

ISSN 2410-2733

# ГЕНЕТИКА

2 / 2015

## И РАЗВЕДЕНИЕ ЖИВОТНЫХ



В. М. Кузнецов

## Моделирование разных сценариев селекции быков по жизнеспособности потомства

**Аннотация.** Моделировали отбор/браковку быков по частоте аборт, мертворождений и сохранности телят до года (пренатальной, перинатальной и постнатальной сохранности) на основе фенотипических, BLUP-оценок и экономических критериев. Из простых индексов лучшим был «мультипликативный». Поэтапная браковка и «интегрированный коэффициент связи» уступали по эффективности на 11–17 %. Критерии на основе BLUP-оценок повышали эффективность в 1,5–2 раза. «Мультипликативный» индекс по BLUP-оценкам был близок по эффективности к экономическому индексу с весовыми коэффициентами для пре-, пери- и постнатальной сохранности 1:1,5:3. Манипулируя соотношением экономических весов признаков можно гармонизировать индекс для селекционной цели любой популяции.

**Ключевые слова:** быки-производители, селекция, признаки жизнеспособности, сохранность, BLUP, экономический индекс, моделирование.

Автор:

Кузнецов Василий Михайлович — доктор с.-х. наук, профессор, заведующий лабораторией популяционной генетики в животноводстве ФГБНУ «Зональный НИИСХ Северо-Востока»; 610007, г. Киров, Кировская область, ул. Ленина, д. 166а, «Зональный НИИСХ Северо-Востока»; e-mail: vm-kuznetsov@mail.ru

**Введение.** Цель разведения сельскохозяйственных животных — производство высококачественной, конкурентоспособной продукции. В селекции молочного скота доминирующее значение имеют удои, жир, белок, признаки типа. Однако чтобы разведение животных было рентабельным, необходимо учитывать все признаки, влияющие на экономику. В частности, кроме продуктивных признаков селекционеры в своей работе должны обращать внимание на признаки воспроизводства, жизнеспособности и здоровья животных. Молочное скотоводство может приносить прибыль лишь при условии достаточно высокой продуктивности и жизнеспособности, близких к норме показателей воспроизводства и хорошем состоянии здоровья животных.

Жизнеспособность популяции (породы, стада) характеризуется рядом показателей, определяющих ее существование и развитие — это частота аборт, мертворождений, сохранности молодняка. От их уровня зависит эффективность воспроизводства популяции и интенсивность отбора ремонтных телок. В разных странах отмечается рост мертворождаемости, особенно в голштинской породе [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]. Мертворождаемость приводит к потерям, как экономическим (стоимость теленка и затраты на лечение коровы), так

и генетическим. Так, в молочной индустрии США потенциальные потери из-за мертворожденности оценивались в 132 млн долларов [9]; по другим данным ежегодные потери составляют более 125 млн долларов [7]. Дополнительные затраты из-за прерывания генетического прогресса вследствие рождения мертвого теленка (или его гибели) и задержки генетического улучшения в следующем поколении подсчитать трудно. На мертворождение большое влияние оказывает дистоция. В работе [10] было показано, что экономические потери, обусловленные затруднениями при отеле, составляли 0, 50, 96, 160 и 380 долларов США для дистоции с кодами от 1 (отел без помощи) до 5 (экстремально трудный отел). Из этих потерь 17,2% приходилось на мертворождение. Имеются данные, что фермеры США на каждом аборте теряют в доходах 500–900 долларов [11].

С биологической точки зрения признаки жизнеспособности — пороговые. Их популяционно-генетические характеристики изучены не так широко, как характеристики продуктивных признаков. Имеющиеся данные указывают на низкую генетическую изменчивость. Так, в красной шведской породе оценки коэффициентов наследуемости предрасположенности к мертворождению были 3...4% [3], 0,7...1,3% [12]. Оценки наследуемости

по голштинской породе: в Израиле в 1970-х годах — 1,3...3,6% [13], в 1980-х годах — 2,7...8,4% [14], в Нидерландах — 0,3% [15], в Канаде — 0,1...1,8% [16], в Великобритании — 2% [17], в Ираке — 0,7...3% [7]. В голштинской породе США оценки наследуемости перинатальной сохранности (или мертворожденности) были 0,4...9% [18, 19], 5...10% [20], 3...6,5% [21]. В работе [2] оценки наследуемости были 0,3...2,2%, а корреляции племенной ценности быков по перинатальной сохранности с таковой по удою -0,07 (отелы первотелок) и +0,08 (отелы коров), по дистоции соответственно — -0,13 и -0,16; генетический тренд за 10-летний период составил — 0,04% в год. Для анализа были использованы данные по 165559 первотелкам, дочерям 2360 быков, и 493107 коровам, дочерям 2459 быков, которые обрабатывались по многофакторной статистической модели смешанного типа (большой объем данных и многофакторные модели — отличительная черта зарубежных исследований).

Во многих странах с развитым скотоводством уже проводится оценка племенной ценности быков по признакам воспроизводства, здоровья, функциональности, в т.ч. по жизнеспособности/сохранности потомства. Эти оценки включаются затем в селекционные индексы по комплексу признаков, например, в европейский продуктивный индекс (Production Index), в странах Северной Европы — в индекс NTM, в США — в CA\$ (Calving Ability ~ предрасположенность к [нормальному] отелу) [21] с последующим включением в индекс чистой прибыли/рентабельности (Net Merit Index) [22] (обзор индексов см. в [23]). Индекс CA\$ включает оценки быка и дочерей по дистоции и по предрасположенности к мертворождаемости. Генетическая корреляция CA\$ с молочной продуктивностью была +0,15, с продолжительностью продуктивной жизни — +0,4, с NM\$ — +0,34 [21]. В Швеции, где сохранности телят давно придают большое значение, частота мертворожденных телят у первотелок голштинской породы снизилась до 3,6%, тогда как в Канаде составляет 9%, в США — 12,1% [24].

