



Казахский научно-исследовательский
институт земледелия и растениеводства

Цифровизация и искусственный интеллект в селекции и семеноводстве: от геномики до точного посева

От данных к устойчивому и эффективному агропроизводству



Спикер:

Бастаубаева Шолпан Оразовна

к.с.х.н., профессор,
академик НААН РК



2026 год



Спутниковый
мониторинг



Дроны и
дистанционное
зондирование



Метеостанции
и IoT-датчики



Цифровое
фенотипирование



Аналитика данных
и искусственный
интеллект



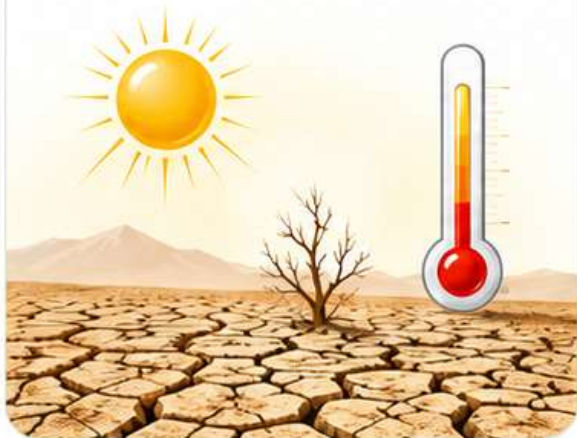
Управление ресурсами
и точное земледелие

Вызовы современного растениеводства



1 Климатическая нестабильность

Температурные и влажностные отклонения: среднегодовые $+0,2-0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ к концу 10 лет. Рост засухи и дефицит влаги.



2 Деградация земель и дефицит воды

Около 60% территории Казахстана подвержено деградации земель и опустыниванию. Площадь таких территорий уже превысила 17%. Сокращение стока трансграничных рек усиливает дефицит пресной воды.



3 Потеря биоразнообразия

Утрата видов животных и генетических ресурсов культурных растений. До 75% генетического разнообразия сельхозкультур утрачено.



4 Зависимость от импортных семян и генетики

Высокая зависимость по ключевым культурам: семенной материал и генетика создают критическую уязвимость.



Решение:

Объединение данных геномики, феномики и агрономии в единую AI-экосистему.



Геномика

+

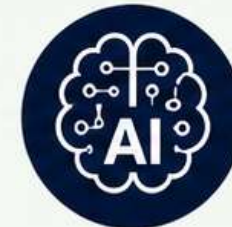


Феномика

+



Агрономия



AI-экосистема



Устойчивое растениеводство



КОНЦЕПЦИЯ СКВОЗНОГО ЦИФРОВОГО ЦИКЛА В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Слайд 3

Четыре взаимосвязанных блока: **Генофонд** → **Селекция** → **Семеноводство** → **Агротехнологии**

Суть: Данные каждого этапа обогащают общую предиктивную модель, устраняя разрыв между лабораторией и производственным полем.

1

ГЕНОФОНД (ГЕНБАНК)



- Цифровые паспорта образцов
- Базы данных генетических ресурсов

2

СЕЛЕКЦИЯ



- Геномная селекция
- Биоинформатика
- Фенотипирование

3

СЕМЕНОВОДСТВО



- Компьютерное зрение на конвейере
- SmartSeed
- Прослеживаемость семян

4

АГРОТЕХНОЛОГИИ



- Дроны
- Спутники
- Цифровые двойники полей

ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА



Big Data



Искусственный интеллект



Дистанционное зондирование



Роботизация



Интернет вещей (IoT)



Облачные технологии



Единый цифровой контур обеспечивает непрерывный обмен данными от генетических ресурсов до управления производством.



Данные
объединяются



Модели
предсказывают



Решения
повышают
эффективность





БЛОК 1. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ РАСТЕНИЙ

Слайд 4

Стратегический ресурс селекции и продовольственной безопасности



1 ОЦИФРОВКА ГЕНФОНДА

- Более 64 тыс. образцов
- Создание единой базы данных генетических ресурсов

64 000+

образцов генетических
ресурсов растений
в цифровой базе данных



2 ЦИФРОВЫЕ ПАСПОРТА КОЛЛЕКЦИЙ

- Переход от бумажных каталогов к цифровым паспортам
- Biobanking и электронный каталог образцов



