



УСТОЙЧИВОЕ БУДУЩЕЕ
НАУКА • ТЕХНОЛОГИИ
ПРИРОДА • ЧЕЛОВЕК

ЭКО РРА

Минигенерация и экомодули



НАУКА ДЛЯ ЖИЗНИ.
ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СТРАНЫ.

Биоценозы • Инструменты, механизмы и научная робототехника • Инструменты валидации

1 Минигенерация

- Солнечные панели
- Ветрогенератор
- Компактная энергоустановка
- Микросеть и накопители



2 Экомодули

- Модульные экокомплексы
- Очистка воды
- Очистка воздуха
- Восстановление почв



3 Биоценозы

- Вода
- Почва
- Растения
- Микроорганизмы
- Атмосфера
- Баланс человек и окружающая среда



4 Научная робототехника

- Полевые роботы и платформы
- Дроны и аэромониторинг
- Подводные роботы и зонды
- Лабораторные механизмы и приборы
- Интеллектуальные системы и автономное управление

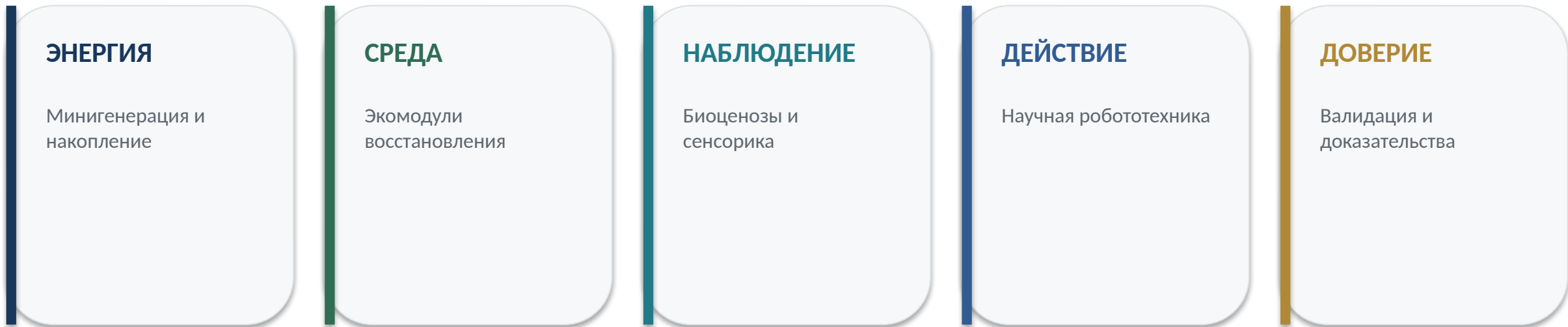


5 Инструменты валидации

- Измерения и калибровка
- Стандарты и протоколы
- Верификация данных
- Доверенная аналитика
- Панели мониторинга и отчетность



ЭКО-РРА как система полного цикла



Цель: превратить набор технологий в воспроизводимую архитектуру, где каждый эффект измерен, прослежен и подтверждён до масштабирования.

7 контуров архитектуры

A. Минигенерация

энергетическая автономность

B. Экомодули

вода, воздух, почва,
биопроцессы

C. Биоценозы

наблюдение живой и
неживой среды

D. Робототехника

сбор данных, инспекция,
воздействие

E. Валидация

метрология, V&V, качество
данных

F. Цифровой двойник

история, прогноз, риск,
жизненный цикл

G. Управление

портфель пилотов и
масштабирование

Минигенерация — опорный слой автономности

Источники

Солнечная генерация
Малая ветроэнергетика
Компактная генерация
Резервный источник

Накопление и микросеть

Накопитель энергии
Интеллектуальное распределение
Островной режим
Приоритет критических нагрузок

