

СЕРИЯ
«ИСТОЧНИКИ НОВЫХ
ИНДУСТРИЙ»

ВЫПУСК 5

**Промышленные
метавселенные**

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2023

ИСТОЧНИКИ НОВЫХ ИНДУСТРИЙ. ВЫПУСК 5. ПРОМЫШЛЕННЫЕ МЕТАВСЕЛЕННЫЕ

Экспертно-аналитический доклад

Авторы: Д. В. Санатов, М. А. Харитонов, Е. А. Годунова, А. С. Пургин, Е. Ю. Тибина, В. С. Антонова

Научные редакторы: В. Н. Княгинин, М. Д. Корольков, М. С. Липецкая

Экспертные консультации: М. И. Аскеров, А. В. Бухановский, М. В. Ермачков, А. А. Зарубин, М. М. Заславский, В. Н. Княгинин, А. В. Кораблёв, А. В. Кулаков, В. А. Мурленко, М. С. Мулюкин, Н. С. Николенко, Д. С. Иванов, С. В. Салкуцан, Т. М. Татарникова, И. А. Хахаев, Е. М. Холоднова, Э. Р. Шавалиев, С. Ю. Щур.

Доклад подготовлен Фондом «Центр стратегических разработок „Северо-Запад“» совместно с Фондом поддержки инноваций и молодежных инициатив Санкт-Петербурга при поддержке Правительства Санкт-Петербурга.

Цель доклада — определение потенциальной роли глобального тренда по развитию промышленных метавселенных для промышленных компаний, Правительства Российской Федерации и других организаций.

В докладе дается определение промышленных метавселенных, рассмотрена структура рынка и пути возможной эволюции промышленных метавселенных. Доклад представляет собой критический анализ мирового опыта, различных мнений и подходов к формированию рынка промышленных метавселенных.

Один из ключевых выводов доклада заключается в том, что для обеспечения технологического суверенитета и сохранения позиций на мировой арене российской промышленности необходимо сформировать собственные экспериментальные площадки в области промышленной метавселенной.

Доклад может быть полезен всем, кто руководит цифровой трансформацией промышленных компаний, а также другим участникам этого процесса — сервисным компаниям, органам государственной власти, организациям научно-образовательного сектора.

Серия «Источники новых индустрий»

Дизайн: М. И. Хейсина по заказу Фонда поддержки инноваций и молодежных инициатив Санкт-Петербурга

ISBN 978-5-6048892-9-9
Санкт-Петербург, 2023

SOURCES OF NEW INDUSTRIES. ISSUE 5. ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN INDUSTRY

Expert report

Authors: D. V. Sanatov, M. A. Kharitonov, E. A. Godunova, A. S. Purgin, E. Y. Tibina, V. S. Antonova

Scientific editors: V. N. Knyaginina, M. D. Korolkov, M. S. Lipetskaya

Experts: M. I. Askerov, A. V. Bukhanovsky, M. V. Ermachkov, A. A. Zarubin, M. M. Zaslavsky, V. N. Knyaginina, A. V. Korablev, A. V. Kulakov, V. A. Murlenko, M. S. Mulyukin, N. S. Nikolenko, D. S. Ivanov, S. V. Salkutsan, T. M. Tatarnikova, I. A. Khakhaev, E. M. Kholodnova, E. R. Shavaliev, S. Y. Shchur.

This report was prepared jointly by the Center for Strategic Research «North-West» and the Innovations and Youth Initiatives Support Fund of St. Petersburg with the support of the government of St. Petersburg.

The purpose of this report was to define the potential role of the global industrial metaverse formation trend for the industrial companies, government bodies and other organizations of the Russian Federation.

In the report industrial metaverse is defined, market structure and possible evolution pathways are examined. The report contains critical analysis of the global experience, various opinions and approaches to the emergence of the industrial metaverse market.

One of the key points of the report is that to ensure technological sovereignty and to secure its positions in the world, Russian industry needs to form its own experimental grounds for industrial metaverse readiness.

This report may be used by the industrial leaders of digital transformation as well as other participants of this process including service companies, government bodies, science and education sector.

