

К. И. Лукьянов, П. М. Федяев

Современные тенденции в индексной оценке племенной ценности молочного скота

Аннотация. В статье подробно рассматривается эволюция индексной селекции в разных странах мира от зарождения до сегодняшнего дня. Приводится опыт Северной Америки в развитии индексной селекции. Рассматриваются последствия однобокой селекции, ориентированной в большей степени на повышение продуктивности молочного скота. Делается вывод о необходимости смещения акцента в индексной селекции крупного рогатого скота на такие важные показатели, как продолжительность продуктивной жизни, фертильность, лёгкость отёла и способность дочерей к стельности. Подробно рассматриваются и сравниваются основные племенные индексы стран с развитым скотоводством, выявляются основные тенденции и направления развития. Объясняется необходимость внедрения второго национального селекционного индекса (Pro\$) в Канаде, отражающего приносимую животным пожизненную прибыль. Приводятся изменения в составе индексов племенной ценности США и Канады. В их состав вошли новые характеристики, такие как эффективность усвояемости корма и устойчивость к заболеванию маститом. Указаны тенденции к сближению Североамериканских племенных индексов к племенным индексам Скандинавских стран. Показана необходимость разработки в Российской Федерации единых методов оценки племенной ценности и внедрения системы геномной оценки, что является основой повышения продуктивности молочного скота и генетического прогресса. Отмечается важность постоянного развития и адаптации индексной селекции в соответствии с целями и условиями содержания животных в Российской Федерации.

Ключевые слова: повышение продуктивности молочного скота, голштинская порода, индексы племенной ценности, TPI, NM\$, LPI, Pro\$, разведение, воспроизводство, геномная селекция.

Авторы:

Лукьянов Кирилл Ильич — сотрудник института Цитологии и Генетики СО РАН, Новосибирск, Россия; novaembryon@mail.ru;

Федяев Павел Михайлович — ассистент кафедры экономики и управления на предприятии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт», Кемерово, Россия; fpm@sds-alko.ru.

Современная селекционная работа в области молочного животноводства представляет собой широкий комплекс мероприятий, направленных на совершенствование генетических характеристик породы, а также на повышение рентабельности племенных организаций. Значительный прогресс в качественном улучшении отрасли молочного скотоводства в странах с развитой селекционно-племенной работой является следствием внедрения инновационных биотехнологий, эффективных технологий содержания и кормления, комплексных программ селекции и разведения. В результате такого комплексного подхода уже многие годы наблюдается неуклонный рост генетического потенциала по ряду экономически значимых параметров. Во многих странах средняя продуктивность коров увеличилась более чем в два раза за последние 40 лет. К примеру, в США средняя продуктивность коровы с 1957 года по 2007 увеличилась на 5997 кг (из них 3390 кг (56%) — за счет совершенствования генетики [1]). В Велико-

британии средняя продуктивность коровы с 1996 по 2002 год увеличивалась ежегодно на 200 кг [2]. До 1980 года увеличение продуктивности происходило, в большей степени за счет совершенствования управления, в частности за счет разработки новых программ кормления и улучшения качества кормов. Затем увеличение продуктивности в большей степени происходило благодаря улучшению генетики, широкого распространения искусственного осеменения и применению семени высокоценных быков, оценённых по качеству потомства. На сегодняшний день молочные коровы производят значительно больше молока, чем их предки. К примеру, в сравнении с коровами мясного направления, обладающими средней продуктивностью 1000–2000 кг, современные молочные коровы производят в 10 раз больше молока [3]. Однако даже наиболее консервативные оценки показывают, что за следующие 20 лет генетическая ценность по молочной продуктивности может возрасти более чем на 6000 кг [4].

В современной племенной работе с молочным скотом широкое распространение получили так называемые селекционные индексы. Селекционный индекс выражается в одном показателе суммы различных селекционных параметров. Селекция проводится одновременно по всем необходимым признакам, объединенным в единый индекс, где каждому признаку присваивается определенный экономический вес (коэффициент).

Таким образом, использование селекционных индексов позволяет добиться генетического прогресса одновременно по целому ряду показателей [5]. Селекционный индекс отражает отклонение показателей признака от некоторого среднего значения (базы), которое устанавливается по каждой породе индивидуально.

С 1962 года в США начал применяться метод сравнения дочерей со сверстницами стада (Herd-mate comparison) для проведения генетической оценки быков. Он позволил значительно снизить влияние внешних факторов на результат оценки. С 1974–1989 гг. метод сравнения дочерей со сверстницами был модифицирован (Modified contemporary comparison — «МСС»). Появилась возможность ранжировать быков по их племенной ценности и отбирать в группу «отцов быков» животных с наивысшей оценкой. В 1972 году Хендерсоном был разработан метод наилучшего линейного несмещенного прогноза (Best Linear Unbiased Prediction, BLUP). Он позволил минимизировать влияние внешних факторов на прогнозируемую племенную ценность животных. Появилась возможность сравнивать племенную ценность быков, дочери которых не лактировали в одном стаде. Модифицированная модель BLUP-метода «Animal model» — «модель животного» — для определения племенной ценности стала использовать все сведения о ближайших родственниках животного. Исследования показали, что использование BLUP способствует повышению эффективности селекции на 17–30% и более [6, 7]. Однако степень эффективности BLUP зависит от того, насколько полно статистическая модель учитывает влияющие на продуктивность животного факторы внешней среды и наследственности [8].