Из немногочисленных российских работ заслуживают внимание исследования Б. П. Завертяева

по изучению генетической изменчивости и племенной оценки животных по альтернативным (пороговым) признакам [25]. В частности, он исследовал 11339 отелов коров трех племенных хозяйств Ленинградской области иерархическим дисперсионным анализом, в котором факторами являлись: «хозяйство», «линия», «бык» и случайные источники изменчивости. Коэффициенты наследуемости были: предрасположенности к абортам — 0,5%, к мертворождаемости — 4,2% [26].

В Карелии А. Е. Болгов [27] использовал однофакторный дисперсионный анализ для оценки коэффициентов наследуемости ( $h^2$ ) абортов (А) и мертворождений (М). Полученные результаты показаны в таблице 1.

А. С. Делян в диссертационной работе [28] на материале агропредприятия «Косино» Московской области исследовал влияние разных факторов на сохранность телят в различные периоды онтогенеза. Для отбора быков по жизнеспособности был рекомендован «интегрированный коэффициент связи».

Н. Н. Кочнев [29] предложил новый признак, именно: «жизнеспособность телят за 3 месяца», наследуемость которого, оцененная в однофакторном дисперсионном анализе (данные о выборке отсутствуют), составила 8,2%. В работе [30] Н. Н. Кочнев отмечал ограниченные возможности использования «интегрированного коэффициента связи» и рекомендовал поэтапный отбор быков по признакам жизнеспособности (аборт → мертворождение → жизнеспособность телят за 3 месяца).

А. Г. Кудрин и Ю. П. Загороднев [31] на материале трех племенных хозяйств (952 дочери от 81 быка) установили, что у дочерей быков, характеризующихся низким уровнем частоты мертворожденности приплода, отмечалось статистически значимое повышение показателей воспроизводства, продолжительности продуктивного использования и пожизненного удою. Возможные генетические причины эмбриональных потерь в скотоводстве были рассмотрены в обзоре [32].

Основной недостаток российских исследователей при изучении проблемы жизнеспособности (и не только ее) — это анализ по небольшому чис-

Таблица 1. Наследуемость ( $h^2$ ) абортов (А) и мертворождений (М) в хозяйствах Карелии (по [27])

Хозяйство (порода)	Быков	Дочерей	$h^2_A$ , %	$h^2_M$ , %
Сортавальский (айрширская Айр)	28	4093	1,6	1,6
Сортавальский (Айр)	17	911	6	
Ведлозерский (холмогорская)	13	599	2,7	
Сортавальский + Большевик (Айр)	25	1952	4,1	
Большевик помеси I–IV поколения	15	1041	2,6	

лу хозяйств, и/или быков, и/или животных (отелов). При этом, как правило, в лучшем случае используется однофакторный дисперсионный анализ.

Ранее нами была изучена генетическая изменчивость признаков жизнеспособности в популяции молочного скота Кировской области (10 племенных хозяйств, 16452 записи по 75 быкам). Была использована линейная статистическая модель смешанного типа, включающая такие эффекты, как «хозяйство», «год отела», взаимодействие «хозяйство×год отела», «производитель» и неучтенные факторы. Коэффициенты наследуемости составили: по предрасположенности к абортам — 2,3, мертворожденности — 2,8, сохранности телят — 3,2% [33]. В работе [34] была установлена нецелесообразность селекции коров по жизнеспособности, а в работах [35, 36] было показано, что использование BLUP-процедуры может повысить точность прогноза генотипа быков по этим признакам на 20% и более. В данной статье представлены результаты имитационного моделирования разных сценариев оценки и браковки/отбора быков по предрасположенности к абортам, мертворождению и сохранности потомства до года.

**Материал и методы исследований.** Использовали данные по регистрации абортов, мертворождений приплода и сохранности телят до года в 10 племенных хозяйствах АСК «Вяткаплем» Кировской области за 3-летний период. Всего было учтено 16452 записи по 75 производителям (минимум 50 регистраций на быка). Также были использованы BLUP-оценки 75 быков, рассчитанные в предыдущих исследованиях [36].

**Критерии селекции.** Для придания единообразия (по смыслу и масштабу) частоты абортов и мертворождений, а также соответствующие BLUP-оценки племенной ценности быков (EBV), были трансформированы в условные показатели пре- и перинатальной сохранности. Так, частота абортов по  $i$ -му быку ( $Q_{A_i}$ , доли) была трансформирована в пренатальную сохранность:  $P_{A_i} = 1 - Q_{A_i}$ , а BLUP-оценка племенной ценности,  $EBV_{A_i}$  (%), в генетическую оценку пренатальной сохранности:  $G_{A_i} = 1 - (\bar{Q}_A + 0,5EBV_{A_i}/100)$ .

Аналогично были получены частоты перинатальной сохранности (живорожденный приплод),  $P_{M_i} = 1 - Q_{M_i}$  (где  $Q_{M_i}$  — частота мертворождений), и генетические оценки,  $G_{M_i} = 1 - (\bar{Q}_M + 0,5EBV_{M_i}/100)$ , перинатальной сохранности. Частоты и BLUP-оценки по сохранности телят до года также были трансформированы в постнатальную сохранность:  $P_{C_i} = Q_{C_i}$  и  $G_{C_i} = \bar{Q}_C + 0,5EBV_{C_i}/100$ .

Фенотипические частоты и трансформированные прогностические BLUP-оценки быков по пре-

пери- и постнатальной сохранности потомства были использованы для расчета трех типов индексов сохранности: фенотипических, генетических и экономических.

**Фенотипические индексы.** В их основе фактические частоты пре-, пери- и постнатальной сохранности по быку, или их ранги:

- «усредненный» или «аддитивный»

$$IP_{1i} = (P_{A_i} + P_{M_i} + P_{C_i})/3;$$

- «совмещенный» или «мультипликативный»

$$IP_{2i} = P_{A_i} \times P_{M_i} \times P_{C_i};$$

- «интегрированный коэффициент связи» [28, 30]

$$IP_{Ri} = 1 - (RP_{A_i} + RP_{M_i} + RP_{C_i})/(3 \times 75);$$

где  $RP_{A_i}$ ,  $RP_{M_i}$ ,  $RP_{C_i}$  — ранги быка по  $P_{A_i}$ ,  $P_{M_i}$ ,  $P_{C_i}$ .