The series "Sources of new industries"

Design: M.I. Kheysina on demand of the Innovations and Youth Initiatives Support Fund of St. Petersburg

ISBN 978-5-6048892-9-9
Saint Petersburg 2023

Содержание

Глоссарий (с. 5)

Список рисунков и кейсов (с. 6)

Введение. Промышленная метавселенная – новый «пузырь» или драматический переход в производственном секторе экономики? (с. 7)

1

Что такое метавселенная? (с. 9)

2

Метавселенная формируется за счет объединения сквозных технологий в единую структуру (с. 10)

3

Зачем промышленным компаниям метавселенные? (с. 15)

- 3.1. Ключевая функция промышленных метавселенных – снижение издержек и рост операционной эффективности компаний (с. 15)
- 3.2. Промышленная метавселенная позволит решить ряд проблем в обеспечении промышленности кадрами (с. 18)
- 3.3. При определенных условиях промышленная метавселенная сыграет роль в достижении зеленой повестки компаний (с. 20)

4

Промышленная метавселенная – возможное пространство для новых рынков (с. 21)

- 4.1. Рыночные факторы развития промышленных метавселенных (с. 23)
- 4.2. Ограничения для развития промышленных метавселенных (с. 26)
- 4.3. Перспективы эволюции промышленных метавселенных: от «островов» к унифицированной интеллектуальной метавселенной (с. 30)

5

Архитектура и игроки рынка промышленных метавселенных (с. 33)

- 5.1. Промышленные метавселенные в нефтегазовом секторе (с. 36)
- 5.2. Промышленные метавселенные в космической отрасли (с. 40)
- 5.3. Метавселенные в обеспечении государственных услуг и государственном управлении (с. 43)
- 5.4. Метавселенные в высшем образовании, науке и подготовке кадров для промышленности (с. 45)
- 5.5. Рынок компаний, предоставляющих услуги и технологии промышленной метавселенной (с. 47)

6

Промышленная метавселенная: технологический суверенитет и интересы государства (с. 50)

- 6.1. Промышленные метавселенные могут стать важным геополитическим фактором и влиять на позицию государств в международных альянсах (с. 50)
- 6.2. Раскрытие потенциала промышленных метавселенных невозможно без нормативной базы (с. 51)
- 6.3. Государство как один из акторов, формирующих рынок метавселенных (с. 52)
- 6.4. Чтобы не проиграть в гонке продуктивности, России нужен эксперимент в области промышленной метавселенной (с. 54)

Заключение. Промышленная метавселенная – это теоретическая модель организации рынка будущего. Она требует осторожного, экспериментального подхода. Но игнорировать ее нельзя (с. 55)

Библиография (с. 56)

Глоссарий

API	интерфейсы программирования приложений	PLM	управление жизненным циклом продукта
AR	дополненная реальность	RFID	радиочастотная идентификация
ТИМ	технологии информационного моделирования	VR	виртуальная реальность
CAD/САПР	система автоматизированного проектирования	XR	расширенная реальность
ECMWF	Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды	ВВП	валовой внутренний продукт
ERP	планирование ресурсов предприятия	ИИ	искусственный интеллект
ESA	Европейское космическое агентство	МФЦ	многофункциональные центры
EUMETSAT	Европейская организация по эксплуатации метеорологических спутников	НИОКР	научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы
IT/ИТ	информационные технологии	ОЭСР	Организация экономического сотрудничества и развития
IoT	Интернет вещей	ПО	программное обеспечение
MEMS	микроэлектромеханические системы	ЦОД	центр обработки данных
MES	система управления производственными процессами	ЧПУ	числовое программное управление
OT	операционные технологии		