Индексы племенной ценности состоят из различных селекционных признаков, каждому из которых присваивается определённый вес. Для оценки селекционных признаков используется прогнозируемая передаточная способность к передаче признаков (ППС). ППС вычисляется относительно отклонения от среднего значения генетического базиса — референтной популяции. ППС показывает уровень генетического превос-

ходства или слабости животного, которое, как ожидается, оно передаст своему потомству по конкретному качественному признаку или типу. ППС по определенному признаку может быть рассчитана с определенной степенью достоверности с использованием следующих источников информации: 1) генетической ценности родителей (достоверность 36%); 2) продуктивностью самого животного (достоверность 55%); 3) геномная оценка самого животного (достоверность 65%); 4) распределение учетных записей по конкретному признаку у потомства (проверка по потомству) [9].

В каждой стране разработан свой индекс племенной ценности, в США это TPI (Type Production Index) и NM\$ (Lifetime Net Merit), в Канаде — LPI (Lifetime Performance Index) и \$Pro (Pro Dollars), в Германии RZG (Relativ Zuchtwert Gesamtindex), во Франции ISU (Unife Selection Index), в Финляндии, Дании, Швеции — NTM (Nordic Total Merit). Различия между индексами разных стран определяются тем, какие показатели входят в селекционный индекс, и какой вес они имеют в его структуре. Ввиду существенных экономических различий в условиях ведения молочного бизнеса, а также некоторых генетических особенностей в популяциях голштинского скота в разных странах, наблюдаются и существенные различия в определении их целей селекции.

В 1971 году Департамент сельского хозяйства США впервые ввел генетическо-экономический индекс под названием «Предсказанная разница в долларах» (PD\$), в который входили только показатели молока и жира [10]. Во многих странах длительное время селекция велась преимущественно только на повышение показателей продуктивности. К примеру, до 1994 года показатели телосложения, здоровья и фертильности вообще не включались в комплексный индекс Департамента сельского хозяйства США. Только в 1994 в США в состав индекса племенной ценности были введены такие показатели, как продолжительность продуктивной жизни (ожидаемая продолжительность жизни дочерей в стаде) и количество соматических клеток в молоке (степень сопротивляемости инфекции мастита) [11]. Начиная с 2000 года стали вводиться показатели, характеризующие телосложение животного (композит вымени, композит конечностей, композит телосложения). Индексы фертильности коровы и лёгкости отёлов были введены только в 2003 году [12].

По данным Канадской ассоциации молочных пород селекция только на повышение продуктивности приводит к ухудшению воспроизводственных качеств и здоровья животных [13]. Другие

Таблица 1. История развития индексов комплексной племенной ценности Департамента сельского хозяйства США и Голштинской Ассоциации США [12]

Характеристики	Геномный индекс и год внедрения									
	MD\$ 1971	MFP\$ 1976	CY\$ 1984	NM\$ 1994	NM\$ 2000	NM\$ 2003	NM\$ 2006	NM\$ 2010	NM\$ 2014	TPI 2014
Молоко (Milk)	52	27	-2	6	5	0	0	0	-1	—
Жир (Fat)	48	46	45	25	21	22	23	19	22	27
Белок (Protein)	—	27	53	43	36	33	23	16	20	16
Эффективность усвояемости корма (FE)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3
Длительность продуктивной жизни (PL)	—	—	—	20	14	11	17	22	19	7
Число соматических клеток (SCS)	—	—	—	-6	-9	-9	-9	-10	-7	5
Композит вымени (Udder composite)	—	—	—	—	7	7	6	7	8	11
Композит конечностей (Feet/legs composite)	—	—	—	—	4	4	3	4	3	6
Композит телосложения (Body size composite)	—	—	—	—	-4	-3	-4	-6	-5	—
Молочный тип (Dairy Form)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-1
ППС Тип (PTA Type)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8
Способность дочерей к стельности (DPR)	—	—	—	—	—	7	9	11	7	13
Способность коровы к стельности (CCR)	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—
Способность тёлки к стельности (HCR)	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—
Лёгкость отёлов (CAS)	—	—	—	—	—	—	6	5	5	2
Мертворождаемость дочерей (Daughter Stillbirth)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1

исследователи, изучающие побочные эффекты от селекции, направленной только на повышение продуктивности, к примеру Rauw et al, заключают «когда проводится генетическая селекция популяции только на увеличение продуктивности, у животного остаётся меньше возможностей для реагирования на внешние раздражители, такие как борьба со стрессом» [14, 15]. Другой исследователь, Ingvarstsen et al, отмечает корреляцию между молочной продуктивностью и возникновением кетоза (0.26–0.65), а также кист в яичниках (0.23–0.42), мастита (0.15–0.68) и хромоты (0.24–0.48) [16]. Примечательно в этом плане упоминание Л. Лойда, который в свое время подметил прогноз одного из американских скотоводов (Гаймера), утверждавшего: «25 лет мы (американцы) занимались улучшением экстерьера, следующие 25 лет повышали продуктивность, а потом еще 50 лет будем улучшать здоровье и плодовитость животных» [17]. Другим фактом, подтверждающим эту тенденцию, является статистика, приводимая Советом по разведению молочного скота США — на протяжении с 1957 по 2001 год индексы способности дочери коровы к стельности и способности дочери быка к стельности имели тенденцию к снижению с 15.55 в 1957 году до -0.48

в 2008 году. И только последние годы, после смещения акцентов в селекции КРС в сторону показателей здоровья и фертильности ситуация начала меняться [18].

