



# ЦИФРОВОЙ ИНЖИНИРИНГ В НОВОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

М.М. ХАСАНОВ  
Директор по науке «Газпром нефти»

2021

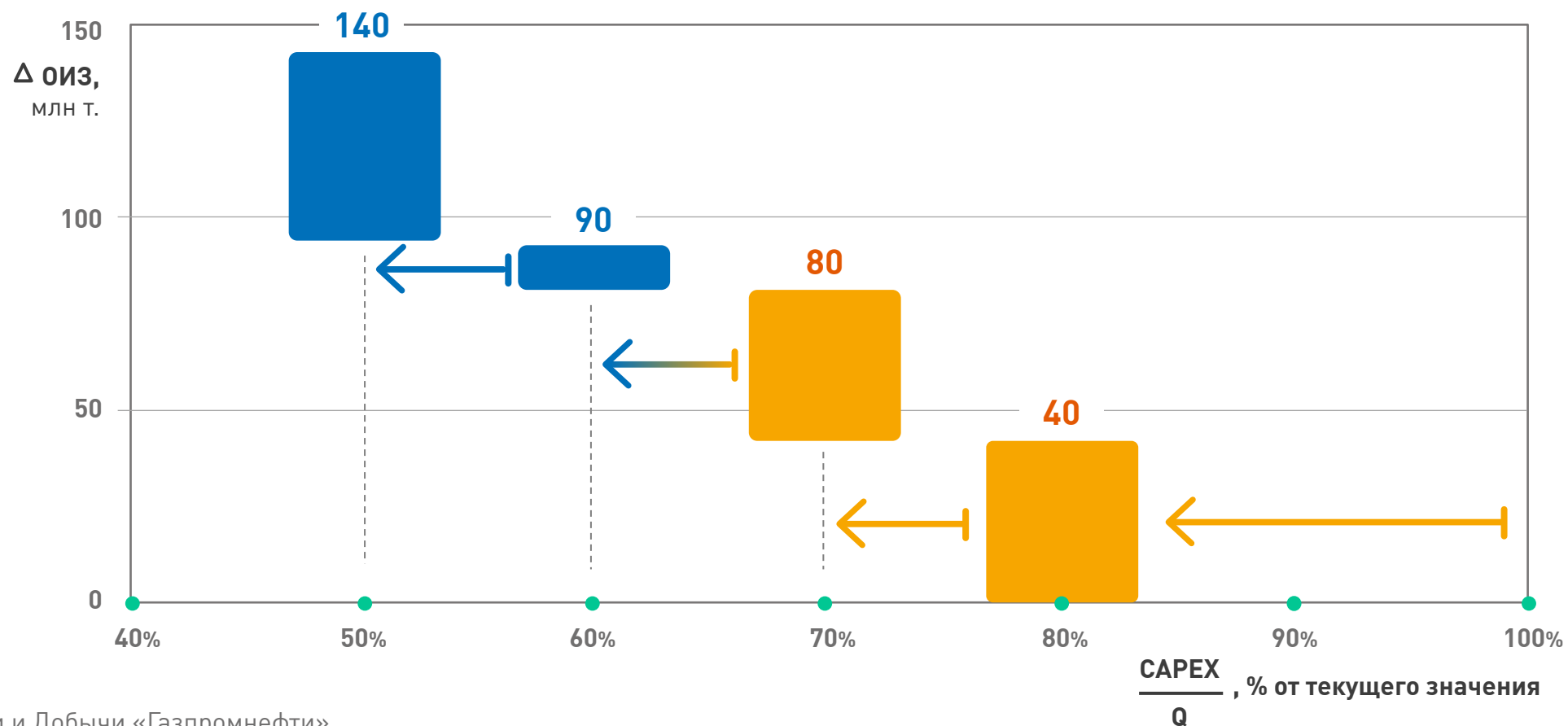


# 1. АКТУАЛЬНОСТЬ ЦИФРОВОГО ИНЖИНИРИНГА

---

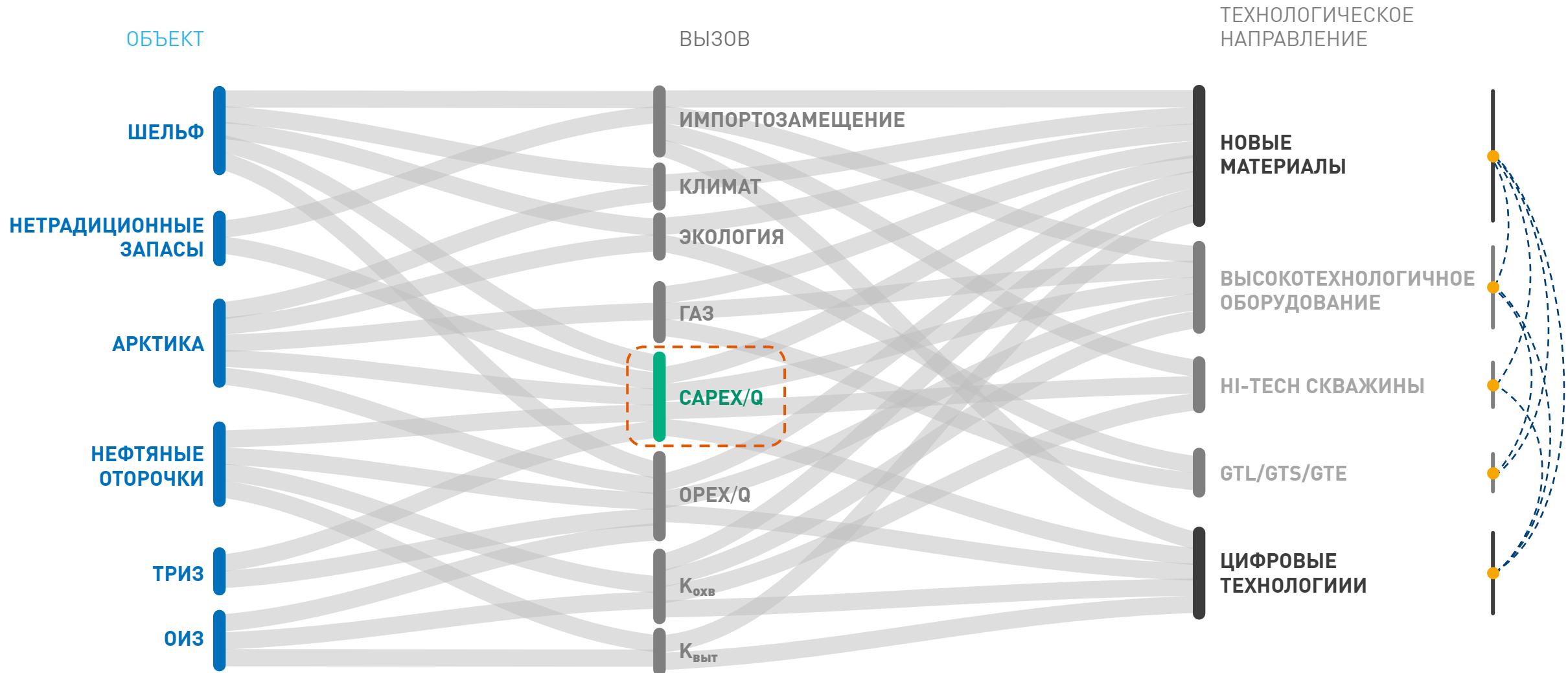
# ЦЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ БРД ГПН\* — УМЕНЬШЕНИЕ УДЕЛЬНЫХ КАП.ВЛОЖЕНИЙ ДО 50%

Перевод ОИЗ в рентабельные запасы за счет снижения