

УТВЕРЖДЕНА  
Решением Коллегии  
Евразийской экономической комиссии  
от 20 г. №

**МЕТОДИКА  
оценки племенной ценности крупного рогатого скота молочного  
направления продуктивности**

**I. Общие положения**

1. Настоящая Методика разработана в целях реализации подпункта 12 пункта 7 статьи 95 Договора о Евразийском экономическом союзе от 29 мая 2014 года, в соответствии со статьей 3 Соглашения о мерах, направленных на унификацию проведения селекционно-племенной работы с сельскохозяйственными животными в рамках Евразийского экономического союза от 25 октября 2019 года (далее – ЕАЭС) и устанавливает порядок оценки, определения продуктивности и расчета племенной ценности крупного рогатого скота молочного направления продуктивности.

2. Настоящая Методика разработана с учетом национального законодательства государств – членов ЕАЭС (далее – государства-члены) в области племенного дела и лучших мировых практик с целью унификации селекционно-племенной работы в молочном скотоводстве, упрощения процедур при перемещении животных между государствами-членами, обмене племенным материалом и создания благоприятных условий по формированию конкурентоспособных баз племенных ресурсов.

3. Настоящая Методика предназначена для использования на территории государств-членов во всех племенных организациях,

хозяйствах, осуществляющих выращивание и (или) реализацию племенного крупного рогатого скота молочного направления продуктивности, а также сервисных организациях, информационно-аналитических, селекционных, селекционно-генетических центрах, ассоциациях (палатах) по молочным породам крупного рогатого скота.

4. Оценке племенной ценности подлежат коровы и быки молочного направления продуктивности, зарегистрированные в качестве племенных животных в установленном в соответствии с национальным законодательством государств-членов порядке.

5. Результаты оценки племенной ценности животных, определенные в соответствии с настоящей Методикой, заносятся в реестр учета племенных животных (племенную книгу), племенные свидетельства (паспорта, сертификаты).

6. Понятия, используемые в настоящей Методике, означают следующее:

«база данных» – структурированный набор данных о племенных животных, вовлеченных в селекционный процесс;

«биометрическая модель животного (Animal Model, далее – АМ) – математическая форма описания взаимосвязи наблюдаемых фенотипических характеристик животного и влияния на них внешних факторов в сочетании с информацией о происхождении;

«индекс племенной ценности» – результат прогноза племенной ценности животного по комплексу селекционируемых признаков согласно их значимости в селекции;

«комплексный селекционный индекс» – индекс, включающий частные селекционные индексы, с весовыми коэффициентами согласно целям селекции;

«ICAR (The International Committee for Animal Recording)» – международный комитет по стандартизации учета животных и оценки продуктивности;

«молочная продуктивность» – это количество и качество молока, получаемого от животного;

«наилучший линейный несмещенный прогноз (Best linear unbiased prediction, далее – BLUP)» – статистический метод прогноза племенной ценности животного по селекционируемому признаку на основе биометрической модели линейного типа;

«племенная ценность (Estimated Breeding Value, далее – EBV)» – прогноз племенной ценности, по конкретному признаку, рассчитанный методом BLUP AM;

«племенное животное» – сельскохозяйственное животное, используемое для разведения, зарегистрированное в реестре учета племенных животных в порядке, установленном законодательством государства-члена в области племенного животноводства и имеющее, в случае его реализации, племенное свидетельство (сертификат, паспорт);

«племенное свидетельство» – документ установленного образца, подтверждающий происхождение, племенную ценность и иные качества племенного животного (племенного стада);

«популяция животных» – совокупность особей животных определенного вида, в пределах которой происходит размножение;

«порода животных» – группа животных, обладающая генетически обусловленными биологическими и морфологическими хозяйствственно полезными свойствами, часть которых специфична для данной группы, отличает ее от других групп животных и передается по наследству;

«реестр учета племенных животных» – база данных, содержащая сведения о племенных животных и племенных стадах в масштабах государства;

«реестр субъектов племенного животноводства» – база данных, содержащая сведения о субъектах племенного животноводства;

«селекционируемые признаки» – количественные и качественные показатели животных, по которым производится целенаправленная селекция;

«сельскохозяйственные животные» – животные, разводимые в целях получения животноводческой продукции;

«частный селекционный индекс» – индекс, включающий стандартизованные племенные ценности по одному или комплексу селекционируемых признаков, отражающих селекционное направление (молочная продуктивность, воспроизводство, долголетие и т.д.).

