

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ СЕЛЕКЦИОННЫХ ГРУПП БЫЧКОВ КАЗАХСКОЙ БЕЛОГОЛОВОЙ ПОРОДЫ

А.С. Дуров

Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук, Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

E-mail: animal@sfsca.ru

Для цитирования: Дуров А.С. Использование кластерного анализа для оценки селекционных групп бычков казахской белоголовой породы // Вестник Университета биотехнологий. – 2026. – Т. 21, № 1. – С. 105–116. – DOI: 10.31677/3033-8433-2026-21-1-105-116.

Реферат. Объектом исследования являлись племенные животные казахской белоголовой породы, используемой для производства говядины в мясном скотоводстве. Цель работы – проведение хозяйственно-биологической оценки популяции животных казахской белоголовой породы в условиях Алтайского края. Проведена оценка бычков казахской белоголовой породы от рождения до 15 мес. Оцениваемые признаки: живая масса, относительный и среднесуточный прирост, оценка мясных форм, комплексный индекс. При сравнении животных были оценены генеалогические линии, распределение особей по ранговой продуктивности и соответствие этих групп параметрам выделенных кластеров. Кластерный анализ был проведен при использовании живой массы в 8 и 15 мес., комплексного индекса А. В каждой паре признаков выявлено распределение животных на 6 кластеров. Установлено, что характеристики животных большинства линий соответствуют кластерам, которые охватывают выборку особей со средним уровнем продуктивности. А при анализе распределения животных в зависимости от продуктивности установлено, что животные высокопродуктивной группы стремятся к значениям ядра кластера № 5, со средней продуктивностью кластера № 3, а низкопродуктивные – кластеров № 1 и 2. Кластерный анализ продуктивных качеств позволяет выявить фенотипически обособленные группы бычков в стадах казахской белоголовой породы. Оптимальные границы ядер кластеров, предназначенных для выделения лучших животных, находятся в следующих пределах: по живой массе в 8 мес. 303–345 кг, в 15 мес. 551–609, по комплексному индексу А 109–116 %.

Ключевые слова: разведение, селекция, линия, селекционная группа, живая масса, кластер, параметры отбора, казахская белоголовая порода.

USING CLUSTER ANALYSIS TO EVALUATE BREEDING GROUPS OF KAZAKH WHITE-HEAD BULLS

A.S. Durov

Siberian Federal Research Center for Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk Region, Krasnoobsk, Russia

E-mail: animal@sfsca.ru

Abstract. The object of the study were breeding animals of the Kazakh White-Headed breed used for beef production. The aim of the study was to conduct an economic and biological assessment of the Kazakh White-Headed animal population in the Altai Krai. Kazakh White-Headed bulls were evaluated from birth to 15 months. The assessed traits included live weight, relative and average daily gain, meat form assessment, and a complex index. When comparing animals, the genealogical lines, the distribution of individuals by rank productivity, and the correspondence of these groups to the parameters of the identified clusters were assessed. Cluster analysis was conducted using live weight at 8 and 15 months and a complex index A. For each pair of traits, the animals were distributed into six clusters. It was established that the characteristics of animals from most lines correspond to clusters that encompass a sample of individuals with an average level of productivity. An analysis of the distribution of animals depending on productivity revealed that animals in the high-yielding group tend to approach the core values of cluster #5, with average productivity in cluster #3, while low-yielding animals tend to approach clusters #1 and #2. Cluster analysis of productivity traits allows us to identify phenotypically distinct groups of bulls in herds of the Kazakh Whitehead breed. The optimal boundaries of the cluster cores used to select the best animals are within the following limits: live weight at 8 months: 303–345 kg, at 15 months: 551–609 kg, and for the complex index A: 109–116%.

Keywords: breeding, selection, line, breeding group, live weight, cluster, selection parameters, Kazakh White-Headed breed.

Селекционная оценка структуры стада бычков казахской белоголовой породы с использованием классических методов анализа популяций рассматривалась нами ранее [1]. Следует отметить, что в рамках одной публикации довольно сложно охватить все аспекты оценки структуры стад животных. В условиях информатизации и цифровизации появляются новые методы и подходы обработки и классификации научной информации, такие как Data science или Big data, что дает возможность оценки привычных нам данных с точки зрения современных знаний. Одним из таких направлений является кластерный анализ [2]. Настоящая статья посвящена использованию кластерного анализа в оценке и селекции казахской белоголовой породы.

Организация отбора желательных генотипов с параметрами, основанными на оценке быков-производителей по собственной продуктивности и по качеству потомства, позволяет расширить генеалогическую структуру породы с одновременной консолидацией популяции животных [3].

Использование селекционных индексов и регрессионного анализа при оценке быков-производителей с учетом показателей экстерьера позволяет достичь более значительного эффекта отбора по комплексу признаков, чем при прямой селекции по каким-то определенным показателям. Использование данного подхода позволяет создавать более эффективные селекционные группы животных [4, 5].

Алгоритмы расчета параметров отбора и селекционных индексов для оптимизации селекционных программ совершенствования популяций крупного рогатого скота в России необходимо внедрить в виде информационно-аналитической системы на региональных и породных уровнях анализа данных [6].

Для создания новых линий часто используют параметры отбора животных, основанные на оценке экстерьера. Так, при формировании высокорослого типа полновозрастных быков-производителей и коров казахской белоголовой породы косая длина туловища, обхват груди, высота в крестце должны быть не менее 162, 208, 142 см и 150, 188, 136 см соответственно. Высота в крестце бычков в возрасте 15 мес. – не менее 123 см, телок – 116 см [7, 8].

Определенный интерес вызывает вычисление параметров отбора животных. Наиболее простой способ – это использование минимального и максимального значения признаков в выборке или оцениваемой популяции. Однако данный подход в недостаточной степени учитывает внутривариационную изменчивость, а сами крайние значения могут быть случайны. Вследствие чего в период с начала XX в. и по настоящее время базовой основой вычисления параметров отбора считается использование среднего значения по выборке и стандартного отклонения, что позволяет получить более обоснованные критерии отбора при селекции животных [9, 10].

