

АЛГОРИТМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ РЕМОНТА  
СТАДА МОЛОЧНЫХ ПОРОД КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА\*

Е.А. Alekseeva, E.V. Chetvertakova

THE ALGORITHM FOR MODELLING OPTIMUM VARIANTS OF REPAIR  
OF CATTLE DAIRY BREEDS HERD

**Алексеева Е.А.** – канд. с.-х. наук, доц. каф. разведения, генетики, биологии и водных биоресурсов Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск.

E-mail: alexeeva0503@yandex.ru

**Четвертакова Е.В.** – д-р с.-х. наук, доц., зав. каф. разведения, генетики, биологии и водных биоресурсов Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск.

E-mail: e-ulman@mail.ru

**Alekseeva E.A.** – Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Breeding, Geneticists, Biology and Water Bioresources, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk.

E-mail: info@kgau.ru

**Chetvertakova E.V.** – Dr. Agr. Sci., Assoc. Prof., Head, Chair of Breeding, Geneticists, Biology and Water Bioresources, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk.

E-mail: e-ulman@mail.ru

Предложен алгоритм моделирования вариантов ремонта стада первотелками с продуктивностью выше среднего по стаду на 10 % с учетом возраста коров в лактациях и породной принадлежности. Проанализирован уровень молочной продуктивности коров красно-пестрой породы, енисейского типа красно-пестрой породы, черно-пестрой породы и красноярского типа черно-пестрой породы в хозяйствах Красноярского края, приведены варианты ввода первотелок с продуктивностью выше среднего по стаду на 10 %, рекомендованы оптимальные модели ввода первотелок для разных пород молочного направления продуктивности. Разработана формула для расчета ожидаемого увеличения удоя по группам и стаду. Моделирование оптимальных вариантов ремонта стада проводили с учетом породы, при этом был выбран односторонний отбор по удою. Ремонт стада с уровнем отбора коров 15 % по первой, 10 % по второй, 10 % по третьей лактациям (модель 4) оптимален для красно-пестрой, енисейского типа красно-пестрой и красноярского типа черно-пестрой, это позволит повысить удои по стаду на 5,48–6,31 %. Ожидаемое увеличение молочной продуктивности по красно-пестрой породе составит 433 кг молока на корову, что позволит получать 6 433 кг моло-

ка. Ожидаемый результат по увеличению удоя коров енисейского типа – 6 784 кг молока, в стадах коров красноярского типа – до 7 393 кг. Для черно-пестрой породы оптимальной является модель 5 с отбором коров 10 % по первой, 10 % по второй, 15 % по третьей лактациям, что приведет к повышению удоя на 5,07 %. Ввод в стадо первотелок с удоем 6 358 кг позволит получить увеличение молочной продуктивности на 293 кг молока по черно-пестрой породе. Применение моделирования увеличит рентабельность производства молока в базисной жирности на 45,9–76,8 %.

**Ключевые слова:** молочная продуктивность, ремонт стада, отбор коров, моделирование оптимальных вариантов.

The algorithm of modeling of options of repair of herd by firstcalf heifers with the efficiency above an average on herd for 10 % taking into account the age of cows in lactations and pedigree accessory was offered. The level of dairy efficiency of the cows of red and motley breed, the Yenisei type of red and motley breed, black and motley breed and Krasnoyarsk type of black and motley breed on the farms of Krasnoyarsk Region was analyzed, the options of input of firstcalf heifers with the efficiency of an average on herd for 10 % were given, optimum models of input of firstcalf heifers for different

\*Исследования выполнены в соответствии с проектом «Разработка системы ведения молочного скотоводства в Красноярском крае», код заявки: 2017031501734.

breeds of dairy direction of efficiency were recommended. The formula for calculation of expected increase in the yield of milk for groups and herd was developed. Modeling optimum options of repair of herd was carried out taking into account breed, thus unilateral selection on the yield of milk was chosen. The repair of herd with the level of selection of cows of 15 % on the first, 10% on the second, 10 % on the third to lactations (model 4) was optimum for red and motley, the Yenisei type red and motley and Krasnoyarsk type black and motley, it would allow to raise the yield of milk on herd for 5.48–6.31 %. Expected increase in dairy efficiency on red and motley breed will make 433 kg of milk on a cow that will allow to receive 6 433 kg of milk. Expected result on the increase in the yield of milk of cows of the Yenisei type will make 6 784 kg of milk, in herds of cows of Krasnoyarsk type will make up to 7 393 kg. For black and motley breed model 5 with selection of cows of 10 % on the first, 10 % on the second, 15 % on the third to lactations leading to the increase of the yield of milk for 5.07 % is optimum. The input in herd of firstcalf heifers with the yield of milk of 6 358 kg will allow to receive the increase in dairy efficiency by 293 kg of milk on black and motley breed. Modeling application will increase profitability of production of milk in basic fat content by 45.9–76.8 %.