удельных капвложений на строительство скважин (старые активы ГПН)



\* Блока Разведки и Добычи «Газпромнефти»

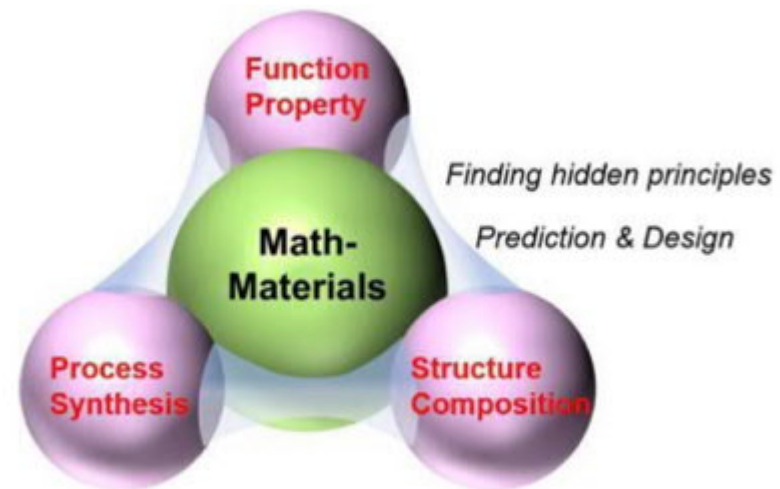
# ОДНО ИЗ ВАЖНЕЙШИХ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ НЕФТЕДОБЫЧИ — НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ



# КАКИЕ МАТЕРИАЛЫ НАМ НУЖНЫ

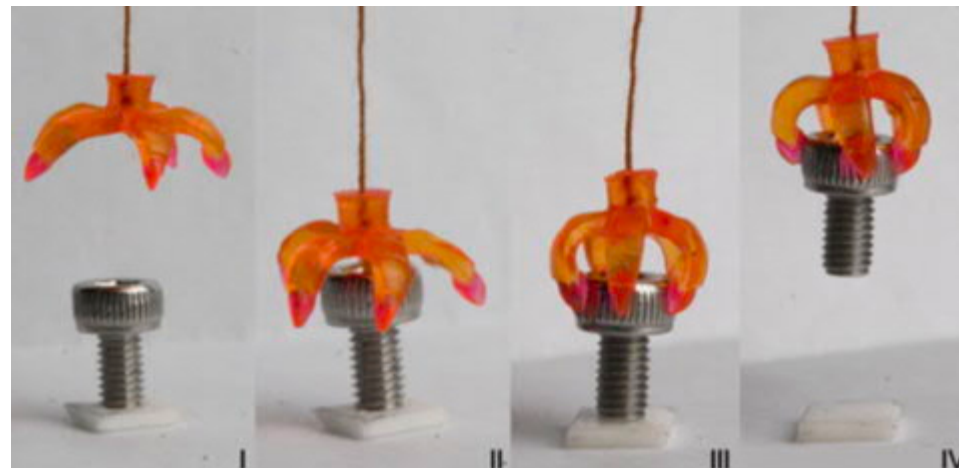
## ПРОЕКТИРУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ:

- Направленный поиск «свойства → структура»
- Математическое моделирование
- Связь с 3D-принтингом



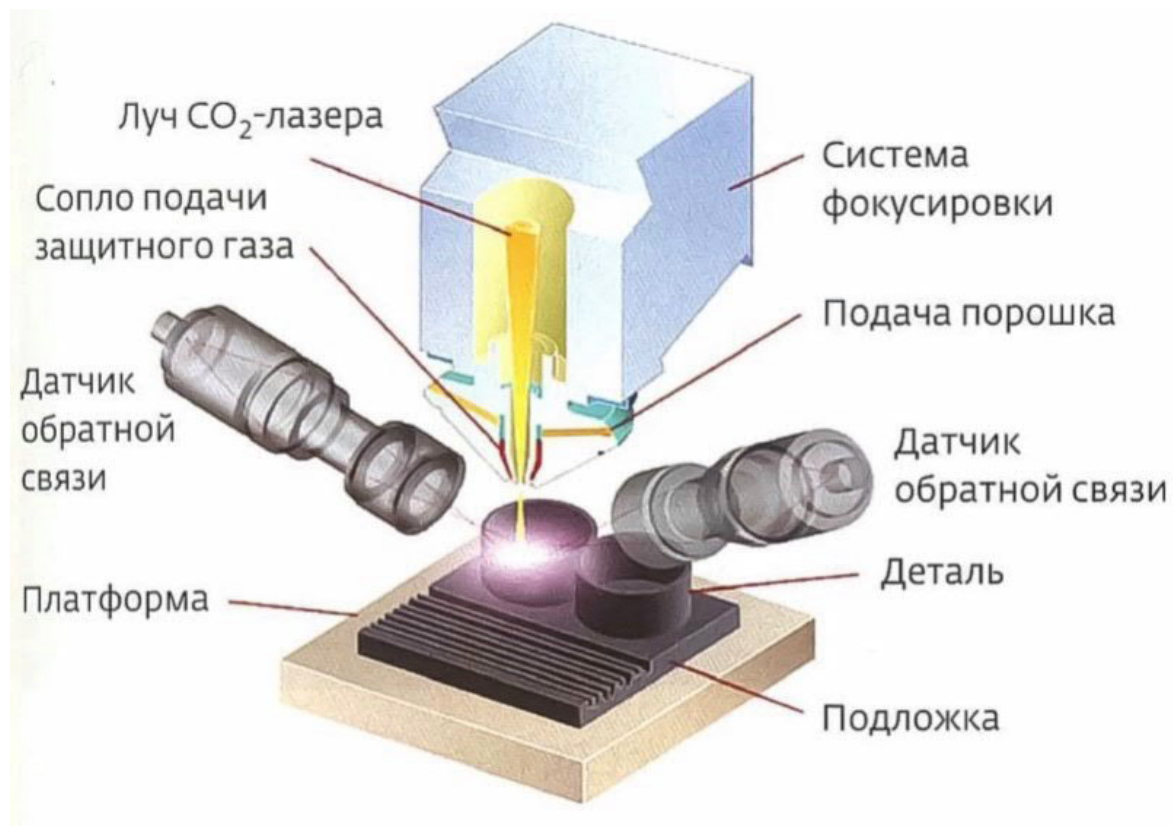
## УМНЫЕ МАТЕРИАЛЫ:

- Выполнение «хитрых» заданий
- Управление состоянием материалов
- Обратимое изменение свойств.  
Совмещение противоположных характеристик

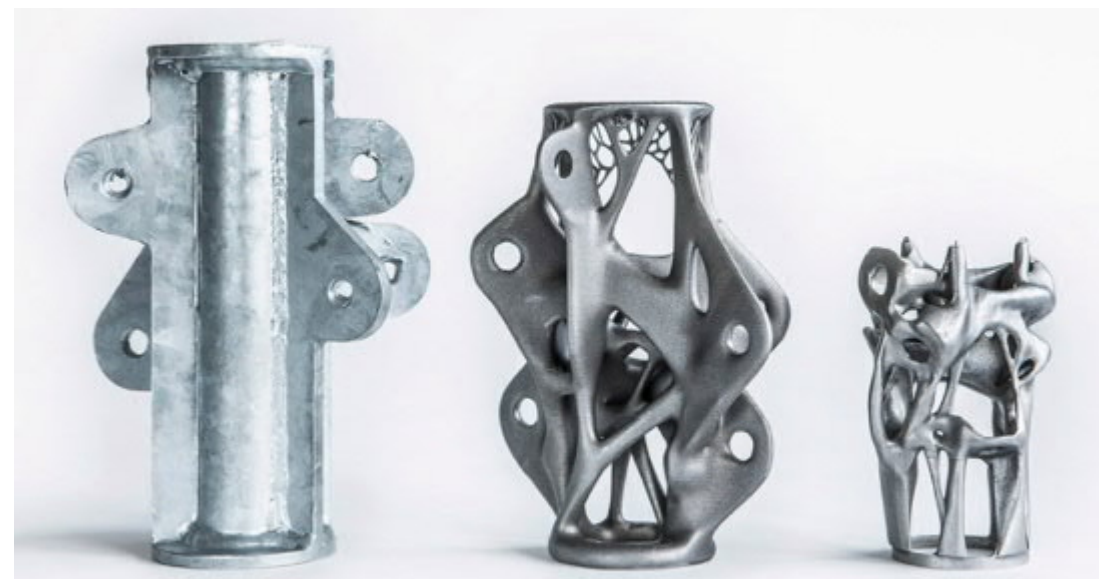


# НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ НЕРАЗРЫВНО СВЯЗАНЫ С АДДИТИВНЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ

**Аддитивное производство** или 3D-принтинг — это изготовление сложных деталей путем «выращивания» на основе 3D-модели



## AM Топологическая оптимизация на примере крепежного коллектора



- » Креативность, не ограниченная станком
- » Возможность создания гибких производств для высокотехнологичного оборудования
- » Прогноз на 2030 г.: 10% продукции в мире будет произведено с применением AM

***«Где мудрость, потерянная нами в знаниях?  
Где знания, потерянные нами в информации?»***

ТОМАС ЭЛИОТ

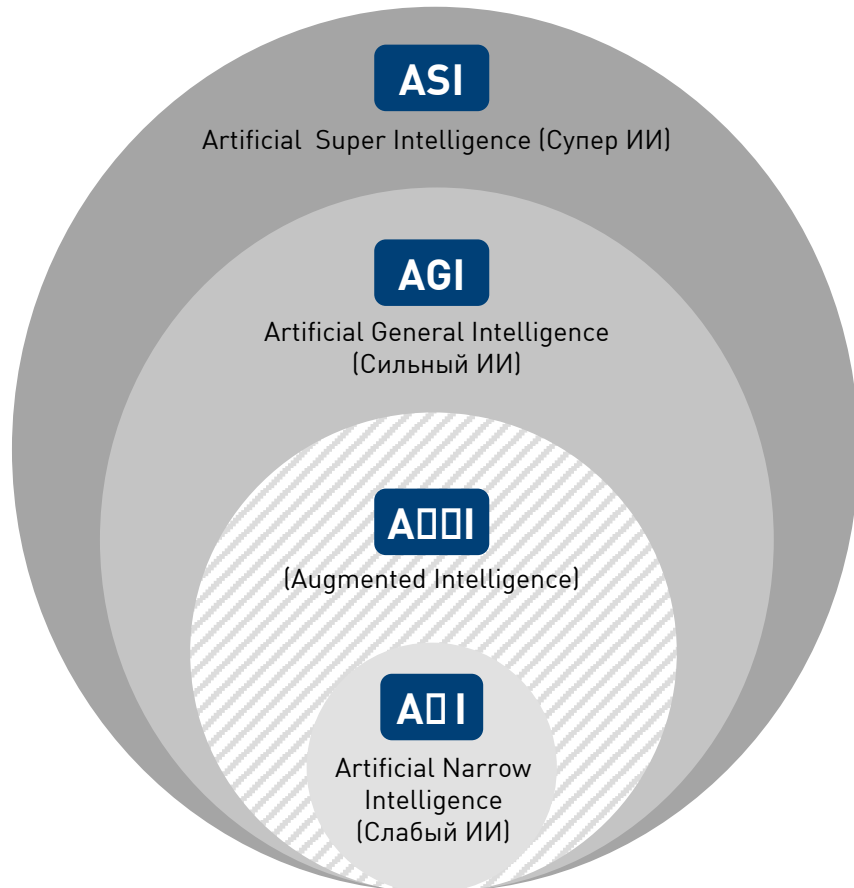
английский поэт, нобелевский лауреат 1948 г.

## 2. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ: СЛАБЫЙ И СИЛЬНЫЙ

---

# Нам нужен Инженерно-ориентированный Искусственный Интеллект (ИИ)

## УРОВНИ РАЗВИТИЯ ИИ



## ГЛОССАРИЙ

### **AGI** □

искусственный интеллект, обладающий разумом человека

### **AII** □

искусственный интеллект, решающий задачи в узких областях в закрытой (closed-end) постановке

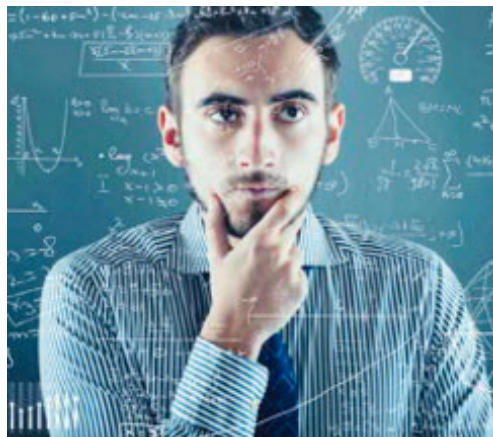
### **ANI** □

искусственный интеллект, способный решать творческие инженерные задачи в открытой (open-end) постановке

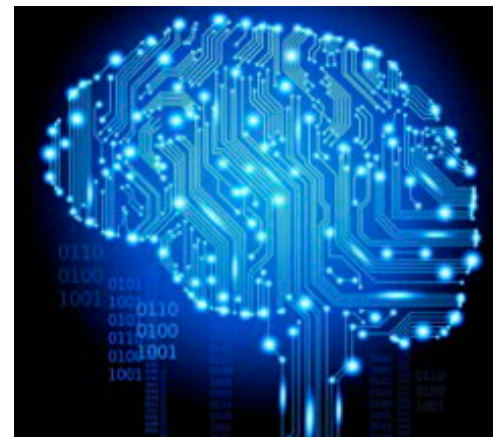


### СИЛЬНЫЕ СТОРОНЫ

#### ЧЕЛОВЕКА И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА (ИИ)



- » Интуиция, воображение
- » Рассуждения
- » Обобщение и перенос знаний
- » Открытые (open-end) задачи
- » Целеполагание и планирование



- » Скорость вычислений
- » Объем памяти
- » Выявление скрытых закономерностей
- » Оперативный процессинг
- » Первичная обработка сенсорных данных

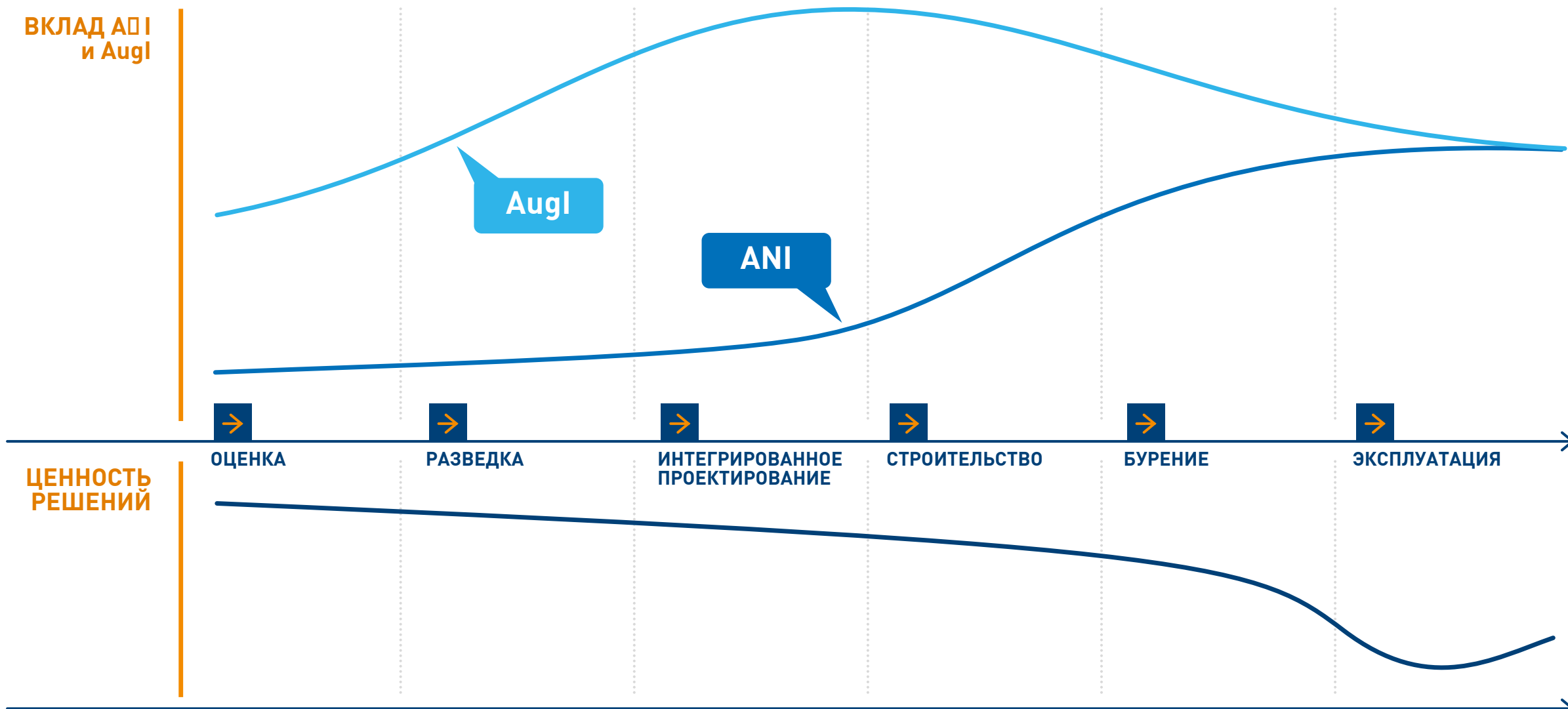
### ВЕКТОР РАЗВИТИЯ ИИ В ОБОЗРИМОМ БУДУЩЕМ

- » Гибридные системы «Человек-Машина»
- » Компенсация слабостей человека машиной (Augmented Intelligence — Дополненный Разум)

### 3. *i*MAgES: ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МУЛЬТИ- АГЕНТНЫЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

---

# Машинное обучение широко применимо только на этапе эксплуатации



# Интеллектуальные агенты — следующая ступень цифрового нефтяного инжиниринга

## ANI, слабый ИИ



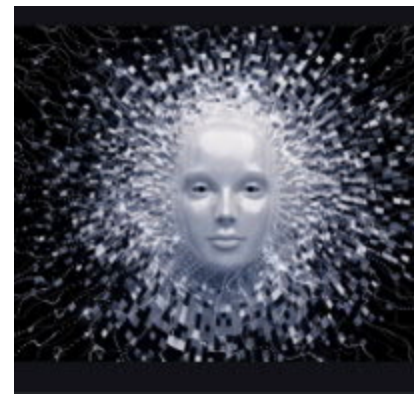
### ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

- » Узкая (знакомая) предметная область
- » Необходимость формализации задач
- » Необходимость детального «программирования»
- » Потребность в больших объемах данных

### РЕАЛИЗАЦИИ

- » Машинное обучение
- » Экспертные системы

## AGI, общий/сильный ИИ



### ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АГЕНТ

- » Эффективность в новой обстановке
- » Решение плохо формализованных задач в открытой постановке (Большая Цель)
- » Неприхотливость к данным
- » Рациональное поведение
- » Самоорганизация и самообучение

### ПРАОБРАЗЫ

- » Когнитивные архитектуры
- » Семантические сети
- » Мобильные роботы

# Когнитивная архитектура — обитель интеллектуальных агентов

## ТИПОВАЯ СХЕМА КОГНИТИВНОЙ АРХИТЕКТУРЫ



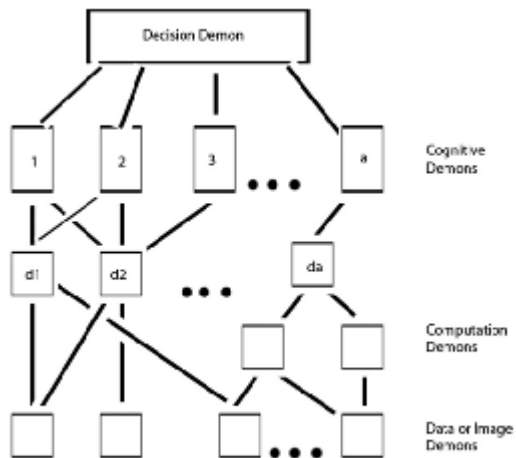
# Мульти-Агентные системы: оптимальная основа для Системного инжиниринга

## ПАНДЕМОНИУМ

Pandemonium: A Paradigm for learning, 1958



**ОЛИВЕР СЕЛФРИДЖ**  
1926-2008



Иерархическая модель зрения:

- » Демон (агент) изображения
- » Демоны признаков
- » Демоны образцов
- » Демон идентификации образа

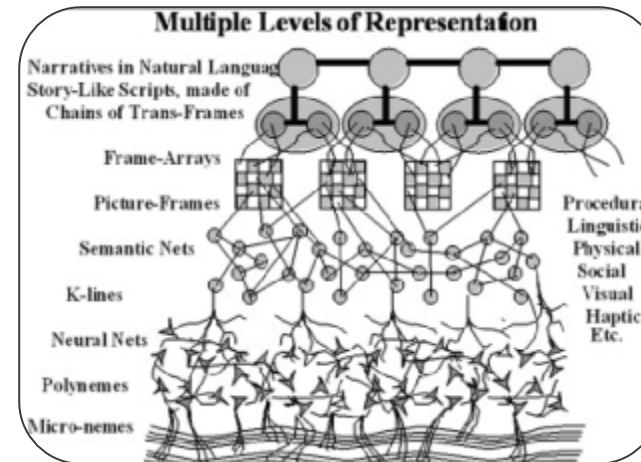
## СООБЩЕСТВО РАЗУМА

Society of mind, 1971



**МАРВИН МИНСКИ**  
1927-2016

**СЕЙМУР ПЕЙПЕРТ**  
1928-2016



Разум, как иерархия относительно автономных взаимодействующих интеллектуальных агентов