Подбор животных с учетом генеалогической структуры позволяет корректировать стратегию отбора, повысить долю высокопродуктивных технологичных особей в популяции животных и получить дополнительную продукцию. А при закреплении производителей в племенных и товарных хозяйствах учитывать комплексные индексы, вычисленные на основе оцениваемых признаков животных [11, 12].

В процессе анализа племенной оценки быков-производителей разных линий установлен различный уровень изменчивости живой массы. Данный факт может быть использован для разработки внутрилинейных параметров отбора племенных животных казахской белоголовой породы [13].

В казахской белоголовой породе интенсивность роста бычков от 8 до 15 мес. имеет четко выраженную криволинейную зависимость от начальной массы, оптимальные параметры отбора по этому признаку составляют 240–270 кг. Селекция по интенсивности роста чрезвычайно эффективна. Этот признак имеет положительную корреляцию с оплатой корма, конечной живой массой, массой туши и отрицательную – с содержанием жира в средней пробе мяса фарша [14–16].

В ряде случаев оптимальным критерием для отбора является доля лучших животных. В племязаводе «Чапаевский» (Западно-Казахстанская область, Республика Казахстан) у 10 % лучших животных средний комплексный индекс собственной продуктивности находился в пределах 109,4–115,2 %, в племязаводе «Красный Октябрь» (Волгоградская область, Россия) – 108,8–113,3 % [17].

В условиях США показателем оценки и отбора мясного скота является расчет EPD прогнозируемой разницы потомства. Ожидаемые различия в потомстве являются наиболее актуальными и точными средствами отбора крупного рогатого скота по селекционируемым признакам. EPD

обычно рассчитываются два раза в год. Формируется модель животного и рассчитывается его EPD с учетом анализа родителей и ожидаемого потомства. Для анализа данных и прогноза продуктивности используются множественные статистические модели. Использование элементов машинного обучения и нейронных сетей типа Neural Network Wizard позволяет добиться высокого качества прогнозируемых данных при селекции и оценке животных [18, 19].

Отечественными разработчиками создаются и совершенствуются интегрированные системы племенного и производственного учета с применением машинного обучения в анализе продуктивных характеристик животных, что способствует формированию отечественной платформы для ведения автоматизированной широкомасштабной селекции в хозяйствах Российской Федерации [20].

Использование моделей машинного обучения имеет большой потенциал в анализе и прогнозе многих аспектов сельского хозяйства, в том числе животноводства. Однако существует проблема глобализации данных. Крупные корпорации применяют для алгоритмов машинного обучения показатели, полученные у действующих сельхозпроизводителей, что рождает свои противоречия, связанные с защитой данных и их коммерциализацией [21].

Современные средства разработки программных и алгоритмических решений дают широкий инструментарий для анализа данных в сельском хозяйстве начиная от языков программирования Python, R, C++, различных СУБД, и ряда интегрированных решений [22].

Целью настоящего исследования является проведение хозяйственно-биологической оценки популяции животных казахской белоголовой породы в условиях Алтайского края с использованием кластерного анализа.

Цель исследования определила постановку следующих задач: анализ состояния популяций, генетических характеристик животных, развития продуктивных признаков у бычков казахской белоголовой породы; сравнительная оценка результатов кластерного анализа признаков у животных казахской белоголовой породы; разработка параметров отбора высокоценных животных при формировании массива эффективных продолжателей генеалогической структуры казахской белоголовой породы.

Научная новизна заключается в селекционной оценке современной казахской белоголовой породы, разводимой в условиях Алтайского края, с использованием методов кластерного анализа популяции животных.

Практическая значимость работы заключается в использовании в селекционной работе новых параметров отбора казахской белоголовой породы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

С использованием общепринятых методов проведена оценка по генотипу и фенотипу бычков казахской белоголовой породы в племенных хозяйствах Алтайского края ООО «Фарм» и «Колос». При оценке определен комплексный индекс А. С учетом изменчивости признаков будут разработаны перспективные параметры отбора бычков. При разработке параметров отбора учтена регрессия между признаками, результаты кластерного анализа. Для проведения кластерного анализа были использованы положения из методического пособия под авторством С.В. Рындиной [2].

При проведении кластерного анализа использованы возможности метода KMeans (k-средних) библиотек NumPy, Matplotlib и scikit-learn языка программирования Python. Данный метод отличается тем, что требуется заранее указать число выделяемых кластеров [2]. В нашем случае с учетом метода локтя, который предварительно показал наличие не менее трех кластеров, было эмпирически выбрано число кластеров, равное шести.

Исходные первичные данные по живой массе в 8 и 15 мес. и комплексному индексу А, использованные для анализа и написания представленной статьи, имеют близкие значения коэффициента вариации и носят сопоставимый характер, не стремятся к “машинному нулю” или “машинной бесконечности”. Данное условие позволило провести кластерный анализ без предварительной стандартизации (нормализации) данных.

Был осуществлен попарный кластерный анализ живой массы в 8 мес. и живой массы в 15 мес., а также живой массы в 8 мес. и комплексного индекса А. Удаление пропущенных значений осуществлено вручную. В качестве метрики используется Евклидово расстояние.

При соотношении результатов кластерного анализа с оценкой линий, селекционных и производственных групп использованы значения координат ядер кластеров.

Для анализа использованы показатели хозяйственно полезных и экстерьерных признаков бычков казахской белоголовой породы, таких как живая масса (при рождении, 8 и 15 мес.), среднесуточный прирост, комплексный индекс А.

Формулы, применяемые при вычислении комплексного индекса А [23].

$$KI_1 = \frac{\text{Живая масса бычка}}{\text{Средняя живая масса по выборке}} \times 100\% ;$$

$$KI_2 = \frac{\text{Среднесуточный прирост бычка}}{\text{Среднесуточный прирост по выборке}} \times 100\% ;$$

$$KI_3 = \frac{\text{Оценка мясных форм бычка}}{\text{Средняя оценка мясных форм по выборке}} \times 100\% ;$$

$$KI_A = \frac{KI_1 + KI_2 + KI_3}{3} ,$$

где KI_1 – комплексный индекс по живой массе в 15 мес.; KI_2 – комплексный индекс по среднесуточному приросту с 8 до 15 мес.; KI_3 – комплексный индекс по прижизненной оценке мясных форм; KI_A – комплексный индекс А.