Список рисунков и кейсов

- Рис. 1. Компоненты метавселенной как технологического пакета
- Рис. 2. Сегменты метавселенной
- Рис. 3. Прогноз роста мирового ВВП до 2030 и вклада технологий метавселенной в него, 2022-2030, трлн долл.
- Рис. 4. Стоимость обучения одного студента в зависимости от применяемых технологий, 2020, долл.
- Рис. 5. Объемы и динамика глобального рынка метавселенных, 2021-2030, млрд долл.
- Рис. 6. Глобальные рынки метавселенной в разрезе функциональных типов, 2021-2030, млрд долл.
- Рис. 7. Пример архитектуры совместной платформы 3D-печати
- Рис. 8. Этапы цифровой трансформации промышленности
- Рис. 9. Эволюция промышленных метавселенных
- Рис. 10. Рейтинг готовности отраслей к метавселенной по числу публикаций в Scopus, 2012-2022, шт.
- Рис. 11. Доля организаций, использующих технологии, которые обеспечивают развитие промышленной метавселенной, по отраслям, 2020, %
- Кейс 1 Hyundai и Unity создают метафабрику
- Кейс 2 Schlumberger и Rockwell Automation создали совместное предприятие Sensia для развития технологий цифровых месторождений
- Кейс 3 Симуляция завода BMW (Регенсбург, Бавария, Германия, 2021)
- Кейс 4 Китайская государственная судостроительная корпорация использует промышленную метавселенную в производстве ветряных электростанций и управлении сетями
- Кейс 5 ГК «Цифра» развивает концепцию «Цифрового актива» как следующего шага развития цифровых двойников месторождений в нефтегазодобывающей промышленности
- Кейс 6 КНИТУ создает промышленную метавселенную совместно с Сибуром, Газпромом и другими промышленными партнерами
- Кейс 7 NASA и Epic Games создают цифровой двойник Марса
- Кейс 8 Сотрудничество Boeing и Millennium Space Systems для производства спутников
- Кейс 9 Управление электричеством и водоснабжением Дубая (DEWA) запустило свою метавселенную — DEWaverse
- Кейс 10 Власти Сеула открыли первый цифровой двойник города — Metaverse Seoul
- Кейс 11 Университет Токио в консорциуме с Mitsubishi запускают «Инженерную школу метавселенной»
- Кейс 12 Университет Хьюстона, компания Nvidia и нефтесервисная компания TechnipFMC объединились для создания ПО для промышленной метавселенной
- Кейс 13 Fujitsu создает метафабрику в виде платформы
- Кейс 14 Китайская государственная ассоциация по мобильным коммуникациям создала Комитет по метавселенной
- Кейс 15 Правительство Южной Кореи инвестирует 187 млн долларов в государственную метавселенную Expanded Virtual World
- Кейс 16 Фонд будущего Дубая запускает платформу по акселерации метавселенной
- Кейс 17 Siemens создал Digital Native Factory в Нанкине (Китай)

Промышленная метавселенная — новый «пузырь» или драматический переход в производственном секторе экономики?

Тема метавселенной быстро набрала популярность в 2021 году с подачи руководства крупных технологических компаний США. Согласно этой концепции, социальные сети и потребительские платформы будут переходить к созданию «воплощенного интернета» (embodied internet)¹ — открытой для третьей стороны и для создателей контента медиаплощадки, доступной посредством технологий виртуальной реальности.

Этот шаг стал попыткой мобилизации инвестиционного ресурса рынка, дополнительной монетизации ранее выполненных вложений в технологии виртуальной и дополненной реальности, блокчейн и NFT как опоры новой интертеймент-индустрии. В 2023 году в контексте массовых сокращений целых подразделений технологических компаний, в том числе и специально созданных для развития метавселенной², стало очевидно, что эта попытка не достигла своей цели.

Нельзя однозначно судить, что стало главной причиной неудачи. Перечислим лишь важнейшие.

1. Кризисные явления 2022–2023 годов на финансовом и технологическом рынках, проявившиеся в виде снижения объемов глобального финансирования стартапов и новых проектов в области метавселенной и смежных технологий.
2. Масштабная критика со стороны широкой аудитории, которая неоднозначно встретила визионерские предложения и откровенно сырые продукты, представленные компанией после анонса нового вектора на метавселенную.
3. Новый популярный тренд — искусственный интеллект и генеративные модели, например ChatGPT и Midjourney, вытеснившие метавселенную с первых полос СМИ и показавшие самый быстрый рост пользовательской базы за всю историю интернет-сервисов.

С уверенностью можно сказать, что метавселенная в ее потребительском виде пока не состоялась, а проекты ее развития были заморожены даже теми компаниями, которые стояли у ее истоков³.