Учёные Castillo-Juarez et al и Kearney отмечают, что корреляция между повышением продуктивности и уровнем фертильности значительно усиливается при плохих условиях содержания [19, 20]. Между 1980 и 2000 годом в 143 коммерческих стадах произошло увеличение интервала

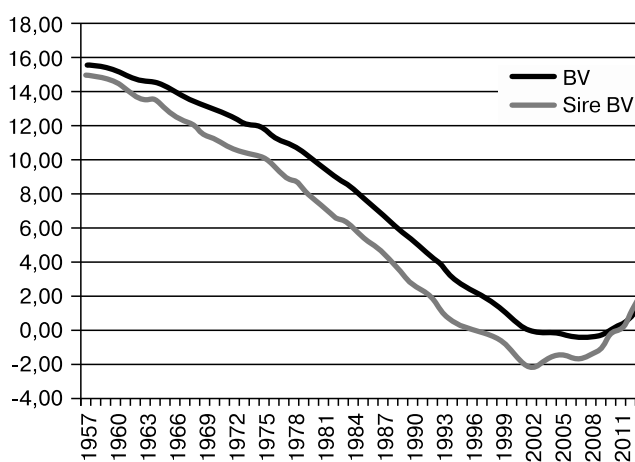


Рис. 1. Динамика изменения индекса способности дочери к стельности [18]

между отёлами от менее 13 месяцев до более 14,5 месяцев [21]. В США снижение процента стельности от первого покрытия происходило на 0,5% ежегодно между 1957 и 1997 годами [22]. В Великобритании процент стельности от первого покрытия снизился с 56% в 1975–1982 до приблизительно 40% в 1995–1998 году, то есть на 1% ежегодно [23]. В то же время за 56 лет в США, с 1957 года по 2013 год продуктивность молочного скота увеличилась с 5904 кг до 12662 кг, увеличение составило 6758 кг [24].

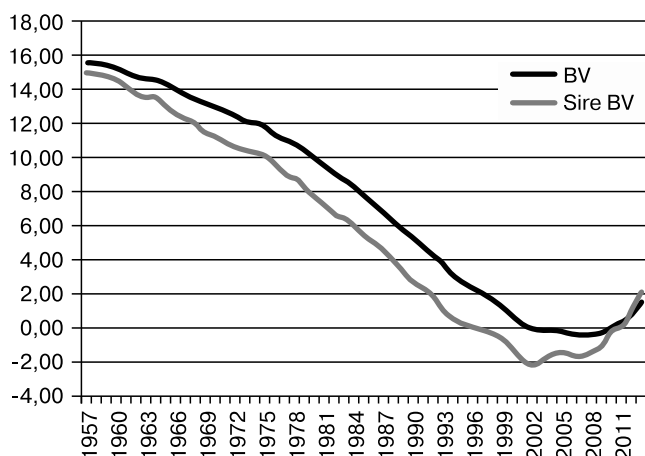


Рис. 2. Динамика изменения индекса продуктивности скота

В некоторых странах, мировых лидерах в молочном животноводстве, применяется несколько племенных индексов в зависимости от подходов и целей разведения, особенно интересно сравнить два индекса, используемых в США — TPI и NM\$. Индекс NM\$ рассчитывается Департаментом сельского хозяйства США и предназначен для крупных коммерческих производителей молока, где племенная ценность определяется приносимой им пожизненной прибылью. Поэтому в NM\$ очень большое значение имеют показатели воспроизводства и здоровья (41%), и продуктивность (43%), а меньше экстерьер (16%). К этому соотношению американских ученых привели объективные экономические расчеты пожизненной прибыли, получаемой от коровы на территории США [5]. К примеру, Van Raden приводит данные, что введение индексов лёгкость отёла и фертильности в индекс NM\$, сделанные в 2003 году, увеличили генетический прогресс на 2%, то есть на 5 млн. \$ в расчёте на всю страну. Оценка экономического эффекта от генетического прогресса в США на тот момент составляла 250 млн\$ [1]. Расчёты ученых из центра благополучия животных (Великобритания) показывают, что включение показателей фертильности и сопротивляемости маститу в национальный индекс пожизненной

прибыли (PLI) увеличит экономический эффект от селекции на 80% по сравнению с селекцией только на продуктивность [25].

С другой стороны, составляющие индекса TPI, рассчитываемого американской ассоциацией голштинского скота, определены в более субъективной манере, где продуктивность составляет 46%, воспроизводство и здоровье 28%, показатели экстерьера 26%. Таким образом, индекс ориентирован не на обеспечение рентабельности производства, а на соответствие требованиям голштинской ассоциации, где особое внимание уделяется продуктивности и выставочному экстерьеру [5].