За основу определения параметров отбора взято среднее значение признака и его стандартное отклонение [24]. В первую группу – селекционную – входят животные, удовлетворяющие следующей границе отбора: $X \geq \bar{X} + \sigma$; во второй группе (производственной) – $\bar{X} + \sigma > X \geq \bar{X} - \sigma$; в третью группу – низкопродуктивную – относят животных с минимальными значениям оцениваемого признака $X < \bar{X} - \sigma$, где X – значение ранжируемого признака у животных, $\bar{X}$ – среднее значение признака в популяции, σ – стандартное отклонение. Нами рассчитаны параметры отбора в селекционную, производственную и низкопродуктивную группы, которые ранжированы по живой массе в 8 мес., в 15 мес. и комплексному индексу А.

Результаты исследований обработаны методом вариационной статистики по общепринятой методике [25].

Материалы данной статьи частично опубликованы в статье [1], в которой речь шла о селекционной оценке структуры стада бычков казахской белоголовой породы. Настоящая публикация посвящена использованию кластерного анализа в оценке и селекции казахской белоголовой породы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

С использованием инструментов языка программирования Python, с привлечением метода KMeans проведен кластерный анализ. Основой алгоритма является использование итерационного подхода вычисления центра масс для каждого кластера, при котором объекты распределяются по кластерам в соответствии с близостью к выбранной метрике [2].

В представленном исследовании для кластерного анализа в качестве базисного признака использованы показатели живой массы бычков в 8 мес., что дает возможность использовать раннюю оценку фенотипов животных для формирования селекционных групп.

При анализе кластеризации по живой массе в 8 и 15 мес. установлено наличие нескольких кластеров (рис. 1).

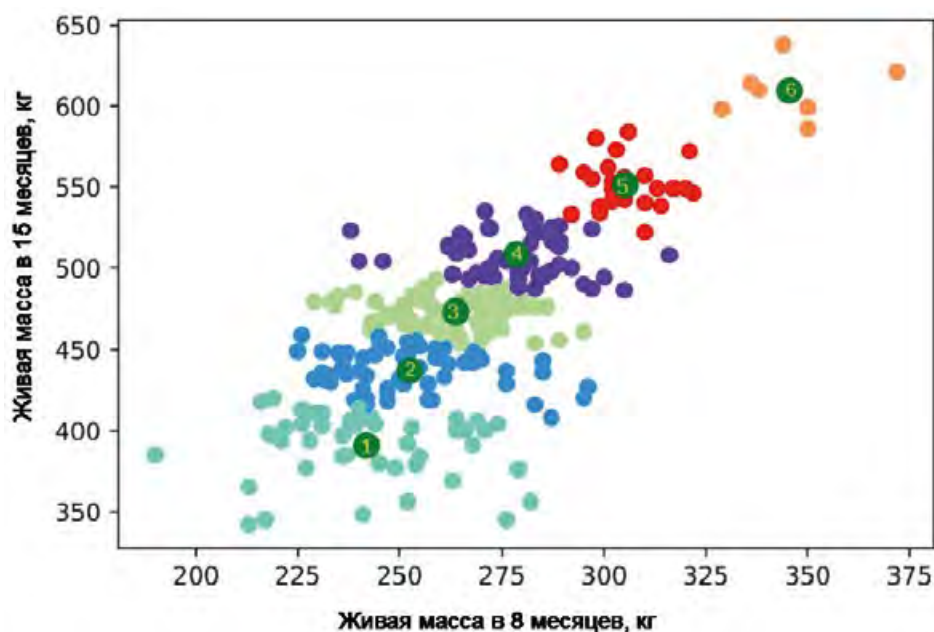


Рис. 1. Кластерный анализ распределения животных по живой массе в 8 и 15 мес.
Cluster analysis of animal distribution by live weight at 8 and 15 months.

Рассчитаны ядра кластеров № 1 – (241,8; 390,8), № 2 – (252,6; 437,1), № 3 – (263,8; 473,1), № 4 – (278,6; 508,1), № 5 – (305,3; 551,4), № 6 – (345,6; 609,4). Для отбора бычков-лидеров наиболее оптимальными являются животные с параметрами живой массы в 8 мес. 305–345 кг, в 15 мес. 551–609 кг. Отобранные бычки-лидеры по живой массе в 8 мес., относящиеся к границам отбора кластера № 6, сохраняют свои ведущие позиции и в более старшем возрасте. Коэффициент повторяемости равен 0,74 ($p < 0,001$). Вследствие этого 74 % бычков имеют высокую вероятность сохранить лидерство по живой массе в 15 мес. при более ранней оценке и отборе.

Кластерный анализ распределения животных по комплексному индексу А и живой массе в 8 мес. позволил выделить 6 групп животных по принципу фенотипической близости к друг другу (рис. 2).