# Семантический WEB будущего: Когнитивная Архитектура планетарного масштаба



**ТИМ БЕРНЕС-ЛИ**

**ВИНТОН СЕРФ**

## Основные составляющие Semantic WEB

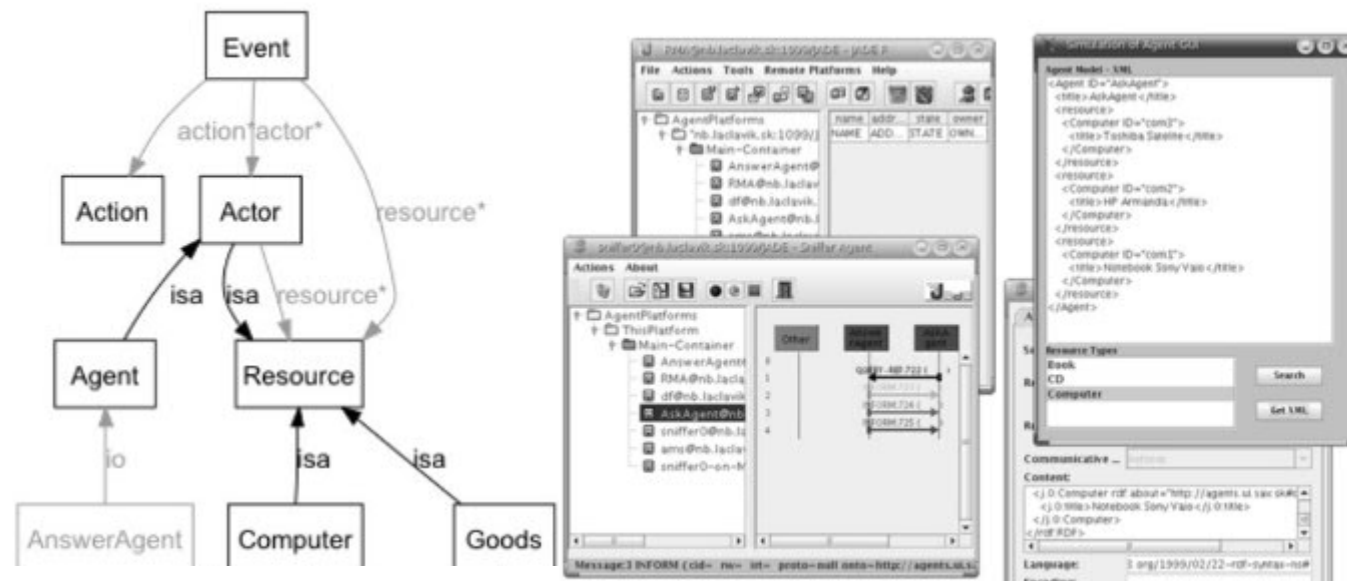
- » Распределенное по планете, гибкое, динамичное, интероперабельное хранилище данных, понимаемых машинами
- » Онтологии
- » Инструменты логического выбора
- » Базовые сервисные приложения (WEB-сервисы)
- » Сообщество свободно взаимодействующих интеллектуальных агентов

## Semantic WEB или Giant Global Graph (GGG) —

Глобальная информационная система, источник данных для интеллектуальных агентов, способных решать задачи, поставленные в открытой форме

автор концепции:

**ТИМ БЕРНЕС-ЛИ, 1998 г.**





# iMAGES — технологии, не требующие рутинного участия людей

## ANI: человеко-центричные системы



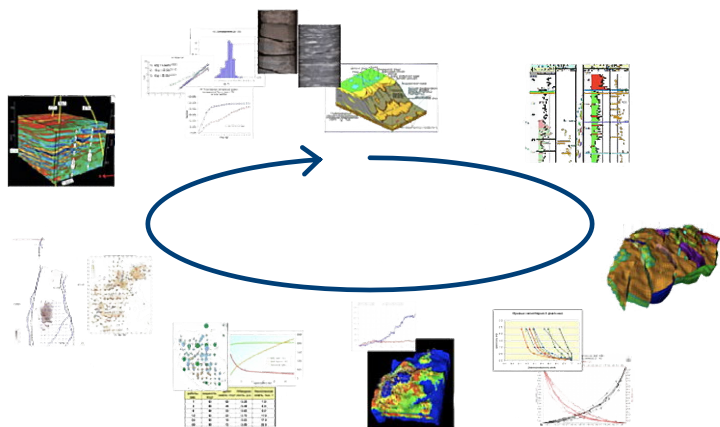
## iMAGES: AI-центричные системы





# Проект iMAGeS : «Думай глобально, действую локально»

## САМО-ОБУЧАЮЩАЯСЯ МОДЕЛЬ ПЛАСТА



### ЗАДАЧИ:

- » Создание «живой» иерархии моделей
- » Непрерывная сквозная адаптация иерархии моделей к новой информации
- » Полное устранение «ручных» операций

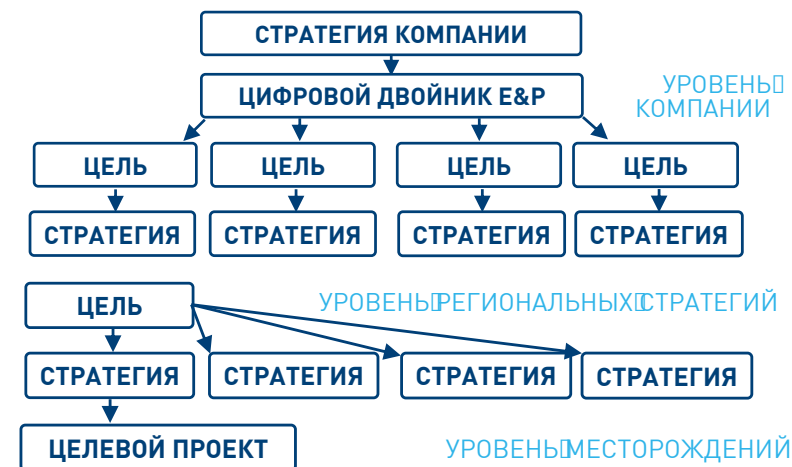
## ЦИФРОВОЙ ИНЖИНИРИНГ ОБСУСТРОЙСТВА



### ЗАДАЧИ:

- » Автоматизация процедур системного инжиниринга
- » Интеллектуальное планирование обустройства
- » Учет неопределенностей:
  - Геологические фиски
  - Сроки и стоимости
- » Адаптивное управление строительством

## УПРАВЛЕНИЕ ИЕРАРХИЕЙ ПОРТФЕЛЕЙ ПРОЕКТОВ



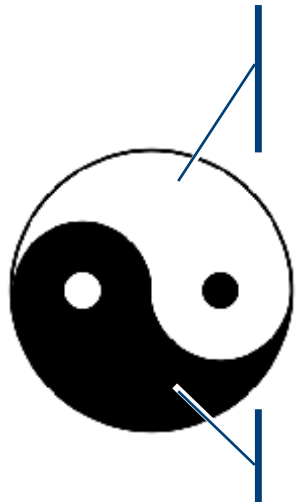
### ЗАДАЧИ:

- » Многокритериальная оптимизация в условиях неопределенности
- » Самостоятельное достижение Больших Целей («Составить 3-летний бизнес-план компании»)
- » Оперативный анализ и коррекция

# КАКОЙ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ НАМ НУЖЕН

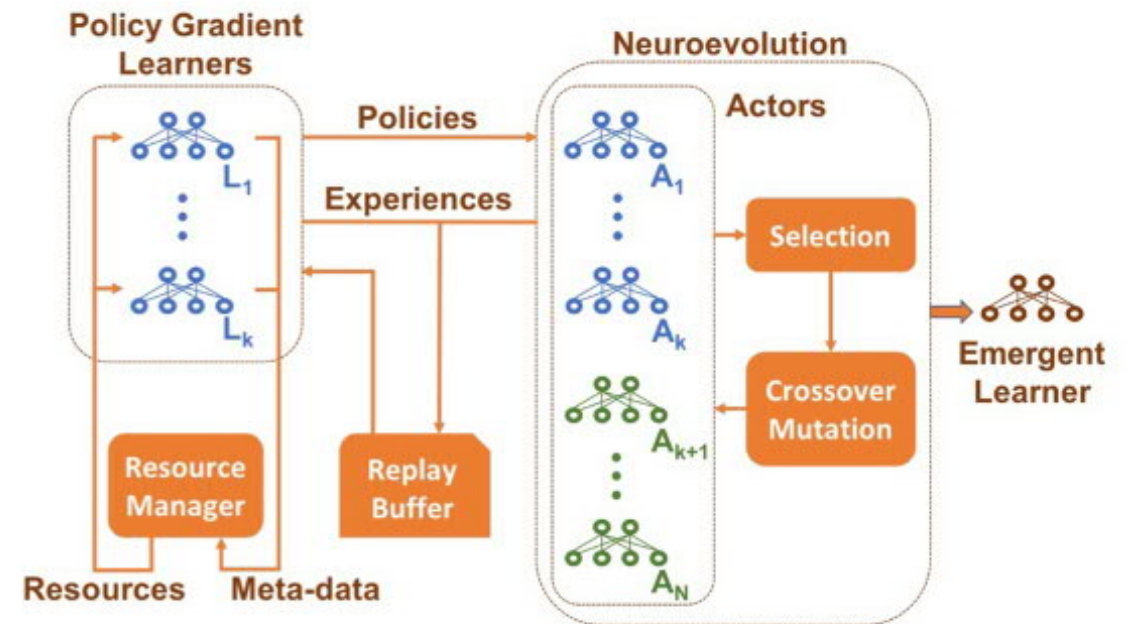
## ОТ ANI К AGI

- Пандемониум
- Интеллектуальные мультиагенты
- Семантический WEB
- Исследование операций
- Принятие решений
- Адаптивное управление
- Reinforcement learning
- Инжиниринг знаний



## CERL

Collaborative Evolutionary Reinforcement Learning\*



\* Sh. Khadka et al, 2019, Cornell University