**Генетические индексы.** Расчеты аналогичны предыдущим, но вместо частот признаков использовались трансформированные BLUP-оценки быков по пре-, пери- и постнатальной сохранности ( $G_{ij}$ ), или их ранги ( $RG_{ij}$ ):

- «аддитивный»

$$IG_{1i} = (G_{A_i} + G_{M_i} + G_{C_i})/3;$$

- «мультипликативный»

$$IG_{2i} = G_{A_i} \times G_{M_i} \times G_{C_i};$$

- «интегрированный коэффициент связи»

$$IG_{Ri} = 1 - (RG_{A_i} + RG_{M_i} + RG_{C_i})/(3 \times 75);$$

где  $RG_{A_i}$ ,  $RG_{M_i}$ ,  $RG_{C_i}$  — ранги быка по  $G_{A_i}$ ,  $G_{M_i}$ ,  $G_{C_i}$ .

**Экономический индекс.** Общий вид:

$$I_i = v_A \Delta G_{A_i} + v_M \Delta G_{M_i} + v_C \Delta G_{C_i},$$

где  $\Delta G_{ij} = (G_{ij} - \bar{P}_j)$ ,  $\bar{P}_j$  — популяционная частота по  $j$ -му признаку сохранности;  $v_j$  — экономическая ценность  $j$ -го признака; может быть: (а) актуальной себестоимостью единицы продукции, или (б) доходом от реализации единицы продукции, или (в) прибылью, полученной от увеличения конкретного признака на 1 единицу, независимо от других признаков.

При колебании цен  $v_j$  может значительно меняться в течение года. Если браковка животных основывается на индексах, рассчитанных с использованием текущих  $v_j$ , и если  $v_j$  значительно меняются в течение времени, то тогда могут быть отобраны нежелательные родители. Более корректный подход — использовать ожидаемые значения для  $v_j$ , когда будущая генерация животных достигнет рыночной кондиции или продуктивного возраста. К сожалению, прогностическая оценка  $v_j$  даже на 2–3 года вперед чрезвычайно проблематична.

Вопрос может быть в какой-то степени решен, если при конструировании селекционного индекса

использовать *относительные экономические ценности* признаков, которые изменяются не так быстро, как текущие. Для этого сначала необходимо придать равную экономическую ценность всем признакам, которые включаются в индекс. Равноценный индекс имел вид:

$$I_i = (0,40) \Delta G_{A_i} + (0,41) \Delta G_{M_i} + (0,19) \Delta G_{C_i}.$$

Данный индекс становится легко модифицируемым, если в него включить коэффициенты экономической важности ( $k_j$ ):

$$I_i = k_A (0,40) \Delta G_{A_i} + k_M (0,41) \Delta G_{M_i} + k_C (0,19) \Delta G_{C_i},$$

где  $k_A$ ,  $k_M$  и  $k_C$  — коэффициенты экономической важности пре-, пери- и постнатальной сохранности соответственно.

Через стоимость новорожденного теленка,  $C_T$ , индекс может быть выражен в денежных единицах:  $IE_i = C_T [k_A (0,40) \Delta G_{A_i} + k_M (0,41) \Delta G_{M_i} + k_C (0,19) \Delta G_{C_i}]$ .

В данном критерии прогностические оценки наследственной способности быка по пре-, пери- и постнатальной сохранности взвешиваются на экономические «веса». Невысокая оценка животного по одному из признаков может компенсироваться лучшей оценкой по другому(-им). В денежной форме индекс показывает на вероятный дополнительный доход/убыток, который можно ожидать от одного плодотворного осеменения спермой  $i$ -го быка.

Рассмотренные выше критерии были вычислены для 75 производителей.

### Сценарии браковки/отбора быков

#### По фенотипическим критериям:

- одноступенчатая браковка (30 худших из 75):

- только по  $P_A$ , или
- только по  $P_M$ , или
- только по  $P_C$ .

- поэтапная браковка:

- I этап — 10 худших по  $P_A$ ,
- II этап — 10 худших по  $P_M$ ,
- III этап — 10 худших по  $P_C$ ;

- браковка по фенотипическим индексам (30 худших из 75):

- $IP_1 = (P_A + P_M + P_C) / 3$ , или
- $IP_2 = P_A \times P_M \times P_C$ , или
- $IP_R = 1 - (RP_A + RP_M + RP_C) / (3 \times 75)$ .

#### По генетическим критериям:

- одноступенчатая браковка (30 худших из 75):

- только по  $G_A$ , или
- только по  $G_M$ , или
- только по  $G_C$ ;

- поэтапная браковка:

- I этап — 10 худших по  $G_A$ ,
- II этап — 10 худших по  $G_M$ ,
- III этап — 10 худших по  $G_C$ ;

- браковка по генетическим индексам (30 худших из 75):

$$IG_1 = (G_A + G_M + G_C) / 3, \text{ или}$$

$$IG_2 = G_A \times G_M \times G_C, \text{ или}$$

$$IG_R = 1 - (RG_A + RG_M + RG_C) / (3 \times 75).$$

**По экономическим критериям** (30 худших из 75).

Варианты экономических индексов в зависимости от отношений коэффициентов экономической важности ( $k_A:k_M:k_C$ ):

Индекс:	$IE_1$	$IE_2$	$IE_3$	$IE_4$	$IE_5$	$IE_6$	$IE_7$
( $k_A:k_M:k_C$ ):	1:1:1	1:1,5:2	1:1,5:3	1:2:3	1:2:4	1:2:5	1:2:6

По каждому сценарию была рассчитана генетико-экономическая эффективность.