**Keywords:** dairy efficiency, herd repair, cows selection, modeling of optimum variants.

**Введение.** Одной из главных задач при селекции скота молочного направления продуктивности является повышение удоев. При решении этой задачи немаловажное значение имеет отбор животных. Для успешной работы необходимо моделирование селекционных процессов в стаде, которое дает возможность при постановке задачи рассмотреть подходы и варианты отбора, а также оценить результативность предлагаемых моделей. Моделирование имитирует реальные процессы в стаде и адаптируется к биологическим, селекционным, технологическим и хозяйственным условиям разведения животных [1]. Для этого требуется оптимизация методов селекции, способствующих реализации генетического потенциала животных. Моделирование параметров отбора позволяет ускорить селекционный процесс, что на

сегодняшний момент является первостепенной задачей в отрасли скотоводства.

**Цель исследований:** разработка алгоритма моделирования вариантов ремонта стада первотелками с продуктивностью выше среднего по стаду на 10 % с учетом возраста коров в лактациях и породной принадлежности для совершенствования молочного скота и эффективного ведения отрасли скотоводства в условиях Красноярского края.

**Задачи исследований:** проанализировать уровень молочной продуктивности коров молочных пород; разработать формулу для расчета ожидаемого увеличения удоя по группам и стаду; выбрать и рекомендовать оптимальные варианты ввода первотелок с продуктивностью выше среднего по стаду на 10 %; оценить экономическую эффективность предлагаемых моделей ремонта стада.

**Материалы, объекты и методы исследований.** Исследования выполнены на основании данных по племенным хозяйствам Красноярского края: АО «Березовское», ФГУП «Курагинское», СПК «Алексеевский», ООО «Ильчевское», ЗАО «Сибирь-1», ЗАО Племзавод «Краснотуранский», АО «Тубинск»; ОАО «Канская сортоиспытательная станция», ОАО Племзавод «Красный маяк», ЗАО «Солгонское», ООО Племзавод «Таежный».

**Объект исследования:** коровы красно-пестрой породы ( $n = 5571$ ), енисейского типа красно-пестрой породы ( $n = 5110$ ), черно-пестрой породы ( $n = 1768$ ), красноярского типа черно-пестрой породы ( $n = 1751$ ).

Для расчета ожидаемого увеличения удоя по группам и стаду нами была разработана формула

$$OU = \frac{(UB \times KB) + (UP \times KP)}{KK}, \quad (1)$$

где  $OU$  – ожидаемый удой, кг;  $UB$  – фактический удой в группе после выбраковки и выранжировки, кг;  $KB$  – фактическое количество коров в группе после выбраковки и выранжировки, гол.;  $UP$  – удой вводимых в стадо первотелок, кг;  $KP$  – количество вводимых в стадо первотелок, гол.;  $KK$  – количество коров в группе, гол.

Экономическую эффективность производства молока определяли по общепринятой методике [2].

**Результаты исследований и их обсуждение.** Для изучения возможности обеспечения ремонта стада высокопродуктивными первотелками (продуктивность выше 10 % среднего по стаду)

было проведено распределение коров-первотелок по удою, полученные данные приведены на рисунке 1.

