НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ДАЙДЖЕСТ ФОРСАЙТА АПК

Ветеринария и животноводство Казахстана

Горизонт 2027–2035

Выпуск № 2

Документ предназначен для Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан и подведомственных организаций. Он показывает, как меняются наука и технологии в мировом животноводстве, какие интеллектуальные системы уже работают, какие направления могут получить широкое применение до 2035 года и какие решения целесообразно принять Казахстану.

Главный вывод

Конкурентоспособность отрасли будет определяться способностью связывать данные о происхождении и геноме животного с его здоровьем, кормлением, воспроизводством, пастбищной средой и экономическим результатом. Отдельные цифровые продукты уже решают части этой задачи, но ни одна готовая система не охватывает весь национальный цикл.

Для Казахстана обоснован отраслевой путь: начать создание Национальной интеллектуальной системы развития животноводства как самостоятельного модуля, сразу предусмотрев ее последующее подключение к интеллектуальной системе развития АПК. Внутри модуля следует разделить научно-технологический контур, где создаются и проверяются модели, и эксплуатационную систему поддержки принятия решений.

Формат документа

Краткий форсайтный обзор. Актуализация по состоянию на сентябрь 2026 года.

РАЗДЕЛ 01

Выводы для принятия решений

Пять изменений задают общий контур развития отрасли

В мировом животноводстве учет событий постепенно превращается в прогноз. Сенсоры, компьютерное зрение и алгоритмы временных рядов выявляют отклонения до того, как их устойчиво замечает человек. Практический эффект возникает только тогда, когда сигнал связан с регламентом действия и последующей оценкой результата.

Селекционная цель также расширяется. Высокая продуктивность сохраняет значение, однако ее оценивают вместе со здоровьем, воспроизводством, долголетием, эффективностью корма и устойчивостью к климатической нагрузке. Это создает основу для направленного улучшения существующих пород без обязательного выведения новой породы.

Пастбище становится измеряемой частью производственной системы. Спутниковые данные, ГИС и GPS позволяют сопоставлять поголовье с кормовой емкостью, водообеспечением и сезонной динамикой растительности. Такое сопоставление особенно важно для регионов с высокой изменчивостью осадков и длительным пастбищным периодом.

Ветеринарная практика смещается от регистрации подтвержденных случаев к раннему выявлению риска. Наиболее перспективны системы, которые объединяют информацию о животных, лабораторные результаты, перемещения, климат и пространственные факторы, но оставляют диагноз и меры реагирования за уполномоченным специалистом.

Наконец, данные превращаются в самостоятельную инфраструктуру отрасли. Общие идентификаторы, справочники и интерфейсы позволяют подключать решения разных производителей и сохранять историю животного. Без этого цифровизация закрепляет разрозненность вместо того, чтобы повысить качество управления.

Рекомендуемая реакция

МСХ РК целесообразно одновременно формировать правила данных, национальную генетическую оценку, региональные испытательные полигоны, ветеринарную аналитику и ГИС кормовой базы. Закупка оборудования или программного продукта должна следовать за доказательством применимости, а не заменять его.

РАЗДЕЛ 02

Мировые научно-технологические тенденции

Пять направлений развиваются одновременно и усиливают друг друга

Рисунок 1. Основные мировые тенденции в ветеринарии и животноводстве

Геномика дает возможность оценивать племенную ценность раньше и точнее. Предиктивный мониторинг переводит здоровье и воспроизводство в поток наблюдаемых событий. Спутниковые и наземные данные описывают пастбищную среду. Новые измерения кормовой эффективности связывают рацион с физиологией и микробиомом. Экосистемы данных соединяют эти элементы в последовательный процесс принятия решений.

Каждая технология полезна отдельно, но стратегический эффект возникает при их совместном применении. Например, геномная оценка адаптивности остается неполной, если неизвестны кормовая среда и климат, в которых получен фенотип. Аналогично, ранний сигнал о нарушении здоровья имеет ограниченную ценность, если хозяйство не фиксирует диагноз, лечение и исход.