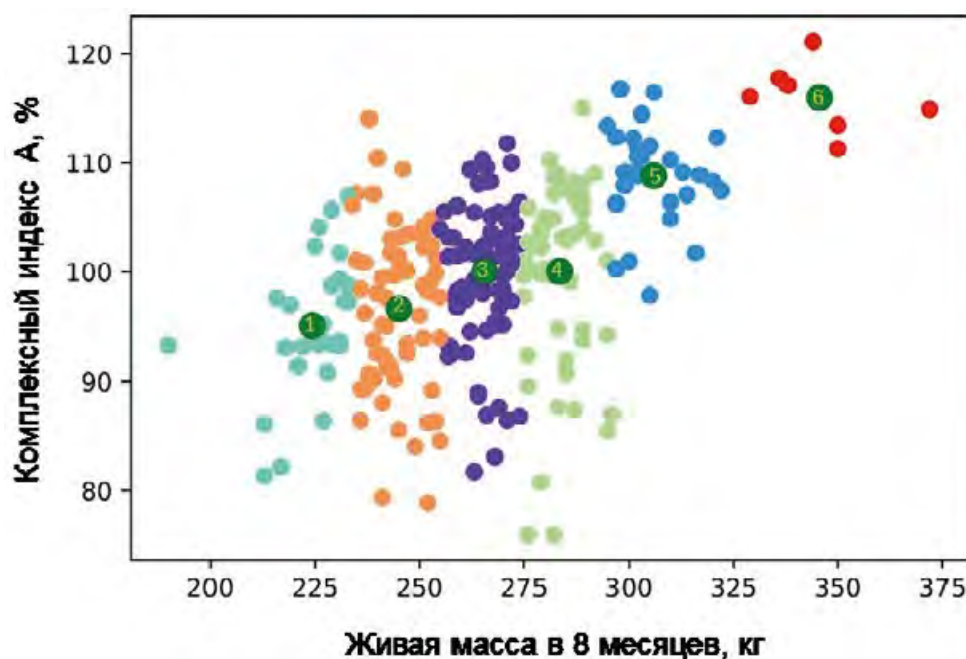


Рис. 2. Кластерный анализ распределения животных по живой массе в 8 мес. и комплексному индексу
Cluster analysis of the distribution of animals by live weight at 8 months and complex index

Установлены следующие ядра кластеров: № 1 – (224,3; 95,1), № 2 – (245,0; 96,7), № 3 – (265,6; 99,99), № 4 – (283,4; 100,0), № 5 – (305,9; 108,8), № 6 – (345,6; 115,9). Наибольший интерес для селекции представляют животные, относящиеся к двум последним кластерам, так как бычки с комплексным индексом А, равным 101 и выше, являются улучшателями по собственной продуктивности и имеют важное значение для селекции. Коэффициент корреляции живой массы в 8 мес. и комплексного индекса А составляет +0,50 ($p < 0,001$). В данном случае половина бычков-лидеров по живой массе в 8 мес. сохраняет ведущие позиции по оценке комплексного индекса А.

При анализе продуктивности животных в зависимости от линейной принадлежности установлено отсутствие достоверных различий по живой массе в 8 мес. у животных оцениваемых групп, по живой массе в 15 мес. и комплексному индексу А лидируют особи, принадлежащие к линии Замка. Использование кластерного анализа, точнее сказать соотнесение фактических показателей со значениями ядер кластеров, позволило установить, что животные линий Задорного 1325, Короля, Пиона 29 и в целом по выборке соответствуют параметрам, типичными для третьего кластера, линии Замка – четвертого, Смычка – первого. Оценка по живой массе в 15 мес. показала, что большинство животных различных линий в основном соотносятся с параметрами третьего кластера, а линии Смычка – второго. Использование границ кластеров для оценки комплексного индекса А показывает, что характеристика животных линий Замка и Пиона 29 соответствует характеристикам для четвертого кластера, линии Смычка – первого, вся выборка типична для третьего кластера.

Таблица 1

Анализ линий по живой массе бычков
Analysis of live weight lines of bulls

Признак	Линия					По выборке, $n = 266$
	Задорного 1325, $n = 86$	Замка, $n = 32$	Короля, $n = 74$	Пион 29, $n = 59$	Смычка, $n = 15$	
Живая масса, при рождении, кг	33,38 $\pm 0,51$	33,44 $\pm 0,71$	33,74 $\pm 0,48$	33,19 $\pm 0,57$	35,93 $\pm 0,88^*$	33,59 $\pm 0,27$
Живая масса в 8 мес., кг.	266,37 $\pm 3,19$	274,38 $\pm 5,04$	268,74 $\pm 3,02$	262,17 $\pm 3,30$	256,87 $\pm 3,73^*$	266,53 $\pm 1,67$
Среднесуточный прирост, г	956,83 $\pm 12,80$	989,48 $\pm 21,21$	965,09 $\pm 12,29$	940,38 $\pm 12,79$	907,32 $\pm 17,19^*$	956,62 $\pm 6,75$
Относительный прирост, %	813,83 $\pm 15,45$	834,58 $\pm 25,45$	808,77 $\pm 14,93$	800,5 $\pm 13,84$	724,43 $\pm 28,01^*$	806,92 $\pm 8,09$
Живая масса в 15 мес., кг	466,97 $\pm 6,01$	489,19 $\pm 9,04^*$	466,86 $\pm 6,89$	473,25 $\pm 5,87$	425,13 $\pm 10,13^{***}$	468,65 $\pm 3,36$
Относительный при- рост от 8 до 15 мес., %	175,62 $\pm 1,43$	178,69 $\pm 2,20$	173,87 $\pm 1,79$	180,9 $\pm 1,51^{**}$	166,04 $\pm 4,54^*$	176,13 $\pm 0,87$
Комплексный индекс А, %	99,75 $\pm 0,87$	102,96 $\pm 1,30^*$	99,31 $\pm 1,06$	101,56 $\pm 0,84$	92,66 $\pm 1,95^{**}$	100,01 $\pm 0,51$

Примечание. Здесь и далее достоверность разницы по Стьюденту между животными оцениваемой группы и оставшейся выборкой обозначена как $*p < 0,05$; $**p < 0,01$; $***p < 0,001$.

Сравнительный анализ параметров отбора в селекционные группы показывает, что требования к животным с высокой продуктивностью соответствуют границам пятого кластера, а низкопродуктивных – первого (табл. 2–5).

Таблица 2

Обоснование параметров отбора в селекционные и производственные группы
Justification of selection parameters for breeding and production groups

Признак	Показатель				
	$\bar{X} \pm S_x$, $n = 266$	σ	Параметры отбора в группу		
			селекционную	производственную	низкопродуктивную
Живая масса в 8 мес., кг	266,53 $\pm 1,67$	27,2	$X \geq 294$	$294 > X \geq 239$	$X < 239$
Живая масса в 15 мес., кг	468,65 $\pm 3,36$	54,8	$X \geq 523$	$523 > X \geq 414$	$X < 414$
Комплексный индекс А, %	100,01 $\pm 0,51$	8,3	$X \geq 108$	$108 > X \geq 92$	$X < 92$

При проведении оценки групп бычков, ранжированных по живой массе в 8 мес. с границами кластеров видно, что показатели животных высокопродуктивной группы стремятся к значениям ядра кластера № 5, производственной № 3, а низкопродуктивной – ядрам № 1 и 2. При этом отмечены достоверные различия животных селекционной группы по большинству признаков. При этом животные с высокой продуктивностью в 8 мес. сохраняют ее и в более старшем возрасте (табл. 3).