Следует отметить, что распределение весовых коэффициентов не является постоянным и корректируется время от времени в зависимости от генетических изменений в популяции и меняющихся экономических условий рынка, так к примеру с 1982 годы по 2003 индекс TPI менялся 8 раз [26]. Доля здоровья и фертильность (28%) в американском селекционном индексе TPI также была увеличена с 19% до 28% в последние годы. В апреле 2015 года были внесены новые изменения в TPI формулу, в неё включили такие показатели как Усвояемость корма (Feed Efficiency) и Индекс фертильности (Fertility Index). Усвояемость корма отражает способность животного производить большее количество молока, не потребляя большего количества корма. Индекс фертильности включает в себя несколько репродуктивных компонентов: способность тёлки к оплодотворению, способность лактирующей коровы к оплодотворению, общая способность проявления повторной течки, лёгкость оплодотворения и поддержание стельности. Низкая фертильность коровы сопровождается дополнительными затратами, такими как затраты труда на повторную регистрацию течки, осеменение, ректальное исследование на стельность, стоимость семени, а так же потери в продуктивности, так как идеальную лактацию получить уже не удастся.

Канадские коровы известны всему миру за многочисленные победы на выставках и шоу, за великолепный экстерьер и выраженный молочный тип.

Однако ученые Малдер и Янсен из Гульфского университета (Канада) показали, что канадский индекс LPI (аналогичный TPI, но с еще более выраженным акцентом на продуктивность 51% и экстерьер 34%) довольно слабо способствует отбору племенных животных, обеспечивающих максимальную прибыль в условиях реального производства [27]. Доля здоровья и фертильность (20%) в Канадском селекционном индексе, хоть и была увеличена в 2008 году с 10 до 15%, а в 2015 еще на 5% и достигла 20%, до сих пор остаётся

относительно других стран невысокой. Некоторые параметры, входящие в индекс LPI и ценящиеся на выставках, имеют негативную связь с продуктивным долголетием и рентабельностью. Van Raden отмечает, что шоу коров и другие соревнования могут иметь больше отрицательных, чем положительных сторон, так как на них игнорируют затраты и прибыль, приносимые коровой, и делают акцент только на красивое визуальное проявление животного. К примеру, канадские селекционеры по-прежнему проводят селекцию на усиление молочного типа, хотя в настоящий момент по результатам многочисленных исследований доказано, что молочный тип связан со снижением плодовитости коров [21, 28]. При этом в американском индексе TPI молочный тип имеет небольшой отрицательный вес. В августе 2015 года Канадская ассоциация производителей молока ввела второй национальный селекционный индекс (Pro\$), ориентированный на повышение рентабельности хозяйств. Данный индекс отражает накопленную прибыль от коровы в течение 6 лет от продажи молока. Использование индекса Pro\$ больше всего подходит для производителей, получающих свой основной доход от продажи молока. Индекс LPI в большей степени предназначен для тех хозяйств, которые ориентированы на продажу генетики внутри страны и за рубежом. В сравнении с LPI использование Pro\$, в качестве основного инструмента селекции, позволит увеличить надой, продолжительность жизни и общее состояние здоровья. С другой стороны применение LPI, как основного селекционного инструмента поможет получить стадо с исключительными показателями телосложения и содержанием жира и белка в молоке [29].

Таким образом, соотношение удельных весов племенного индекса разных стран все больше коррелирует с системой оценки в скандинавских странах, где подобные признаки впервые были введены в национальную программу разведения еще в 1975 году [30]. На сегодняшний день в скандинавских странах селекция направлена на уве-

личение рентабельности с большим акцентом на снижение затрат. К примеру, в основе Скандинавского индекса NTM лежит оценка более чем по 40 показателям, включающим помимо продуктивности и экстерьера, показатели воспроизводства и устойчивости к заболеваниям маститом, заболеваниям копыт и прочим болезням. Недавно Скандинавские страны включили показатели хромоты в свои селекционные программы. Племенная оценка быков в Скандинавских странах строится на большом количестве дочерей (более 120), что позволяет делать прогноз показателей даже с низкой наследуемостью. Последнее время Скандинавский индекс комплексной племенной ценности ставит еще больший акцент (52%) на здоровье и фертильность, и еще меньший на телосложение (9%) [31].

В скандинавских странах был проведен эксперимент: были отобраны две группы животных, в одной из которых в течение 10 лет проводили селекционный отбор только на повышение продуктивности, а в другой сочетали отбор на повышение продуктивности и увеличение сопротивляемости маститу. В результате продуктивность в первой группе выросла на 1179 кг, а количество случаев лечения мастита увеличилось на 12,9, а в группе, где применялся комплексный подход, увеличение продуктивности составило немного меньше — 964 кг, но при этом количество случаев лечения мастита уменьшилось на 5,5. Таким образом, случаи возникновения мастита уменьшились на 18,4, вследствие чего наблюдалась экономия средств на лечение коров, уменьшилась выбраковка [32]. Так как меньше животных перенесло мастит и меньше молока утилизировалось, то в валовом выражении разница в увеличении продуктивности была совсем незначительна. Еще одним фактором, отражающим первостепенную важность удельных весов параметров здоровье и фертильность для обеспечения рентабельности производства, являются результаты доклада департамента сельского хозяйства США. Лидирующие позиции в мире по американскому индексу пожизненной прибыльности (NM\$) занимают

Таблица 2. История развития индексов комплексной племенной ценности Департамента сельского хозяйства США и Голштинской Ассоциации США [12]

Индекс	Страна	Формула		
		Продуктивность	Телосложение	Здоровье и фертильность
LPI	Канада	40%	40%	20%
TPI	США	46%	26%	28%
NM\$	США	43%	16%	41%
RZG	Германия	45%	35%	20%
NTM	Дания, Швеция, Финляндия	38%	9%	52%

голландские быки скандинавских стран, со средним индексом 262NM\$, а голландские быки США имеют индекс 230, голландские быки Германии и Канады всего лишь 106 и 96 соответственно [5]. Другим важным фактором селекционной работы является хромота. В Великобритании в 1980 году хромота молочных коров составляла менее 10% в течение лактации [33], а в 1990 году уже составляла более 20% [33]. Во многих странах с высокой средней продуктивностью коров проблемы с конечностями составляют 25–59 случаев из 100 [35]. Хромота значительно уменьшает продуктивность коров и является важнейшей причиной выбытия коров из стада.

Существенный прогресс в качественном улучшении голландского скота в западных странах и по существу застой в этом важном деле в Российской Федерации, по нашим оценкам, следствие применения неэффективных методов селекции и разведения, основанных на теоретических представлениях 40–50-летней давности. В силу сложившихся традиционных взглядов, экономических условий и принципов хозяйственной деятельности в племенном скотоводстве система селекционно-племенной работы до сих пор является в большей степени децентрализованной и дискретной по отдельным регионам и зонам деятельности отдельных племпредприятий. Это отставание в продуктивности и племенной ценности молочного отечественного скота от зарубежного скота могло быть гораздо меньше при соответствующем финансировании отрасли и отраслевой науки, связанной с этим направлением.

В связи с этим, на современном этапе развития племенного дела в Российской Федерации необходима разработка единых методов оценки племенной ценности, внедрения системы геномной оценки, что является основой повышения продуктивности молочного скота. Система геномной оценки племенной ценности позволяет максимально точно и в максимально раннем возрасте определять племенную ценность животных. Другим необходимым направлением развития является повсеместное внедрение систем информационно-аналитического обеспечения селекционно-племенной работы. В Российской Федерации имеется положительный опыт применения программного обеспечения, разработанного в Санкт-Петербурге ООО РЦ «Плино», позволяющего накапливать сведения о животных: происхождение, генотип, развитие, экстерьер, комплексная оценка, продуктивность, количество отелов, осеменений и т.д., и, в конечном счете, эффективнее управлять производством.

На сегодняшний день российские скотоводы, разводящие высокоценный импортный скот, в силу отсутствия организационных форм и документов, регламентирующих племенную работу по методам западных стран, вынуждены пользоваться услугами ассоциаций по породе других стран, в том числе США и Канады. Это необходимо, чтобы не допустить застоя и тем более снижения темпов дальнейшего совершенствования пород. Эффективное применение в России зарубежных систем разведения и оценки животных ограничивается существенными различиями в целях селекции животных в РФ и за рубежом, различиями в условиях внешней среды (содержания, кормления, природно-климатические условия, ветеринарии).

Для внедрения в широкую практику всего отечественного скотоводства определения племенной ценности животных необходимо решить следующие важные задачи:

Внедрить отечественный индекс племенной ценности, который позволит сельскохозяйственным товаропроизводителям, в первую очередь племенным организациям, на равных конкурировать с зарубежными племенными организациями и получить возможность экспортировать племенных животных на мировые рынки. Для эффективного применения индексной селекции в РФ необходима постоянная работа над развитием и адаптацией национального индекса племенной ценности в соответствии с накопленным мировым опытом, а также с учетом Российских особенностей племенного дела. Важно сделать правильный акцент на генетически закрепленные характеристики здоровья и фертильности животных и устойчивости к заболеваниям

Необходимо определить в качестве официальной для молочных пород крупного рогатого скота процедуру оценки племенных качеств скота на основе наилучшего линейного несмещенного прогноза (метод BLAP).

Ввести единую для РФ систему регистрации и идентификации племенных животных, включающую в себя программное обеспечение для сбора, хранения и обработки и выдачи индивидуальной информации о животных с момента рождения до конца использования.

Необходимо внедрить геномную оценку для молочного поголовья скота и активно приступить к созданию отечественной референтной популяции, а также иметь оценку профиля ДНК для выявления наследственных болезней и дефектов.

Литература

1. VanRaden P. M. Invited Review: Selection on Net Merit to Improve Lifetime Profit. *J. Dairy Sci.*
2. Pryce J. E. The incorporation of fertility indices in genetic improvement programmes. In: Diskin MG (ed). *Fertility in the High-Producing Dairy Cow*. British Society of Animal Science / J. E. Pryce, R. F. Veerkamp // Galway, Ireland, Occasional Publication. — 2001. — № 26. — P. 237–249.
3. Webster J. *Understanding the Dairy Cow* / J. Webster // 2-nd Edition. Blackwell: Oxford, UK. 1993
4. Мишель А. В. Основные аспекты производства молока / А. В. Мишель // Номер публикации. DE-RG-8-080996-R
5. Тележенко Е. В. Мировые тенденции в селекции голштинского скота / Е. В. Тележенко // Генетика и разведение животных. — 2014. — № 2. — С. 38-41
6. Кузнецов В. М. Генетическая оценка молочного скота методом BLUP / В. М. Кузнецов // Зоотехния. — 1995. — № 11.
7. Кузнецов В. М. Использование Animal Model в селекции животных / В. М. Кузнецов // Доклады Россельхозакадемии. — 1996. — № 4.
8. Кузнецов В. М. Эффективность различных моделей BLUP для оценки быков по качеству потомства / В. М. Кузнецов // Сельскохозяйственная биология. — 1995. — №2.
9. Holstein Association USA. *Understanding genomics predictions*. [<http://www.holsteinusa.com/>]
10. Norman H. D. Sire evaluation procedures for yield traits / H. Norman // D. NCDHIP Handbook, Fact Sheet H-1, ARS-USDA, Washington, DC. 1986
11. VanRaden P. M. Productive life evaluations: Calculation, accuracy, and economic value / P. M. VanRaden, G. R. Wiggans // *J. Dairy Sci.* — 1995. — № 78. — P. 631–638.
12. VanRaden P. M. Net merit as a measure of lifetime profit / P. M. VanRaden, J. B. Cole // 2014 revision.
13. Doormaal B. V. New lifetime profit index starting February / B. V. Doormaal // 2005.
14. Rauw W. M. Undesirable side effects of selection for high production efficiency in farm animals: a review / W. M. Rauw, E. Kanis, E. N. Noordhuizen-Stassen, F. J. Grommers // *Livestock Production Science*. — 1998. — №56. — P. 15-33.
15. Rauw W. M. *Resource Allocation Theory Applied to Farm Animals* / W. M. Rauw // CAB International: Wallingford, UK. 2008.
16. Ingvarstsen K. L. On the relationship between lactational performance and health: is it yield or metabolic imbalance that causes diseases in dairy cattle? A position paper / K. L. Ingvarstsen, R. J. Dewhurst, N. C. Friggens // *Livestock Production Science* . — 2003. — №83. — P. 277–308.
17. Лойда Л. Патологическая генетика воспроизводства домашних животных / Л. Лойда // Прага. — 1971. — С. 25–31.
18. https://www.cdcb.us/eval/summary/trend.cfm?R_Menu=HO.d#StartBody
19. Castillo-Juarez H. Effect of herd environment on the genetic and phenotypic relationships among milk yield, conception rate, and somatic cell score in Holstein cattle / H. Castillo-Juarez, P. A. Oltenacu, R. W. Blake, C. E. McCulloch, E. G. Cienfuegos-Rivas // *Journal of Dairy Science*. — 2000. — № 83. — P. 807–814.
20. Kearney J. F. Genotype x environment interaction for grazing vs confinement II. Health and reproduction traits / J. F. Kearney, M. M. Schutz, P. J. Boettcher // *Journal of Dairy Science*. — 2004. — № 87. — P. 510–516.
21. Lucy M. C. Reproductive loss in high-producing dairy cattle: where will it end? / M. C. Lucy // *Journal of Dairy Science*. — 2001. — №84. — P. 1277–1293.
22. Beam S. W. Effects of energy balance on follicular development and first ovulation in postpartum dairy cows / S. W. Beam, W. R. // *Butler Journal of Reproduction and Fertility*. — 1999. — № 4. — P. 411–424.
23. Royal M. D. Declining fertility in dairy cattle: changes in traditional and endocrine parameters of fertility / M. D. Royal, A. O. Darwash, A. P. F. Flint, R. Webb, J. E. Woolliams, G. E. Lamming // *Animal Science*. — 2000. — № 70. — P.487–501
24. https://www.cdcb.us/eval/summary/trend.cfm?R_Menu=HO.m#StartBody
25. Oltenacu P. A. The impact of genetic selection for increased milk yield on the welfare of dairy cows / P. A. Oltenacu, D. M. Broom.
26. Трухачев В. Индексы племенной ценности в современном молочном скотоводстве / В. Трухачев, Н. Злыднев, М. Селионова // *Главный зоотехник*. — 2014. — №1. — С. 8–14.
27. Hazel L. N. The efficiency of the three methods of selection indexes / L. N. Hazel // *Genetics*. — 1943. — №28. — P. 476–490.
28. Mulder H. Derivation of economic values using profitability of Canadian Holstein cows / H. Mulder, G. Jansen // *Interbull Bull*. — 1999. — № 21. — P.1–10.
29. Lynsay Beavers, Industry Liaison Coordinator, CDN Brian Van Doormaal, General Manager, CDN Pro\$: Genetic Selection for Profit.
30. Philipson J. Experiences of including reproduction and health traits in Scandinavian dairy cattle breeding programs / J. Philipson, B. Lindhe // *Livest. Prod. Sci.* — 2003. — № 83. — P. 99–112.

31. <http://www.nordicebv.info/ntm-nordic-total-merit-2/> Nordic Cattle Genetic Evaluation Center.
32. Sandie P. Staying good while playing God: the ethics of breeding farm animals / P. Sandie, B. L. Nielsen, L. G. Christensen, P. Sirensen // *Animal Welfare*. — 1999. — № 8. — P. 313–328.
33. Russell A. M. Survey of lameness in British dairy cattle / A. M. Russell, G. J. Rowlands, S. R. Shaw, A. D. Weaver // *Veterinary Records*. — 1982. — № 111. — P. 155–160.
34. Clarkson M. J. Incidence and prevalence of lameness in dairy cattle / M. J. Clarkson, D. Y. Downham, W. B. Faull, J. W. Hughes, F. J. Manson, J. B. Merritt, R. D. Murray, W. B. Russell, J. E. Sutherst, W. R. Ward // *Veterinary Records*. — 1996. — № 138. — P. 563–567.
35. Barkema H. W., The effects of lameness on reproductive performance, milk production and culling in Dutch herds / H. W. Barkema, J. D. Westrik, K. A. S. van Keulen, Y. H. Schukken, A. Brand // *Preventive Veterinary Medicine*. — 1994. — № 20. — P. 149–259.

Lukyanov K. I., Fedyaev F. P.

Modern tendencies in index estimation of dairy cattle breeding value

Abstract. *The paper describes in detail the evolution genetic selection indexes from the time of creation till present time in different counties of the world. The experience in developing genetic selection indexes of North America is given. The consequences of one-sided selection aiming mostly at the increase of productivity of dairy cattle are considered. The conclusion about the necessity of the focus shift in genetic selection indexes of dairy cattle to such important traits as productive life (longevity), fertility, calving ease and daughter conception rate is made. The main genetic selection indexes of the counties with developed cattle breeding are thoroughly studied and compared, the main tendencies and directions of development in this field are pointed out. The necessity of introducing second national Canadian genetic selection index (Pro\$) which reflects lifetime revenue generated by animal is explained. The article describes changes in genetic selection index in USA and Canada. They include new traits such as feed efficiency and mastitis resistance. Tendencies towards convergence of North American genetic selection indexes with genetic selection indexes of the Nordic countries are shown. The necessity of the development of the united methods of estimating breeding values in Russian Federation and introducing genomic testing which is a basis of increasing of production of dairy cattle and genomic progress are described. The importance of gradual development and adaptation of genetic selection index in accordance with breeding goals and conditions of breeding environment of Russian Federation is noted.*

Keywords: Increasing milk production of dairy cattle, Holstein breed, genetic selection index breeding, TPI, NM\$, LPI, Pro\$, breeding, reproduction, genomic selection.

Authors:

Lukyanov Kirill — the employee of Institute of Cytology and Genetics of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia, e-mail: novaembryon@mail.ru;

Fedyaev Pavel — assistant of the department of economy and company management, Federal state budget educational institution of higher education «Kemerovo State Agricultural Institute», Kemerovo, Russia, e-mail: fpm@sds-alko.ru.

References

1. VanRaden P. M. Invited Review: Selection on Net Merit to Improve Lifetime Profit. *J. Dairy Sci.*
2. Pryce J. E. The incorporation of fertility indices in genetic improvement programmes. In: Diskin MG (ed). *Fertility in the High-Producing Dairy Cow*. British Society of Animal Science / J. E. Pryce, R. F. Veerkamp // Galway, Ireland, Occasional Publication. — 2001. — № 26. — P. 237–249.
3. Webster J. *Understanding the Dairy Cow* / J. Webster // 2-nd Edition. Blackwell: Oxford, UK. 1993
4. Mishel' A. V. Osnovnye aspekty proizvodstva moloka / A. V. Mishel' // Nomer publikacii. DE-RG-8-080996-R
5. Telezhenko E. V. Mirovye tendencii v selekcii golshtinskogo skota / E. V. Telezhenko // *Genetika i razvedenie zhivotnyh*. — 2014. — № 2. — S. 38–41
6. Kuznecov V. M. Geneticheskaja ocenka molochnogo skota metodom BLUP / V. M. Kuznecov // *Zootehnika*. — 1995. — № 11.