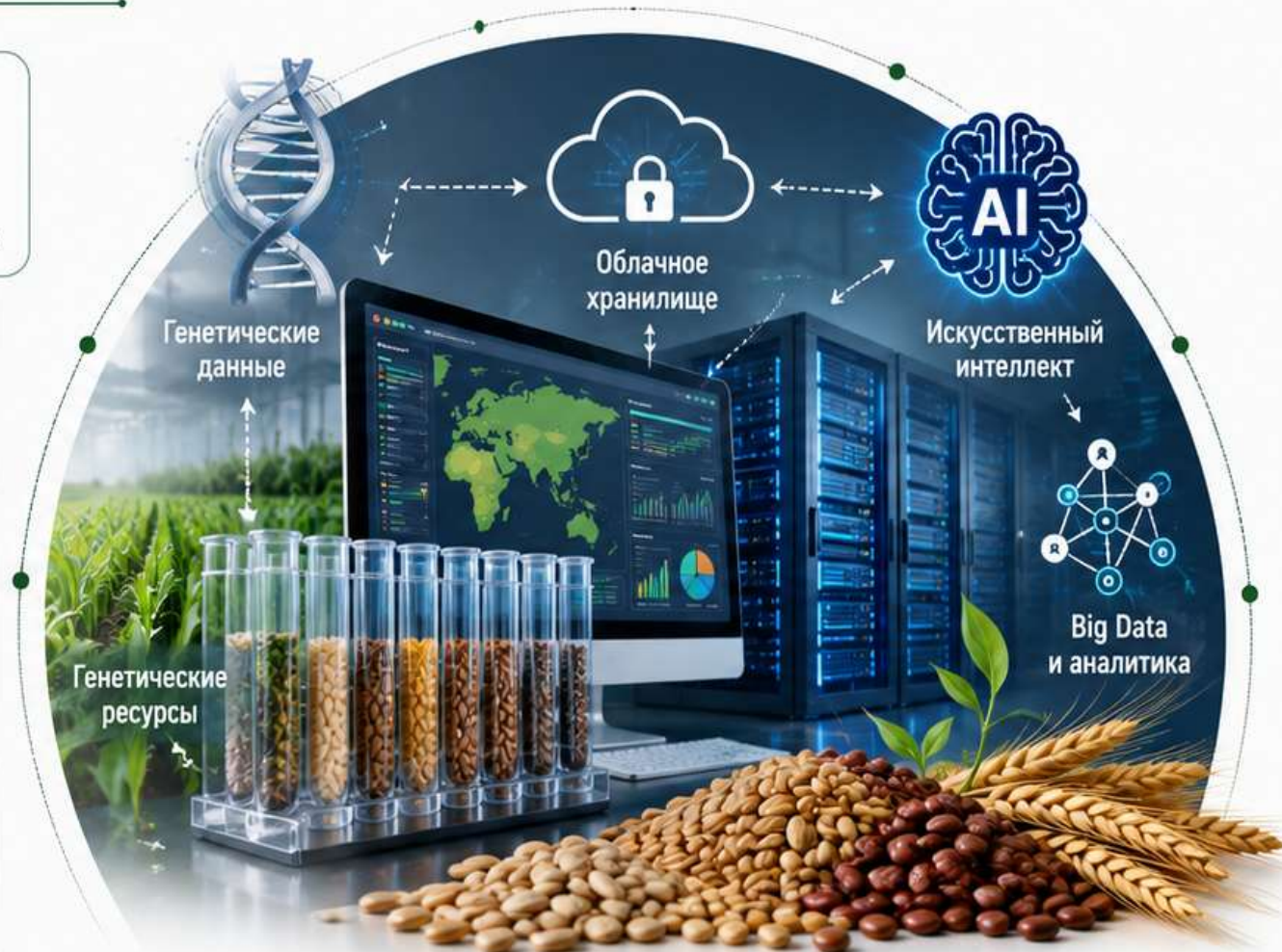
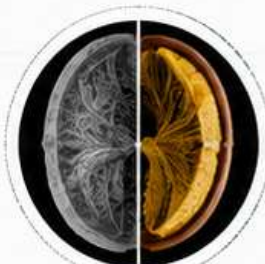
3 СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- 3D-томография семян
- Неразрушающая оценка внутренней структуры без повреждения образца



4 ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

- NLP-модели для анализа исторических описаний сортов
- Автоматический поиск скрытых доноров устойчивости к стрессам



**ГЕНЕТИЧЕСКИЕ
РЕСУРСЫ**

Сбор и сохранение
образцов



**ЦИФРОВЫЕ
ПАСПОРТА**

Единая база данных
и биобанкинг



**AI-АНАЛИЗ
ДАННЫХ**

NLP, машинное обучение,
поиск доноров



**ДОНОРЫ ЦЕННЫХ
ПРИЗНАКОВ**

Устойчивость к стрессам,
высокая продуктивность



**НОВЫЕ СОРТА
И ГИБРИДЫ**

Повышение продовольственной
безопасности и устойчивости

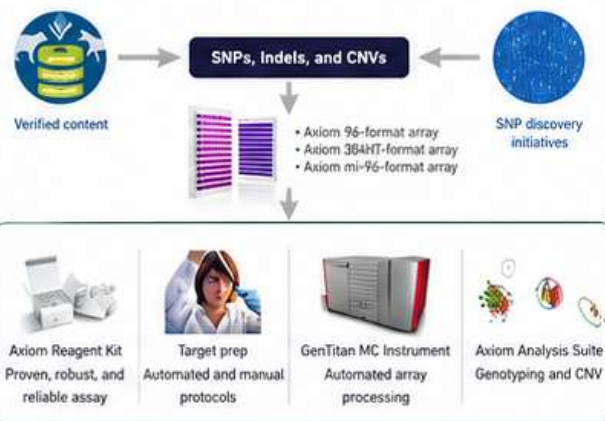


Тезисы: Отказ от случайного отбора в пользу направленного конструирования.



Технологии: Геномный отбор (Genomic Selection) — расчет оценки племенной ценности (GEBV) по ДНК-маркерам с помощью алгоритмов машинного обучения (XGBoost, Random Forest).

1 ГЕНОМНАЯ СЕЛЕКЦИЯ



- Расчет племенной ценности (GEBV)
- SNP-маркеры, индель и CNVs
- Алгоритмы машинного обучения

2 ЦИФРОВОЕ ФЕНОТИПИРОВАНИЕ



NDVI
и индексы



Биомасса
и развитие



Архитектура
растений

- БПЛА с мультиспектральными камерами
- Лидары и наземные сенсоры
- Автоматизация полевых измерений

3 SPEED-BREEDING



4–6 поколений
в год



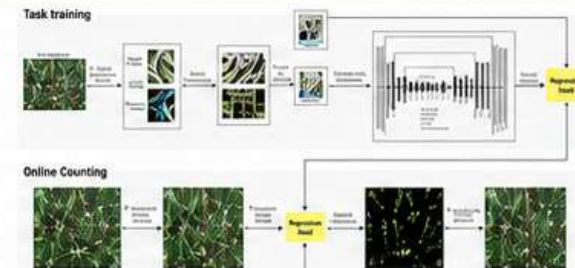
Контролируемые
условия



Ускоренное
получение линий

- Оптимальный световой режим
- Температура, полив, питание
- Круглогодичный процесс селекции

4 AI-АНАЛИЗ (DEERCOUNT)



Система DeepCount автоматически определяет и подсчитывает количество колосьев пшеницы на цифровых изображениях, сделанных в естественных полевых условиях.

- CNN-модели и глубокое обучение
- Автоматический подсчет признаков
- Оценка без участия человека



РЕЗУЛЬТАТ

СОКРАЩЕНИЕ
СЕЛЕКЦИОННОГО ЦИКЛА НА **50–60%**

за счёт раннего отбора перспективных генотипов с использованием геномики, цифрового фенотипирования и искусственного интеллекта.



СОКРАЩЕНИЕ
СЕЛЕКЦИОННОГО
ЦИКЛА



Данные ДНК
(SNP-маркеры)



Машинное обучение
(оценка GEBV)



Цифровое
фенотипирование



Прогноз
продуктивности



Отбор лучших
генотипов

Ускоренный вывод
новых сортов с высокой
продуктивностью и устойчивостью



Геномная селекция

Этапы:

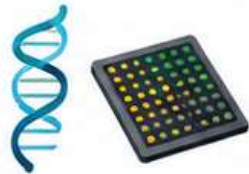
-  1. Подбор разнообразных сортов, линий и диких форм культуры из разных регионов.
-  2. Фенотипирование: полевые и лабораторные испытания, оценка признаков в течение нескольких лет.
-  3. Полногеномное генотипирование образцов с использованием десятков тысяч маркеров.
-  4. Сопоставление генотипа и фенотипа для выявления маркеров, влияющих на ценные признаки.

 На основе этих данных формируется математическая модель для прогнозирования селекционной ценности растений и их пригодности для дальнейшего использования.



Образцы

Сбор растительных образцов из разных сред и регионов.



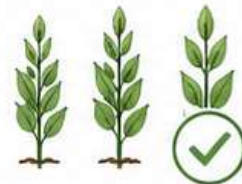
SNP-маркеры

Генотипирование образцов по тысячам SNP-маркеров.



Анализ

Интеграция данных, машинное обучение и прогноз модели.



Отбор

Выбор лучших генотипов для селекционной работы.

Слайд 6



Как работает?



Для каждого растения создается маркерный профиль по тысячам ДНК-маркеров.



Маркерные профили сопоставляются с результатами полевых измерений и фенотипических данных.



Программа определяет растения, наиболее перспективные для дальнейшей селекции.



Практические ограничения

- Дорогостоящее оборудование.
- Потребность в высококвалифицированных специалистах по молекулярной генетике и биоинформатике.
- Дорогие программные решения.
- Метод доступен в основном специализированным научным центрам.



Обычно для анализа отправляют образцы ДНК в коммерческие зарубежные лаборатории; стоимость зависит от культуры и объема выборки.



Полногеномные SNP-чипы позволяют автоматизировать анализ полиморфизма ДНК у сельскохозяйственно значимых видов растений и животных.



Селекция: Роботизированное фенотипирование

Слайд 7



Тезисы:

Автоматизация оценки внешних признаков растений в полевых питомниках.



Технологии:

БПЛА с мультиспектральными камерами и наземные лидары. Сверточные нейросети (CNN) оценивают индекс NDVI, биомассу, геометрию стеблестоя и динамику цветения без участия человека.



Результат:



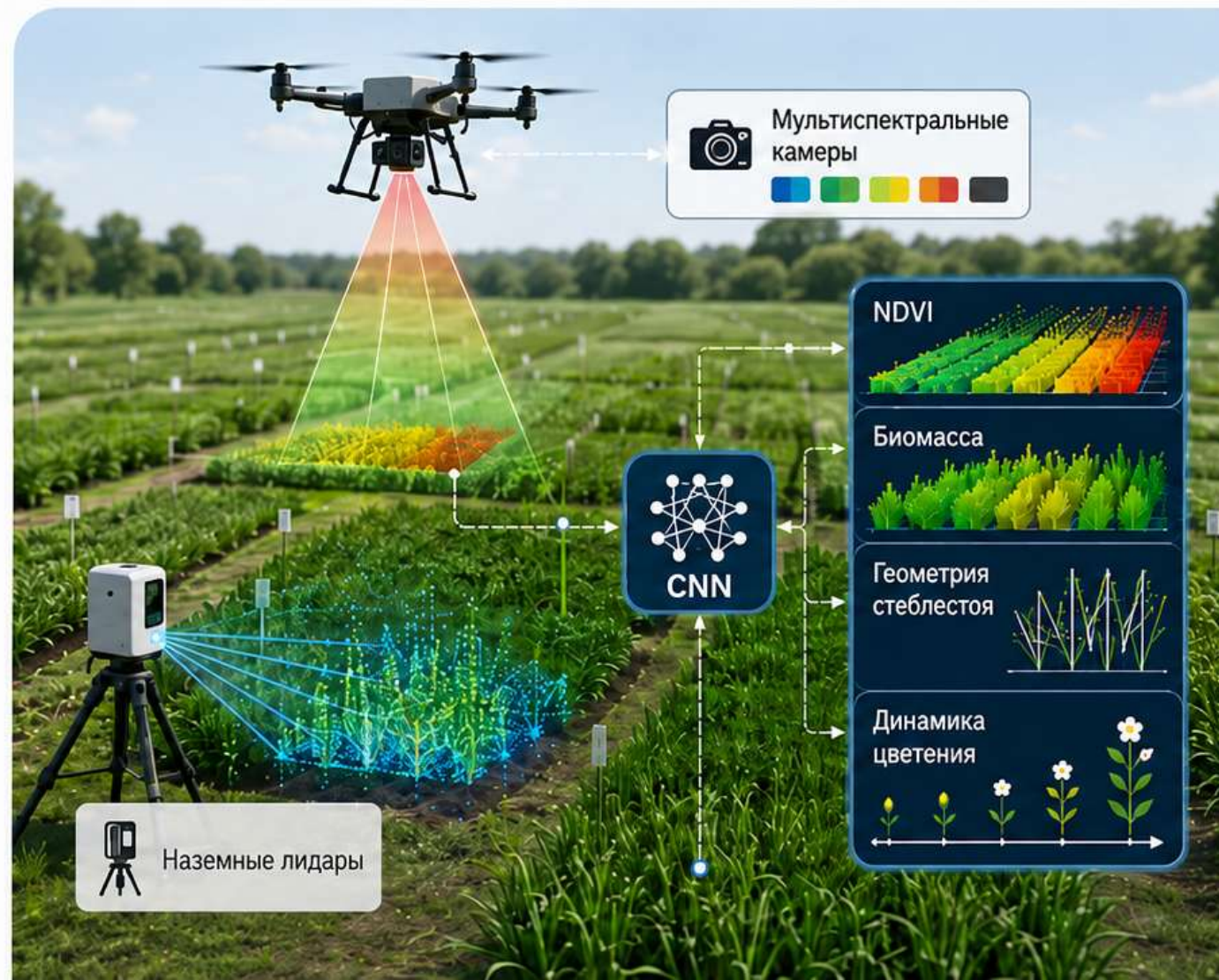
Высокая скорость оценки



Высокая точность



Без участия человека





ЦИФРОВОЕ ФЕНОТИПИРОВАНИЕ В СЕЛЕКЦИОННЫХ ПИТОМНИКАХ

Слайд 8



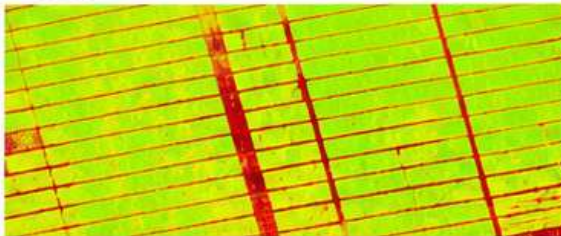
1. ДРОНОВЫЙ МОНИТОРИНГ



- Высота растений
- Архитектура посевов



2. МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНАЯ СЪЕМКА



- NDVI
- Индексы вегетации (NDRE, GNDVI и др.)



3. ЦИФРОВАЯ ОЦЕНКА ПРИЗНАКОВ



- Биомасса
- Плотность стояния
- Однородность и развитие
- Количество продуктивных стеблей



4. AI-АНАЛИЗ



- Автоматический подсчёт растений и колосьев
- Выделение перспективных генотипов
- Прогноз продуктивности



РЕЗУЛЬТАТ: автоматизация оценки селекционного материала и повышение точности отбора перспективных генотипов



Большой объём данных высокой точности



Снижение субъективности визуальных оценок



Экономия времени и ресурсов

**ДО 10–20 РАЗ
БОЛЬШЕ ДАННЫХ**
по сравнению с традиционными визуальными наблюдениями

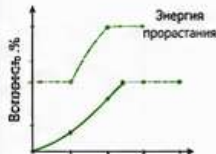


БЛОК 3. СЕМЕНОВОДСТВО: ИИ В КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН

Слайд 9

1 СКРИНИНГ ПРОРАСТАНИЯ

- Автоматический учет энергии прорастания
- Оценка всхожести
- Компьютерное зрение



2 ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОРТИРОВКА

- Фотосепарация с ИИ-модулями
- Выявление дефектов и микротрещин
- Обнаружение скрытого фузариоза



Здоровые семена



Поврежденные семена



Скрытый фузариоз

3 ЦИФРОВОЙ ПАСПОРТ СЕМЯН

- История происхождения
- Генетическая информация
- Качество партии и результаты лабораторных анализов



Культура: Пшеница
Сорт: Саратовская 29
Партия: KZ-2024-000125
Год урожая: 2024
Питомник: Элита
Репродукция: Элита
Всхожесть: 98%
Чистота: 99,7%
Влажность: 12,1%
Лаб. анализы: Соответствует

Генетический профиль:



4 SEED-BLOCKCHAIN

- Прослеживаемость всех этапов
- Защита интеллектуальной собственности
- Борьба с контрафактом



ЦИФРОВОЙ ПОТОК КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СЕМЯН



Семена от питомника



Компьютерное зрение



ИИ-анализ и классификация



Контроль качества



Цифровой паспорт



Seed-Blockchain



Товарные посевы



РЕЗУЛЬТАТ



Повышение сортовой чистоты и посевных качеств



Стабильная всхожесть и высокая энергия прорастания



Раннее выявление дефектов и скрытых болезней



Полная прослеживаемость всех этапов репродукции семян



Защита селекционных достижений и борьба с контрафактом

100%
ЦИФРОВОЙ
КОНТРОЛЬ
ПАРТИИ СЕМЯН

Слайд 7

Скрининг прорастания

Интеллектуальная сортировка (Marvin)

SmartSeed – экспресс-оценка качества семян

Прослеживаемость и Seed-Blockchain

Блок 3. Семеноводство: Прослеживаемость и Seed-Blockchain

Слайд 10



Тезисы:

Защита интеллектуальной собственности селекционеров и борьба с контрафактом.