Таблица 3

Селекционные группы бычков, дифференцированных по живой массе в 8 мес.
Selection groups of bulls differentiated by live weight at 8 months

Признак	Группа		
	селекционная, $n = 40$	производственная, $n = 184$	низкопродуктивная, $n = 42$
Живая масса при рождении, кг	34,13 $\pm 0,50$	34,30 $\pm 0,31^{**}$	29,95 $\pm 0,68^{***}$
Живая масса в 8 мес., кг	311,77 $\pm 2,85^{***}$	265,30 $\pm 3,59$	228,81 $\pm 1,46^{***}$
Среднесуточный прирост от 0 до 8 мес., г	1140,25 $\pm 11,70^{***}$	948,64 $\pm 14,89$	816,66 $\pm 6,30^{***}$
Относительный прирост от рождения до 8 мес., %	921,80 $\pm 16,29^{***}$	788,04 $\pm 13,63^*$	780,23 $\pm 18,12$
Живая масса в 15 мес., кг	545,08 $\pm 7,41^{***}$	462,76 $\pm 6,80$	421,64 $\pm 5,82^{***}$
Комплексный индекс, %	108,35 $\pm 1,19^{***}$	99,14 $\pm 0,87$	95,90 $\pm 1,09^{**}$

Оценка селекционных групп бычков, ранжированных по живой массе в 15 мес., показывает, что показатели животных селекционной группы стремятся к значениям ядра кластера № 5, производственной – № 3 и 4, низкопродуктивные – № 1. При этом следует отметить высокий уровень продуктивности животных, выделенных в высокопродуктивную группу по всем ключевым селекционным признакам (табл. 4).

Таблица 4

Селекционные группы бычков, дифференцированных по живой массе в 15 мес.
Selection groups of bulls differentiated by live weight at 15 months

Признак	Группа		
	селекционная, n = 41	производственная, n = 180	низкопродуктивная, n = 45
Живая масса при рождении, кг	33,88 ±0,55	33,89 ±0,32	32,13 ±0,75
Живая масса в 8 мес., кг	306,83 ±3,45***	262,99 ±3,56	243,93 ±3,15***
Среднесуточный прирост от 0 до 8 мес., г	1120,95 ±14,06***	940,89 ±14,62	869,82 ±12,43***
Относительный прирост от рождения до 8 мес., %	915,11 ±17,47***	789,75 ±13,09*	777,05 ±20,04
Живая масса в 15 мес., кг	556,83 ±4,49***	468,37 ±6,92	389,42 ±2,97***
Среднесуточный прирост от 8 до 15 мес., г	1190,48 ±12,52***	977,96 ±18,20	692,80 ±20,59***
Комплексный индекс А, %	111,24 ±0,53***	100,56 ±0,88	87,58 ±0,72***

Соотнесение результатов оценки селекционных групп животных, ранжированных по комплексному индексу А с результатами кластерного анализа, показывает, что характеристики животных селекционной группы стремятся к значениям ядер кластеров № 4, 5, ранжированных по живой массе в 8 мес. и комплексному индексу А, производственной группы – № 2, 3, низкопродуктивные ядрам № 1, 2 (табл. 5).

Таблица 5

Селекционные группы бычков, дифференцированных по комплексному индексу А
Breeding groups of bulls differentiated by the complex index A

Признак	Группа		
	селекционная, n = 43	производственная, n = 182	низкопродуктивная, n = 41
Живая масса при рождении, кг	34,28 ±0,48	33,53 ±0,34	33,12 ±0,76
Живая масса в 8 мес., кг	297,56 ±4,50***	262,03 ±3,10*	253,95 ±3,45**
Среднесуточный прирост от 0 до 8 мес., г	1081,23 ±18,71***	938,38 ±12,49*	906,90 ±13,28**
Относительный прирост от рождения до 8 мес., %	876,22 ±18,69**	796,14 ±11,33	782,10 ±19,54
Живая масса в 15 мес., кг	551,88 ±4,93***	466,57 ±6,74	390,59 ±3,62***
Среднесуточный прирост от 8 до 15 мес., г	1211,07 ±10,92***	973,99 ±19,02	650,64 ±17,69***
Комплексный индекс А, %	111,60 ±0,46***	100,36 ±0,89	86,33 ±0,63***

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Животноводческая отрасль Алтайского края с момента создания и апробации казахской белоголовой породы сохраняет одну из ключевых ролей в ее разведении и селекции [26].

Показатели живой массы бычков казахской белоголовой породы Алтайского края удовлетворяют высоким требованиям и соответствуют результатам других регионов Российской Федерации [27, 28].

Подопытные бычки казахской белоголовой породы, как и их сверстники из лучших хозяйств Республики Казахстан, превосходят стандарт породы, соответствующий классу элит-рекорд [29].

При этом метод испытания по собственной продуктивности и по качеству потомства остается актуальным в отечественном скотоводстве [30].

Генеалогическая структура является важным элементом в селекционно-племенной работе. Линейная принадлежность используемых быков соответствует классической генеалогии казахской белоголовой породы. Дальнейшая работа по совершенствованию казахской белоголовой породы дает возможность для выделения новых линий, приспособленных к местным условиям [31, 32].

Следует отметить, что ввиду изменения показателей продуктивности выращивание бычков казахской белоголовой породы алтайской селекции в других географических, технологических и кормовых условиях требует проведения самостоятельного кластерного анализа и вычисления параметров отбора [33].

В дальнейших исследованиях в качестве критерия для проведения кластерного анализа могут быть использованы генетические характеристики животных [34].

ВЫВОДЫ

1. Кластерный анализ продуктивных качеств позволяет выявить фенотипически обособленные группы бычков в стадах казахской белоголовой породы.

2. Использование кластерного анализа дополняет классические методы выделения и оценки групп животных, основанных на изучении генеалогической структуры стада и сравнении фенотипических групп.