7. Kuznecov V. M. Ispol'zovanie Animal Model v selekcii zhivotnyh / V. M. Kuznecov // Doklady Rossel'hozokademii. — 1996. — № 4.
8. Kuznecov V. M. Jeffektivnost' razlichnyh modelej BLUP dlja ocenki bykov po kachestvu potomstva / V. M. Kuznecov // Sel'skohozjajstvennaja biologija. — 1995. — № 2.
9. Holstein Association USA. Understanding genomics predictions. [<http://www.holsteinusa.com/>]
10. Norman H. D. Sire evaluation procedures for yield traits / H. Norman // D. NCDHIP Handbook, Fact Sheet H-1, ARS-USDA, Washington, DC. 1986
11. VanRaden P. M. Productive life evaluations: Calculation, accuracy, and economic value / P. M. VanRaden, G. R. Wiggans // J. Dairy Sci. — 1995. — № 78. — P. 631–638.
12. VanRaden P. M. Net merit as a measure of lifetime profit / P. M. VanRaden, J. B. Cole // 2014 revision.
13. Doormaal B. V. New lifetime profit index starting February / B. V. Doormaal // 2005.
14. Rauw W. M. Undesirable side effects of selection for high production efficiency in farm animals: a review / W. M. Rauw, E. Kanis, E. N. Noordhuizen-Stassen, F. J. Grommers // Livestock Production Science. — 1998. — № 56. — P. 15–33.
15. Rauw W. M. Resource Allocation Theory Applied to Farm Animals / W. M. Rauw // CAB International: Wallingford, UK. 2008.
16. Ingvarstsen K. L. On the relationship between lactational performance and health: is it yield or metabolic imbalance that causes diseases in dairy cattle? A position paper / K. L. Ingvarstsen, R. J. Dewhurst, N. C. Friggens // Livestock Production Science. — 2003. — № 83. — P. 277–308.
17. Lojda L. Patologicheskaja genetika vosproizvodstva domashnih zhivotnyh / L. Lojda // Praga. — 1971. — S. 25–31.
18. https://www.cdcb.us/eval/summary/trend.cfm?R_Menu=HO.d#StartBody
19. Castillo-Juarez H. Effect of herd environment on the genetic and phenotypic relationships among milk yield, conception rate, and somatic cell score in Holstein cattle / H. Castillo-Juarez, P. A. Oltenacu, R. W. Blake, C. E. McCulloch, E. G. Cienfuegos-Rivas // Journal of Dairy Science. — 2000. — № 83. — P. 807–814.
20. Kearney J. F. Genotype x environment interaction for grazing vs confinement II. Health and reproduction traits / J. F. Kearney, M. M. Schutz, P. J. Boettcher // Journal of Dairy Science. — 2004. — № 87. — P. 510–516.
21. Lucy M. C. Reproductive loss in high-producing dairy cattle: where will it end? / M. C. Lucy // Journal of Dairy Science. — 2001. — № 84. — P. 1277–1293.
22. Beam S. W. Effects of energy balance on follicular development and first ovulation in postpartum dairy cows / S. W. Beam, W. R. // Butler Journal of Reproduction and Fertility. — 1999. — № 54. — P. 411–424.
23. Royal M. D. Declining fertility in dairy cattle: changes in traditional and endocrine parameters of fertility / M. D. Royal, A. O. Darwash, A. P. F. Flint, R. Webb, J. E. Woolliams, G. E. Lamming // Animal Science. — 2000. — № 70. — P. 487–501
24. https://www.cdcb.us/eval/summary/trend.cfm?R_Menu=HO.m#StartBody
25. Oltenacu P. A. The impact of genetic selection for increased milk yield on the welfare of dairy cows / P. A. Oltenacu, D. M. Broom.
26. Truhachev V. Indeksy plemennoj cennosti v sovremennom molochnom skotovodstve / V. Truhachev, N. Zlydnev, M. Selionova // Glavnyj zootehnik. — 2014. — № 1. — S. 8–14.
27. Hazel L. N. The efficiency of the three methods of selection indexes / L. N. Hazel // Genetics. — 1943. — № 28. — P. 476–490.
28. Mulder H. Derivation of economic values using profitability of Canadian Holstein cows / H. Mulder, G. Jansen // Interbull Bull. — 1999. — № 21. — P. 1–10.
29. Lynsay Beavers, Industry Liaison Coordinator, CDN Brian Van Doormaal, General Manager, CDN Pro\$: Genetic Selection for Profit.
30. Philipson J. Experiences of including reproduction and health traits in Scandinavian dairy cattle breeding programs / J. Philipson, B. Lindhe // Livest. Prod. Sci. — 2003. — № 83. — P. 99–112.
31. <http://www.nordicebv.info/ntm-nordic-total-merit-2/> Nordic Cattle Genetic Evaluation Center.
32. Sandie P. Staying good while playing God: the ethics of breeding farm animals / P. Sandie, B. L. Nielsen, L. G. Christensen, P. Sirensen // Animal Welfare. — 1999. — № 8. — P. 313–328.
33. Russell A. M. Survey of lameness in British dairy cattle / A. M. Russell, G. J. Rowlands, S. R. Shaw, A. D. Weaver // Veterinary Records. — 1982. — № 111. — P. 155–160.
34. Clarkson M. J. Incidence and prevalence of lameness in dairy cattle / M. J. Clarkson, D. Y. Downham, W. B. Faull, J. W. Hughes, F. J. Manson, J. B. Merritt, R. D. Murray, W. B. Russell, J. E. Sutherst, W. R. Ward // Veterinary Records. — 1996. — № 138. — P. 563–567.
35. Barkema H. W., The effects of lameness on reproductive performance, milk production and culling in Dutch herds / H. W. Barkema, J. D. Westrik, K. A. S. van Keulen, Y. H. Schukken, A. Brand // Preventive Veterinary Medicine. — 1994. — № 20. — P. 149–259.