Технологии:

Цифровые паспорта партий семян и технологии распределенного реестра (блокчейн) для отслеживания всех этапов репродукции — от питомника размножения суперэлиты до товарных посевов.

Прослеживаемость семян на базе Seed-Blockchain



Защита IP селекционеров



Борьба с контрафактом



Достоверность и доверие



Защита IP



Антиконтрафакт



Полная прослеживаемость



Прозрачность данных



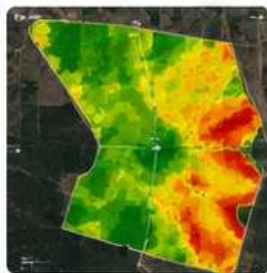
БЛОК 4. АГРОТЕХНОЛОГИИ: РЕАЛИЗАЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА РАСТЕНИЙ

Слайд 11



1 ПОЧВЕННАЯ ДИАГНОСТИКА

- Агрохимический анализ
- Определение элементов питания
- Цифровые карты плодородия почвы



Содержание органического вещества, %

3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5



2 УМНОЕ ОРОШЕНИЕ

- Датчики влажности почвы
- Метеостанция iMETOS
- Автоматическое управление поливом
- Экономия воды и энергии



3 ТОЧНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

- Дифференцированный высев (VRA)
- Дифференцированное внесение удобрений и СЗР
- Оптимизация норм внесения
- Снижение затрат – рост урожайности



Низкая норма Средняя норма Высокая норма



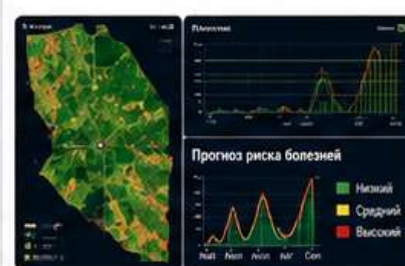
4 ОРГАНИЧЕСКОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

- Биопрепараты и биоудобрения
- Покровные культуры
- Сохранение плодородия почвы
- Биологизация агротехнологий



5 AI-МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ

- Спутниковый мониторинг (NDVI и др.)
- Прогноз болезней и вредителей
- Расчет доз удобрений
- Поддержка принятия решений



Спутниковый мониторинг



Дроны DJI Agras T50



Метеостанция iMETOS



Органическое поле (стационар 23 га)



Цифровая платформа поддержки решений

КАК РАБОТАЕТ ЦИФРОВАЯ АГРОТЕХНОЛОГИЯ



Сбор данных
Почва, климат,
спутники, датчики,
дроны



Передача данных
IoT и облачные
платформы



AI-анализ
Модели, прогнозы,
рекомендации



Рекомендации
агроному
Оптимальные решения
для каждого участка



Результат
Урожайность,
качество,
эффективность

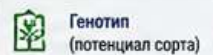
ЦИФРОВАЯ ЭКОСИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕМ



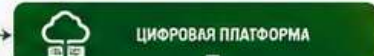
Почва
(анализы и карты)



Климат
(погода и прогнозы)



Генотип
(потенциал сорта)



ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА



AI-АНАЛИЗ ДАННЫХ



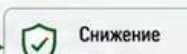
РЕКОМЕНДАЦИИ АГРОНОМУ



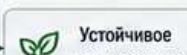
УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО



Оптимизация
ресурсов



Снижение
рисков



Устойчивое
производство



РЕЗУЛЬТАТ:



Повышение
эффективности
использования
ресурсов



Оптимизация
агротехнологий
и снижение затрат



Снижение
производственных
рисков



Максимальная реализация
генетического потенциала
сорта



ТОЧНОЕ РЕШЕНИЕ
ДЛЯ КАЖДОГО
УЧАСТКА ПОЛЯ



СИНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ $G \times E \times M$

Слайд 12

ОСНОВА ЦИФРОВОГО РАСТЕНИЕВОДСТВА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