3. Предпочтительные границы кластеров для отбора лучших животных находятся в следующих пределах: по живой массе в 8 мес. 303–345 кг, в 15 мес. 551–609 кг, комплексному индексу 109–116%. Предварительный анализ животных по живой массе в 8 мес. позволяет наметить бычков-лидеров, а консолидирующий отбор по указанным критериям позволяет формировать группы перспективных особей для последующей оценки по качеству потомства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дуров А.С., Солошенко В.А., Плешаков В.А. Оценка селекционной структуры стада крупного рогатого скота казахской белоголовой породы // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2023. – № 4(69). – С. 162–172. – DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-162-172. – EDN TAUONG.
2. Рындина С.В. Бизнес-аналитика на основе больших данных: обучение без учителя на языках Python и R: учеб.-метод. пособие. – Пенза, 2020. – 76 с.
3. Макаев Ш.А., Фомин В.Н., Сарбаев М.Г. Принципы отбора скота казахской белоголовой породы с желательными параметрами продуктивности // Молочное и мясное скотоводство. – 2013. – № 7. – С. 9–10. – EDN RLNLMLZ.
4. Оценка племенной ценности быков-производителей популяции черно-пестрого скота Московской области по типу телосложения дочерей / А.Ф. Контэ, А.Н. Ермилов, Н.Г. Бычкунова, А.А. Сермягин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 3(55). – С. 275–283. – DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-35. – EDN WESTUN.
5. Романова Е.А., Тулинова О.В. Моделирование селекционного индекса для айрширской породы молочного скота с использованием экстерьерных показателей // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 1(53). – С. 150–155. – DOI: 10.18286/1816-4501-2021-1-150-155. – EDN BLQGZJ.
6. Эффективность использования уравнений модели BLUP для прогноза племенной ценности быков-производителей по молочной продуктивности дочерей / С.Н. Харитонов, А.А. Сермягин, Е.Е. Мельникова [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. – 2018. – № 3. – С. 7–11. – EDN XQMYXZ.
7. Создание заводской линии быка-производителя Зоркого 3433к казахской белоголовой породы / М.П. Дубовскова, Ш.А. Макаев, С.Д. Тюлебаев [и др.] // Вестник мясного скотоводства. – 2017. – № 4(100). – С. 32–39. – EDN YLZXHD.
8. Основные аспекты генеалогической структуры стада и формирование новых заводских линий при создании Димитровского типа мясного скота / А.Н. Сазонов, А.П. Искандерова, Ф.Г. Каюмов [и др.] // Вестник мясного скотоводства. – 2017. – № 4(100). – С. 57–75. – EDN YLZXIE.

9. *Левицкий И.* Стандарты герефордского скота // Государственная племенная книга герефордского скота. – Т. I. – М., 1935. – С. 82–87.
10. *Попов Н.А.* Генетический мониторинг и селекция признаков в молочном скотоводстве. – М., 2023. – 472 с.
11. *Сервах Б.А.* Комплексная оценка быков-производителей на основе полифакторных индексов: автореф. дис. ... канд. с.-х наук. – СПб., 2004. – 115 с. – EDN NMWTBH.
12. *Метод* чистопородного разведения по линиям в совершенствовании казахского белоголового скота / Ш.А. Макаев, Р.Ш. Тайгузин, А.В. Фомин, С.А. Сарыбаев // Животноводство и кормопроизводство. – 2018. – Т. 101, № 2. – С. 25–33. – EDN XZCKMP.
13. *Формирование* племенной оценки линейных быков-производителей / Р.Ш. Тайгузин, А.В. Фомин, Ш.А. Макаев, Н.П. Герасимов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 3(65). – С. 124–126. – EDN ZAYUWX.
14. *Насамбаев Е.Г., Губашев Н.М.* Влияние молочности коров казахской белоголовой породы на повышение продуктивности молодняка // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2007. – № 3(15). – С. 135–138. – EDN MGWHGB.
15. *Мирошников С.А., Макаев Ш.А.* Отбор генотипов с желательными параметрами продуктивности казахского белоголового скота // Вестник мясного скотоводства. – 2012. – № 4(78). – С. 13–20. – EDN PKZNQZ.
16. *Организация* и особенности селекции мясного скота / В.Д. Крючков, Ш.А. Жузенов, Ш.А. Макаев, Б.С. Нуржанов // Вестник мясного скотоводства. – 2013. – № 5(83). – С. 37–47. – EDN RUEJYF.
17. *Хайнацкий В.Ю.* Собственная продуктивность как критерий оценки племенной ценности быков в мясном скотоводстве // Животноводство и кормопроизводство. – 2019. – Т. 102, № 1. – С. 112–120. – DOI: 10.33284/2658-3135-102-1-112. – EDN ZHUASL.
18. *Усманова Е.Н.* Производство говядины в специализированном мясном скотоводстве США. – Киров, 2019. – 104 с. – EDN LULGDR.
19. *Буканов А.Л.* Современные методы математического анализа и их применение в решении задач технологии точного животноводства // Вестник АПК Верхневолжья. – 2021. – № 4(56). – С. 57–62. – DOI: 10.35694/YARCX.2021.56.4.010. – EDN NPCCXI.
20. *Седов А.М.* Цифровизация мониторинга индивидуальных данных доения во взаимointегрированной компьютерной системе управления «Стимул-Селекс» – основа технологии «Big Data» в молочном животноводстве // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2018. – № 3(31). – С. 105–108. – EDN XZNYJV.
21. *Suresh Neethirajan* The role of sensors, big data and machine learning in modern animal farming. Sensing and Bio-Sensing Research. – 2020. – Vol. 29. – P. 100367. – DOI: 10.1016/j.sbsr.2020.100367.
22. *Цифровые* технологии анализа данных в сельском хозяйстве: монография / В.В. Демичев, А.В. Тихонова, Ю.Н. Романцева [и др.]. – М., 2022 – 260 с.
23. *Оценка* быков мясных пород по качеству потомства и испытание бычков по интенсивности роста, живой массе, мясным формам: метод. рекоменд. / Л.П. Прахов (составитель), И.В. Лушников, Д.Г. Савина [и др.] // Всесоюз. науч.-произв. об-ние по плем. делу в животноводстве, Голов. селекц.-генет. центр. – Москва, 1990. – 17 с.
24. *Изменчивость* и методы изучения / Отв. ред. П.Ф. Рокицкий. 6-е изд. – М., 2012. – 232 с.
25. *Плохинский Н.А.* Руководство по биометрии для зоотехников. – М.: Колос, 1969. – 255 с.
26. *Грошева О.А., Левыкин С.В.* Казахская белоголовая порода крупного рогатого скота: вклад ее создателя К.А. Акопьяна в развитие зоотехнической науки и адаптивного животноводства // Аграрная наука. – 2023. – № 4. – С. 62–69. – DOI: 10.32634/0869-8155-2023-369-4-62-69. – EDN YICIPV.
27. *Ковалева Г.П., Бобрышова Г.Т.* Казахская белоголовая порода мясного скота на Ставрополье // Сельскохозяйственный журнал. – 2020. – № 4(13). – С. 36–41. – DOI: 10.25930/2687-1254/005.4.13.2020. – EDN BNGZUG.
28. *Назарова Е.Н., Лузбаев К.В., Тарнуев Д.В.* Совершенствование племенных качеств казахской белоголовой породы в условиях хозяйства // Научно-технологическое развитие агропромышленного комплекса: приоритеты и вызовы: мат-лы Всерос. (национальной) науч.-практ. конф., посвященной Дню российской науки, Улан-Удэ, 3–7 февр. 2025 г. – Улан-Удэ, 2025. – С. 468–474. – EDN JGWEPA.
29. *Возрастная* динамика живой массы казахской белоголовой породы мясного скота / А.Т. Бисембаев, Ж.М. Касенов, С.Д. Батанов [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 1. – С. 81–88. – DOI: 10.26897/0021-342X-2023-1-81-88. – EDN FIQEDK.
30. *Оценка* племенных качеств бычков казахской белоголовой породы методом испытания их по собственной продуктивности / Е. Насамбаев, А.Б. Ахметалиева, А.Е. Нугманова, Р.М. Кулбаев // Наука и образование. – 2022. – № 3–2(68). – С. 232–243. – DOI: 10.56339/2305-9397-2022-3-2-232-243. – EDN DYGBDN.
31. *Оценка* быков по качеству потомства методом испытания бычков по собственной продуктивности при контрольном выращивании / Е.С. Цзю, А.А. Уразгалиева, М.Б. Мустафин, А.К. Естанов // 3i: Intellect, Idea, Innovation – интеллект, идея, инновация. – 2023. – № 1. – С. 219–228. – DOI: 10.52269/22266070_2023_1_219. – EDN YPXHVD.