**Генетическая эффективность** оценивалась величиной средней племенной ценности (EBV) 45 отобранных быков по частоте абортос, мертворождений, сохранности телят до года. При этом допускалось, что прогностические оценки племенной ценности быков, полученные методом BLUP, характеризовали их истинный генотип по рассматриваемым признакам.

**Экономическая эффективность** оценивалась величиной дополнительного дохода ( $\Delta D$ ), который можно было ожидать от одного плодотворного осеменения коровы спермой быка из отобранной группы, вследствие повышения сохранности потомства. При браковке по экономическим индексам  $\Delta D = IE$  по группе отобранных быков. Для расчета  $\Delta D$  «фенотипических» и «генетических» сценариев,  $EBV_A$ ,  $EBV_M$  и  $EBV_C$  по группе отобранных быков умножались на относительные экономические веса  $IE_3$  варианта экономического индекса. Отметим, дополнительный доход отражал только ту часть генетического улучшения жизнеспособности будущего потомства, которая обусловлена наследственными качествами отца.

### Результаты и обсуждение

**«Фенотипическая» браковка.** В табл. 2 представлены результаты выбраковки быков по фенотипическим значениям признаков (частотам). Выбраковка 30 животных, худших по частоте одного из трех признаков сохранности, приводила к максимальному генетическому превосходству оставшихся быков по «антипризнаку» и к незначительным коррелированным сдвигам по другим (знак «+» по А и М указывает на увеличение частоты

Таблица 2. Эффективность разных сценариев «фенотипической» браковки быков (30 из 75) по признакам жизнеспособности

Критерий браковки	Формула расчета критерия (браковка)	EBV 45 быков, %			ΔD, руб.
		A	M	C	
Только по:					
$P_A$	$P_A$	-0,67	+0,01	-0,06	+1,24*
$P_M$	$P_M$	+0,07	-0,50	+0,41	+3,46*
$P_C$	$P_C$	+0,10	+0,05	+1,26	+3,58*
$P_A \blacktriangleright P_M \blacktriangleright P_C^+$	$P_A, P_M, P_C$ (по 10 быков)	-0,43	-0,36	+0,41	+3,91*
$IP_1$	$(P_A + P_M + P_C)/3$	-0,17	-0,09	+1,02	+4,06*
$IP_2$	$P_A \times P_M \times P_C$	-0,15	-0,06	+1,07	+4,03*
$IP_R$	$1 - (RP_A + RP_M + RP_C)/(3 \times 75)$	-0,18	-0,21	+0,70	+3,60*

Примечание. Здесь и далее: + — последовательная браковка; EBV — средняя племенная ценность отобранных быков; ΔD — дополнительный доход от одного плодотворного осеменения спермой быка из отобранной группы; A — аборт; M — мертворожденные; C — сохранность телят до года; \* — рассчитано исходя из коэффициентов экономической важности  $k_A:k_M:k_C=0,25:0,39:0,36$  (IE<sub>3</sub>).

абортов и мертворожденных). Исключение составила браковка по частоте перинатальной сохранности ( $P_M$ ), когда у отобранных быков имело место положительное генетическое превосходство по сохранности телят до года (+0,41%).

Экономическая эффективность при выбраковке быков только по частоте пренатальной сохранности ( $P_A$ ) была почти в три раза ниже, чем при таковой по частоте перинатальной сохранности или сохранности телят до года.

Последовательная выбраковка ( $P_A \blacktriangleright P_M \blacktriangleright P_C$  по 10 худших быков) обеспечила почти равное генетическое превосходство по каждому их признаков. Оно было ниже максимально возможного, именно: по частоте абортов на 36%, мертворождений — на 28%, сохранности телят до года — на 67%. В то же время по ожидаемому дополнительному доходу последовательная выбраковка была в 3,2 раза эффективнее браковки только по частоте пренатальной сохранности, при браковки только по частоте перинатальной сохранности — на 13%, и по частоте постнатальной сохранности — на 9,2%.

«Аддитивный» и «мультипликативный» индексы по своему воздействию на генетическое улучшение каждого признака не отличались. Больше селекционное давление в этих индексах придавалось постнатальной сохранности. Так, относительно поэтапной селекции генетическое превосходство отобранных быков в обоих случаях снизилось по частоте абортов на 63%, а по частоте мертворождений — в 4 раза. В то же время по сохранности телят до года возросло в 2,5 раза. Оба индекса повышали дополнительный доход от одного плодотворного осеменения на 3,5%.

«Интегрированный коэффициент связи», предлагаемый Деляном и Кочневым, повышал генети-

ческое превосходство быков по частоте абортов на 12%, частоте мертворождений в 2,3 раза, но по сохранности телят до года снижал на 33%. Экономическая эффективность этого индекса была ниже, чем при использовании «аддитивного» или «мультипликативного» индексов, на ≈10%.

**«Генетическая» браковка.** При выбраковке быков по трансформированным BLUP-оценкам ( $G_{i_1}$ ) имели место схожие тенденции, но в целом эффективность была выше, чем при браковке по фенотипическим частотам. Так, генетическое превосходство быков, отобранных по трансформированным BLUP-оценкам, было выше на 49%, чем при браковке только по частоте пренатальной сохранности ( $P_{A_i}$ ), по перинатальной сохранности ( $P_{M_i}$ ) — на 38%, по сохранности молодняка до года ( $P_{C_i}$ ) — на 90% (табл. 3).

Следует отметить, что если при фенотипической браковке по частоте перинатальной сохранности ( $P_{M_i}$ ) имело место повышение  $EBV_A (= +0,07)$ , то при соответствующей браковке по трансформированным BLUP-оценкам последняя существенно снижалась ( $EBV_A = -0,36$ ). Однако более эффективная селекция по трансформированным BLUP-оценкам постнатальной сохранности ( $G_{C_1}$ ) приводила к заметному коррелированному повышению  $EBV_A$  (от +0,10 до +0,36), что может указывать на наличие некой негативной генетической сопряженности признаков.