Основание форсайта

В дайджесте учтены три вида сигналов: действующие национальные и коммерческие системы; направления, которые переходят от пилотов к масштабированию; научные работы, где прикладной эффект еще требует проверки. Такое разделение позволяет не смешивать доступные решения с технологическими ожиданиями.

Год в прогнозе обозначает вероятное окно зрелости. Фактический срок будет зависеть от качества данных, стоимости оборудования и связи, регулирования, готовности хозяйств и независимой проверки результата.

РАЗДЕЛ 03

Генетическая оценка и адаптивная селекция

Мировая практика переходит от оценки происхождения к объединению генома, фенотипа и среды

CDCB[1] в США, Interbull[2], DataGene[3] в Австралии и BREEDPLAN[4] показывают зрелость систем, которые объединяют родословные, производственные показатели и геномные данные. Их развитие идет в сторону функциональных признаков: здоровья, долголетия, воспроизводства, кормовой эффективности и устойчивости результата.

Для пастбищного животноводства особенно важно взаимодействие генотипа со средой, обозначаемое как G×E. Животное, которое показывает высокий результат на стабильном рационе, не обязательно сохранит преимущество при сезонном дефиците корма, жаре, холоде или длительных переходах. Поэтому единая оценка без характеристик среды может закреплять признаки, не соответствующие региональной производственной системе.

Стратегия породного улучшения

Казахстану не требуется ставить создание новой породы универсальной целью. Более быстрый и управляемый путь состоит в улучшении существующих пород и внутрипородных типов по региональным селекционным индексам. Индекс должен сочетать продуктивность с сохранностью, воспроизводством, здоровьем конечностей, продолжительностью использования, конверсией корма и устойчивостью к температурной и пастбищной нагрузке.

Такая стратегия сохраняет накопленную породную базу, позволяет использовать международный генетический материал и одновременно проверять его в условиях Казахстана. Контроль инбридинга и поддержание нескольких линий адаптации должны быть обязательной частью программы.

Ожидаемое развитие

До 2029 года будет расширяться генотипирование и автоматизированная фенотипизация. В 2030–2032 годах вероятно более широкое применение региональных моделей G×E. К 2035 году многопризнаковые индексы будут чаще обновляться по данным здоровья, климата и ресурсной эффективности.

[1] **CDCB** - *Council on Dairy Cattle Breeding* — Совет по селекции молочного скота США.
[2] **Interbull** - *International Bull Evaluation Service* — Международная служба оценки быков-производителей. Название образовано от *International Bull Evaluation*.
[3] **DataGene** - Австралийская отраслевая организация, которая ведет генетические оценки молочного скота.
[4] **BREEDPLAN** - международная система генетической оценки.

РАЗДЕЛ 04

Действующие интеллектуальные системы

Мировой рынок предлагает зрелые подсистемы, а не готовую национальную модель

Рисунок 2. Основные классы действующих систем и примеры

Национальные системы генетической оценки определяют племенную ценность, но не управляют ветеринарными событиями и пастбищами. Фермерские платформы объединяют доение, кормление и воспроизводство, однако обычно связаны с определенной экосистемой оборудования. Сенсоры и видеоаналитика выявляют хромоту, охоту, изменения активности и жвачки, но не заменяют диагноз.

Спутниковые сервисы оценивают кормовую массу и состояние растительности. Виртуальные ограждения помогают управлять выпасом. WAHIS и ADIS обеспечивают официальную отчетность и обмен данными о заболеваниях. Эти решения подтверждают зрелость отдельных технологий, но не образуют единую систему развития животноводства.

Следствие для Казахстана

Национальная система должна соединять существующие продукты через общие правила, а не воспроизводить их функции. Государству необходимо создавать национальные индексы, модели регионального риска, стандарты обмена, защищенный исследовательский доступ и СППР. Датчики, фермерские программы, лабораторные системы и спутниковые данные могут подключаться как независимые источники.