32. Оценка молодняка казахской белоголовой породы, полученного от родоначальников новых линий / Г.П. Ковалева, М.Н. Лапина, Н.В. Сулыга, В.А. Витол // Достижения науки и техники АПК. – 2023. – Т. 37, № 8. – С. 65–69. – DOI: 10.53859/02352451_2023_37_8_65. – EDN SACVKU.
33. Гомбоев Э.Б., Гармаев Д.Ц., Куриганов И.А. Продуктивные качества бычков казахской белоголовой породы разных генотипов // Научно-технологическое развитие агропромышленного комплекса: приоритеты и вызовы: мат-лы Всерос. (национальной) науч.-практ. конф., посвященной Дню российской науки, Улан-Удэ, 3–7 февр. 2025 г. – Улан-Удэ, 2025. – С. 439–444. – EDN XXVPP.
34. Герасимов Н.П., Сангаков А.К. Динамика весового роста у молодняка казахской белоголовой породы с различным уровнем экспрессии генов соматотропной оси // Животноводство и кормопроизводство. – 2024. – Т. 107, № 1. – С. 51–61. – DOI: 10.33284/2658-3135-107-1-51. – EDN PZMNBH.

REFERENCES

1. Durov A.S., Soloshenko V.A., Pleshakov V.A., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2023, No. 4(69), pp. 162–172, DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-162-172, EDN TAUONG. (In Russ.)
2. Ryndina S.V., *Biznes-analitika na osnove bol'shih dannyh: obuchenie bez uchitelja na jazykah Python i R* (Big Data-Driven Business Analytics: Unsupervised Learning in Python and R), Penza, 2020, 76 p.
3. Makaev Sh.A., Fomin V.N., Sarbaev M.G., *Molochnoe i mjasnoe skotovodstvo*, 2013, No. 7, pp. 9–10, EDN RLNL-MZ. (In Russ.)
4. Kontje A.F., Ermilov A.N., Bychkunova N.G., Sermjagin A.A., *Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, 2019, No. 3(55), pp. 275–283, DOI 10.32786/2071-9485-2019-03-35, EDN WECTUN. (In Russ.)
5. Romanova E.A., Tulinova O.V., *Vestnik Ul'janovskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii*, 2021, No. 1(53), pp. 150–155, DOI 10.18286/1816-4501-2021-1-150-155, EDN BLQGZJ. (In Russ.)
6. Haritonov S.N., Sermjagin A.A., Mel'nikova E.E., Osadchaja O.Ju., Janchukov I.N., Ermilov A.N., Zinov'eva N.A., *Molochnoe i mjasnoe skotovodstvo*, 2018, No. 3, pp. 7–11, EDN XQMYXZ. (In Russ.)
7. Dubovskova M.P., Makaev Sh.A., Tjulebaev S.D., Gontjarev V.A., Gerasimov N.P., *Vestnik mjasnogo skotovodstva*, 2017, No. 4(100), pp. 32–39, EDN YLZXHD. (In Russ.)
8. Sazonov A.N., Iskanderova A.P., Kajumov F.G., Makaev Sh.A., Hajnackij V.Ju., *Vestnik mjasnogo skotovodstva*, 2017, No. 4(100), pp. 57–75, EDN YLZXIE. (In Russ.)
9. Levickij I., *Gosudarstvennaja ple-mennaja kniga gerefordskogo skota* (State Stud Book of Hereford Cattle), T. I, Moscow, 1935, pp. 82–87. (In Russ.)
10. Popov N.A., *Geneticheskij monitoring i selekcija priznakov v molochnom skotovodstve* (Genetic monitoring and selection of traits in dairy cattle breeding), Moscow, 2023, 472 p.
11. Servah B.A., *Kompleksnaja ocenka bykov-proizvoditelej na osnove polifaktornyh indeksov* (Comprehensive evaluation of breeding bulls based on multifactor indices), Candidate of Sciences dissertation, Sankt-Peterburg, 2004, 115 p., EDN NMWTBH.
12. Makaev Sh.A., Tajguzin R.Sh., Fomin A.V., Sarybaev S.A., *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2018, T. 101, No. 2, pp. 25–33, EDN XZCKMP. (In Russ.)
13. Tajguzin R.Sh., Fomin A.V., Makaev Sh.A., Gerasimov N.P., *Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017, No. 3(65), pp. 124–126, EDN ZAYUWX. (In Russ.)
14. Nasambaev E.G., Gubashev N.M., *Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2007, No. 3(15), pp. 135–138, EDN MGWHGB. (In Russ.)
15. Miroshnikov S.A., Makaev Sh.A., *Vestnik mjasnogo skotovodstva*, 2012, No. 4(78), pp. 13–20, EDN PKZNQZ. (In Russ.)
16. Krjuchkov V.D., Zhuzenov Sh.A., Makaev Sh.A., Nurzhanov B.S., *Vestnik mjasnogo skotovodstva*, 2013, No. 5(83), pp. 37–47, EDN RUEJYF. (In Russ.)