Если при поэтапной «фенотипической» браковке генетическое превосходство оставшихся 45 быков по каждому из трех признаков было почти равным (по абсолютной величине), то при поэтапной браковке по трансформированным BLUP-оценкам по сохранности молодняка оно было почти в 3 раза выше, чем по частоте абортов и мертворождений (рис. 1).

Таблица 3. Эффективность разных сценариев «генетической» браковки быков (30 из 75) по признакам жизнеспособности

Критерий браковки	Формула расчета критерия (браковка)	EBV 45 быков, %			ΔD, руб.
		A	M	C	
Только по:					
$G_A$	$G_A$	-1,00	-0,11	-0,56	+0,92*
$G_M$	$G_M$	-0,36	-0,69	+0,21	+4,62*
$G_C$	$G_C$	+0,36	-0,06	+2,39	+7,14*
$G_A \blacktriangleright G_M \blacktriangleright G_C$	$G_A, G_M, G_C$ (по 10 быков)	-0,46	-0,34	+1,37	+6,96*
$IG_1$	$(G_A + G_M + G_C) / 3$	-0,42	-0,29	+1,87	+8,25*
$IG_2$	$G_A \times G_M \times G_C$	-0,38	-0,29	+1,91	+8,28*
$IG_R$	$1 - (RG_A + RG_M + RG_C) / (3 \times 75)$	-0,68	-0,53	+1,03	+7,23*

Различия в эффективности «генетических» индексов были во многом схожими с различиями между «фенотипическими» индексами. В частности, «аддитивный» и «мультипликативный» индексы были по генетической эффективности равноценны. Их преимущество относительно «интегрированного коэффициента связи» по сохранности телят до года и экономической эффективности стало более весомым (см. рис. 1 и 2).

«Экономическая» браковка.

В табл. 4 представлены результаты выбраковки быков по экономическим индексам. Браковка по равноценному индексу ( $IE_1$ ) привела к максимальному генетическому превосходству быков по частоте аборт и мертворождений. Однако по сохранности молодняка до года и чистому доходу от одного плодотворного осеменения эффективность была минимальной.

Увеличение относительной значимости перинатальной сохранности (см.  $IE_3$  и  $IE_4$ ) привело как к позитивным (снижение  $EBV_M$  и повышение  $EBV_C$ ), так и к негативным (повышению  $EBV_A$ , снижение ΔD) последствиям.

Увеличение относительной значимости постнатальной сохранности с 3 до 4 (см.  $IE_4$  и  $IE_5$ ) не привело к значительным изменениям генетического превосходства отобранных быков по каждому из признаков, но экономическая эффективность индекса возросла на 12% (см. рис. 3).

Увеличение относительной экономической значимости постнатальной сохранности до 6 ( $IE_7$ )

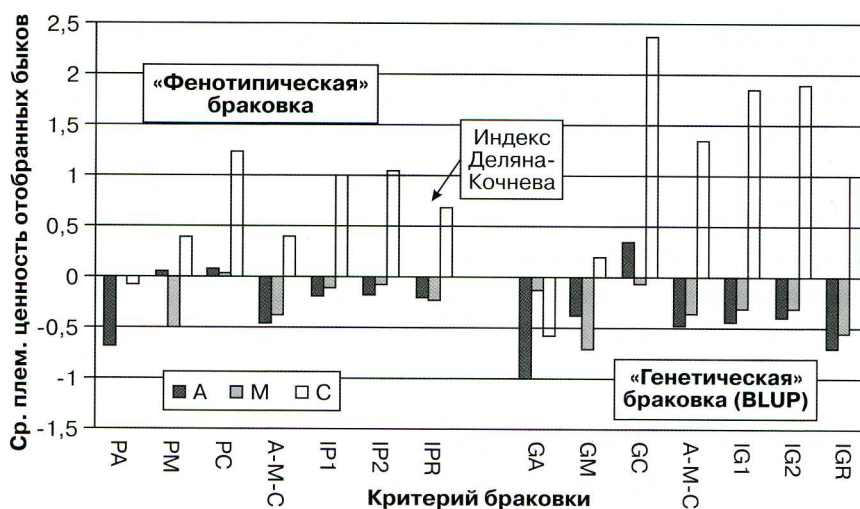


Рис. 1. Эффективность разных критериев браковки быков (30 из 75) по фенотипу и BLUP-оценкам (A — аборты, M — мертворожденность, C — сохранность)

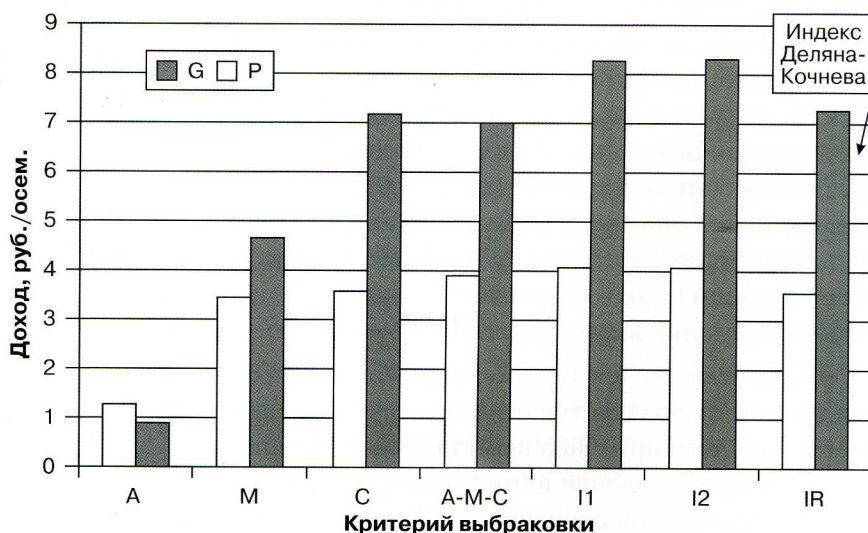


Рис. 2. Экономическая эффективность фенотипической (P) и генетической (G) выбраковки быков по признакам жизнеспособности