ИСТОЧНИКИ ДАННЫХ



Геномика
SNP-маркеры,
секвенирование



Спутники
NDVI, EVI,
температура,
влажность



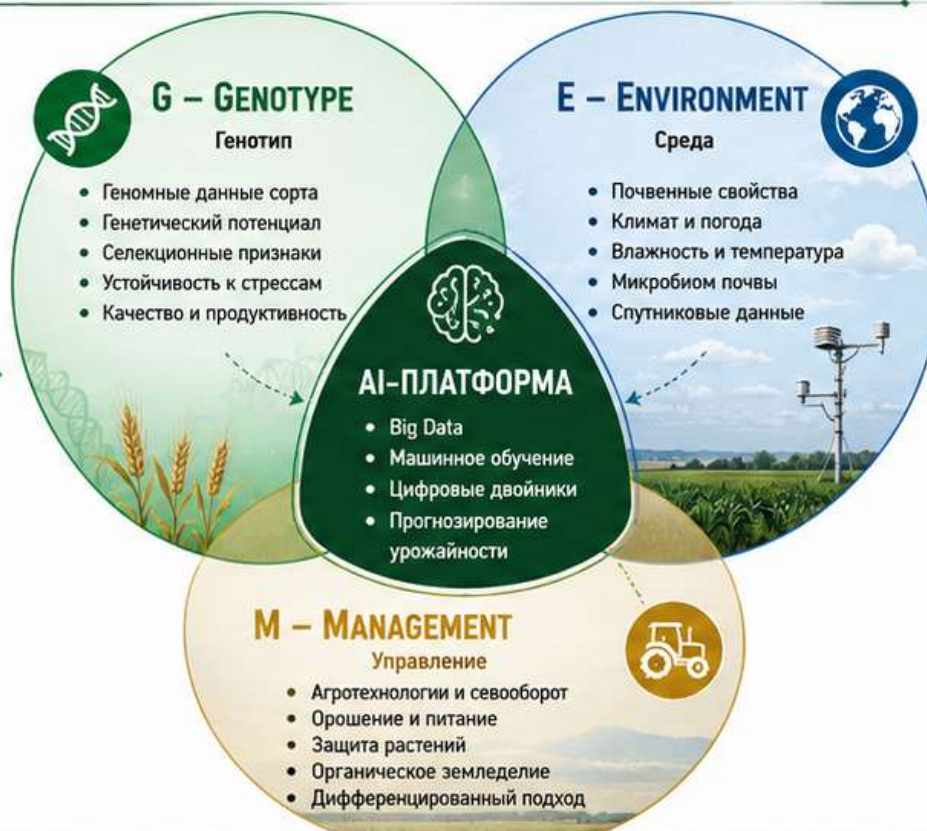
Почва
Анализы, карты
плодородия,
микробиом



Погода
Метеостанции
iMETOS, прогнозы



Полевые данные
Дроны, сенсоры,
цифровое
фенотипирование



ЦИФРОВОЙ ПРОФИЛЬ ПОЛЯ

ИИ автоматически подбирает оптимальную комбинацию



Генотип



Среда



Технология

для каждого участка поля



Оптимизация урожайности



Снижение затрат



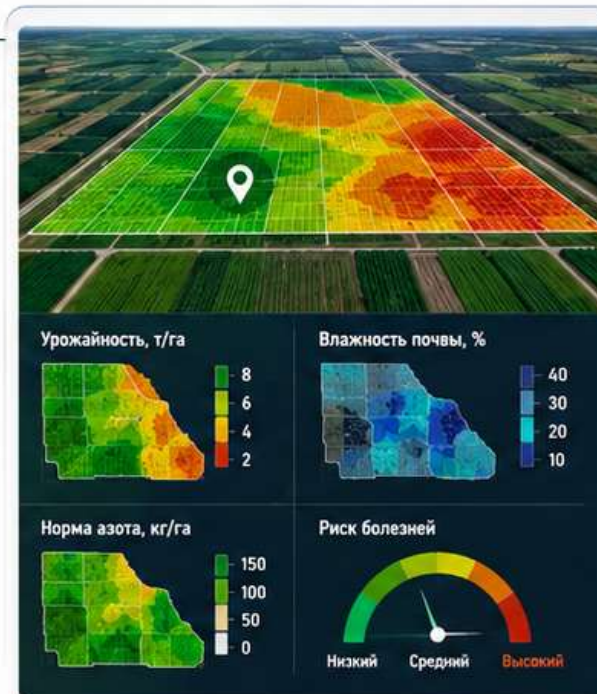
Устойчивость к стрессам



Сохранение ресурсов



Улучшение качества продукции



РЕШЕНИЕ ДЛЯ КАЖДОГО УЧАСТКА ПОЛЯ

БАРЬЕРЫ НА ПУТИ ВНЕДРЕНИЯ



Недостаток стандартизированных и размещенных биологических баз данных (Data Scarcity)



Высокая стоимость внедрения роботизированных комплексов и оборудования



Дефицит кадров на стыке ИТ и биологии



Ограниченная инфраструктура цифровой селекции и хранение данных



Отсутствие единых стандартов и нормативной базы для обмена данными и прослеживаемости