17. Hajnackij V.Ju., *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2019, T. 102, No. 1, pp. 112–120, DOI: 10.33284/2658-3135-102-1-112, EDN ZHUASL. (In Russ.)
18. Usmanova E.N., *Proizvodstvo govjadiny v specializirovannom mjasnom skotovodstve SShA* (Beef production in specialized beef cattle farming in the United States), Kirov, 2019, 104 p., ISBN 978-5-6043969-1-9, EDN LULGDR.
19. Bukanov A.L., *Vestnik APK Verhnevolzh'ja*, 2021, No. 4(56), pp. 57–62, DOI: 10.35694/YARCX.2021.56.4.010, EDN NPCCXI. (In Russ.)
20. Sedov A.M., *Vestnik Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mehanizacii zhivotnovodstva*, 2018, No. 3(31), pp. 105–108, EDN XZNYJV. (In Russ.)
21. Suresh Neethirajan The role of sensors, big data and machine learning in modern animal farming. *Sensing and Bio-Sensing Research*, Vol. 29, 2020, 100367, doi:10.1016/j.sbsr.2020.100367.
22. Demichev V.V., Tihonova A.V., Romanceva Ju.N. [et al.], *Cifrovye tehnologii analiza dannyh v sel'skom hozjajstve* (Digital technologies for data analysis in agriculture), Moscow, 2022, 260 p.

23. Prahov L.P. (sostavitel'), Lushnikov I.V., Savina D.G. [i dr.], *Ocenka bykov myasnyh porod po kachestvu potomstva i ispytanie bychkov po intensivnosti rosta, zhivoj masse, myasnym formam* (Evaluation of beef bulls for the quality of their offspring and testing of bulls for growth rate, live weight, and meat forms), Moscow, 1990. (In Russ.)
24. Filipchenko Ju.A., *Izmenchivost' i metody izuchenija* (Variability and methods of study), Moscow, 2012, 232 p.
25. Plohinskij N.A., *Rukovodstvo po biometrii dlja zootehnikov* (Biometrics Guide for Animal Technicians), Moscow: Kolos, 1969, 255 p.
26. Grosheva O.A., Levy`kin S.V., *Agrarnaya nauka*, 2023, No. 4, pp. 62–69, DOI: 10.32634/0869-8155-2023-369-4-62-69, EDN YICIPV. (In Russ.)
27. Kovaleva G.P., Bobry`shova G.T., *Sel`skoxozyajstvenny`j zhurnal*, 2020, No. 4(13), pp. 36–41, DOI: 10.25930/2687-1254/005.4.13.2020, EDN BNGZUG. (In Russ.)
28. Nazarova E.N., Luzbaev K.V., Tarnuev D.V., *Nauchno-texnologicheskoe razvitie agropromy`shlennogo kompleksa: priority` i vy`zovy`* (Scientific and technological development of the agro-industrial complex: priorities and challenges), Proceedings of the scientific conference, Ulan-Ude, 2025, pp. 468–474, EDN JGWEP. (In Russ.)
29. Bisembaev A.T., Kasenov Zh.M., Batanov S.D. [i dr.], *Izvestiya Timiryazevskoj sel`skoxozyajstvennoj akademii*, 2023, No. 1, pp. 81–88, DOI: 10.26897/0021-342X-2023-1-81-88, EDN FIQEDK. (In Russ.)
30. Nasambaev E., Axmetalieva A.B., Nugmanova A.E., Kulbaev R.M., *Nauka i obrazovanie*, 2022, No. 3–2(68), pp. 232–243, DOI: 10.56339/2305-9397-2022-3-2-232-243, EDN DYGDDBN. (In Russ.)
31. Czzyu E.S., Urazgalieva A.A., Mustafin M.B., Estanov A.K., *3i: Intellect, Idea, Innovation - intellekt, ideya, innovaciya*, 2023, No. 1, pp. 219–228, DOI: 10.52269/22266070_2023_1_219, EDN YPXHVD. (In Russ.)
32. Kovaleva G.P., Lapina M.N., Suly`ga N.V., Vitol V.A., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2023, T. 37, No. 8, pp. 65–69, DOI: 10.53859/02352451_2023_37_8_65, EDN SACVKU. (In Russ.)
33. Gomboev E`.B., Garmaev D.Cz., Kuriganov I.A., *Nauchno-texnologicheskoe razvitie agropromy`shlennogo kompleksa: priority` i vy`zovy`* (Scientific and technological development of the agro-industrial complex: priorities and challenges), Proceedings of the Conference Title, Ulan-Ude, 2025, pp. 439–444, EDN XXPVPP. (In Russ.)
34. Gerasimov N.P., Sangakov A.K., *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2024, T. 107, No. 1, pp. 51–61, DOI: 10.33284/2658-3135-107-1-51, EDN PZMNBH. (In Russ.)

Информация об авторе:

A.C. Дуров, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Contribution of the author:

A.S. Durov, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher