это, генетические механизмы, лежа-

щие в основе ее продуктивности, изучены слабо. В частности, практически отсутствуют данные о распространенности полиморфизма L127v гена GH в популяции калмыцких бычков и его возможном влиянии на мясную продуктивность [13; 14].

Целью настоящего исследования является анализ полиморфизма L127v гена GH у бычков калмыцкой породы и выявление потенциальных ассоциаций между этим полиморфизмом и основными показателями мясной продуктивности. В задачи исследования входит:

1. Генотипирование животных по локусу L127V методом секвенирования.
2. Оценка частот аллелей и генотипов в исследуемой популяции.
3. Анализ распространенности полиморфизма в популяции калмыцких бычков.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### Этические аспекты

Исследование проводилось в строгом соответствии с международными биоэтическими нормами работы с сельскохозяйственными животными. Животные содержались в стандартных условиях, полностью соответствующих требованиям гуманного обращения с сельскохозяйственными животными.

### Объект исследования

Экспериментальная работа была проведена на базе ООО КФХ «Эркетени», расположенного в Яшульском районе Республики Калмыкия, Россия. Объектом исследования являлись чистопородные калмыцкие бычки. В общей сложности было отобрано 21 животное в возрасте от 12 до 24 месяцев. Все животные находились в одинаковых условиях содержания и кормления.

### Забор и подготовка биологического материала

Для молекулярно-генетического анализа был использован образец крови, взятый из яремной вены каждого животного с соблюдением всех асептических норм. Кровь собирали в пробирки с ЭДТА для предотвращения свертывания. Образцы хранили при температуре +4 °C до начала лабораторных исследований.

## Выделение геномной ДНК

ДНК выделяли из цельной крови с использованием коммерческого набора «МагноПраймВет» (ООО «НекстБИО», Россия) согласно протоколу производителя. Этот метод основан на принципе магнитной сепарации и обеспечивает высокую чистоту выделенной ДНК. Качество и количество выделенной ДНК контролировали с помощью электрофореза в 1 % агарозном геле с окрашиванием бромистым этидием. Концентрацию ДНК измеряли спектрофотометрически при 260 нм.

## Полимеразная цепная реакция (ПЦР)

Реакционную смесь для ПЦР готовили следующим образом:

Буфер 10x: 2,5 мкл

Праймеры GH L121V1 и GH L121V2 (по 10 мкМ): по 1 мкл каждого

Смесь dNTP (4 мкМ): 1,25 мкл

Матричная ДНК: 2 мкл

Taq ДНК-полимераза: 0,5 мкл

Деионизированная вода: до 25 мкл

Температуры отжига праймеров подбирали с помощью градиентной ПЦР в диапазоне 52–65 °С. Амплификацию гена GH проводили с использованием ПЦР на амплификаторе BioRad C-1000 Touch TM с Taq-полимеразой «Евроген». Специфические олигонуклеотидные праймеры GH-L127V1 и GH-L127V2 (таблица 1) обеспечивали получение продукта размером 404 п. н. Контроль качества амплификации осуществлялся методом электрофореза в 1 % агарозном геле.

## Очистка ПЦР-продуктов

Продукты ПЦР очищали с использованием набора «ColGen» («Синтол», Россия) согласно инструкции производителя. Этот набор основан на принципе сорбции ДНК на силикатных мембранах. Контроль чистоты очищенных продуктов проводили методом горизонтального электрофореза с использованием комплекта реагентов «ЭФ» (AmpliSens, Россия).

## Секвенирование ДНК

Секвенирование амплифицированных участков гена GH проводили с использованием набора реагентов «GenSeq» («Синтол», Россия). Условия циклов приведены в таблице 1. Очищали продукты секвенирования набором реагентов SeqMAG («Синтол»), элюируя ДНК в 10 мкл деионизированного формамида. Электрофоретическое разделение продуктов секвенирования проводили на генетическом анализаторе Нанофор 05 с полимером ПДМА-6 («Синтол») и буфером ТАПС («Синтол»).

## Анализ данных

Анализ сырых данных секвенирования (ab1 формат) выполнили с помощью программы Mutation Surveyor версии 5.2.0 (Ink SoftGenetics, Пенсильвания, США). Статистическая обработка данных проводилась с использованием стандартных методов анализа вариаций и корреляционного анализа в приложении Microsoft Excel.

**Таблица 1**

Характеристики праймеров и условия амплификации для ПЦР и секвенирования

**Table 1**

Characteristics of primers and amplification conditions for PCR and sequencing

| Наименование | Последовательность             | Условия амплификации для ПЦР                                                                                                                                                     | Условия амплификации для секвенирования                                                                                                |
|--------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| GH-L127V1    | 5'- TAGGGGAGGGTGGAAATG-GA-3'   | Начальная денатурация: 95 °С, 3 мин, 1 цикл                                                                                                                                      | Начальная денатурация: 95 °С, 1 мин, 1 цикл                                                                                            |
| GH- L127V2   | 5'- GACACCTACTCAGACAATG-CG- 3' | Денатурация: 95 °С, 15 с, 30 циклов<br>Отжиг с градиентом: 65 °С → 52 °С, 15 с, 30 циклов<br>Элонгация: 72 °С, 30 с, 30 циклов<br>Заключительная элонгация: 72 °С, 2 мин, 1 цикл | Денатурация: 95 °С, 10 с, 30 циклов<br>Отжиг: 63 °С, 10 с, 30 циклов<br>Элонгация: 60 °С, 2 мин, 30 циклов<br>Хранение: 4 °С, до выкл. |

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В ходе молекулярно-генетического анализа гена гормона роста (GH) у бычков калмыцкой породы проведено секвенирование ключевых участков гена, включая промоторную область, экзоны и интроны. Ген GH локализован на 19-й хромосоме (BTA 19, NCBI Reference Sequence: AC\_000176.1) и состоит из пяти экзонов, разделенных четырьмя интронами.

В гене гормона роста выявлено 10 однонуклеотидных полиморфизмов, из которых четыре в области промотора имеют небольшой эффект для селекции, так как слабо влияют на экспрессию гена. Функциональные замены происходят в позициях 2141 C>G (лейцин-валин), 2258 C>T (аргинин-триптофан) и 2277 C>T, SNP 2291 A>C. Полиморфизмы в экзоне 1 и интроне 3 не сильно влияют на рост и мясную продуктивность. Мутация 2141 C>G существенно определяет интенсивность набора веса, а замена в позиции 2258 C>T связана с массой туши [4; 5].

В результате секвенирования ДНК образцов была обнаружена миссенс-мутация, представляющая со-

бой однонуклеотидный полиморфизм (SNP) типа A > C, расположенный в пятом экзоне гена GH (рисунки 1, 2). Эта мутация заключается в замене нуклеотида аденина (A) на цитозин (C) в последовательности ДНК, что приводит к молчащей мутации. Молчащие мутации не изменяют аминокислотную последовательность белка, так как они не влияют на код, который считывается в процессе трансляции. Это означает, что данный вариант полиморфизма не оказывает прямого влияния на функциональные свойства белка гормона роста, но может иметь другие биологические последствия, которые еще предстоит изучить.

Из рисунка видно, что был использован Primer 5'-TAGGGGAGGGTGGAAAATGGA-3'. Замена A > C происходит в Exon 5 в позиции 1681. Также в этом экзоне можно обнаружить следующие эндонуклеазы рестрикции SmaI, XcyI, XmaI, AcsI, FdiII, NcbI, HpyF36I, AccIII, Aor13HI, BspBI, AfaI.

На основе проведенного анализа данных секвенирования была определена частота распределения аллельных вариантов полиморфизма L127V в гене GH (рисунок 2).

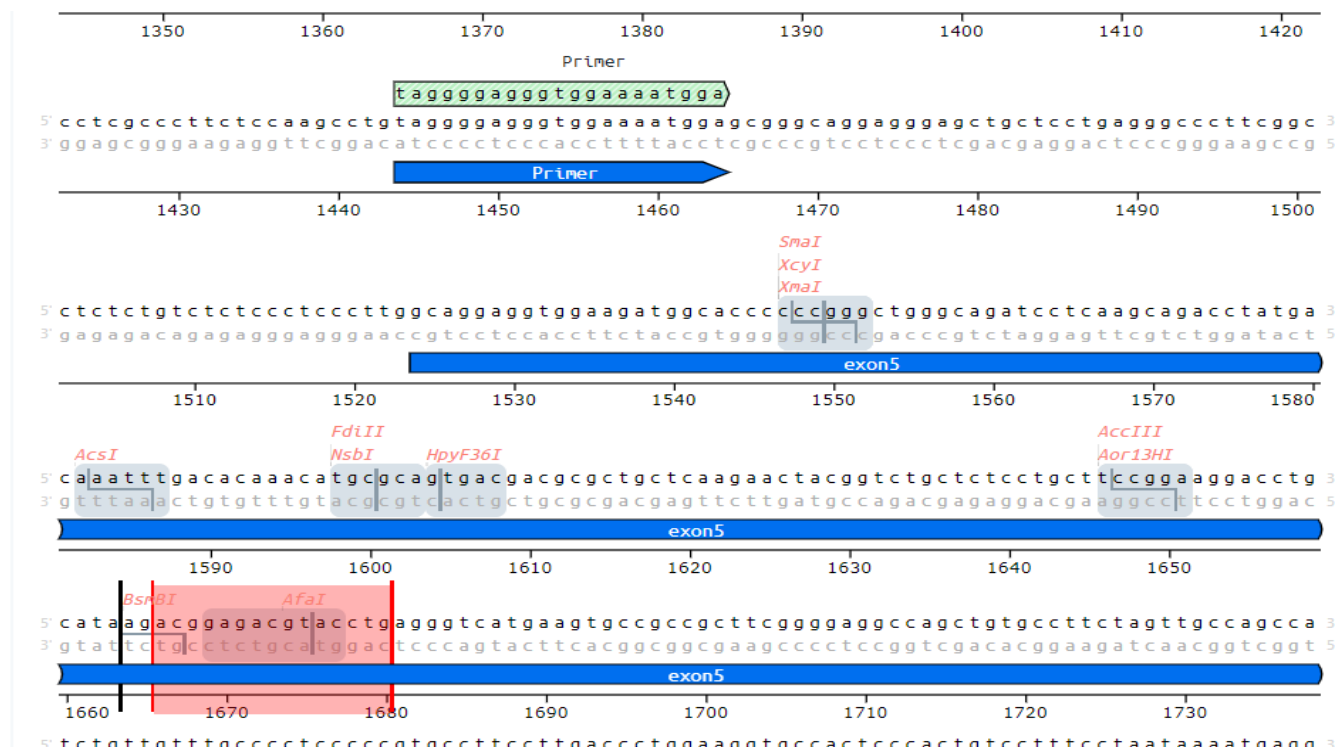
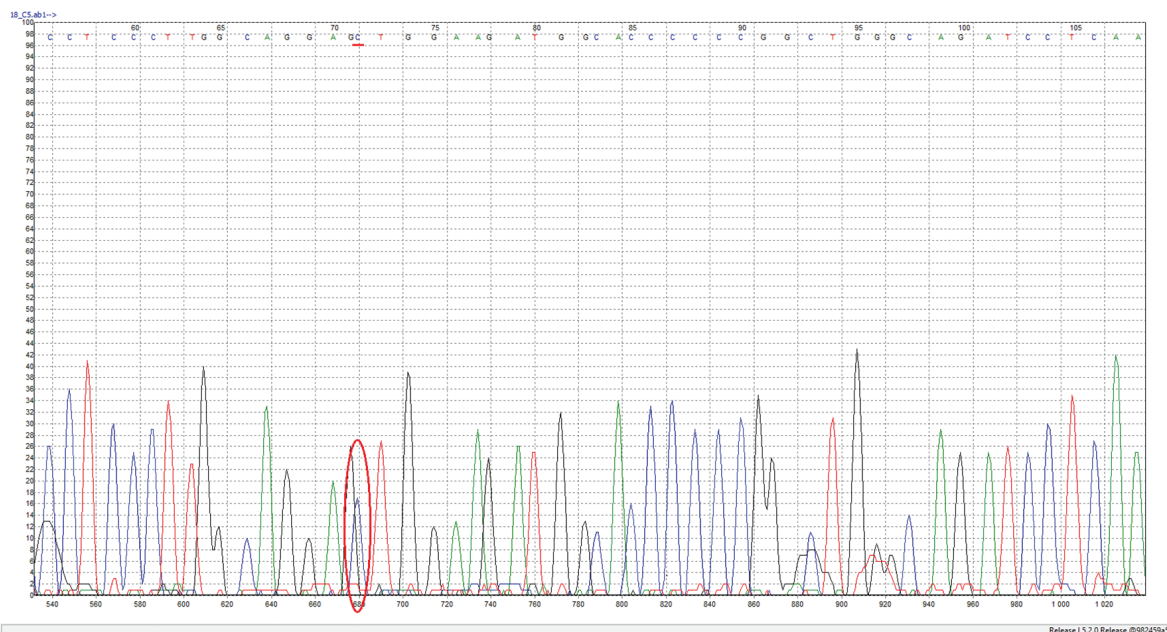


Рисунок 1

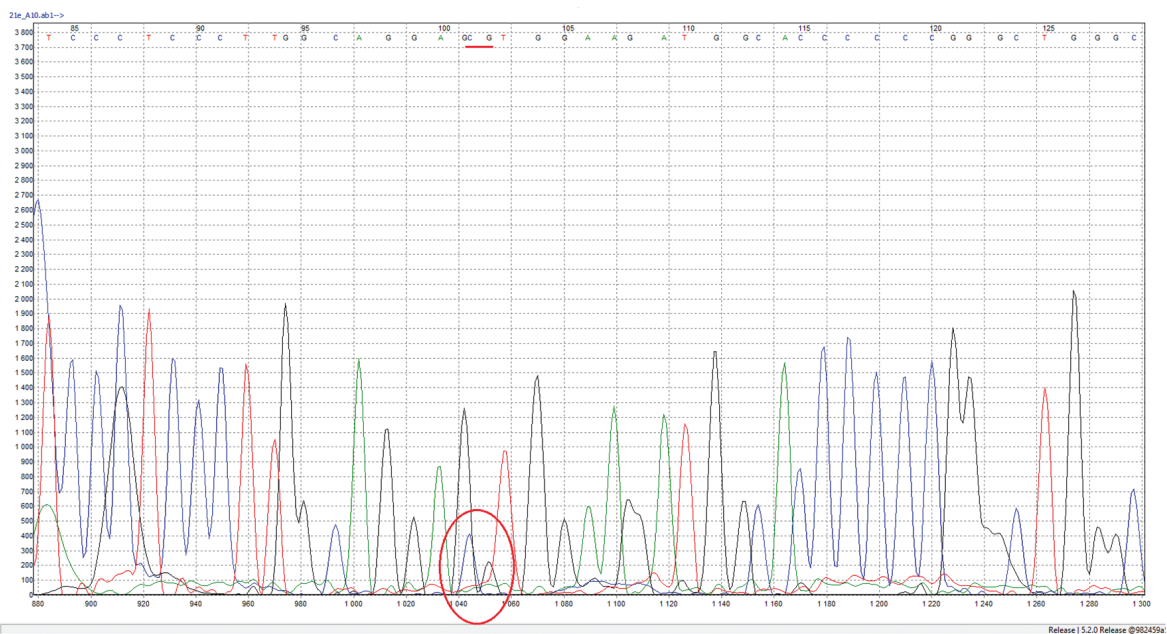
Анализ последовательности нуклеотидов гормона роста в 5 экзоне

Figure 1

Analysis of the nucleotide sequence of growth hormone in exon 5



1)



2)

## Рисунок 2

Результаты капиллярного электрофореза показали различие в генотипах исследуемых образцов: образец 1 представляет гомозиготный генотип по аллелю А (LL), образец 2 – гетерозиготный генотип М (LV)

## Figure 2

The results of capillary electrophoresis showed a difference in the genotypes of the studied samples: sample 1 represents the homozygous genotype for the A (LL) allele, sample 2 – the heterozygous genotype M (LV)

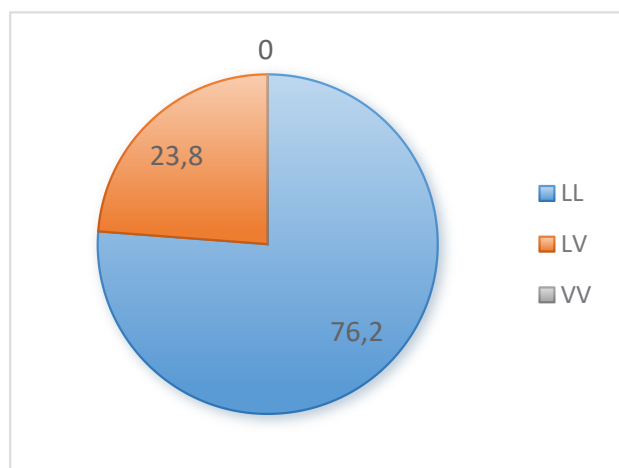
Проведенный анализ хроматограмм, полученных методом капиллярного секвенирования по Сэнгеру, выявил ряд важных особенностей нуклеотидных последовательностей гена GH у исследуемых бычков калмыцкой породы. Хроматограммы демонстрируют высокое качество данных с четко раз-

личимыми пиками нуклеотидов и минимальным фоновым шумом, что обеспечивает надежность последующего анализа.

Как видно на рисунке 2, последовательность представлена в виде пиков четырех цветов, каждый из которых соответствует определенному нуклео-

тиду. Анализ последовательностей выявил участок с разными аллельными состояниями во всех образцах, отмеченный красным. Этот участок представляет собой полиморфизм L127v. Было установлено, что животные в данной области гена находились в гомозиготном состоянии с аллелями А или в гетерозиготном состоянии, обозначенном буквой М в последовательности.

Нами была рассчитана частота генотипов и аллелей по гену GH у бычков калмыцкой породы (рисунки 3, 4).

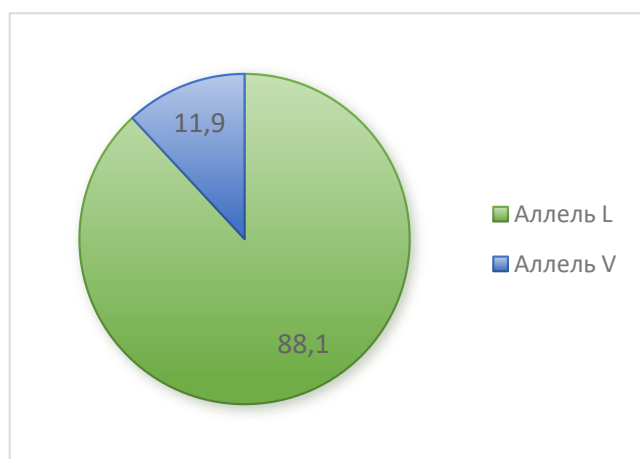


**Рисунок 3**

Частота встречаемости генотипов по гену гормона роста у бычков калмыцкой породы

**Figure 3**

Frequency of occurrence of growth hormone genotypes in Kalmyk bull calves



**Рисунок 4**

Частота встречаемости аллелей по гену гормона роста у бычков калмыцкой породы

**Figure 4**

Frequency of occurrence of growth hormone gene alleles in Kalmyk bull calves

Анализ генетической структуры исследуемой популяции выявил выраженное доминирование аллеля L, что подтверждается высокой частотой его встречаемости (88,1 %) по сравнению с аллелем V (11,9 %). Распределение генотипов демонстрирует значительное преобладание гомозигот LL (76,2 %) над гетерозиготами LV (23,8 %), в то время как гомозиготы VV полностью отсутствуют в выборке. Отсутствие гомозигот VV при относительно низкой частоте аллеля V (менее 12 %) согласуется с ожиданиями закона Харди-Вайнберга, так как теоретически их доля должна составлять всего около 1,4 % (таблица 2).

**Таблица 2**

Сравнение наблюдаемых и ожидаемых частот генотипов с расчетом критерия  $\chi^2$  (n = 21)

**Table 2**

Comparison of observed and expected genotype frequencies with  $\chi^2$  test calculation (n = 21)

| Генотип  | Наблюдаемая частота (%) | Ожидаемая частота (%) | Наблюдаемое число особей (O) | Ожидаемое число особей (E) | (O-E) <sup>2</sup> /E |
|----------|-------------------------|-----------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------|
| LL       | 76,2                    | 77,6                  | 16                           | 16,30                      | 0,006                 |
| LV       | 23,8                    | 21,0                  | 5                            | 4,41                       | 0,080                 |
| VV       | 0,0                     | 1,4                   | 0                            | 0,29                       | 0,290                 |
| $\Sigma$ | 100,0                   | 100,0                 | 21                           | 21,00                      | $\chi^2=0,376$        |

Полученное значение  $\chi^2$  (0,376) значительно ниже критического значения (3,841 для уровня значимости 0,05 при одной степени свободы), что свидетельствует об отсутствии статистически значимых отклонений от равновесия Харди-Вайнберга в исследуемой популяции. Наблюдаемое распределение генотипов демонстрирует высокую степень соответствия теоретическим ожиданиям: частота доминантных гомозигот LL (76,2 %) практически идентична ожидаемой (77,6 %), а частота гетерозигот LV (23,8 %) лишь незначительно превышает расчетное значение (21,0 %). Полное отсутствие рецессивных гомозигот VV в выборке, несмотря на ожидаемую низкую частоту (1,4 %), может объясняться как ограниченным размером выборки, так и возможным снижением жизнеспособности особей с данным генотипом, однако малый вклад этой категории в общее значение  $\chi^2$  (0,290) не позволяет сделать однозначные выводы о наличии селективного давления.

Проведенное исследование полиморфизма гена гормона роста (GH) у бычков калмыцкой породы выявило важные особенности генетической структуры популяции. Полученные данные демонстрируют выраженное доминирование аллеля L (88,1 %) над аллелем V (11,9 %), что согласуется с результатами, полученными для других пород крупного рогатого скота [4; 5]. Распределение генотипов (LL – 76,2 %, LV – 23,8 %, VV – 0 %) соответствует равновесию Харди-Вайнберга ( $\chi^2 = 0,376$ ), что свидетельствует об отсутствии значимого селекционного давления по данному локусу.

Проведен анализ влияния полиморфизма L127v гена гормона роста на продуктивные показатели бычков калмыцкой породы. Генотипирование животных выявило два аллельных варианта: LL (гомозиготы по лейцину) и LV (гетерозиготы). Статистическая обработка данных показала достоверные различия в динамике привесов между группами с разными генотипами (таблица 3).

**Таблица 3**

Влияние полиморфизма L127v гена гормона роста на показатели привеса у бычков калмыцкой породы

**Table 3**

Effect of the L127v growth hormone gene polymorphism on weight gain parameters in Kalmyk bull calves

| Показатель                   | Генотип LL (n = 15) | Генотип LV (n = 6) | p-value |
|------------------------------|---------------------|--------------------|---------|
| Абсолютный привес, кг        | 38,5±8,9            | 52,4±4,4           | 0,008   |
| Среднесуточный привес, г/сут | 1,32±0,30           | 1,68±0,13          | 0,012   |
| Минимальный привес, кг       | 20                  | 50                 | –       |
| Максимальный привес, кг      | 54                  | 58                 | –       |
| Коэффициент вариации, %      | 23,1                | 8,4                | –       |

Анализ показал, что бычки с генотипом LV демонстрировали достоверно более высокие показатели привеса по сравнению с генотипом LL. Средний абсолютный привес в группе LV составил 54,4±4,8 кг, тогда как в группе LL – 38,6±2,3 кг ( $p < 0,05$ ). Аналогичная тенденция наблюдалась для среднесуточного привеса: 1,75±0,15 кг/сут (LV) против 1,31±0,07 кг/сут (LL).

Гетерозиготные животные (LV) демонстрировали не только более высокие, но и более стабильные показатели привесов (коэффициент вариации 8,4 % против 23,1 % в группе LL), что может свидетельствовать

о положительном эффекте гетерозиготности по данному локусу. Корреляционный анализ выявил умеренную связь между генотипом и продуктивностью ( $r = 0,47$ ,  $p = 0,03$ ), при этом влияние исходной массы тела на привесы было статистически незначимым.

Полученные данные свидетельствуют о значительном влиянии полиморфизма L127v гена GH на рост и продуктивность бычков калмыцкой породы. Наличие аллеля V ассоциировано с более высокими показателями привеса, что делает его перспективным маркером для селекции.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные данные о полиморфизме L127v гена GH демонстрируют его значимое влияние на продуктивные качества калмыцких бычков. Результаты исследования согласуются с выводами обобщающего обзора [15], где подчеркивается важность генетических маркеров в селекции мясного скота. Особый интерес представляет выявленное преимущество гетерозиготных животных, что подтверждает данные исследований на герефордском скоте [16], где также отмечалась ассоциация данного полиморфизма с хозяйственно-ценными признаками.

Комплексный анализ полиморфизмов GH в сочетании с другими генами, проведенный в работе [17], показал схожие закономерности влияния на продуктивность у различных мясных пород. При этом следует учитывать породную специфику проявления генетических эффектов, что подтверждается исследованиями [18] на молочных породах скота. Особенно важны данные по казахской белоголовой породе [19], где выявлено сходное распределение генотипов по локусу L127v.

Наиболее убедительные доказательства функциональной значимости изучаемого полиморфизма представлены в работе [20], где детально исследовано его влияние на гормональный профиль и мясные качества герефордских быков.

Проведенное исследование полиморфизма L127V гена гормона роста (GH) у бычков калмыцкой породы выявило значимые ассоциации с продуктивными показателями. Полученные данные демонстрируют выраженное доминирование аллеля L (88,1 %) и генотипа LL (76,2 %) в популяции, что соответствует равновесию Харди-Вайнберга ( $\chi^2 = 0,376$ ) и согласуется с результатами исследований на других породах крупного рогатого скота [4; 5]. Особый ин-

терес представляет обнаруженное преимущество гетерозигот LV по показателям привеса ( $52,4 \pm 4,4$  кг против  $38,5 \pm 8,9$  кг у LL;  $p = 0,008$ ) и их меньшая вариабельность ( $CV = 8,4$  % против  $23,1$  %), что может объясняться эффектом сверхдоминирования, описанным в работах [15; 19]. Эти результаты подтверждают данные, полученные для северо-кавказской популяции герефордов [5], где гетерозиготы L127v также демонстрировали лучшие показатели роста.

Механизм наблюдаемого эффекта может быть связан с изменением конформации соматотропина при замене  $L \rightarrow V$ , влияющим на его взаимодействие с рецептором [13]. Отсутствие гомозигот VV в выборке, несмотря на ожидаемую частоту  $1,4$  %, требует осторожной интерпретации. Аналогичные наблюдения отмечены для казахской белоголовой породы [9], что может указывать либо на ограниченность выборки, либо на сниженную жизнеспособность VV-особей. Выявленная ассоциация L127v с привесами подтверждает перспективность использования этого маркера в селекции калмыцкого скота, особенно с учетом его уникальных адаптивных качеств [10; 11]. Однако для практического применения необходимо учитывать возможные взаимодействия с другими локусами (GHR, DGAT1), влияющими на рост [7; 18], а также породную специфику эффектов [6].

Полученные результаты имеют важное значение для разработки программ геномной селекции калмыцкого скота [14], особенно в условиях экстенсивного животноводства. Они подтверждают необходимость дальнейших исследований, направленных на увеличение выборки для уточнения частоты VV-генотипа, изучение эпистатических взаимодействий с другими генами и оценку влияния L127v на качественные показатели мяса. Особую ценность представляют комплексные исследования, учитывающие взаимодействие нескольких гене-

тических маркеров [3; 17], что особенно актуально для калмыцкой породы, сочетающей высокую адаптивность и продуктивные качества [12].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование полиморфизма L127v гена гормона роста у бычков калмыцкой породы позволило выявить значимые ассоциации с показателями мясной продуктивности. Установлено доминирование аллеля L ( $88,1$  %) в популяции при распределении генотипов, соответствующем равновесию Харди-Вайнберга ( $\chi^2 = 0,376$ ). Наиболее важным результатом является обнаружение достоверно более высоких показателей абсолютного ( $52,4 \pm 4,4$  кг против  $38,5 \pm 8,9$  кг;  $p = 0,008$ ) и среднесуточного привеса ( $1,68 \pm 0,13$  г/сут против  $1,32 \pm 0,30$  г/сут;  $p = 0,012$ ) у гетерозиготных животных LV по сравнению с гомозиготами LL.

Полученные данные подтверждают перспективность использования полиморфизма L127v в качестве молекулярно-генетического маркера при селекции калмыцкого скота. Особую ценность представляет выявленная стабильность привесов у гетерозиготных особей ( $CV = 8,4$  % против  $23,1$  % у LL), что может быть обусловлено эффектом сверхдоминирования.

Полученные результаты подчеркивают важность продолжения исследований полиморфизмов гена GH у разных пород крупного рогатого скота, особенно тех, которые обладают уникальными адаптивными свойствами, такими как калмыцкая порода. Эти исследования помогут лучше понять механизмы регуляции гормональной системы и их связь с продуктивными признаками, что будет полезно для оптимизации селекционных программ и повышения эффективности животноводства.

### Вклад авторов:

**А. В. Убушиева:** концептуализация, руководство исследованием, создание рукописи и ее редактирование.

**А. Я. Генджиев:** создание черновика рукописи, ресурсы.

**В. С. Убушиева:** проведение исследования, формальный анализ.

**Н. В. Чимидова:** ресурсы, верификация данных.

**Б. Б. Дорджиева:** верификация данных, визуализация.

### Contributions:

**A. V. Ubushieva:** conceptualization, project administration, writing-review & editing.

**A. Y. Gendzhiev:** writing-original draft, resources.

**V. S. Ubushieva:** investigation, formal analysis.

**N. V. Chimidova:** resources, validation.

**B. B. Dordzhieva:** validation, visualization.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Machlin L.J. Role of Growth Hormone in Improving Animal Production. *Environ Qual Saf Suppl.* 1976;(5):43-55. PMID: 782872.
2. Dubovskova M.P. Genotyping of Hereford Cattle by Genes GHR, IGF-1 and GDF5. *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2022;105(3):46-55. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-3-47>
3. Dubovskova M.P., Gerasimov N.P. Characteristics of the Genetic Structure of a Herd of Breeding Hereford Bulls by Polymorphism of the Genes GH (C. 2141C>G) and TG5 (C. -422C>T) in the Dynamics of Generations. *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2021;104(4):47-56. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-4-47>
4. Lee J.-H., Lee Y.-M., Lee J.-Y., Oh D.-Y., Jeong D.-J., Kim J.-J. Identification of Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs) of the Bovine Growth Hormone (bGH) Gene Associated with Growth and Carcass Traits in Hanwoo. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences.* 2013;26(10):1359-1364. <https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13248>
5. Dubovskova M.P., Gerasimov N.P. Genetic Structure and Association of Growth Hormone (L127v) and Leptin (A80V) Gene Polymorphism with Productivity in the North Caucasian Population of the Hereford Breed. *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2020;103(3):91-101. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-103-3-91>
6. Ardicli S., Samli H., Vatansever B., Soyudal B., Dincel D., Balci F. Comprehensive Assessment of Candidate Genes Associated with Fattening Performance in Holstein-Friesian Bulls. *Archives Animal Breeding.* 2019;62(1):9-32. <https://doi.org/10.5194/aab-62-9-2019>
7. Tait R.G. Jr., Cushman R.A., McNeel A.K., Casas E., Smith T.P.L., Freetly H.C., Bennett G.L. Calpain (CAPN1), Calpastatin (CAST), and Growth Hormone Receptor (GHR) Genetic Effects on Angus Beef Heifer Performance Traits and Reproduction. *Theriogenology.* 2018;113:1-7. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.02.002>
8. Sedykh T.A., Gizatullin R.S., Dolmatova I.Y., Gusev I.V., Kalashnikova L.A. Growth Hormone Gene Polymorphism in Relation to Beef Cattle Carcass Quality. *Russian Agricultural Sciences.* 2020;46(3):53-57. <https://doi.org/10.3103/S1068367420030155>
9. Plakhtyukova V., Selionova M. Influence of CAPN1 and GH Genotypes on Meat Productivity Indicators of Kazakh White-Headed Cattle. Muratov A., Ignateva S., editors. *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2021).* AFE 2021. Lecture Notes in Networks and Systems. Vol. 354. Cham : Springer; 2022. p. 339-346. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-91405-9\\_37](https://doi.org/10.1007/978-3-030-91405-9_37)
10. Моисейкина Л.Г., Убушиева А.В., Убушиева В.С. Сравнительный анализ фенотипических данных и генетической структуры популяции крупного рогатого скота калмыцкой породы. *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет).* 2022;(4):167-174. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2022-65-4-167-174>  
Moiseikina L.G., Ubushieva A.V., Ubushieva V.S. Comparative Analysis of Phenotypic Data and Genetic Structure of the Kalmyk Cattle Breed Population. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University).* 2022;(4):167-174. (In Russ.). <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2022-65-4-167-174>
11. Ubushieva A.V., Chimidova N.V., Turdumamov B.M., Boraeva L.N. Monitoring of the Gene Pool of Kalmyk Breed Cattle. *Socio-economic and Environmental Aspects of the Development of the Caspian Region : materials of the International Scientific and Practical Conference.* 2019;395-398
12. Chimidova N., Ubushieva A., Moiseikina L., Ubushieva V., Kalugina O., Kedeeva O. The Influence of Genetic Markers on the Productive Qualities of Young Kalmyk Breed. Zokirjon Ugli K.S., Muratov A., Ignateva S., editors. *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2022).* AFE 2023. Lecture Notes in Networks and Systems. 2024;733:401-409. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-37978-9\\_43](https://doi.org/10.1007/978-3-031-37978-9_43)
13. Zhang H.M., Brown D.R., Denise S.K., Ax R.L. Nucleotide Sequence Determination of a Bovine Somatotropin Allele. *Animal Genetics.* 1992;23:578. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.1992.tb00192.x>
14. Stolpovsky Y.A., Piskunov A.K., Svishcheva G.R. Genomic Selection. *Latest Trends and Possible Ways of Development.* *Russian Journal of Genetics.* 2020;56(9):1044-1054. <https://doi.org/10.1134/S1022795420090114>

15. Zalewska M., Puppel K., Sakowski T. Associations Between Gene Polymorphisms and Selected Meat Traits in Cattle-a Review. *Animal Bioscience*. 2021;34(9):1425-1438. <https://doi.org/10.5713/ab.20.0672>
16. Dubovskova M.P. Breeding Peculiarities of Hereford Cattle of the Dmitrievsky Intra-breed Type of the North Caucasian Population, Taking Into Account the Polymorphism of GH (L127v) and LEP/A80V. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020;(4):85-95. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-103-4-85>
17. Selionova M.I., Chizhova L.N., Dubovskova M.P., Surzhikova E.S., Kononova L.V., Sharko G.N. Features of Polymorphism of Growth Hormone (GH) and Calpain (CAPN1) Genes in Breeding Bulls of Beef Breeds. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2017;(2):65-72.
18. Михалюк А.Н. Сравнительная оценка генов соматотропина (GH) и диацилглицерол-о-ацилтрансферазы 1 (DGAT1) на показатели молочной продуктивности коров красной белорусской породной группы и коров белорусской черно-пестрой породы. *The Scientific Heritage*. 2020;(57-1):5-10.  
Mikhalyuk A.N. Comparative Assessment of the Influence of Somatotropin (GH) and Diacylglycerol-O-Acyltransferase 1 (DGAT1) Genes on the Milk Productivity Indicators of Cows of the Red Belarusian Breed Group and Cows of the Belarusian Black-and-White Breed. *The Scientific Heritage*. 2020;(57-1):5-10. (In Russ.).
19. Макаев Ш.А., Герасимов Н.П. Влияние полиморфизмов GH L127v и GHR F279Y на оценку по комплексу признаков бычков казахской белоголовой породы. *Молочное и мясное скотоводство*. 2024;(1):17-21. <https://doi.org/10.33943/MMS.2024.48.70.003>  
Makaev Sh.A., Gerasimov N.P. Influence of GH L127v and GHR F279Y Polymorphisms on the Evaluation of a Complex of Traits of Kazakh White-Headed Bulls. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2024;(1):17-21. (In Russ.). <https://doi.org/10.33943/MMS.2024.48.70.003>
20. Dzhulamanov K.M., Gerasimov N.P. Effects of GH L127v and TG5 C422T Polymorphisms on the Hormonal Profile, Slaughter Traits, and Meat Quality of Hereford Bulls. *Veterinary World*. 2024;17(8):1920-1927. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2024.1920-1927>

## Сведения об авторах

### Убушиева Алтана Вадимовна –

кандидат биологических наук, старший преподаватель, Калмыцкий государственный университет им. Б. Б. Городовикова, Элиста, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-9916-7972>

SPIN-код: 7219-0185

[ameli-altanas@mail.ru](mailto:ameli-altanas@mail.ru)

### Генджиев Александр Ялмтаевич –

кандидат ветеринарных наук, доцент, Калмыцкий государственный университет им. Б. Б. Городовикова, Элиста, Россия

<https://orcid.org/0009-0005-3946-689X>

SPIN-код: 6864-1547

[gend-alex08@mail.ru](mailto:gend-alex08@mail.ru)

### Убушиева Виктория Саналовна –

ассистент, Калмыцкий государственный университет им. Б. Б. Городовикова, Элиста, Россия

<https://orcid.org/0000-0003-0320-7771>

SPIN-код: 1991-8614

[vicki\\_93g@mail.ru](mailto:vicki_93g@mail.ru)

## About the authors

### Altana V. Ubushieva –

Cand. Sci. (Biol.), Senior Lecturer, Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov, Elista, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-9916-7972>

[ameli-altanas@mail.ru](mailto:ameli-altanas@mail.ru)

### Alexander Ya. Gendzhiev –

Cand. Sci. (Vet.), Assoc. Prof., Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov, Elista, Russia

<https://orcid.org/0009-0005-3946-689X>

[gend-alex08@mail.ru](mailto:gend-alex08@mail.ru)

### Victoria S. Ubushieva –

Assistant, Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov, Elista, Russia

<https://orcid.org/0000-0003-0320-7771>

[vicki\\_93g@mail.ru](mailto:vicki_93g@mail.ru)

**Чимидова Надежда Васильевна –**

кандидат биологических наук, доцент, Калмыцкий  
государственный университет им. Б. Б. Городовико-  
ва, Элиста, Россия

<https://orcid.org/0000-0003-3043-091X>

SPIN-код: [3221-7432](#)

[nadezhdatchimidova@yandex.ru](mailto:nadezhdatchimidova@yandex.ru)

**Дорджиева Байрта Борлыковна –**

студентка 4 курса, Калмыцкий государственный  
университет им. Б. Б. Городовикова,  
Элиста, Россия

SPIN-код: [6892-3120](#)

**Nadezhda V. Chimidova –**

Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof., Kalmyk State University  
named after B. B. Gorodovikov, Elista, Russia

<https://orcid.org/0000-0003-3043-091X>

[nadezhdatchimidova@yandex.ru](mailto:nadezhdatchimidova@yandex.ru)

**Bairta B. Dordzhieva –**

student, Kalmyk State University  
named after B. B. Gorodovikov, Elista, Russia