РАЗДЕЛ 05

Пастбища и пространственная аналитика

ГИС связывает кормовую базу, фактическую нагрузку и адаптивность животных

Australian Feedbase Monitor и сервисы Cibo Labs демонстрируют практическое использование спутниковых данных для оценки кормовой массы и динамики пастбищ. Copernicus и RaPP Map предоставляют слои земного покрова, растительности, влажности и состояния угодий. Nofence, Vence и Halter развивают виртуальные границы и цифровое управление перемещением животных.

Эти решения показывают общий переход от статической карты к пространственной модели управления. В нее входят продуктивность растительности, осадки, водоисточники, фактическая нагрузка, состояние почв и маршруты стада. Модель позволяет оценивать, насколько численность и структура поголовья соответствуют ресурсной емкости территории.

Прогноз до 2035 года

В 2027–2029 годах будет расширяться объединение спутниковых индексов, метеоданных и GPS-наблюдений. В 2030–2032 годах более доступными станут прогнозы кормовой массы и сезонных маршрутов, откалиброванные для природных зон. После 2032 года вероятно развитие сценарных систем, которые будут учитывать пастбищную нагрузку, климатический риск, биоразнообразие и экономику хозяйства.

Предложение для Казахстана

Целесообразно сформировать цифровой паспорт пастбищной среды. Он должен содержать сведения о кормовой массе, продуктивности растительности, водообеспечении, сезонности, деградации и фактической нагрузке. Эти данные следует использовать и для управления выпасом, и для оценки селекционных признаков.

Модели необходимо калибровать по степным, полупустынным, горным и другим природно-кормовым зонам. Перенос зарубежного алгоритма без наземных измерений может давать систематическую ошибку именно там, где решение наиболее важно.

РАЗДЕЛ 06

Ветеринария и раннее предупреждение

ИИ повышает скорость анализа, но не переносит ответственность за диагноз и меры реагирования

Рисунок 3. Цикл риск-ориентированной ветеринарной аналитики

WOAH рассматривает применение ИИ для повышения полноты, согласованности и скорости работы с данными WAHIS. Европейская система ADIS централизует сведения о вспышках и обеспечивает обмен между компетентными органами. На уровне хозяйства сенсоры, видео и производственные показатели формируют синдромные сигналы до подтверждения заболевания.

Наибольший эффект ожидается от объединения нескольких источников. Изменение поведения отдельного животного может быть малозначимым само по себе, но становится важным при совпадении с перемещением стада, лабораторными данными, погодными условиями или ростом сходных событий в соседних хозяйствах.

Граница автоматизации

ИИ может проверять полноту отчетности, обнаруживать аномалии, ранжировать риски и предлагать приоритет расследования. Подтверждение диагноза, назначение лечения, введение ограничений и официальная отчетность должны оставаться за уполномоченным специалистом.

Для Казахстана базовой единицей аналитики должна стать прослеживаемая цепочка: животное, хозяйство, перемещение, лабораторный результат, принятая мера и исход. Такая структура позволяет проверять рекомендацию ИИ и улучшать модель по фактическим результатам.

РАЗДЕЛ 07

Кормовая эффективность и особенности ЖКТ

Конверсия корма определяется совместным действием генетики, рациона, физиологии и среды

Рисунок 4. Биологический контур адаптивной селекции и конверсии корма

Особенности желудочно-кишечного тракта напрямую влияют на конверсию корма. Для жвачных значение имеют объем и моторика рубца, скорость прохождения корма, характер ферментации, образование летучих жирных кислот и метана, всасывание питательных веществ, иммунный и метаболический ответ.

Микробиом рубца участвует в расщеплении корма и различается между животными, однако он зависит от рациона и условий содержания. Поэтому его нельзя считать постоянным породным свойством. Оценка должна связывать микробиом с генотипом, составом корма, сезоном и повторными измерениями продуктивности.

Практическая траектория

На ближайшем горизонте приоритетно формирование референсной системы фенотипирования: индивидуальный инструментальный учёт потребления сухого вещества и состава рациона, живой массы и прироста, молочной продуктивности и состава молока. На основе этих данных рассчитываются остаточное потребление корма и другие показатели кормовой эффективности. Руминация, активность и параметры пищевого поведения используются как дополнительные признаки, характеризующие функционирование ЖКТ, здоровье и реакцию животного на рацион и среду.

На следующем этапе базовые измерения дополняются инфракрасными спектрами молока, температурой, поведением и метаболическими показателями. Эти признаки позволяют создавать более дешёвые массовые прогнозные модели, но должны калиброваться по данным прямых измерений. Метагеномика и другие омикс-технологии используются преимущественно для поиска устойчивых биомаркеров,

выяснения механизмов конверсии корма и последующей проверки их воспроизводимости в разных породах, рационах и природно-кормовых зонах.

Казахстану нужна сеть испытаний кормовой эффективности по природно-кормовым зонам. Преимущество животного следует подтверждать внутри сопоставимой среды и повторно проверять при смене рациона. Единый коэффициент адаптивности без разложения на измеримые признаки будет методически слабым.

РАЗДЕЛ 08

Новые биотехнологии

Репродуктивные и геномные методы ускоряют селекцию, но не определяют ее цель

Генотипирование и геномная селекция уже становятся основной технологией ускоренного отбора внутри пород. Сексированное семя, трансплантация эмбрионов и OPU (Ovum Pick-Up) - IVF (In Vitro Fertilization) позволяют быстрее распространять лучшие комбинации. Их применение должно сопровождаться контролем инбридинга и эффективной численности популяции.

Мультиомные исследования объединяют геном, транскриптом, метаболизм и микробиом. До 2035 года их основная роль будет состоять в выявлении и проверке биомаркеров здоровья, эффективности и устойчивости. Массовое включение признака в селекционный индекс оправдано только после подтверждения повторяемости и экономического эффекта.

Редактирование генома

Редактирование генома развивается как способ точечного изменения признаков, включая устойчивость к отдельным заболеваниям. Однако биобезопасность, регулирование, общественное принятие и экспортные требования сохраняют высокую неопределенность. Поэтому технология не должна входить в базовый сценарий отраслевой стратегии Казахстана (рекомендация).

Ожидаемая последовательность

В 2027–2029 годах геномная оценка и репродуктивные технологии будут глубже интегрироваться в программы улучшения. В 2030–2032 годах расширится применение функциональных маркеров и мультиомных данных в исследованиях. К 2035 году возможны отдельные регулируемые применения редактирования генома, но только для четко определенных признаков и после специальной экспертизы.

Технология отвечает на вопрос, как быстрее распространить выбранный признак. Цель селекции задается отдельно с учетом производственной системы, климата, кормовой базы, благополучия животных, экономики и сохранения генетического разнообразия.

РАЗДЕЛ 09

Развитие систем с использованием ИИ

Следующий этап связан с объединением модальностей, локальной обработкой и проверяемыми рекомендациями

Современные решения преимущественно используют узкоспециализированный искусственный интеллект. Отдельная модель распознаёт признаки хромоты, прогнозирует наступление охоты, выявляет отклонения в продолжительности и паттернах руминации либо оценивает биомассу пастбищ. Такой подход понятен и легче поддаётся верификации, однако не обеспечивает целостной оценки состояния животного и хозяйства.

Мультимодальный ИИ

Модели начинают объединять видео, звук, температуру, активность, молоко, кормление и историю лечения. Это повышает чувствительность раннего выявления, но одновременно усиливает требования к синхронизации данных и репрезентативности обучающей выборки. До 2032 года мультимодальные модели, вероятно, станут основным направлением развития коммерческих СППР.

Edge-AI и федеративное обучение

Обработка части данных непосредственно на ферме или устройстве снижает зависимость от устойчивой связи и уменьшает объем передачи. Федеративное обучение позволяет обновлять общую модель без централизованного копирования всех первичных данных. Эти подходы особенно важны для удаленных пастбищных хозяйств и чувствительной ветеринарной информации.

Цифровые двойники и отраслевые модели

Цифровой двойник животного или стада должен воспроизводить динамику состояния и сравнивать сценарии кормления, воспроизводства и риска. Пока полные решения находятся на ранней стадии. После 2032 года вероятно появление специализированных foundation models (крупные универсальные модели ИИ) и ИИ-агентов, которые будут собирать доказательства, строить сценарии и объяснять рекомендации.

Высокорисковые решения останутся под контролем человека. Для каждой рекомендации потребуется указывать исходные данные, версию модели, степень уверенности, ограничения и фактический результат после действия.

РАЗДЕЛ 10

Технологические горизонты 2027–2035

Форсайт разделяет внедрение зрелых решений, подготовку к масштабированию и наблюдение за новыми направлениями

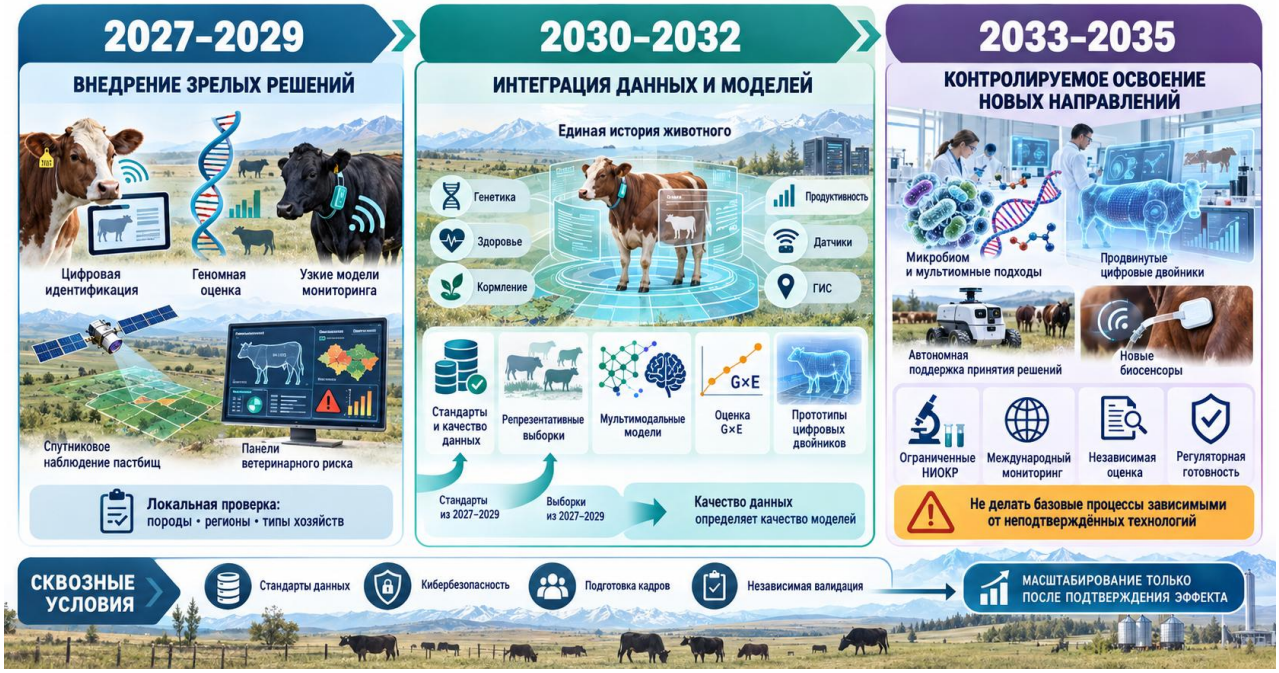

Рисунок 5. Ожидаемые горизонты технологической зрелости

В первый период целесообразно сосредоточиться на технологиях с понятной функцией: цифровой идентификации, геномной оценке, узких моделях мониторинга, спутниковом наблюдении пастбищ и панелях ветеринарного риска. Даже зрелые решения должны пройти локальную проверку по породам, регионам и типам хозяйств.