## II. Определение племенной ценности коров и быков крупного рогатого скота молочного направления продуктивности

1. Племенная ценность коров и быков крупного рогатого скота молочного направления продуктивности определяется по удою, молочному жиру и молочному белку и рассчитывается:

у коров – по окончании лактации;

у быков – при наличии данных о продуктивности дочерей за 305 дней лактации.

2. Информация о племенной ценности быка публикуется при появлении данных об окончании лактации дочерей, с указанием количества его дочерей, стад, в которых они находятся, достоверности. Племенная ценность коров и быков пересчитывается регулярно не реже одного раза в год.

3. Оценка молочной продуктивности коров проводится согласно приложению 1 к настоящей Методике.

4. Расчет племенной ценности коров и быков (EBV) проводится на основе смешанной линейной модели Animal Model (AM), методом BLUP согласно приложению 2 к настоящей Методике.

5. Комплексные и частные селекционные индексы рассчитываются с учетом:

EBV по удою, молочному жиру и молочному белку; весовых коэффициентов данных признаков в соответствии с методиками, применяемыми в селекционно-племенной работе государств-членов ЕАЭС;

информации о среднепопуляционных значениях и среднеквадратических отклонениях селекционных показателей, размещенной на сайтах уполномоченных органов государств-членов ЕАЭС в области племенного дела.

6. Результаты расчета EBV заносятся в реестр учета племенных животных (племенную книгу), племенные свидетельства (паспорта, сертификаты).

---

к Методике  
оценки племенной ценности  
крупного рогатого скота  
молочного направления  
продуктивности

Оценка коров по молочной продуктивности

1. Оценка уровня продуктивности коров и качества молока за лактацию или другой период производится путем обобщения результатов регулярно проводимых контрольных доек.

2. Контрольная дойка осуществляется сотрудниками, ответственными за проведение этого селекционного мероприятия.

3. Контрольная дойка проводится одновременно у всех животных в течение суток, содержащихся в одном помещении, за исключением сухостойных коров и новотельных коров до вечера 4-го дня после отела.

4. Качественный анализ контрольной пробы молока должен проводиться только в лаборатории по определению качества молока, аккредитованной в установленном порядке.

5. Днем начала лактации считается следующий день после отела. Окончанием лактации считается начало сухостойного периода. При отсутствии сухостойного периода у коровы днем окончания лактации считается день перед следующим отелом.

6. Для определения количества надоенного молока используются технические средства, весы с погрешностью взвешивания не более 0,1 кг, мерные емкости, молокомеры и электронные автоматические приборы.

7. Технические средства, используемые для определения количества надоенного молока, подвергаются контролю на точность показаний в установленном порядке.

8. Количество надоенного молока за контрольные сутки определяется путем сложения всех удоев, последовательно полученных в течение суток контрольного доения.

9. Количество молока определяется с точностью до 0,1 кг. Удой за контрольный период рассчитывается с точностью до 1 кг.

10. Расчет количества молока, молочного жира и молочного белка за лактацию осуществляется в соответствии с методиками, рекомендованными ICAR.

11. Средний процент жира (белка) за лактацию определяется путем деления количества однопроцентного молока на удой за соответствующую лактацию.

12. Массовая доля жира и белка за контрольные сутки определяется с точностью до 0,01%, за контрольный период – до 0,01%.

13. Количество молочного жира и молочного белка рассчитывается соответственно с точностью до 0,1 кг.

14. При расчете племенной ценности по удою используются данные за 305 дней лактации.

ПРИЛОЖЕНИЕ № 2  
к Методике  
оценки племенной ценности  
крупного рогатого скота  
молочного направления  
продуктивности

Расчет племенной ценности коров и быков  
крупного рогатого скота молочного направления продуктивности  
на основе метода BLUP AM

1. Племенная ценность коров и племенных быков по признакам молочной продуктивности рассчитывается на основе смешанной линейной модели Animal Model (AM).