Тем не менее, перспективы масштабного слома существующей парадигмы с помощью метавселенной и необходимость окупить уже вложенные в это популяризированное направление средства подталкивают технологические компании и лидеров цифровой трансформации к пересмотру концепции метавселенной и источников ее роста. Уже в 2022 году со стороны технологического Wall Street и консалтинговых агентств начинают поступать сообщения о скором сверхбыстром росте «промышленной метавселенной», которая трансформирует организацию производства, подходы к проектированию заводов и продуктов, логистике, подготовке кадров и другим аспектам промышленного производства и реального сектора экономики в целом.

Авторы доклада рассматривают метавселенную именно с точки зрения промышленности, что обусловило отбор кейсов и экспертов, участвовавших в подготовке издания.

Руководство промышленных компаний — это аудитория, которая существенно отличается от пользователей социальных сетей и развлекательных сервисов, бросившихся скупать участки в виртуальном игровом мире Decentraland в 2021 году. Для принятия долгосрочных инвестиционных решений промышленности нужно нечто большее, чем медийная популярность. Нужны конкретные бизнес-результаты, рост конкурентоспособности, решение критических проблем и создание нового запаса для роста продуктивности. Последователи промышленной метавселенной обещают всё это.

Является ли промышленная метавселенная, на первый взгляд представляющая собой набор всем известных цифровых технологий, новым драматическим переходом в производственном секторе экономики — или просто пузырем, который отражает сиюминутные экономические интересы небольшого набора глобальных игроков?

По мнению отдельных экспертов, метавселенная может быть только одна. Возможно, это указание на природу тренда — желание выйти в интеграцию уже представленных цифровых платформ и надстройку над ними.

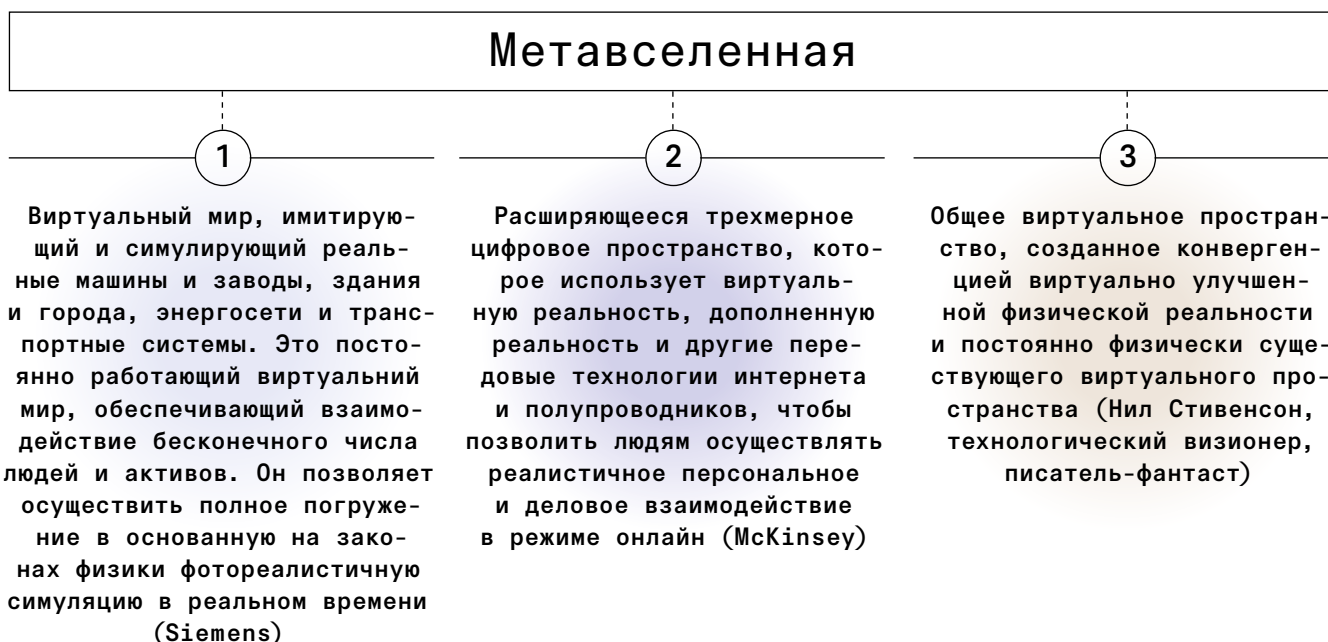
¹ Mark in the metaverse: Facebook's CEO on why the social network is becoming 'a metaverse company' // The Verge. URL: [theverge.com/22588022/mark-zuckerberg-facebook-ceo-metaverse-interview](https://www.theverge.com/22588022/mark-zuckerberg-facebook-ceo-metaverse-interview) (дата обращения: 20.04.2023).

² Microsoft reportedly makes job cuts across metaverse, Surface and Xbox units // SiliconANGLE. URL: [siliconangle.com/2023/02/10/microsoft-reportedly-makes-job-cuts-across-metaverse-surface-xbox-units/](https://www.siliconangle.com/2023/02/10/microsoft-reportedly-makes-job-cuts-across-metaverse-surface-xbox-units/) (дата обращения: 20.04.2023).

³ Mark Zuckerberg Quietly Buries the Metaverse // TheStreet. URL: [thestreet.com/technology/mark-zuckerberg-quietly-buries-the-metaverse](https://www.thestreet.com/technology/mark-zuckerberg-quietly-buries-the-metaverse) (дата обращения: 20.04.2023).

Что такое метавселенная?

В настоящее время отсутствует общепринятое определение метавселенной, которое применялось бы на уровне стандартов (или даже на отраслевом уровне). Различные отраслевые игроки и технологические визионеры дают свои определения метавселенной.



В рамках настоящего доклада метавселенная определяется авторами как организационно-технологическая система, связывающая и обеспечивающая интероперабельность отдельных цифровых и аппаратных платформ. Она имеет свойство масштабироваться и расширяться и может быть применена для различных задач, включающих бизнес, развлечения, совместную работу и иные пользовательские сценарии. Для каждого из них будет использоваться собственный набор цифровых технологий, в т. ч. виртуальная и дополненная реальность, искусственный интеллект, блокчейн, технологии облачных и edge-вычислений, инструменты создания и продвижения цифрового контента.

В свою очередь, промышленная метавселенная — это организационно-технологическая система, связывающая отдельные киберфизические платформы промышленности и свободно перемещаемые между ними цифровые объекты, обеспечивающая тотальную цифровизацию промышленного сектора (технологических процессов и взаимодействия различных цифровых объектов друг с другом, в т. ч. за рамками набора запланированных взаимодействий), снижение транзакционных издержек на всех этапах производственно-логистической цепочки и в сервисных функциях благодаря эффективной логистике ресурсов в человеко-машинных системах.

Метавселенная формируется за счет объединения сквозных технологий в единую структуру

Метавселенная может быть рассмотрена как новый этап развития интернета, в т. ч. промышленного интернета вещей. Она открывает множество возможностей благодаря увеличению объёмов собираемых и обрабатываемых данных, новым устройствам доступа и расширению взаимодействия. Как и в случае с интернетом, метавселенная представляет собой пример технологической конвергенции, которая предполагает интеграцию технологий в общий пакет для выполнения действий на основе использования общих ресурсов и интерфейсов.

Структурно технологический пакет метавселенной делится на семь категорий, которые можно разделить на 21 компонент (рис. 1).

1. Инфраструктура и оборудование

- сети передачи данных, в т. ч. мобильные сети (5G/6G, Wi-Fi)
- энергоэффективное (7-4 нм и меньше) вычислительное оборудование в составе отдельных подключенных устройств или центров обработки данных
- устройства сбора данных — RFID-метки, датчики MEMS, включая гипроскопы, акселерометры, датчики потока, газа, магнитных полей и др.
- стационарные и мобильные роботизированные системы для выполнения производственных и сервисных задач

2. Интерфейсы управления

- мобильные устройства, смартфоны, компьютеры, планшеты сейчас являются самыми распространенными точками доступа к метавселенной
- носимые устройства, VR/AR/XR очки — наиболее иммерсивные интерфейсы для доступа к метавселенной
- носимые и стационарные сенсоры и устройства ввода-вывода обеспечивают распознавание жестов, тактильную связь
- инвазивные и неинвазивные нейроинтерфейсы обеспечивают прямое управление метавселенной и обратную связь с нервной системой человека

3. Обеспечивающие технологии

- искусственный интеллект используется для создания автоматических систем управления, обработки данных, виртуальных ассистентов и симуляций в метавселенной
- блокчейн отвечает за безопасность транзакций, аутентификацию и управление идентификацией в метавселенной
- технологии и архитектуры облачных и edge-вычислений управляют распределением нагрузки на вычислительное и запоминающее оборудование для максимальной эффективности и для сокращения задержек сигналов