Во втором периоде решающим станет качество накопленных данных. Без единой истории животного невозможно надежно обучать мультимодальные модели, оценивать G×E или строить цифровой двойник. Поэтому подготовка стандартов и репрезентативных выборок должна начаться раньше массового внедрения этих технологий.

Третий период связан с направлениями, где научный потенциал высок, но практические и регуляторные условия еще формируются. Они требуют ограниченных НИОКР, международного мониторинга и независимой оценки. Базовые процессы отрасли не следует делать зависимыми от технологий, эффективность которых пока не подтверждена.

РАЗДЕЛ 11

Значение мировых тенденций для Казахстана

Природно-кормовая неоднородность страны требует собственной системы адаптации и проверки

Международные методы геномной оценки, автоматического мониторинга и пространственной аналитики могут использоваться в Казахстане. Прямому переносу не подлежат веса селекционных признаков, пороги ветеринарных сигналов, модели пастбищной биомассы и экономические рекомендации. Они зависят от пород, кормов, климата, структуры хозяйств и качества связи.

Региональность селекции

Целевой тип животного следует задавать по будущей среде использования. Для интенсивного молочного хозяйства и длительного пастбищного содержания нужны разные сочетания признаков. Национальная оценка должна сохранять сопоставимость, но позволять регионам использовать разные экономические веса и параметры среды.

Репрезентативные полигоны

Проверку технологий целесообразно вести на сети хозяйств и пастбищ, представляющих основные природно-кормовые зоны и производственные системы. Полигон должен собирать данные по единым протоколам и сравнивать новую модель с базовым методом. Демонстрация поставщика без независимого сравнения не является достаточным основанием для масштабирования.

Инфраструктура данных

История животного должна связывать идентификацию, происхождение, генотип, продуктивность, воспроизводство, здоровье, лечение, перемещения, кормовую среду и геопривязку. Государству необязательно централизовать все сырые данные. Достаточно определить обязательные события, показатели качества и интерфейсы доступа.

Экономический критерий

Эффект необходимо оценивать по снижению потерь, улучшению воспроизводства и сохранности, экономии корма, устойчивости пастбищ и сокращению времени реагирования. Количество датчиков и цифровых кабинетов не показывает результативность системы.

РАЗДЕЛ 12

Предложения Министерству сельского хозяйства

Рекомендации, задающие научно-технологическое направление развития

1. ***Утвердить минимальный национальный набор данных о животном, среде и производственном результате.*** *Он должен включать происхождение и генотип, воспроизводство, здоровье, ветеринарные вмешательства, кормление, продуктивность, перемещения, условия содержания и параметры природно-кормовой среды. Наряду с едиными идентификаторами и справочниками необходимо закрепить протоколы измерений, происхождение данных, показатели качества и неопределённости, права доступа и возможность переноса данных между системами. Такой набор должен рассматриваться как основа для воспроизводимых исследований, национальной генетической оценки и обучения моделей ИИ.*

2. ***Развивать регулярную национальную генетическую и геномную оценку сельскохозяйственных животных.*** *Научная задача должна заключаться не только в ранжировании животных по продуктивности, но и в оценке наследуемости адаптивных признаков, генетических корреляций и взаимодействия «генотип × среда». На этой основе следует формировать региональные селекционные индексы, учитывающие продуктивность, кормовую эффективность, здоровье, воспроизводство, продолжительность хозяйственного использования и устойчивость результата в конкретных природно-кормовых условиях. Создание новой породы не должно быть обязательным критерием результативности: стратегический эффект может достигаться направленным улучшением существующих популяций, линий и внутрипородных типов.*

3. ***Создать сеть региональных полигонов фенотипирования и независимой валидации.*** *Полигоны должны обеспечивать стандартизированную проверку взаимодействия G×E, кормовой эффективности, адаптивности к пастбищам и рациону, ветеринарных алгоритмов, сенсоров и спутниковых моделей. Необходимо формировать референсные группы животных и проводить сопоставимые наблюдения по нескольким сезонам, поколениям и природно-кормовым зонам. Результаты должны включать исходные данные, описание протоколов, характеристики выборки, неопределённость и ограничения применимости.*