2. Расчет комплексных селекционных индексов племенной ценности быков на основе метода BLUP AM состоит из следующих этапов:

разработка оптимальных статистических моделей, значимо описывающих развитие селекционируемых признаков в оцениваемой популяции;

расчет селекционно-генетических параметров оцениваемой популяции по оптимальным статистическим моделям (наследуемость, изменчивость (вариансы));

расчет прогнозных значений племенной ценности (EBV) на основе методологии BLUP модель животного (AM), надежности (точности) прогноза (REL, r<sup>2</sup>) и стандартизацию значений прогноза племенной ценности,

разработка комплексных селекционных индексов крупного рогатого скота молочного направления продуктивности на основе теории селекционного индекса и их расчет.

3. Для разработки статистических моделей развития

селекционируемых признаков в популяции используют модели смешанного типа:

$$y_{ij} = h_i + a_{ij} + e_{ij}$$

где:

$y_{ij}$  – показатель признака  $j$ -го животного в  $i$ -ых условиях среды;

$h_i$  – эффекты условий среды (фиксированные);

$a_{ij}$  – аддитивный генетический эффект  $j$ -го животного в  $i$ -ых условиях среды (ЕВ) (рандомизированный);

$e_{ij}$  – эффект неучтенных в модели факторов (рандомизированный).

Для выбора оптимальной модели необходимо использовать критерии AIC и BIC.

Критерий выбора оптимальной модели – информационный критерий Акаике (AIC).

$$AIC = \ln \sigma^2 + (2/n)r,$$

где:

$\sigma^2$  – остаточная сумма квадратов, деленная на количество наблюдений;

$n$  – число наблюдений;

$r$  – число оцененных параметров модели.

Выбирается модель, минимизирующая значение статистики.

Байесовский информационный критерий (BIC)

$$BIC = \ln \sigma^2 + (\ln n / n)r.$$

Лучшая модель соответствует минимальному значению критерия.

4. Для расчета прогнозных значений племенной ценности крупного рогатого скота молочного направления продуктивности по разработанным оптимальным статистическим моделям используется методология BLUP модель животного (AM).

Скалярная форма BLUP имеет вид:

$$y = Xb + Za + e,$$

где:

$y = n \times 1$  вектор наблюдений (оценок);  $n$  – число записей;

$b = p \times 1$  – вектор фиксированных эффектов;  $p$  – число уровней фиксированных эффектов;

$a = q \times 1$  – вектор случайных эффектов пробандов;  $q$  – число уровней случайных эффектов;

$e = n \times 1$  – вектор случайных эффектов;

$X$  – матрица порядка  $n \times p$ , которая связывает оценку животных с фиксированными эффектами;

$Z$  – матрица порядка  $n \times q$ , которая связывает оценку животных со случайными эффектами.

Матрицы  $X$  и  $Z$  называются матрицами случаев, предполагается, что математическое ожидание ( $E$ ) переменных:

$$E(y) = Xb; E(a) = E(e) = 0.$$

Главная цель уравнения смешанной линейной модели – это предсказать линейную функцию  $b$  и  $a$  (EBV) от  $y$ .

Для вычисления  $a$  и  $b$  необходимо решение смешанной модели (ММЕ) для вычисления значений  $b$  (фиксированных эффектов) и предсказать решения для случайных эффектов  $a$ . Формула для модели животного (АМ) в матричном виде, имеет вид:

$$\begin{bmatrix} X'XX'Z \\ Z'XZ'Z + A^{-1}\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \end{bmatrix},$$

Коэффициент  $\alpha$  рассчитывается по формуле:

$$\alpha = \frac{\sigma^2_e}{\alpha^2_a} = \frac{1 - h^2}{h^2},$$

Отсюда искомые коэффициенты равны:

$$\begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X' XX'Z \\ Z' XZ'Z + A^{-1}\alpha \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X' y \\ Z' y \end{bmatrix}.$$

Таким образом:  $\hat{b}$  – лучшая линейная оценка фиксированных факторов модели;  $\hat{a}$  – лучший несмешенный прогноз генетической ценности животного (EBV).

Матрица аддитивных генетических связей  $A$ , соответствующая матрице чиселителей коэффициентов родства, рассчитывается по следующему рекурсивному алгоритму.