Нагрузки

Датчики
Связь
Насосы
Очистка
Роботы
Вычисление

Проверяем

Мощность
Автономность
КПД
Надёжность
Экослед
Телеметрию

Экомодули — технологические органы системы

WATER

очистка и оборот воды

AIR

очистка воздуха и
микроклимат

SOIL

восстановление почв

BIO

биофильтрация и
биопроцессы

WASTE

управление отдельными
потоками

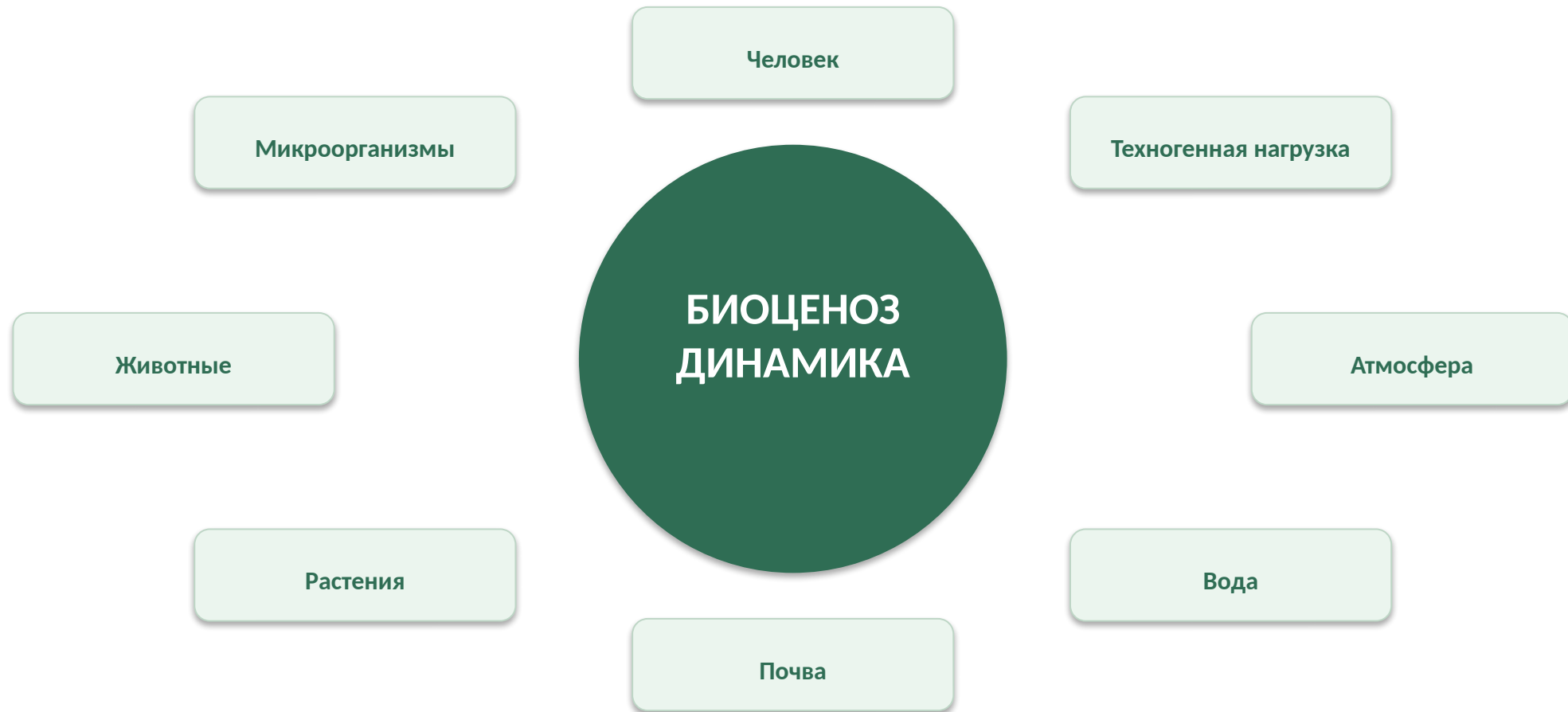
LAB

полевой анализ и подготовка
проб

DATA

локальный вычислительный
узел

Биоценозы — объект наблюдения и оценки



Биоценозная точка мониторинга

Стационарные датчики

непрерывные временные ряды

Мобильные приборы

маршрутные измерения

БПЛА

мультиспектр, газоанализ, тепловой контроль

Наземные роботы

картирование и пробоотбор

Подводные аппараты

гидрохимия и донные отложения

Лаборатория

контрольные анализы

Спутниковые данные

широкий территориальный контекст

Экспертная биоиндикация

виды и экосистемные реакции

Научная робототехника — измерение и действие

Полевые роботы

маршрутный мониторинг и картирование

БПЛА

аэронаблюдение и дистанционные измерения

Подводные аппараты

инспекция водных объектов и конструкций

Манипуляторы

повторяемые лабораторные операции

Автономные станции

длительные серии наблюдений

Роботы воздействия

точечная очистка, аэрация, дозирование

Интеллектуальные механизмы

адаптивное управление технологическими режимами

Робот рассматривается как часть измерительной цепочки: траектория, датчик, калибровка, время, версия ПО и алгоритм обработки входят в доказательный пакет.

Инструменты валидации

Метрология

калибровка,
прослеживаемость,
неопределённость

Верификация данных

полнота, синхронизация,
аномалии

V&V моделей

расчёт ↔ эксперимент ↔
независимые данные

Контроль методик

версия, условия
применимости, сравнение

Валидация эффекта

до/после, контроль,
сезонность

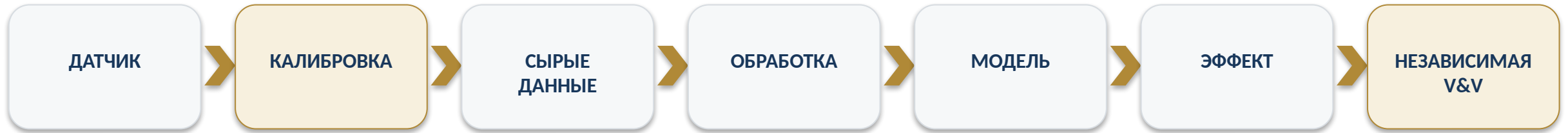
Аудит алгоритмов

версии, устойчивость, дрейф

Доказательная упаковка

протокол, данные, графики,
журнал изменений

Цепочка доверия к результату



Нельзя валидировать только конечный график. Доверие строится по всей цепочке происхождения данных — от прибора и условий измерения до версии алгоритма и независимой проверки эффекта.

Цифровой паспорт каждого элемента

01 ID объекта, модуля, робота и датчика

02 владелец и оператор

03 география и условия эксплуатации

04 конфигурация и версия ПО

05 серийные номера и калибровки

06 алгоритмы и версии моделей

07 происхождение данных

08 KPI и экологические ограничения

09 ремонты, отказы, инциденты

10 статус валидации и доказательная база

Пилот полного цикла

1

Диагностика

2

Карта биоценоза

3

Конфигурация

4

Развёртывание

5

Цифровой
двойник

6

Контроль ДО

7

Эксплуатация

8

Независимая V&V

9

Оценка

10

Тиражирование

Матрица KPI и рисков

Энергия

автономность • КПД •
доступность
Риск: недостаток резерва

Вода

качество • расход • повторное
использование
Риск: перенос загрязнения

Воздух

концентрации • пыль •
микроклимат
Риск: локальный эффект

Почва

загрязнители • органика •
биоактивность
Риск: вторичная токсичность

Биоценоз

устойчивость • видовые
индикаторы
Риск: сезонность

Роботы

покрытие • точность •
автономность
Риск: сбой навигации/датчика

Данные

полнота • задержка •
происхождение
Риск: потеря контекста

Валидация

доля подтверждённых
эффектов
Риск: конфликт интересов

Научно-инженерная кооперация



ИМАШ РАН в ЭКО-РРА

- прочность, вибрации, ресурс и надёжность модульного оборудования;
- мобильные роботизированные платформы и механизмы пробоотбора;
- насосы, приводы, аэрация, дозирование, перемешивание и транспортировка;
- цифровые двойники машин, узлов и автономных установок;
- V&V моделей, стендов и экспериментальных методик;
- библиотека отказов и инженерных уроков ЭКО-РРА.

Дорожная карта

0–6 мес.

Архитектура

реестр технологий • базовая диагностика • партнёры

6–12 мес.

Развёртывание

минигенерация • 2–4 экомодуля • датчики • роботы

12–18 мес.

Доказательство

сезонные данные • цифровой двойник • первая V&V

18–24 мес.

Стандартизация

KPI • экономика • паспорт тиражирования

2–5 лет

Масштабирование

сеть пилотов • типовые комплекты • база валидации

ЭКО-РРА

**ЭНЕРГИЯ + ВОССТАНОВЛЕНИЕ СРЕДЫ +
НАБЛЮДЕНИЕ + РОБОТИЗИРОВАННОЕ ДЕЙСТВИЕ +
ДОКАЗАТЕЛЬСТВО**

Не набор устройств, а доверенная воспроизводимая технологическая система.