4. ***Развивать исследования биологических механизмов кормовой эффективности и адаптивности.*** *Базовый уровень должен опираться на индивидуальное потребление сухого вещества, состав рациона, живую массу, прирост, молочную продуктивность и параметры руминации. Расширенное фенотипирование может включать спектры молока, температуру, поведение, метаболические показатели, переваримость и выбросы метана. Метагеномика, метаболомика и другие омикс-технологии должны использоваться преимущественно для поиска механизмов и устойчивых биомаркеров с обязательной проверкой их воспроизводимости в разных породах, рационах и регионах.*

*5. **Сформировать научный контур риск-ориентированной ветеринарии.** Для этого необходимо связать ветеринарные события, лабораторные результаты, перемещения животных, характеристики хозяйств и пространственные факторы риска. Исследования должны охватывать эпидемиологические модели, прогноз распространения заболеваний, антимикробную резистентность, оценку эффективности профилактических мер и калибровку порогов предупреждения. ИИ следует использовать для выявления аномалий, ранжирования риска и подготовки сценариев, сохраняя за ветеринарным специалистом полномочия и ответственность за решения высокого риска.*

*6. **Сформировать национальный научно-информационный ГИС-контур пастбищ и кормовой базы.** Он должен объединять спутниковые и наземные наблюдения за биомассой и качеством растительности, доступностью воды, климатом, деградацией земель, фактической пастбищной нагрузкой и сезонной кормовой ёмкостью. Спутниковые модели необходимо калибровать по наземным измерениям и сопровождать показателями точности и неопределённости. Контур должен поддерживать не только мониторинг территории, но и исследования связи пастбищной среды с продуктивностью, здоровьем и воспроизводством животных.*

*7. **Ввести научно обоснованную процедуру допуска технологий и моделей к эксплуатации.** Цифровые решения следует закупать и масштабировать только после сопоставления с базовыми методами и независимой проверки на национальных данных. Оценка должна учитывать биологическую и статистическую достоверность, переносимость между породами и регионами, устойчивость к изменению условий, кибербезопасность, экспортируемость данных, стоимость жизненного цикла и измеримый производственный эффект. Каждая модель должна иметь паспорт с указанием версии, обучающей выборки, области применимости, ограничений, неопределённости и условий повторной проверки.*

*8. **Развивать национальную исследовательскую инфраструктуру животноводства.** Она должна включать биобанки, геномные и фенотипические коллекции, лабораторные мощности, региональные полигоны, системы индивидуального учёта кормления, вычислительные ресурсы и каталоги доступных данных. Доступ к инфраструктуре следует организовать по федеративному принципу, без обязательной концентрации всех ресурсов в одной организации.*

*9. **Формировать междисциплинарные научные консорциумы.** В их состав должны входить генетики и селекционеры, ветеринарные эпидемиологи, физиологи, специалисты по кормлению, микробиологи, эксперты по воспроизводству, ГИС и дистанционному зондированию, математическому моделированию и искусственному интеллекту. Каждая модель должна одновременно проходить биологическую, статистическую, ветеринарную и производственную экспертизу.*

Пример специализированного научного направления (СНН)

Наименование СНН: «Научные основы адаптивной селекции, кормовой эффективности и ветеринарной устойчивости сельскохозяйственных животных в природно-кормовых зонах Казахстана»

***Цель СНН** — разработка научно-обоснованных методов направленного породного улучшения и управления здоровьем животных на основе комплексного анализа генотипа, фенотипа, физиологии, кормовой среды и ветеринарных рисков без обязательного создания новых пород.*

Основные научные вопросы

1) Какие признаки адаптивности и кормовой эффективности обладают достаточной наследуемостью и устойчивостью для включения в селекционные индексы?

2) Как изменяется реализация генетического потенциала животных в зависимости от климата, пастбищной зоны, состава рациона и технологии содержания?

3) Какие физиологические, метаболические и микробиомные механизмы определяют различия в конверсии корма?

4) Какие признаки могут измеряться массово, а какие должны использоваться только в референсных научных популяциях?

5) Насколько модели, обученные на одной породе, ферме или регионе, переносятся на другие условия?

6) Какие сочетания генетических, ветеринарных, сенсорных и пространственных данных обеспечивают наиболее раннее выявление риска?

7) Как селекционный отбор по кормовой эффективности влияет на здоровье, воспроизводство, продолжительность продуктивной жизни и выбросы метана?

Исследовательские блоки СНН

1. *Национальная система фенотипирования и референсные популяции.*
2. *Генетическая и геномная оценка, модели G×E.*
3. *Региональные индексы адаптивной селекции.*
4. *Физиология ЖКТ, кормовая эффективность и микробиом.*
5. *Ветеринарная эпидемиология и прогнозирование рисков.*
6. *ГИС-моделирование пастбищной и кормовой среды.*
7. *Мультимодальные модели ИИ и цифровые прототипы.*
8. *Независимая валидация и оценка экономического эффекта.*

Ожидаемые научные результаты

В результате СНН должны быть получены не отдельные разрозненные публикации или программные продукты, а взаимосвязанная система научных результатов:

- *стандартизированные протоколы измерения признаков;*
- *референсные геномно-фенотипические выборки;*
- *оценки наследуемости и генетических корреляций;*
- *модели взаимодействия генотипа со средой;*
- *региональные индексы адаптивной селекции;*

- *проверенные биомаркеры кормовой эффективности и устойчивости;*
- *валидированные модели ветеринарного и пастбищного риска;*
- *паспорта моделей с границами применимости;*
- *рекомендации по направленному улучшению существующих пород;*
- *научная основа для модулей НИСРЖ.*

Ключевым критерием результативности СНН должна стать ***воспроизводимость и практическая подтверждённость научного результата в нескольких регионах и производственных условиях****, а не только число публикаций, генотипированных животных, разработанных алгоритмов или заявленных цифровых платформ.*

Организационный принцип

МСХ РК задает правила, приоритеты и требования к доказательствам. Научные организации создают и независимо проверяют методы. Подведомственные организации обеспечивают отраслевые данные и эксплуатационные процессы. Хозяйства получают полезные рекомендации и возвращают сведения о результате. Такое распределение поддерживает качество данных и исключает подмену отраслевого управления закупкой одной платформы.

РАЗДЕЛ 13

Национальная интеллектуальная система развития животноводства

Отраслевой модуль следует создавать сейчас с готовностью к интеграции в интеллектуальную систему АПК

Рисунок 6. Предлагаемый контур НИСРЖ и ее место в интеллектуальной системе АПК

Самостоятельный отраслевой модуль необходим потому, что животноводство использует специализированные идентификаторы, генетические оценки,

ветеринарные полномочия и биологические модели. Ожидание единой системы АПК отложит решение отраслевых задач и может привести к потере предметной глубины.

Одновременно НИСРЖ должна использовать общие принципы будущей системы АПК: совместимые справочники и геоданные, открытые интерфейсы, управление правами доступа, информационную безопасность и обмен агрегированными прогнозами. Тогда отраслевой модуль не станет изолированной платформой.

Два контура

Научно-технологический контур формирует признаки и индексы, исследует взаимодействие генотипа со средой, обучает и валидирует модели, хранит версии и ограничения. Эксплуатационная СППР применяет допущенные модели, готовит предупреждения и сценарии для хозяйств, ветеринарной службы и органов управления, фиксирует принятое решение и его результат.

Связующим элементом выступают общие данные и процедура допуска модели к эксплуатации. Экспериментальный алгоритм не должен автоматически переходить в практику. После независимой проверки ему присваиваются область применимости, показатели качества, версия и условия пересмотра.