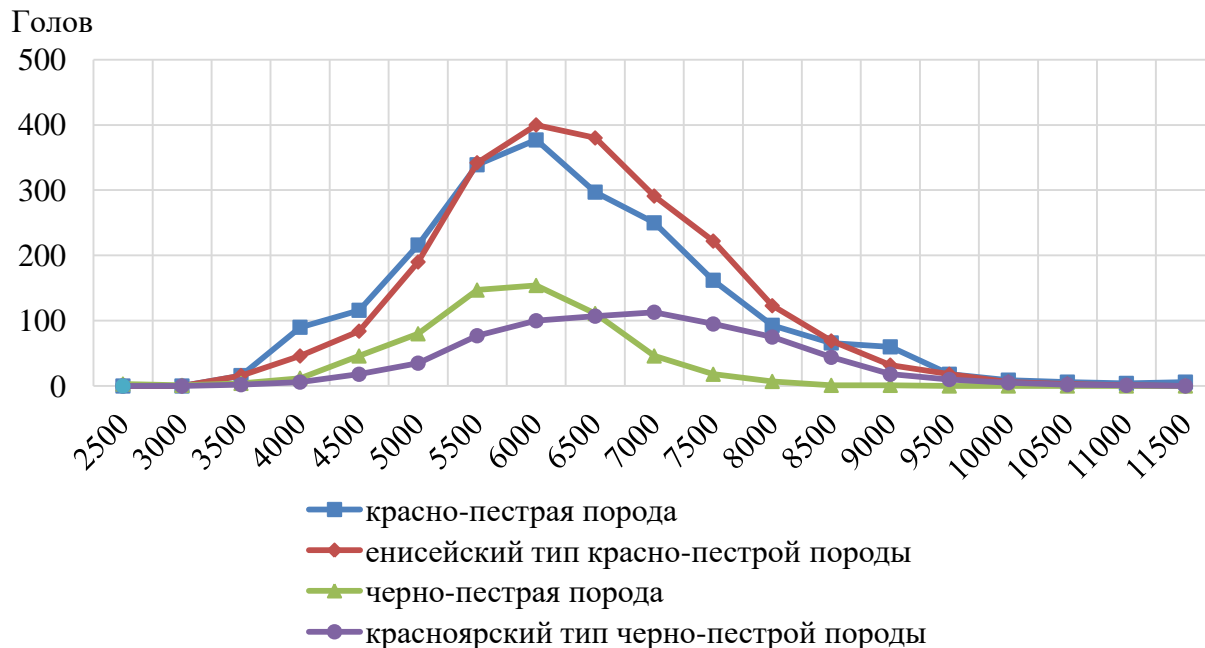


Рис. 1. Распределение первотелок по удою, кг

В красно-пестрой породе 25,4 % первотелок с удоем выше среднего по стаду на 10 %, в енисейском типе красно-пестрой породы – 21 %. Количество первотелок с удоем выше среднего по стаду на 10 % черно-пестрой породы и красноярского типа черно-пестрой породы соответственно 15,6 и 16,7 %.

Таким образом, в хозяйствах Красноярского края имеются условия для проведения отбора первотелок по собственной продуктивности и обеспечения ремонта стада первотелками с продуктивностью выше среднего по стаду на 10 %.

Коровы разных пород и типов молочного скота Красноярского края обладают продуктивно-биологическими особенностями, которые необходимо учитывать при их разведении. Моделирование оптимальных вариантов ремонта стада проводили с учетом породы, при этом был выбран односторонний отбор по удою, так как этот признак имеет более широкий диапазон изменчивости, что подтверждается рядом авторов [3–5]. Разработка и выбор оптимальных моделей ввода первотелок в стадо были произведены по

алгоритму, который включал в себя следующие действия и условия:

1. Мониторинг продуктивности животных в стаде.
2. Оценка молочной продуктивности первотелок и отбор животных с удоем выше среднего по стаду на 10 %.
3. Объединение коров внутри породы в три возрастные группы: первой, второй, третьей и старше лактации.
4. Подсчет количества коров в каждой группе и определение средней продуктивности на начало разработки моделей.
5. Варианты интенсивности отбора в различных возрастных (по лактациям) группах коров могут быть любыми, необходимыми для хозяйства. В нашей работе для примера мы использовали 5, 10, 15 % выбраковку худших коров.
6. Выбраковка производится с учетом вынужденной браковки, выбытие животных – из числа не стельных коров с учетом номера лактации.
7. Определение удою и числа коров в группе после выбраковки и выранжировки.

8. Выбор оптимальных вариантов ремонта стад (модели), направленных на достижение максимального увеличения надоя.

Данный алгоритм может быть применен как к хозяйству, так и к отдельному стаду и породе в целом.

В таблице 1 приведены результаты примера расчета модели. Средний удой составлял 6124 кг, количество коров – 5771 гол. После разбивки животных по лактациям определяли их фактическое количество.