повысило, относительно варианта  $IE_3$ , генетическое превосходство быков по сохранности телят до года на 19,5% и экономическую эффективность индекса на 26,7%. Однако при этом эффективность отбора по частоте мертворождений снизилась на 33%, а генетическая неполноценность отбран-

Таблица 4. Эффективность разных сценариев «экономической» браковки быков (30 из 75) по признакам жизнеспособности

Индекс	$k_A:k_M:k_C$	Формула расчёта индекса	EBV 45 быков, %			$\Delta D$ , руб.
			A	M	C	
IE <sub>1</sub>	1:1:1	$0,40G_A + 0,41G_M + 0,19G_C$	-0,68	-0,44	+1,35	+7,09
IE <sub>2</sub>	1:1,5:2	$0,28G_A + 0,44G_M + 0,28G_C$	-0,49	-0,35	+1,73	+7,79
IE <sub>3</sub>	<b>1:1,5:3</b>	<b><math>0,25G_A + 0,39G_M + 0,36G_C</math></b>	<b>-0,30</b>	<b>-0,30</b>	<b>+1,95</b>	<b>+8,94</b>
IE <sub>4</sub>	1:2:3	$0,22G_A + 0,46G_M + 0,32G_C$	-0,22	-0,32	+1,98	+8,26
IE <sub>5</sub>	<b>1:2:4</b>	<b><math>0,20G_A + 0,42G_M + 0,38G_C</math></b>	<b>-0,20</b>	<b>-0,31</b>	<b>+1,99</b>	<b>+9,26</b>
IE <sub>6</sub>	1:2:5	$0,18G_A + 0,38G_M + 0,44G_C$	+0,01	-0,18	+2,22	+10,46
IE <sub>7</sub>	1:2:6	$0,17G_A + 0,35G_M + 0,48G_C$	+0,12	-0,10	+2,33	+11,33

ных быков по частоте абортос составил +0,12% (вместо -0,30%).

Как нам представляется, для практической селекции «гармоничными» будут индексы с соотношением экономических весов 1:1,5:3 (IE<sub>3</sub>) или 1:2:4 (IE<sub>5</sub>). Последствия от использования этих индексов схожие. Их генетико-экономическая эффективность в сравнении с равноценным индексом (1:1:1) и лучшими критериями браковки/отбора на фенотипической и генетической основах показана на рис. 4. Можно видеть, что по эффективности к ним очень близок «мультипликативный» индекс на основе трансформированных BLUP-оценок (IG2).

**Выводы.** Селекция по одному признаку максимизирует генетическое превосходство быков по данному признаку, но минимизирует и даже приводит к негативным коррелированным сдвигам по другим признакам. Сохранность телят до года экономически более важный признак, чем частота абортов и мертворождений. Поэтому при необходимости селекции быков только по одному признаку жизнеспособности предпочтение следует отдавать постнатальной сохранности телят. При селекции по трем признакам лучшим из простых индексов является «мультипликативный». Поэтапная селекция и «интегрированный коэффициент связи» уступают по экономической эффективности на 1–17%. Генетико-экономическая эффективность «аддитивного» индекса очень близка к таковой «мультипликативного» индекса. При использовании простых индексов на основе трансформированных BLUP-оценок можно ожидать повышение эффективности селекции быков в 1,5–2 раза. «Мультипликативный» генетический индекс не уступает по эффективности «гармоничному» экономическому индексу с соотношением

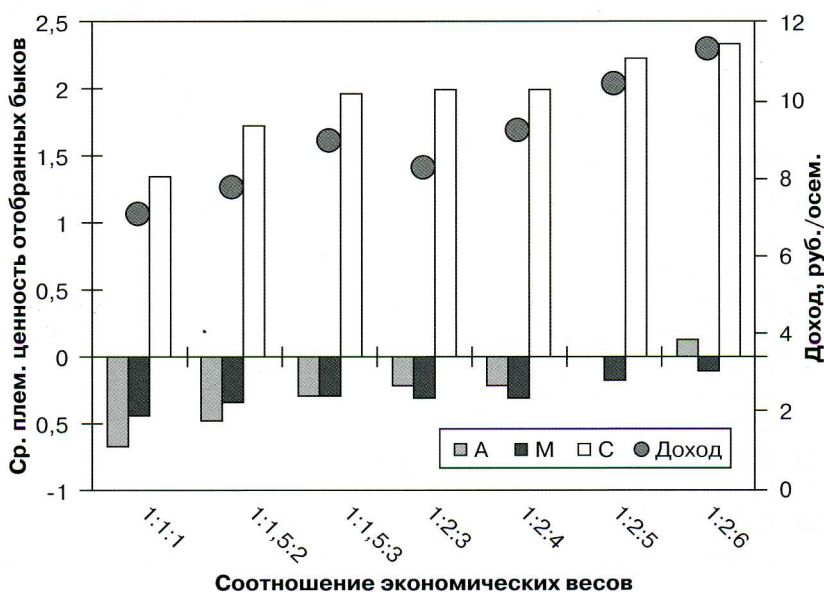


Рис. 3. Эффективность отбора быков по экономическому индексу

коэффициентов экономической важности признаков  $k_A:k_M:k_C=1:1,5:3$  (или 1:2:4). Относительно индекса с равными экономическими весами «гармоничный» индекс уступает по генетическому превосходству быков по частоте абортов и мертворождений на 56 и 32%, но превосходит по сохранности телят до года на 44% и экономической

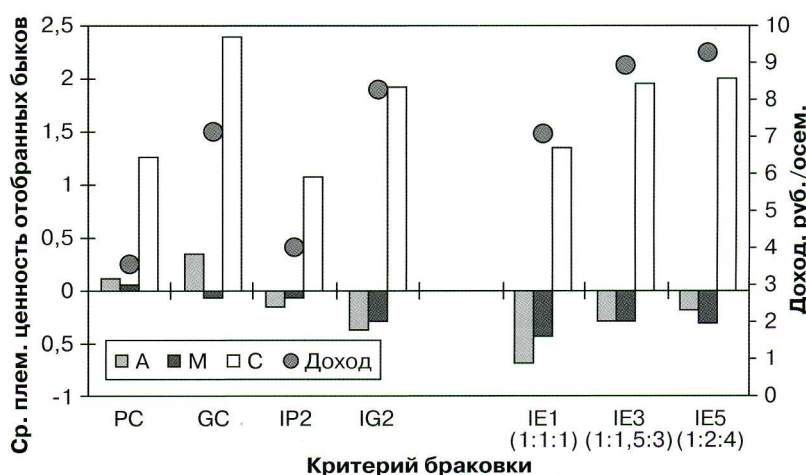


Рис. 4. Эффективность лучших вариантов отбора быков по фенотипу, BLUP-оценкам и IE-индексам



эффективности на 26%. Основное преимущество экономического индекса — в его гибкости. Манипулируя коэффициентами экономической важности признаков ( $k_A$ ,  $k_M$  и  $k_C$ ), можно гармонизировать (или рационализировать) индекс для селекционной цели любой популяции (стада).

## Литература

1. Meyer C. L. Interactions among factors affecting stillbirths in Holstein cattle in the United States / C. L. Meyer, P. J. Berger, K. J. Koehler // *J. Dairy Sci.* — 2000. — Vol. 83. — No 11. — P. 2657–2663.
2. Meyer C. L. Genetic evaluation of holstein sires and maternal grandsires in the United States for perinatal survival / C. L. Meyer, P. J. Berger, J. K. Thompson, C. G. Sattler // *J. Dairy Sci.* — 2001. — Vol. 84. — No 5. — P. 1246–1254.
3. Steinbock L. Genetic Effects on stillbirth and calving difficulty in Swedish Holsteins at first and second calving / L. Steinbock, A. Nдsholm, B. Berglund, K. Johansson, J. Philipsson // *J. Dairy Sci.* — 2003. — Vol. 86. — No 6. — P. 2228–2235.
4. Hansen M. Undesired phenotypic and genetic trend for stillbirth in Danish Holsteins / M. Hansen, I. Misztal, M. S. Lund, J. Pedersen, L. G. Christensen // *J. Dairy Sci.* — 2004. — Vol. 87. — № 5. — P. 1477–1486.
5. Silva del Rio N. An observational analysis of twin births, calf sex ratio, and calf mortality in Holstein dairy cattle / Silva del Rio N., S. Stewart, P. Rapnicki, Y. M. Chang, P. M. Fricke // *J. Dairy Sci.* — 2007. — Vol. 90. — № 3. — P. 1255–1264.
6. VanPelt M. L. Genetic evaluation for direct and maternal livability in the Netherlands / M. L. VanPelt, G. DeJong // *INTERBULL.* — 2011. — Vol. 44. — P. 235–239.
7. Al-Samarai F. R. The effect of some factors on stillbirth in primiparous and multiparous holstein cattle in Iraq / F. R. Al-Samarai // *Global J. Med. Res.* — 2012. — Vol. 12. — No 3. — P. 23–29.
8. Mee J. Bovine Neonatal Survival — Is Improvement Possible? [Электронный ресурс] // Animal and Bioscience Research Department, Animal & Grassland Research and Innovation Centre, Moorepark, Fermoy, Co. Cork, Ireland / Режим доступа: <http://www.wcds.ca/proc/2012/Manuscripts/Mee-2.pdf> (обращение 17-04-2015).
9. Thompson J. R. A survey of calf mortality in five dairy breeds / J. R. Thompson, A. E. Freeman, P. J. Berger, M. L. Martinez // *J. Dairy Sci.* — 1981. — V. 64 (Suppl. 1):1164 (Abstr.); (цит. по [2]).
10. Dematawewa C. M. B. Effect of dystocia on yield fertility and cow losses and an economic evaluation of dystocia scores for Holsteins / Dematawewa C.M.B., P. J. Berger // *J. Dairy Sci.* — 1997. — Vol. 80. — No 4. — P.754–761.
11. Hovingh E. Abortions in dairy cattle — II Diagnosing and preventing abortion problems / E. Hovingh // Virginia Cooperative Extension, College of Agriculture and Life Sciences / Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia State, Petersburg, 2009. — Publication 404–289. 3 p.
12. Steinbock L. Genetic effects on stillbirth and calving difficulty in Swedish Red dairy cattle at first and second calving / L. Steinbock, K. Johansson, A. Nasholm, B. Berglund, J. Philipsson // *Acta Agric. Scand.* — 2006. — Vol. 56. — No 2. — P. 65–72.
13. Bar-Anan R. Genetic and environmental factors affecting the incidence of difficult calving and perinatal calf mortality in israeli-friesian dairy herd / R. Bar-Anan, M. Soller, J. C. Bowman // *Anim. Prod.* — 1976. — Vol. 22. — No 3. — P. 299–310.
14. Weller J. I. Genetic analysis of distocia and calf mortality in Israeli-Holsteins by threshold and linear models / J. I. Weller, I. Misztal, D. Gianola // *J. Dairy Sci.* — 1988. — V. 71. — No 9. — P. 2491–2501.
15. Meijering A. Sire evaluation for calving traits by Best Linear Unbiased Prediction and nonlinear methodology / Meijering A. // *Z. Tierzucht. Zuchtungsbiol.* — 1985. — Vol. 102. — S. 95–105.
16. Cue R. R. Correlations between calving ease and calf survival / R. R. Cue, J. F. Hayes // *J. Dairy Sci.* — 1985. — Vol. 68. — No 4. — P. 958–962.
17. McGuirk B. J. The evaluation of holstein friesian sires for calving ease in the UK / B. J. McGuirk, I. Going, A. R. Gilmour // Prague, Czech Republic / *INTERBULL.* — 1995. — No 11. — 5 p.
18. Martinez M. L. Age of dam and direct and maternal effects on calf livability / M. L. Martinez, A. E. Freeman, P. J. Berger // *J. Dairy Sci.* — 1983a. — Vol. 66. — No 8. — P. 1714–1720.
19. Martinez M.L. Genetic relationship between calf livability and calving difficulty of holsteins / M. L. Martinez, A. E. Freeman, P. J. Berger // *J. Dairy Sci.* — 1983b. — Vol. 66. — No 7. — P. 1494–1502.
20. Berger P. J. Preliminary investigations on the feasibility of a stillbirth evaluation in the USA / P. J. Berger, J. R. Thompson, C. G. Sattler // *INTERBULL.*—1998 (1997). — No 18. — P. 28–30.
21. Cassell B. Sire Evaluations for Health and Fitness Traits / B. Cassell // Virginia Cooperative Extension, College of Agriculture and Life Sciences / Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia State, Petersburg, 2009a. — Publication 404–087. 6 p.
22. Cassell B. The Merit Indexes — 2006 Version / B. Cassell // Virginia Cooperative Extension, College of Agriculture and Life Sciences / Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia State, Petersburg, 2009b. — Publication 404–088. 4 p.