Рост продуктивности до **15-25%**



Экономия ресурсов до **20-30%**



Снижение рисков и потерь до **30-40%**



БУДУЩЕЕ СЕЛЕКЦИИ

Цифровизация и искусственный интеллект превращают селекцию из искусства в **точную прогнозируемую индустрию.**



ГЕН (ПОТЕНЦИАЛ)



ЦИФРОВОЙ АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ



ТОЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ



РЕАЛИЗАЦИЯ ПОТЕНЦИАЛА



УСТОЙЧИВАЯ УРОЖАЙНОСТЬ



ОТ ГЕНА ДО УРОЖАЯ –
НА ОСНОВЕ ДАННЫХ!



1.

Дефицит данных (Data Scarcity)



Острая нехватка стандартизированных и размеченных биологических баз данных для обучения и валидации AI-моделей.



2.

Высокая стоимость внедрения



Высокая стоимость внедрения роботизированных комплексов, сенсоров и цифровой инфраструктуры.

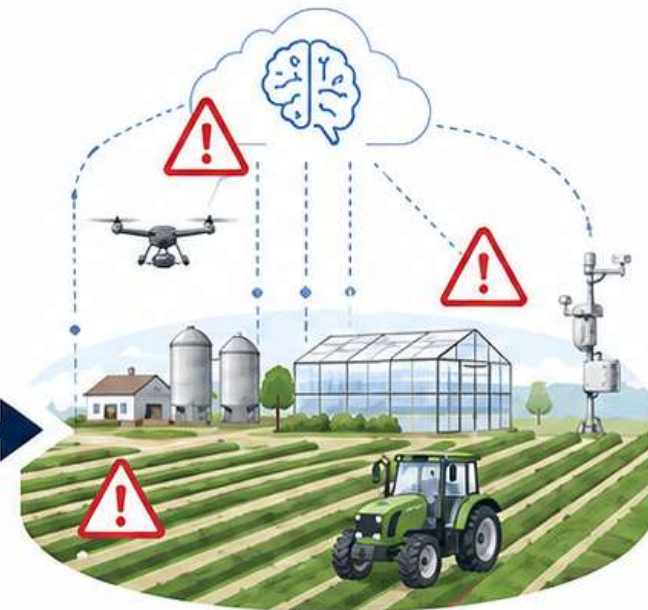


3.

Дефицит кадров



Недостаток специалистов на стыке ИТ и биологии — агро-дата-сайентистов, способных работать с AI, данными и биологическими системами.



Тормозит цифровую трансформацию и конкурентоспособность агросектора

Направления преодоления барьеров



Стандартизация данных

Создание и развитие открытых, стандартизированных и размеченных биологических баз данных.



Пилотные проекты и гранты

Поддержка пилотных внедрений, субсидии и грантовые программы для снижения финансовых барьеров.



Подготовка междисциплинарных кадров

Развитие образовательных программ на стыке ИТ, биологии и агрономии, подготовка агро-дата-сайентистов.



Сотрудничество науки и ИТ

Партнерства между университетами, научными институтами, агрокомпаниями и ИТ-провайдерами.



Ключевой вывод:

Цифровизация и ИИ превращают селекцию из искусства в точную предсказуемую индустрию.



Будущее отрасли:

Будущее принадлежит интеграции биологических данных и роботизированных систем управления урожаем.



Speed Breeding центры:

Высокоскоростные селекционные платформы объединяют геномику, фенотипирование, автоматизацию и управление средой для ускоренного создания новых сортов.



Биологические данные

- геномика
- феномика
- маркеры
- признаки



Среда

- климат
- почва
- свет
- вода
- сенсоры



Управление

- агротехнологии
- орошение
- питание
- защита
- роботизация



От данных к управляемому результату



Геномика



Фенотипирование



Роботизация



Управление средой



Прогноз урожайности



Ускорение селекционного цикла



Предсказуемость результата



Рост точности решений



Устойчивое управление урожаем



Точность

данные и AI повышают обоснованность решений



Скорость

ускорение отбора и вывода сортов



Интеграция

единая экосистема
 $G \times E \times M$



Будущее

переход к роботизированной предсказуемой селекции



ТОО «Казахский научно-
исследовательский институт
земледелия и растениеводства»

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

040909, Республика Казахстан,
Алматинская область, Карасайский район,
село Алмалыбак, улица Ерлепесова, 1.
Тел.: +7-727-388-39-25; +7-72771-53-130.
E-mail: kazniizr@mail.ru, web: www.kazniizr.kz