Таблица 1

### Пример расчета выбора оптимальных вариантов ремонта стад

Показатель	По породе	Лактация		
		1	2	3
Удой за 305 дн., кг	6124	6019	6218	6156
Удой вводимых первотелок, кг	6621			
Количество коров, гол.	5771	2125	1735	1905
Из них выбракованных и выранжированных:				
%	11,9	15	10	10
гол.	683	319	174	190
Количество коров после выбраковки и выранжировки, гол.	5082	1806	1561	1715
Удой после выбраковки, кг	5650	6338	6498	6422
Ожидаемый результат, кг	6433	6380	6510	6442

В нашем примере из группы коров по первой лактации выбраковывали и выранжировывали 15 %, или 319 голов, второй и третьей лактации – по 10 %, или 174 и 190 голов соответственно, что в сумме составило 11,9 %, или 683 коровы. Следовательно, для ремонта стада необходимо 683 первотелки с удоём 6621 кг, что выше среднего по стаду на 10 %. Ожидаемый средний удой по стаду после применения предложенного варианта моделирования окажется равным 6433 кг (см. табл. 1).

Таким образом, алгоритм моделирования оптимальных вариантов ремонта стада универсален и может быть применен при решении аналогичных задач в хозяйствах, занимающихся разведением молочного скота. Использование предложенных математических расчетов позволит оптимизировать оборот стада и прогнозировать уровень молочной продуктивности.

Моделирование оптимальных вариантов ремонта стада красно-пестрой породы приведено в таблицах 2 и 3. Мониторинг молочной продуктивности показал, что средний удой по породе составлял 6124 кг при массовой доле жира и

белка 4,06 и 3,1 % соответственно (данные представлены в таблице 2).

Наивысшая молочная продуктивность коров наблюдалась по второй лактации и составляла 6218 кг при массовой доле жира 4,1 %. Содержание белка в молоке на протяжении трех лактаций оставалось постоянным – 3,1 %. Согласно проведенным расчетам, в стадо рекомендуется вводить первотелок с удоём 6621 кг, что на 10 % выше среднего по породе.

Для красно-пестрой породы из пяти предложенных моделей оптимальной является четвертая (табл. 3).

Процент выбраковки коров составил по первой лактации – 15 %, второй – 10 % и третьей – 10 %. Ожидаемое увеличение молочной продуктивности на одну корову составит 433 кг молока, что позволит получить 6433 кг молока.

В таблице 4 приведена продуктивность коров енисейского типа красно-пестрой породы, которая составляла 6422 кг с жирно- и белковымолочностью 4,09 и 3,1 % соответственно. Наибольшей молочностью отличались коровы третьей лактации – 6702 кг, что на 280 кг больше, чем среднее по породному типу.

**Показатели продуктивности коров красно-пестрой породы**

Показатель	Удой за 305 дней, кг	МДЖ, %	МДБ, %
Средняя продуктивность по породе	6124±16,9	4,06±0,003	3,1±0,001
Продуктивность коров:			
1-й лактации	6019±27,9	4,06±0,004	3,1±0,001
2-й лактации	6218±29,7	4,1±0,005	3,1±0,002
3-й лактации	6156±30,1	4,03±0,006	3,1±0,002
Продуктивность вводимых первотелок (>10 % среднего по стаду)	6621	4,06	3,1

Таблица 3

**Модели ввода первотелок красно-пестрой породы**

Показатель	Модель				
	1	2	3	4	5
Процент выбраковки коров:					
1-й лактации	5	10	10	15	10
2-й лактации	5	5	10	10	10
3-й лактации	10	10	10	10	15
Ожидаемый удой за 305 дней, кг	6322	6365	6403	6433	6430

Таблица 4

**Показатели продуктивности коров енисейского типа красно-пестрой породы**

Показатель	Удой за 305 дней, кг	МДЖ, %	МДБ, %
Средняя продуктивность по породе	6422±18,5	4,09±0,002	3,1±0,001
Продуктивность коров:			
1-й лактации	6114±24,7	4,11±0,004	3,1±0,002
2-й лактации	6451±37,3	4,1±0,007	3,1±0,002
3-й лактации	6702±39,7	4,08±0,005	3,1±0,002
Продуктивность вводимых первотелок (≥10 % среднего по стаду)	7065	4,09	3,1

По результатам моделирования для енисейского типа красно-пестрой породы оптимальной принята четвертая модель (табл. 5). Процент выбраковки коров в четвертой модели составлял по первой лактации – 15 %, второй – 10 и третьей – 10 %.

Ожидаемый результат по молочной продуктивности – 6784 кг молока.

В таблицах 6 и 7 приведено моделирование ввода в стадо первотелок черно-пестрой породы. В среднем удой по породе составлял 5780 кг с массовой долей жира в молоке 3,9 % и массовой долей белка 3,05 %.

Для черно-пестрой породы оптимальной явилась пятая модель, представленная в таблице 7.

Таблица 5

## Модели ввода первотелок енисейского типа красно-пестрой породы

Показатель	Модель				
	1	2	3	4	5
Процент выбраковки коров:					
1-й лактации	5	10	10	15	10
2-й лактации	5	5	10	10	10
3-й лактации	10	10	10	10	15
Ожидаемый удой за 305 дней, кг	6633	6688	6736	6784	6771

Таблица 6

## Показатели продуктивности коров черно-пестрой породы

Показатель	Удой за 305 дней, кг	МДЖ, %	МДБ, %
Средняя продуктивность по породе	5780±23,2	3,9±0,002	3,05±0,001
Продуктивность коров:			
1-й лактации	5552±34,3	3,9±0,003	3,06±0,002
2-й лактации	6020±45,4	3,9±0,004	3,05±0,002
3-й лактации	5825±39,5	3,89±0,005	3,06±0,00,
Продуктивность вводимых первотелок (≥10 % среднего по стаду)	6358	3,9	3,05

Таблица 7

## Модели ввода первотелок черно-пестрой породы

Показатель	Модель				
	1	2	3	4	5
Процент выбраковки коров:					
1-й лактации	5	10	10	15	10
2-й лактации	5	5	10	10	10
3-й лактации	10	10	10	10	15
Ожидаемый удой за 305 дней, кг	5937	5989	6018	6050	6073

В этой модели процент выбраковки коров по первой лактации – 10 %, второй – 10 % и третьей – 15 %. Ввод в стадо первотелок с удоем 6358 кг позволит получить увеличение молочной продуктивности на 293 кг молока.

Анализ данных таблицы 8 показывает, что коровы красноярского типа черно-пестрой породы являются наиболее продуктивными среди других пород и типов молочного направления продуктивности в Красноярском крае.

Удой в среднем составляет 7003 кг. Массовая доля жира и белка в молоке 3,8 и 3,1 % соответственно. Для достижения желательного результата необходимо вводить в стадо первотелок с удоем 7703 кг.

Для стада коров красноярского типа черно-пестрой породы оптимальным является процент выбраковки и выранжировки по 1-й лактации – 15 %, 2-й – 10 и 3-й – 10 % (четвертая модель), что будет способствовать повышению удоя до 7393 кг (табл. 9).

## Показатели продуктивности коров красноярского типа черно-пестрой породы

Показатель	Удой за 305 дней, кг	МДЖ, %	МДБ, %
Средняя продуктивность по породе	7003±18,5	3,84±0,002	3,10±0,001
Продуктивность коров:			
1-й лактации	6566±44,5	3,85±0,005	3,10±0,002
2-й лактации	7240±63,1	3,83±0,006	3,10±0,003
3-й лактации	7350±64,1	3,85±0,008	3,11±0,004
Продуктивность вводимых первотелок (≥10 % среднего по стаду)	7703	3,84	3,1

Таблица 9

## Модели ввода первотелок красноярского типа черно-пестрой

Показатель	Модель				
	1	2	3	4	5
Процент выбраковки коров:					
1-й лактации	5	10	10	15	10
2-й лактации	5	5	10	10	10
3-й лактации	10	10	10	10	15
Ожидаемый удой за 305 дней, кг	7199	7302	7344	7393	7384

Таким образом, четвертая модель является оптимальной для одной породы (красно-пестрой) и двух типов (енисейского и красноярского). Для коров черно-пестрой породы рекомендована пятая модель. Данные модели могут

быть применены в хозяйствах с учетом продуктивности коров и их возраста в лактациях.

Эффективность предлагаемых вариантов ремонта стада для разных пород и типов молочного скота Красноярского края представлена в таблице 10.

Таблица 10

## Экономическая эффективность предлагаемых моделей

Показатель	Порода, тип			
	Красно-пестрая	Енисейский	Черно-пестрая	Красноярский
Удой за 305 дней, кг	6124	6321	5780	7003
Ожидаемый удой за 305 дней, кг	6433	6784	6073	7393
Удой за 305 дней в базисной жирности, кг	7313	7604	6630	7909
Ожидаемый удой за 305 дней в базисной жирности, кг	7682	8161	6966	8350
Себестоимость 1 ц молока, руб.	2106	2020	2228	1839
Цена реализации 1 ц молока, руб.	3250	3250	3250	3250
Прибыль, тыс. руб.:				
при существующем удое	83,6	93,5	67,8	111,6
при ожидаемом удое	87,9	100,4	71,2	117,9
Уровень рентабельности, %	54,3	60,9	45,9	76,8

Оценка экономической эффективности предлагаемых моделей ремонта стада показала, что проведение одностороннего отбора по удою способствует увеличению молочности коров разных пород и внутрипородных типов на 293–463 кг молока. Получение прибыли от реализации молока при пересчете на базисную жирность (3,4 %) составит от 71,2 до 117,9 тыс. руб., рентабельность производства молока – 45,9–76,8 %.

**Выводы.** Молочное скотоводство является динамично развивающейся отраслью сельского хозяйства Красноярского края. Оно представлено уникальными породами и внутрипородными типами, отличающимися высоким продуктивным потенциалом.

Оценка вариантов ремонта стада показала, что четвертая модель является оптимальной для одной породы (красно-пестрой) и двух типов (енисейского и красноярского). Пятая модель рекомендована для черно-пестрой породы.

Применение моделирования ремонта стада позволит увеличить удои на 293–463 кг и достичь рентабельности производства молока в базисной жирности 45,9–76,8 %.

Для эффективного ведения отрасли скотоводства специалистам необходимо использовать алгоритм моделирования оптимальных вариантов ремонта стада, независимо от их породной принадлежности, численности и продуктивности.

#### Литература

1. Максимова Л.Р., Жукевич А.А. Имитационное моделирование оборота молочного стада // Сб. науч. тр. Всерос. науч.-исслед. ин-та овцеводства и козоводства. – 2014. – Т. 2, № 7. – С. 481–485.
2. Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техни-

- ки, изобретений и рационализаторских предложений / подгот. Г.М. Лоза [и др.]; ВАСХНИЛ. – Фрунзе, 1984. – 108 с.
3. Алексеева Е.А. Селекционно-генетические показатели молочной продуктивности коров енисейского типа красно-пестрой породы // Вестн. КрасГАУ. – 2014. – № 5. – С. 194–198.
4. Голубков А.И., Луценко А.Е. Состояние и перспективы разведения внутрипородного типа «Красноярский» черно-пестрой породы // Вестн. КрасГАУ. – 2016. – № 1. – С. 134–140.
5. Луценко А.Е., Голубков А.И. Красно-пестрая порода молочного скота Сибири. – Красноярск, 2004. – 196 с.

#### Literatura

1. Maksimova L.R., Zhukevich A.A. Imitacionnoe modelirovanie oborota molochnogo stada // Sb. nauch. tr. Vseros. nauch.-issled. in-ta ovcevodstva i kozovodstva. – 2014. – Т. 2, № 7. – С. 481–485.
2. Metodika opredelenija jekonomicheskoj jeffektivnosti ispol'zovanija v sel'skom hozjajstve rezul'tatov nauchno-issledovatel'skih i opytно-konstruktorskih rabot, novoj tehniki, izobretenij i racionalizatorskih predlozhenij / podgot. [G.M. Loza i dr.]; VASHNIL. – Frunze, 1984. – 108 s.
3. Alekseeva E.A. Selekcionno-geneticheskie pokazateli molochnoj produktivnosti korov enisejskogo tipa krasno-pestroj porody // Vestn. KrasGAU. – 2014. – № 5. – С. 194–198.
4. Golubkov A.I., Lushhenko A.E. Sostojanie i perspektivy razvedenija vnutripородного типа «Krasnojarskij» cherno-pestroj porody // Vestn. KrasGAU. – 2016. – № 1. – С. 134–140.
5. Lushhenko A.E., Golubkov A.I. Krasno-pestrajа poroda molochnogo skota Sibiri. – Krasnojarsk, 2004. – 196 s.