

DOI 10.18699/vjgb-24-47

История, современное состояние и генетическая характеристика локальных пород крупного рогатого скота Республики Казахстан

А.К. Хамзина ¹, А.А. Юрченко ², Н.С. Юдин ², П.Ш. Ибрагимов ¹, Е.С. Усенбеков ¹, Д.М. Ларкин ³ ¹ Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан² Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия³ Королевский ветеринарный колледж, Университет Лондона, Лондон, Великобритания dmlarkin@gmail.com

Аннотация. В этой работе мы представляем обзор истории происхождения, текущего состояния и генетических особенностей пород крупного рогатого скота (КРС) Казахстана. Отражена информация о современном состоянии разведения, в том числе о пяти наиболее популярных локальных породах: казахской белоголовой, аулиекольской, алатауской, аулиеатинской и калмыцкой – в рамках их производственной и экономической значимости. Приведен обзор генетических исследований по этим породам, направленных на выявление их уникальных характеристик, генетического разнообразия и генов, находящихся под давлением отбора, а также ДНК-маркеров экономически важных и продуктивных признаков казахстанских пород КРС. Представлены также оригинальные данные по особенностям генетической структуры казахской белоголовой и алатауской пород на основе результатов полногеномного генотипирования однонуклеотидных полиморфизмов. Описаны уникальные генетические компоненты, характеризующие эти породы КРС Казахстана, и проведено их сравнение с генетической структурой популяций этих же и других пород из Российской Федерации. Структурный анализ показал, что казахская белоголовая порода содержит генетические компоненты герфордской и калмыцкой пород, а также алтайского скота. Алатауская порода имеет композитную структуру и содержит компоненты бурой швицкой, браунви, калмыцкой и голштинской пород. Результаты демонстрируют генетическое разнообразие и особенности пород КРС Казахстана, развитие и текущее состояние скотоводства в стране, а также подчеркивают необходимость более детальных исследований для выявления генетических маркеров адаптации и экономически важных признаков местных пород.

Ключевые слова: крупный рогатый скот; породы; история; Казахстан; генетическая характеристика; однонуклеотидный полиморфизм.

Для цитирования: Хамзина А.К., Юрченко А.А., Юдин Н.С., Ибрагимов П.Ш., Усенбеков Е.С., Ларкин Д.М. История, современное состояние и генетическая характеристика локальных пород крупного рогатого скота Республики Казахстан. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2024;28(4):416-423. DOI 10.18699/vjgb-24-47

Финансирование. Работа выполнена в рамках проекта грантового финансирования по научным и (или) научно-техническим проектам на 2023–2025 годы (Министерство науки и высшего образования Республики Казахстан) АР19674808 «Создание генетических паспортов и изучение генетики локальных Казахстанских пород крупного рогатого скота с использованием полногеномного секвенирования».

History, status and genetic characteristics of native cattle breeds from the Republic of Kazakhstan

А.К. Khamzina ¹, А.А. Yurchenko ², N.S. Yudin ², P.Sh. Ibragimov ¹, Y.S. Ussenbekov ¹, D.M. Larkin ³ ¹ Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan² Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia³ Royal Veterinary College, University of London, London, United Kingdom dmlarkin@gmail.com

Abstract. This work provides a comprehensive review of the history, status, and genetic characteristics of cattle breeds in Kazakhstan. The current breeding status is analysed, including information on popular breeds such as Kazakh white-headed, Auliekol, Alatau, Aulieata, and Kalmyk, their production and economic significance. An overview of genetic studies using DNA fingerprinting, microsatellites, and SNPs aimed at identifying unique characteristics, genetic diversity, and genes under selection, as well as markers of economically important and productive traits of Kazakh cattle breeds, is also provided. The study examined the genetic structure of the Kazakh white-headed and Alatau breeds based on whole-genome SNP genotyping. Unique genetic components characterizing Kazakhstan cattle breeds were described, and comparisons were made with genetic data from other breeds. Structural analysis showed that the Ka-

zakh white-headed breed contains genetic components of the Hereford, Kalmyk, and Altai cattle. The Alatau breed has a composite structure, containing components of the Brown Swiss, Braunvieh, Kalmyk, and Holstein breeds. The results not only reveal the genetic diversity and characteristics of cattle breeds in Kazakhstan and the historical development and current state of animal husbandry in the country, but also emphasize the importance of further research to identify adaptive and unique genetic markers affecting economically important traits of local breeds.

Key words: cattle; breeds; history; Kazakhstan; genetic characteristics; single nucleotide polymorphism.

For citation: Khamzina A.K., Yurchenko A.A., Yudin N.S., Ibragimov P.Sh., Ussenbekov Y.S., Larkin D.M. History, status and genetic characteristics of native cattle breeds from the Republic of Kazakhstan. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii* = *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2024;28(4):416-423. DOI 10.18699/vjgb-24-47

Введение

Более 10000 лет крупный рогатый скот (КРС) является важным элементом сельского хозяйства и производства продуктов питания (Аргынбаев, 1969; Дахшлейгер, 1980). Первые упоминания о скотоводстве на территории Казахстана относятся к ботайской культуре эпохи бронзы (III–II в. до н. э.). Изучение костных останков свидетельствует о том, что стада включали в себя в основном лошадей, но также были обнаружены и останки мелкого и крупного рогатого скота (Adilova, Pyassov, 2018). В последующий период (с XV по XVII в.) в Казахском ханстве отмечается разведение КРС в ограниченных количествах (Ratchnevsky, 1993; Allsen, 2001). До второй половины XIX–начала XX в. казахи занимались по большей части кочевой формой ведения сельского хозяйства (Фризен, 2022). Кочевое скотоводство имело экстенсивный характер, при котором использовались обширные пастбищные территории, а не интенсивные методы ведения сельского хозяйства на ограниченной территории. Использовались пастбища, где скот находился круглый или почти круглый год на подножном естественном корме. Это определяло и состав стада, которое могло включать только животных, способных тебеневать (питаться подножным кормом зимой) (Диаров, 1963; Аргынбаев, 1969). В первую очередь это были лошади и овцы, составлявшие большую часть стада кочевников (Диаров, 1963; Толыбеков, 1971). В XIX в. из-за социальноэкономических изменений начали развиваться и новые формы хозяйства, такие как полукочевое скотоводство и земледелие.

Отличительной чертой полукочевого скотоводства было то, что оно совмещалось с земледелием (Толыбеков, 1971). Сенокос и занятие земледелием связаны с увеличением доли КРС в кочевом хозяйстве казахов. КРС стал основной тяговой силой при таком ведении хозяйства. Еще одно обстоятельство, способствовавшее разведению КРС в Казахстане, – это появление рынка для сбыта мяса (Толыбеков, 1971).

Казахстан – обширная центральноазиатская страна, известная своими разнообразными ландшафтами от степей до гор, сформировала породы КРС, отвечающие конкретным потребностям человека и адаптированные к местным условиям окружающей среды. Казахские породы КРС разводили таким образом, чтобы они могли обитать в суровых, зачастую экстремальных условиях этой страны, при этом обладали достаточно высокой продуктивностью (Диаров, 1963).

Современные местные породы КРС характеризуются своей адаптируемостью, устойчивостью и способностью обеспечивать население необходимыми ресурсами, таки-

ми как мясо, молоко и шкуры (Казкенова, Айнаканова, 2016). Эти породы – важнейшее достояние Казахстана и всего мира. Поэтому необходимо изучать их уникальную генетику для последующего улучшения, а также для создания новых коммерческих пород, способных сохранять выдающиеся свойства в суровом резко континентальном степном климате Казахстана и других стран.

В настоящей работе проведен обзор литературы, описывающей современные породы КРС Казахстана, их коммерческие свойства и генетические особенности, а также представлены данные по генетической структуре популяций двух пород, казахской белоголовой и алатауской, по результатам полногеномного генотипирования образцов этих пород из Казахстана и Российской Федерации и их сравнения с другими породами.

Текущий статус, ареал распространения и описание пород

По данным Бюро национальной статистики Республики Казахстан, на 1 марта 2023 г. (www.stat.gov.kz) общая численность скота в регионах составляет свыше 10 млн голов (рис. 1). Этот показатель выше данных предыдущих лет и свидетельствует о положительной динамике роста на ~4 % в год.

В стране разводят 23 породы КРС, зарегистрированные в информационно-аналитической системе Казахстана (www.plem.kz), включая четыре породы, которые получены в результате скрещивания завезенных пород с местным скотом и хорошо приспособлены к суровым климатическим условиям региона (алатауская, аулиеатинская, казахская белоголовая и аулиекольская) (Диаров, 1963; Тореханов и др., 2006). Эти породы имеют уникальные особенности, такие как адаптация к суровым климатическим условиям (экстремальные температуры) и ограниченному доступу к кормам (Тореханов и др., 2011), устойчивость к местным болезням и паразитам (Sattarova et al., 2023), высокая мясная и молочная продуктивность в условиях страны (Тореханов и др., 2011). Для создания этих пород использованы породы, ввезенные в Казахстан из других стран для улучшения экономических характеристик местного скота или адаптации к новым условиям содержания и выращивания (Kazhgaliyev et al., 2016; Zhumanov, Vaimukanov, 2020; Улимбашев и др., 2023).

Основные импортные породы, которые теперь успешно разводят в Казахстане, включают: калмыцкую породу, ангусов, герефордов, голштинскую, холмогорскую, лимузин, санта-гертруду и другие. По данным Республиканской палаты молочных и комбинированных пород КРС Казахстана (www.qazaqsut.kz), куда входят

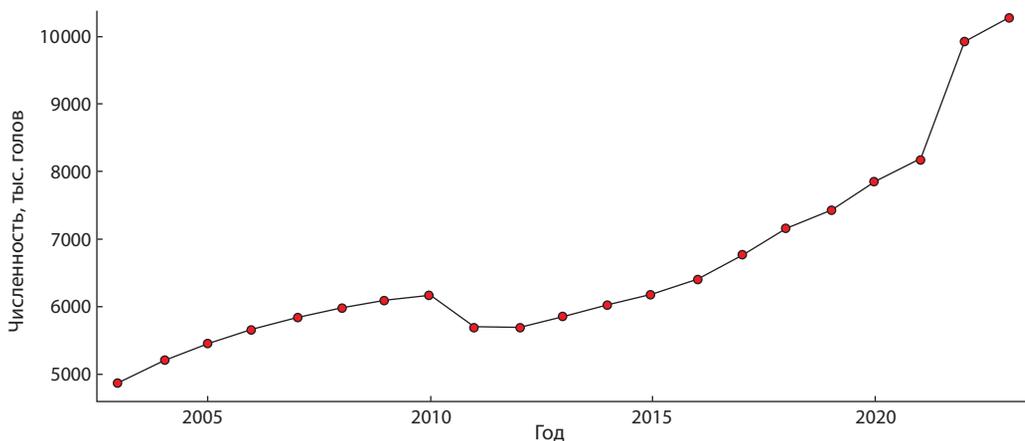


Рис. 1. Общая численность КРС в Республике Казахстан с 2003 по 2023 г. (www.stat.gov.kz).



Рис. 2. Породы крупного рогатого скота: а – алатауская; б – аулиеатинская; в – казахская белоголовая; з – аулиекольская; д – калмыцкая.

алатауская, аулиеатинская, голштинская, черно-пестрая и другие породы этого направления продуктивности, количество племенных заводчиков на 2023 г. составляет 628 хозяйств, а количество товарных – 1271 хозяйство. Большая часть численности скота молочного и комбинированного направления продуктивности приходится на симментальскую и голштинскую породы.

Алатауская порода КРС – мясомолочного направления продуктивности (рис. 2, а). Работа по выведению этой породы проводилась в 1930–1950 гг. в Киргизской ССР и южных областях Казахской ССР путем скрещивания местного скота с животными костромской и швицкой

пород (Нысанбаев, 2004). Животные этой породы приспособлены к обитанию в высокогорных районах; масть в основном бурая, разных оттенков. По состоянию на начало 2024 г. популяция племенного скота этой породы составляет около 7 тыс. голов, что на ~2.8 % выше предыдущего года (www.qazaqsut.kz). Эта порода преимущественно разводится в Алматинской и Туркестанской областях страны (www.gov.kz).

Алатауская порода КРС из Казахстана была предметом ряда исследований, направленных на улучшение ее разведения и выращивания. Так, А.Д. Ваймуханов с коллегами (Vaimukanov et al., 2021) сосредоточились на эффективном

разведении казахстанской популяции, в то время как С.К. Абугалиев с коллегами (2020) исследовали рост и развитие телок при различных технологиях выращивания.

Аулиеатинская порода – молочного направления продуктивности (см. рис. 2, б), была выведена в Киргизской и Казахской ССР путем скрещивания местного скота с голландским и последующего разведения помесей «в себе» (Нысанбаев, 2004), впервые была апробирована в 1952 г. Отличительная особенность породы – приспособленность к разведению в условиях жаркого климата и устойчивость к кровопаразитарным заболеваниям. Масть животных преимущественно черно-пестрая, встречается и светло-серая. Животные этой породы хорошо откармливаются. Порода характеризуется молочным типом телосложения, хорошо развитым выменем, правильно поставленными конечностями (Нысанбаев, 2004). На 2024 г. в Казахстане численность племенного скота аулиеатинской породы составляет около 1 тыс. голов (www.qazaqsut.kz), с основным разведением на юге страны (www.gov.kz).

Казахская белоголовая порода – мясного направления продуктивности, была выведена в СССР в 1930–1940 гг. (см. рис. 2, в), а официально она апробирована в 1950 г. Селекцию проводили путем сложного воспроизводительного скрещивания маточного поголовья местного казахского и частично калмыцкого скота с быками герефордской породы, в результате чего скот приобрел лучшие качества всех этих животных: высокую адаптационную способность, крепость конституции, скороспелость и большой выход мяса (Porter, 2016). Масть животных красная, различной интенсивности, с белыми головой, грудью, брюхом, нижней частью конечностей и кистью хвоста. Бывают животные с белыми отметинами на холке и крестце, передняя часть развита лучше задней; волосяной покров густой и короткий летом, а зимой длинный, чуть курчавый (Dmitriev, Ernst, 1989; Нысанбаев, 2004). Общая численность племенного скота казахской белоголовой породы на 2022 г. составляла около 500 тыс. голов, в том числе около 200 тыс. коров (www.gov.kz). Порода разводится по всей стране, но наиболее многочисленная популяция находится в Восточно-Казахстанской области. Казахская белоголовая порода КРС вносит значительный вклад в производство говядины в Казахстане (Vozymov, 2018).

Аулиекольская порода создана путем сложного воспроизводительного скрещивания трех специализированных мясных пород: казахской белоголовой, шаролезской и абердин-ангусской (см. рис. 2, з). В соответствии с международной классификацией относится к крупным породам мясного скота. Зарегистрирована в 1992 г. (Нысанбаев, 2004). Порода районирована преимущественно в Костанайской области, осуществлялся также завоз в хозяйства Павлодарской, Северо-Казахстанской, Алматинской и Карагандинской областей. По состоянию на 2022 г. численность племенного скота аулиекольской породы составляла около 70 тыс. голов, из них приблизительно 33 тыс. коров (www.gov.kz). Специализированная мясная аулиекольская порода характеризуется хорошей скороспелостью, высоким выходом и качеством мяса, высокой энергией роста, приспособленностью к местным условиям. Масть животных – светло-серая, 70 % поголовья – комолые. Животные имеют крепкую конституцию, зимой

обрастают густым волосяным покровом и хорошо приспособлены к суровым природно-климатическим условиям, резко континентальному климату (Нысанбаев, 2004). Летом они быстро нагуливаются, легко переносят жару, а зимой не боятся морозов, находясь вне помещений.

Калмыцкая порода – мясного направления продуктивности, разводится в Казахстане с XVII в. (см. рис. 2, д). Она была привнесена кочевыми калмыцкими племенами более 350 лет назад из западной части Монголии и Китая (Бичурин, 1991; www.qalmaq.kz). Окончательное формирование калмыцкой породы происходило в условиях кочевого хозяйства при круглогодичном пастбищном содержании животных. Коровы калмыцкой породы, как правило, средних размеров и компактного телосложения (Нармаев, 1963). Масть животных красная, с белыми отметинами на голове, брюхе или конечностях. В зимний период коровы калмыцкой породы обрастают густой шерстью. На 2022 г. общая численность племенного скота калмыцкой породы составляла около 23 тыс. голов, в том числе около 15 тыс. коров. Калмыцкую породу преимущественно разводят в Жамбылской и Туркестанской областях Казахстана (www.gov.kz).

Калмыцкая порода КРС, относящаяся к группе тура-но-монгольских пород (Yurchenko et al., 2018a), обладает высокими адаптивными способностями и сходными производственными и репродуктивными характеристиками с монгольской породой (Fedotova et al., 2020). Производительность калмыцких бычков варьирует в зависимости от методов разведения, при этом бычки калмыцкой породы бурятской селекции отличаются более высокой живой массой по сравнению с бычками калмыцкой и ростовской селекции (Лумбунов, Гармаев, 2021).

Генетическая характеристика пород КРС Казахстана

Молекулярно-генетические исследования казахстанских пород КРС до настоящего времени проводили с использованием ДНК-фингерпринтинга, микросателлитов, SNP-маркеров. Эти ДНК-маркеры обладают высокой информативностью и вариабельностью для изучения генетического разнообразия. Однако в большинстве случаев в анализ включается достаточно ограниченное число маркеров, что не обеспечивает полного анализа генома животных.

Структура популяции. Анализ генотипов трех пород КРС Казахстана (Терлецкий и др., 2019), алатауской, казахской белоголовой и аулиекольской, выполняли методом ДНК-фингерпринтинга с использованием ДНК-зондов, которые выявили высокую степень генетического сходства животных аулиекольской породы ($BS = 0.64$), у алатауской породы ($BS = 0.54$), и наименьшую – у казахской белоголовой породы ($BS = 0.51$). Генетическое расстояние между казахской белоголовой и аулиекольской породами было наименьшим ($D = 0.025$), что подтверждает их известное генетическое родство. Алатауская порода демонстрировала наивысшее расстояние от казахской белоголовой и аулиекольской пород ($D = 0.055$ и 0.060 соответственно). Значения гетерозиготности (H) выше у казахской белоголовой породы (0.54), что превышает значение у аулиекольской (0.38), подтверждая более высокую генетическую вариабельность первой породы (Терлецкий и др., 2019).

Анализ 12 микросателлитных локусов показал родство казахской белоголовой породы с породой герефорд, что связано с использованием быков герефордской породы для ее создания (Shamshidin et al., 2019; Abdelmanova et al., 2021). Это подтверждается и данными полногеномного генотипирования 154 тыс. SNP-маркеров, животные казахской белоголовой породы российской селекции образовали кластер как при анализе главных компонент (PCA), так и при структурном и филогенетическом анализе с породой герефорд (Yurchenko et al., 2018b; Юдин, Ларкин, 2019; Beishova et al., 2022a). Однако при этом казахская белоголовая порода обладала высоким уровнем генетического разнообразия и сохранила заметную долю турано-монгольских генетических компонентов, которые, скорее всего, имеют происхождение от местного казахского скота и калмыцкой породы.

Кластеризация SNP-маркеров выявила генетическое родство алатауской породы с костромской, бурой швицкой и породой браунви, что подтверждает известную историю формирования алатауской и костромской пород (Юдин, Ларкин, 2019). Из аллелей микросателлитов, обнаруженных у музейного калмыцкого скота, более 80 % присутствовали и у современных представителей породы (Abdelmanova et al., 2021).

В результате полногеномного генотипирования SNP-маркеров было установлено генетическое родство между калмыцкой породой и сербской породой буша (Iso-Touru et al., 2016). В свою очередь, аулиекольская порода проявила гетерогенность при использовании SNP-генотипирования 154 тыс. маркеров, формируя собственный кластер генетического разнообразия в анализе главных компонент (PCA) и структурном анализе (ADMIXTURE) (Beishova et al., 2022a).

Были также изучены распределение и частота участков гомозиготности (ROH) в геномах казахской белоголовой и аулиекольской пород КРС (Beishova et al., 2022b). В этом исследовании обнаружено, что казахская белоголовая порода имела большее количество ROH (55.976) по сравнению с аулиекольской породой (13.137). Расчет средней длины ROH показал различия между значениями у казахской белоголовой (211.59 ± 92.98 Мб) и аулиекольской (99.62 ± 46.48 Мб) пород.

Гены под давлением отбора. При анализе генетических следов селекции у казахской белоголовой породы были идентифицированы районы генов *KIT*, *KITLG* и *EDN3*, ассоциированные с белой, чалой окраской шерсти и фенотипом «белая голова» соответственно (Юдин, Ларкин, 2019). Анализ частот гаплотипов данных полногеномного генотипирования показал, что у казахской белоголовой породы наблюдаются сигналы на хромосоме 6, в районе генов *LCORL-NCAPG*, ассоциированном с рядом признаков роста у КРС (среднесуточный привес, развитие мышц и признаки туши). Обнаружен отбор и в интервале на хромосоме 14, содержащем ген *DGATI*, который вносит вклад в жирность молока.

Ген *FKBP2*, ассоциированный с выходом и содержанием белка в молоке, также оказался в районе под отбором у казахской белоголовой породы. У калмыцкой породы районы под отбором находились в области гена *HMG2A2*, который ассоциируется с ростом у КРС, и гена *TRPV5*,

связанного с гипокальциемией и послеродовым парезом у КРС (Yurchenko et al., 2018b). У калмыцкой породы, а также у других российских пород обнаружено, что ген *RAD52* подвергался давлению отбора. Этот ген связан с репарацией ДНК и участвует в процессах противовирусной защиты (Юдин, Ларкин, 2019).

Генетические маркеры экономически важных признаков. Анализ ассоциации генотипов по генам кальпаина (*CAPNI*) и соматотропного гормона (*GH*) с признаками продуктивности выявил, что животные казахской белоголовой породы, гомозиготные по локусам *CAPNI* (CC) и *GH* (VV), достоверно превосходят животных без аллелей C и V по таким признакам, как «молочная продуктивность», «среднесуточный прирост массы тела», «предубойная масса тела», «убойная масса», «масса туши», «масса мякоти», «химический состав и гистологические показатели мяса» (Plakhtukova et al., 2020). Генетические маркеры, такие как антигены групп крови A1, A2, D', W, V и Z, были идентифицированы у калмыцкой породы, что потенциально может иметь значение для селекции и разведения (Chimidova et al., 2022).

Исследование коров аулиеатинской породы в Южном Казахстане в сравнении с другими породами обнаружило высокую встречаемость у животных гена каппа-казеина (*κ-Cn*, *CSN3*) с генотипами АВ и ВВ, а также более частую встречаемость аллеля В, важного для сыроделия. Филогенетический анализ выявил, что животные аулиеатинской породы наиболее близки к немецкому черно-пестрому скоту и входят с ним в общий кластер. Хотя аллели черно-пестрой породы редки у аулиеатинской породы, они положительно коррелируют с уровнем удоев за 305-дневный период лактации (Алентаев, 2010).

Популяционно-генетический анализ казахской белоголовой и алатауской пород

Для проведения этого анализа были использованы образцы крови алатауской породы (40 особей) из ТОО «Какпатас» Жамбылской области; 53 образца крови казахской белоголовой породы из крестьянского хозяйства «Агро Балтабай» Алматинской области; 25 образцов волосяных луковиц получены в крестьянском хозяйстве «Елимай» Восточно-Казахстанской области. Генотипирование образцов ДНК казахской белоголовой и алатауской пород проводили с использованием биочипа BovineSNP50 v.3 (Illumina, США) в соответствии с протоколом производителя в ООО «Мираторг-Генетика». Результаты генотипирования этих двух пород казахстанской селекции были объединены с данными генотипирования алтайского скота и близкородственных пород из России (Yurchenko et al., 2018a) с помощью программы PLINK v. 1.9 (Purcell et al., 2007). Структурный анализ объединенных данных генотипирования 389 особей выполняли с помощью программы fastSTRUCTURE (Raj et al., 2014).

Анализ генетической структуры (рис. 3) популяций казахской белоголовой и алатауской пород КРС казахстанской селекции в контексте этих пород из России и близких пород показывает разделение групп пород на две основные популяции при заданном количестве популяций $K = 2$.

В первую группу входит герефордская порода, а во вторую – бурая швицкая порода. Остальные породы

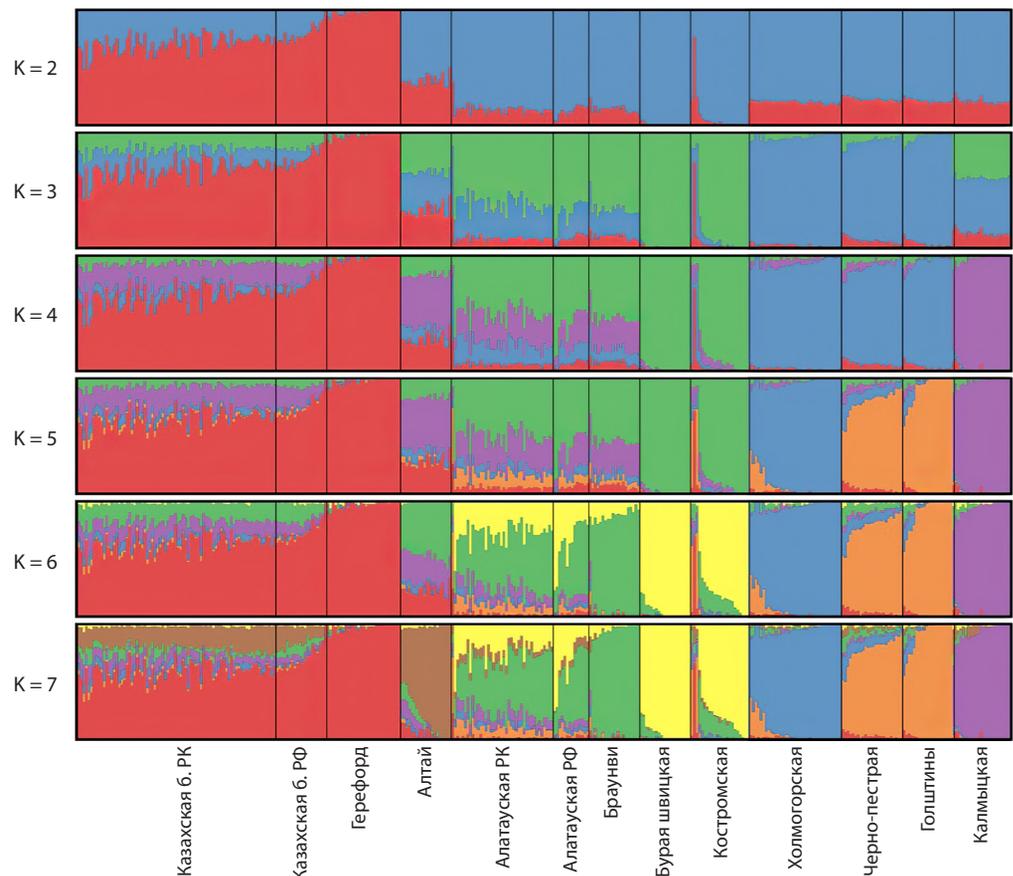


Рис. 3. Генетическая структура казахстанских и других евразийских пород КРС.

Казахская б. РК – казахская белоголовая порода из Республики Казахстан; Казахская б. РФ – казахская белоголовая порода из Российской Федерации; Алтай – алтайский скот; Алатауская РК – алатауская порода из Республики Казахстан; Алатауская РФ – алатауская порода из Российской Федерации. Показаны результаты кластеризации популяций программой fastSTRUCTURE от K = 2 до K = 7.

имеют преимущественно либо компоненты герефордов (казахская белоголовая российской и казахстанской селекций), либо компоненты бурой швицкой (алтайский скот, холмогорская, черно-пестрая, голштиньи, калмыцкая, алатауская казахстанской и российской селекций, браунви, костромская).

При $K = 3$ появляется компонент бурой швицкой и костромской пород, который выделяет группу близких пород (бурая швицкая, костромская, браунви и алатауская порода казахстанской и российской селекций). Становится отчетливым кластер молочных пород: холмогорской, черно-пестрой и голштинов. Алтайский скот и калмыцкая порода выглядят как гибридные популяции. При $K = 4$ калмыцкая порода формирует отдельный кластер, ее уникальный компонент прослеживается у казахской белоголовой породы, алтайского скота, а также алатауской породы и браунви. При $K > 5$ этот компонент у породы браунви исчезает. При $K = 5$ холмогорская порода отделяется от общего кластера с голштинами и черно-пестрой породой. При $K = 6$ обнаруживается структура алатауской породы, которая является композитной и имеет компоненты бурой швицкой (костромской), браунви, калмыцкой и голштинской (черно-пестрой) пород.

Близость к костромской и швицкой породам, по-видимому, объясняется происхождением алатауской породы.

Животные алатауской породы казахстанской селекции имеют чуть более выраженный компонент голштинского скота и калмыцкой породы по сравнению с российской популяцией. поголовье казахстанской селекции этой породы увеличилось с ~500 до 7 тыс. голов за последние 10 лет. Таким образом, наблюдаемые различия могут объясняться эффектом «бутылочного горлышка» и генетическим дрейфом. При $K = 7$ алтайский скот формирует отдельный кластер, компонент которой присутствует у казахской белоголовой породы. Таким образом, казахская белоголовая имеет выраженный компонент герефордской породы, калмыцкого и алтайского скота. Алтайский скот, вероятно, близок по генетике к исконному казахскому скоту, использованному при получении казахской белоголовой породы. Казахская белоголовая порода казахстанской селекции в среднем имеет меньший компонент герефордов и больший компонент алтайского и калмыцкого скота по сравнению с казахской белоголовой породой российской селекции.

В последнее десятилетие в Казахстане проводится активная работа по учету и сохранению локальных пород скота, включая казахскую белоголовую породу (www.aqbas.kz). Одной из целей этой программы является постепенное сокращение использования инвазивных пород при разведении локальных. Возможно, данная стратегия

снизила долю генетики герефорда в популяции казахской белоголовой породы казахстанской селекции по сравнению с популяцией из России. В целом анализ генетической структуры этих пород КРС подчеркивает важность сохранения и поддержания их генетического разнообразия для обеспечения устойчивости и адаптивности к изменяющимся условиям окружающей среды и потребностям животноводства.

Заклучение

За время долгой истории животноводства в Казахстане были выведены уникальные породы, адаптированные к его климатическим и экологическим условиям, которые играют решающую роль в животноводческом секторе страны. Молекулярно-генетические исследования показывают их близость не только с европейскими породами, но и с группой турано-монгольских пород. Недавние работы по ДНК-фингерпринтингу, микросателлитам и SNP-маркерам демонстрируют, что КРС Казахстана необходимо исследовать более детально для выявления адапционных и уникальных генетических маркеров экономически важных признаков местных пород. Наиболее перспективными подходами могут быть полногеномное секвенирование основных пород КРС Казахстана и сравнение с геномами пород со всего мира. Акцент на сохранении генетического разнообразия казахстанских пород КРС согласуется с глобальными усилиями по поддержанию биоразнообразия локальных популяций домашних животных.

Список литературы / References

- Абугалиев С.К., Бупебаева Л.К., Байбатырова М.А., Маткеримов Н.К., Маткеримова К.Г. Рост и развитие телок алатауской породы при разных технологиях выращивания. *Главный зоотехник*. 2020;(6):43-49. DOI 10.33920/sel-03-2006-06 [Abugaliev S.K., Vupebaeva L.K., Bayбатырова M.A., Matkerimov N.K., Matkerimova K.G. The growth and development of heifers of Alatau breed at different technologies of rearing. *Glavnyy Zootekhnik = Head of Animal Breeding*. 2020;(6):43-49. DOI 10.33920/sel-03-2006-06 (in Russian)]
- Алентаев А. Повышение эффективности селекции аулиеатинского скота с использованием мирового генофонда в условиях Южного Казахстана. Шымкент, 2010 [Alentayev A. Increase of the Efficiency of Aulieata Cattle Breeding in Southern Kazakhstan by Using the World Gene Pool. Shymkent, 2010 (in Russian)]
- Аргынбаев Х. Қазақтың мал шаруашылығы жайында этнографиялық очерк (Этнографические очерки по скотоводству казахов). Алматы, 1969 [Argynbayev Kh. Ethnographic Essays on Kazakh Cattle Breeding. Almaty, 1969 (in Kazakh)]
- Бичурин Н.Я. Историческое обозрение ойратов или калмыков с XV столетия до настоящего времени. Элиста, 1991 [Bichurin N.Ya. Historical Overview of the Oirats, or Kalmyks, from the 15th Century to the Present. Elista, 1991 (in Russian)]
- Бюро национальной статистики Казахстана. Официальный сайт. Доступно по: www.stat.gov.kz [Bureau of National Statistics of Kazakhstan. Official Site. Available at: www.stat.gov.kz]
- Дахшлейгер Г. Хозяйство казахов на рубеже XIX–XX веков: Материалы к историко-этнографическому атласу. Алма-Ата, 1980 [Dakhshleyger G. Economy of the Kazakhs at the Turn of the 19th–20th Centuries: Materials for the Historical and Ethnographic Atlas. Alma-Ata, 1980 (in Russian)]
- Днарлов К. Животноводство Казахстана. Алма-Ата, 1963 [Diarov K. Livestock Farming in Kazakhstan. Alma-Ata, 1963 (in Russian)]
- Казкенова А., Айнаканова Б. Современное состояние молочного скотоводства Монголии и Республики Казахстан. *Mongolian Journal of Agricultural Sciences*. 2016;14(1):125-129. DOI 10.5564/mjas.v14i1.592 [Kazkenova A., Ainakanova B. Current state of dairy cattle breeding in Mongolia and the Republic of Kazakhstan. *Mongolian Journal of Agricultural Sciences*. 2016;14(1):125-129. DOI 10.5564/mjas.v14i1.592 (in Russian)]
- Лумбунов С.Г., Гармаев Б.Д. Мясная продуктивность бычков калмыцкой породы разной селекции. *Главный зоотехник*. 2021;(11):31-46. DOI 10.33920/sel-03-2111-04 [Lumbunov S.G., Garmaev B.D. Beef productivity of differently bred steers of the Kalmyk breed. *Glavnyy Zootekhnik = Head of Animal Breeding*. 2021;(11):31-46. DOI 10.33920/sel-03-2111-04 (in Russian)]
- Нысанбаев А.Н. Казахстан. Национальная энциклопедия. Алматы, 2004 [Nysanbaev A.N. Kazakhstan. National Encyclopedia. Almaty, 2004 (in Russian)]
- Республиканская палата калмыцкой породы. Официальный сайт. Доступно по: www.qalmaq.kz [The Republican Chamber of the Kalmyk Breed. Official site. Available at: www.qalmaq.kz]
- Республиканская палата молочных и комбинированных пород КРС. Официальный сайт. Доступно по: www.qazaqsut.kz [The Republican Chamber of Dairy and Combined Breeds of Cattle. Official site. Available at: www.qazaqsut.kz]
- Республиканская палата казахской белоголовой породы. Официальный сайт. Доступно по: www.aqbas.kz [The Republican Chamber of Kazakh White-Headed Cattle Breed. Official site. Available at: www.aqbas.kz]
- Терлецкий В.П., Тыщенко В.И., Усенбеков Е.С. Генетические особенности казахских пород скота. *Эффективное животноводство*. 2019;(1):64-66. DOI 10.24411/9999-007A-2019-10015 [Terletsy V.P., Tyshchenko V.I., Usenbekov E.S. Genetic features of Kazakh cattle breeds. *Effektivnoye Zhivotnovodstvo = Efficient Livestock Farming*. 2019;(1):64-66. DOI 10.24411/9999-007A-2019-10015 (in Russian)]
- Толыбеков С. Кочевое общество казахов в XVII–начале XX века. Алма-Ата, 1971 [Tolybekov S. The Nomadic Society of Kazakhs in the 17th–early 20th Centuries. Alma-Ata, 1971 (in Russian)]
- Тореханов А., Каримов Ж., Даленов Ш., Найманов Д., Жазылбеков Н. Животноводство (Ірі қара шаруашылығы). Алматы, 2006 [Torekhanov A., Karimov J., Dalenov Sh., Naimanov D., Zhazylbekov N. Animal Husbandry. Almaty, 2006 (in Kazakh)]
- Тореханов А., Мусабаев Б., Таджиев К., Карымсаков Т. Научные достижения в области животноводства. Алматы, 2011 [Torekhanov A., Musabaev B., Tadzhiev K., Karymsakov T. Scientific Achievements in Animal Husbandry. Almaty, 2011 (in Russian)]
- Улимбашев М.Б., Гостева Е.Р., Краснова О.А., Коник Н.В., Тлецерук И.Р. Состояние мясных породных ресурсов крупного рогатого скота России (обзор). *Генетика и разведение животных*. 2023;(1):52-64. DOI 10.31043/2410-2733-2023-1-52-64 [Ulimbashev M., Gosteva E., Krasnova O., Konik N., Tletserek I. Condition of meat breed resources of cattle in Russia (review). *Genetika i Razvedenie Zhivotnykh = Genetics and Breeding of Animals*. 2023;(1):52-64. DOI 10.31043/2410-2733-2023-1-52-64 (in Russian)]
- Фризен Д.Я. К проблеме развития скотоводства и земледелия среди казахского населения Западно-Казахстанского региона на рубеже XIX–XX веков. *Вестн. Тюмен. гос. ун-та. Гуманитарные исследования. Humanitates*. 2022;8(1):241-252. DOI 10.21684/2411-197X-2022-8-1-241-252

- [Frizen D.Ya. On the problem of the development of cattle breeding and agriculture among the Kazakhs in the Western Kazakhstan at the turn of the XIX–XX centuries. *Vestnik Tyumenskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Gumanitarnye Issledovaniya. Humanitates = Tyumen State University Herald. Humanities Research. Humanitates*. 2022;8(1):241-252. DOI 10.21684/2411-197x-2022-8-1-241-252 (in Russian)]
- Электронное правительство Республики Казахстан. Министерство сельского хозяйства. Официальный сайт. Доступно по: www.gov.kz
[The Electronic Government of the Republic of Kazakhstan. Ministry of Agriculture. Official site. Available at: www.gov.kz]
- Юдин Н.С., Ларкин Д.М. Происхождение, селекция и адаптация российских пород крупного рогатого скота по данным полногеномных исследований. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2019;23(5):559-568. DOI 10.18699/VJ19.525
[Yudin N.S., Larkin D.M. Whole genome studies of origin, selection and adaptation of the Russian cattle breeds. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2019;23(5):559-568. DOI 10.18699/VJ19.525 (in Russian)]
- Abdelmanova A.S., Kharzinova V.R., Volkova V.V., Dotsev A.V., Sermyagin A.A., Boronetskaya O.I., Chinarov R.Y., Brem G., Zinovieva N.A. Analysis of genetic diversity of Kazakh white-headed cattle breed by microsatellites compare with ancestral breeds. In: Proceedings of the 1st International Electronic Conference on Biological Diversity, Ecology and Evolution, 15–31 March 2021. Basel, Switzerland: MDPI, 2021;9487. DOI 10.3390/BDEE2021-09487
- Adilova A.K., Ilyassov Sh.A. Development of cattle breeding in Kazakhstan in the Bronze Age. *Bull. Karaganda Univ.* 2018;1(89): 8-13
- Allsen T.T. *Culture and Conquest in Mongol Eurasia*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. DOI 10.1017/CBO9780511497445
- Baimukanov A.D., Artykovich Y.Y., Alexandrovich D.V., Amkhatovich M.T., Ablgazinovich A.K. Efficient breeding in Kazakhstan Alatau cattle breed population. *Am. J. Anim. Vet. Sci.* 2021;16(4): 318-326. DOI 10.3844/ajavsp.2021.318.326
- Beishova I., Dossybayev K., Shamshidin A., Belaya A., Bissembayev A., Khamzin K., Kovalchuk A., Nametov A. Population analysis and genetic structure of two Kazakh cattle breeds using 150K SNP. *HAYATI J. Biosci.* 2022a;29(3):301-309. DOI 10.4308/hjb.29.3.301-309
- Beishova I., Dossybayev K., Shamshidin A., Belaya A., Bissembayev A., Khamzin K., Kovalchuk A., Nametov A. Distribution of homozygosity regions in the genome of Kazakh cattle breeds. *Diversity*. 2022b;14(4):279. DOI 10.3390/d14040279
- Bozymov K. Zonal type of Kazakh white-headed breed of cattle in West Kazakhstan. Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2018
- Chimidova N.V., Moiseikina L., Ubushieva A.V., Khakhlinov A.I., Kedeeva O. Genetic structure of population of the Kalmyk breed cattle. *E3S Web Conf.* 2022;363:03025. DOI 10.1051/e3sconf/202236303025
- Dmitriev N.G., Ernst L.K. (Eds.). *Animal Genetic Resources of the USSR*. Rome: FAO of the United Nations, 1989
- Fedotova G.V., Slozhenkina M.I., Tsitsige, Natyrov A.K., Erendzhenova M.V. Comparative analysis of economic and biological features of Kalmyk and Mongolian cattle breeds. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 2020;548(8):082076. DOI 10.1088/1755-1315/548/8/082076
- Iso-Touru T., Tapio M., Vilkki J., Kiseleva T., Ammosov I., Ivanova Z., Popov R., Ozerov M., Kantanen J. Genetic diversity and genomic signatures of selection among cattle breeds from Siberia, eastern and northern Europe. *Anim. Genet.* 2016;47(6):647-657. DOI 10.1111/age.12473
- Kazhgaliyev N.Z., Shauyenov S.K., Omarkozhauy N., Shaikeno-va K.H., Shurkin A.I. Adaptability and productive qualities of imported beef cattle under the conditions of the Northern region of Kazakhstan. *Biosci. Biotechnol. Res. Asia*. 2016;13(1):531-538. DOI 10.13005/bbra/2065
- Plakhtukova V., Selionova M.I., Gladkikh M.Y., Kuznetsova O.V. Association of CAPN1 and GH genes with productivity traits in Kazakh Whiteheaded cattle. *E3S Web Conf.* 2020;224:04027. DOI 10.1051/e3sconf/202022404027
- Porter V., Alderson L., Hall S.J., Sponenberg D.P. *Mason's world encyclopedia of livestock breeds and breeding*. Volume 1 and Volume 2. CABI, 2016. DOI 10.1079/9781845934668.0000
- Purcell S., Neale B., Todd-Brown K., Thomas L., Ferreira M.A.R., Bender D., Maller J., Sklar P., de Bakker P.I.W., Daly M.J., Sham P.C. PLINK: A tool set for whole-genome association and population-based linkage analyses. *Am. J. Hum. Genet.* 2007;81(3):559-575. DOI 10.1086/519795
- Raj A., Stephens M., Pritchard J.K. fastSTRUCTURE: variational inference of population structure in large SNP data sets. *Genetics*. 2014;197(2):573-589. DOI 10.1534/genetics.114.164350
- Ratchnevsky P. *Genghis Khan: His Life and Legacy*. Hoboken, New Jersey: Wiley-Blackwell, 1993
- Sattarova R., Shynybaev K., Bakiyeva F., Stochkov V., Boranbayeva K., Zhanserkenova O., Kassymbekova S., Ibadullayeva A., Khamzina A. Metagenomic analysis and identification of epizootic strains of the causative agent of infectious bovine keratoconjunctivitis in Kazakhstan. *Int. J. Vet. Sci.* 2023;12(6):822-831. DOI 10.47278/journal.ijvs/2023.071
- Shamshidin A.S., Kharzhau A., Baimukanov D.A., Sermyagin A.A. Molecular genetic profile of Kazakhstan populations of cattle breeds. *Bull. Natl. Acad. Sci. Republic Kazakhstan*. 2019;6(382):154-162. DOI 10.32014/2019.2518-1467.157
- Yurchenko A., Yudin N., Aitnazarov R., Plyusnina A., Brukhin V., Soloshenko V., Lhasaranov B., Popov R., Paronyan I.A., Plemiyashov K.V., Larkin D.M. Genome-wide genotyping uncovers genetic profiles and history of the Russian cattle breeds. *Heredity*. 2018a; 120(2):125-137. DOI 10.1038/s41437-017-0024-3
- Yurchenko A.A., Daetwyler H.D., Yudin N., Schnabel R.D., Vander Jagt C.J., Soloshenko V., Lhasaranov B., Popov R., Taylor J.F., Larkin D.M. Scans for signatures of selection in Russian cattle breed genomes reveal new candidate genes for environmental adaptation and acclimation. *Sci. Rep.* 2018b;8(1):12984. DOI 10.1038/s41598-018-31304-w
- Zhumanov K., Baimukanov A. Dairy productivity of cows of the Holstein black-and-white cattle of the Kazakhstan population. *Rep. Natl. Acad. Sci. Republic Kazakhstan*. 2020;(6):109-114

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 21.03.2024. После доработки 16.04.2024. Принята к публикации 16.04.2024.