Первоначально животных в родословной необходимо закодировать от 1 до  $n$  ( $n$  – число животных), и упорядочить таким образом, что родители предшествуют их потомкам.

Если оба родителя ( $s$  и  $d$ ) животного  $i$  известны:

$$a_{ji} = a_{ij} = 0.5(a_{js} + a_{jd}); j = 1 \text{ до } (i-1),$$

$$a_{ii} = 1 + 0.5(a_{sd}).$$

Если только один из родителей  $s$  известен и предполагается, что он не связан родством с другим:

$$a_{ji} = a_{ij} = 0.5(a_{js}); j = 1 \text{ до } (i-1),$$

$$a_{ii} = 1.$$

Если оба родителя неизвестны:

$$a_{ji} = a_{ij} = 0; j = 1 \text{ до } (i-1),$$

$$a_{ii} = 1.$$

Если умножить матрицу  $A$  на аддитивную генетическую вариансу  $\sigma^2_a$ , то произведение  $A \times \sigma^2_a$  будет описывать вариационно-ковариационную структуру аддитивных генетических ценостей оцениваемых животных.

Для прогнозирования племенной ценности требуется обратная матрица родства  $A^{-1}$ , метод расчета  $A^{-1}$  минуя матрицу  $A$ .

Первоначально элементы  $A^{-1}$  задаются нулями и применяются следующие правила.

Диагональные элементы задаются как 2, или 4/3, или 1 для животных с двумя известными, одним известным и с неизвестными родителями соответственно.

Если известны оба родителя  $i$ -го животного, добавляются:

$a_i$  к элементу  $(i, i)$ ;

-  $a_i/2$  к элементам  $(s, i)$ ,  $(i, s)$ ,  $(d, i)$  и  $(i, d)$ ;

$a_i/4$  к элементам  $(s, s)$ ,  $(s, d)$ ,  $(d, s)$  и  $(d, d)$ .

Если известен один из родителей  $i$ -го животного, добавляются:

$a_i$  к элементу  $(i, i)$ ;

- $a_i/2$  к элементам  $(s, i)$  и  $(i, s)$ ;

$a_i/4$  к элементу  $(s, s)$ .

Если неизвестны оба родителя, добавляются:

$a_i$  к элементу  $(i, i)$ .

При использовании BLUP AM смешанной модели ММЕ вида

$$\begin{bmatrix} X' XX' Z \\ Z' XZ' Z + A^{-1} \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X' y \\ Z' y \end{bmatrix},$$

матрица коэффициентов представлена как:  $\begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} \\ C_{21} & C_{22} \end{bmatrix}$

и обобщенная обратная матрица коэффициентов:  $\begin{bmatrix} C^{11} & C^{12} \\ C^{21} & C^{22} \end{bmatrix}$ .

Вариансы ошибки прогноза (Prediction Error Variance, PEV):

$$PEV = \text{var} (a - \hat{a}) = C^{22} \sigma_e^2.$$

Для расчета PEV для животных необходимы диагональные элементы матрицы коэффициентов уравнений животных.

PEV – это доля аддитивной генетической вариансы, не учитываемая прогнозом.

$$PEV = C^{22} \sigma_e^2 = (1-r^2) \sigma_a^2,$$

где:

$r^2$  – квадратная корреляция между истинными и оцененными племенными оценками.

Точность ( $r$ ) прогноза – это корреляция между истинными и прогнозируемыми племенными оценками. Однако, при оценке точность обычно выражается как надежность: квадратичная корреляция между истинными и предсказанными племенными оценками ( $r^2$ ). Расчеты для  $r$  или  $r^2$  требуют диагональных элементов инвертированной ММЕ.

Корень квадратный из PEV дает стандартную ошибку прогноза (StandardErrorPrediction, SEP):

$$SEP = \sqrt{PEV} = \sigma_a \sqrt{1 - r^2}.$$

Для снижения ошибки прогноза необходимо использовать такие доступные методы, которые максимизируют  $r$  при имеющемся количестве информации.

Надежность оценки для животного можно рассчитать как (Reliability, REL):

$$REL = r^2 = 1 - \frac{PEV_i}{\sigma_a^2}.$$