23. Тележенко Е. В. Мировые тенденции в селекции голштинского скота / Е. В. Тележенко // Генетика и разведение животных. — 2014. — № 2. — С. 38–41.
24. Mee J. F. Why do so many calves die on modern dairy farms and what can we do about calf welfare in the future? / J. F. Mee // Animals. — 2013. — No 3. — P. 1036–1057.
25. Завертяев Б. П. Рекомендации по применению генетического анализа признаков с альтернативной изменчивостью // В кн.: Методические рекомендации по использованию селекционных индексов в племенной работе и анализу селекционно-генетических параметров признаков с альтернативной изменчивостью / Л.: ВНИИРГЖ, 1978, С. 100–119.
26. Завертяев Б. П. Генетические аспекты селекции на снижение мёртворождаемости телят // Генетика. — 1980. — Т. XVI, № 5. — С. 893–898.
27. Болгов А. Е. Факторы, влияющие на мёртворождённость и аборт у коров // Животноводство. — 1984. — № 8. — С. 48–50.
28. Делян А. С. Селекция молочного скота на сохранность телят и продуктивное долголетие коров: автореф. дисс. на соиск. доктора с.-х. наук. М., 2001. — 44 с.
29. Кочнев Н. Н. Генетическое разнообразие быков—производителей по жизнеспособности потомства / Н. Н. Кочнев // Ученые записки Витебской ордена «знак Почета» государственной академии ветеринарной медицины / Витебск. — 1999. — Т. 35. — Ч. 2. — С. 151–152.
30. Кочнев Н. Н. Селекционно—генетическая оценка генотипа быков—производителей по жизнеспособности потомства / Н. Н. Кочнев // Доклады Россельхозакадемии. — 2002. — № 2. — С. 45–47.
31. Кудрин А. Г. Оценка производителей по жизнеспособности потомства в пренатальный период и прогноз долголетия их дочерей / А. Г. Кудрин, Ю. П. Загороднев // Зоотехния. — 2015. — № 4. — С. 22–23.
32. Гуськова С. В. Основные генетические причины эмбриональных потерь в молочном скотоводстве, связанные с интенсивной селекцией по продуктивности / С. В. Гуськова, И. С. Турбина, Г. В. Ескин, Н. А. Комбарова // Молочное и мясное скотоводство. — 2014. — № 3. — С. 10–14.
33. Кузнецов В. М. Компоненты фенотипической изменчивости показателей жизнеспособности / В. М. Кузнецов, А. В. Мелкишев // Перспективы развития животноводства в Северо—Западном регионе: материалы международной научно-практической конференции (1-2 ноября, 2002 г.). — Калининград. — 2002. — С. 47–48.
34. Кузнецов В. М. Эффективность селекции молочного скота по признакам жизнеспособности / В. М. Кузнецов, Е. А. Маркова // Вопросы физиологии, содержания, кормопроизводства и кормления, селекции с.-х. животных, биологии пушных зверей и птиц, охотоведения: материалы научно-практической конференции. — Киров: Вятская ГСХА. — 2004. — С. 119–122.
35. Кузнецов В. М. BLUP-оценка быков по пороговым признакам / В. М. Кузнецов // Прошлое, настоящее и будущее зоотехнической науки: материалы международной научно-практической конференции к 75-летию ВИЖ. — Дубровицы: ВИЖ. — 2004. — Вып. 62. — Т. 1. — С. 71–74.
36. Кузнецов В. М. Возможность селекции и BLUP-оценка быков по жизнеспособности / В. М. Кузнецов // Вестник Россельхозакадемии. — 2008. — № 2. — С. 79–82.

Kuznetsov V. M.

## Modeling of different selection scenarios of bulls for progeny viability

**Abstract.** *Modeling the selection of bulls for the viability traits — frequency of abortions, stillbirths, survival of the calves to one year (prenatal, perinatal and postnatal survival) on the basis of phenotypic, BLUP-estimates and economic criteria. From simple indices best was «multiplicative». Step-by-step selection and «integrated ties coefficient» inferior in efficiency to 11–17 %. Criteria based on BLUP-estimates increased the efficiency by 1,5–2 times. The «multiplicative index» on BLUP-estimates were close in efficiency to the economic index with economic weights for pre-, peri- and postnatal survival of 1:1,5:3. By manipulating of the economic weights of traits can harmonies an index of the breeding goals for any herd.*

**Key words:** bulls, selection, viability traits, survival, BLUP, economic index, modeling.

*Author:*

**Kuznetsov V. M.** — Dr. Habil. (Agr. Sci.), professor, Head of the Laboratory of Population Genetics in Animal Breeding, State Zonal North-East Agricultural Research Institute, 610007, Kirov, Russian Federation, Lenina street, 166a; e-mail: vm-kuznetsov@mail.ru