4. Платформы

- платформы для моделирования и 3D-движки нужны для создания объектов и пространств в метавселенной
- системы геомаппинга применяются для создания виртуальных копий физических пространств и привязки виртуальных объектов к физическим
- интерфейсы программирования приложений (API) позволяют взаимодействовать различным компонентам метавселенной, а разработчикам — создавать новые приложения и сервисы

5. Инструменты создания контента и приложений

- программные решения PLM, ТИМ (BIM), ERP, CAD, MES для создания интегрированных систем цифровых двойников и приложений для работы с продуктами, процессами, документацией и пр.
- системы геомаппинга для виртуального копирования физических пространств и привязки виртуальных объектов к физическим
- интерфейсы программирования приложений (API) обеспечивают взаимодействие различных компонентов метавселенной и позволяют разрабатывать новые приложения и сервисы

6. Технологии продвижения

- системы поиска информации и знаний, интеллектуальные виртуальные ассистенты и чат-боты
- рекомендательные системы, рекламные технологии, маркетплейсы

7. Контент

- виртуальные пространства и их наполнение, в т. ч. цифровые двойники и системы цифровых двойников, симуляционные сценарии
- медиаконтент, включая видео, аудио и игры



Рис. 1.
Компоненты метавселенной как
технологического пакета

Источник: ЦСР «Северо-Запад»
по материалам Credit Suisse
и McKinsey

У каждого типа метавселенной свои цели и задачи применения технологий, набор рыночных игроков, масштаб и принципы работы. Можно выделить потребительскую метавселенную, корпоративную и промышленную (рис. 2)⁴. Именно промышленная метавселенная и находится в фокусе внимания настоящего доклада.

4 A Look At The Technical Realities Of A Virtual Metaverse // ABI Research. URL: 6705264.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/6705264/Marketing/Whitepapers/A%20Look%20at%20the%20Technical%20Realities%20of%20a%20Virtual%20Metaverse/ABI_Research_Technical_Realities_of_a_Virtual_Metaverse.pdf?hsCtaTracking=0ff62bf8-f2a7-44a3-8ba1-80eca9ec56b9%7Cf31b2ff3-8b38-4ae0-9759-8237d5861db7 (дата обращения: 20.04.2023).



Рис. 2. Сегменты метавселенной
Источник: ABI Research

Промышленная метавселенная сочетает в себе технологии цифровых двойников, симуляцию и промышленные решения в виртуальной реальности. Цифровые двойники — базовый «строительный блок» этой метавселенной, один из ее ключевых элементов. С их помощью можно моделировать состояние виртуальных копий физических продуктов, процессов или активов на протяжении всего жизненного цикла. Погружение цифровых двойников в виртуальное окружение позволяет объединить их в системы и использовать в различных сценариях. Однако пока цифровые копии предприятий, объектов транспортного комплекса и городов остаются экспериментальными и могут оказаться недостаточно эффективными в реальных условиях.

Hyundai и Unity строят метафабрику



Источник: Hyundai⁵

5 Hyundai Motor and Unity to Build MetaFactory Accelerating Intelligent Manufacturing Innovation // Hyundai. URL: hyundaimotorgroup.com/news/CONT00000000000005240 (дата обращения: 20.04.2023).

Корейский автопроизводитель и американский разработчик 3D-движков анонсировали партнерство по созданию метафабрики. Цифровой двойник реального производства запущен на масштабируемой платформе промышленной метавселенной, которая ориентирована на несколько заинтересованных групп.

Менеджеры смогут осуществлять оптимизацию, моделировать сценарии и решать управленческие проблемы без физического присутствия. Потребители продукции — заказывать кастомизированные автомобили напрямую на фабрике, выбирая из набора модулей и тестируя комплектации в виртуальной реальности.

Метафабрика стала ключевым компонентом проекта по созданию глобального хаба инноваций в транспорте (HMGICS), который Hyundai разворачивает в Сингапуре.

Цифровые двойники, объединенные в системы, сделают возможным взаимодействие между различными стейкхолдерами, совместное использование цифровых и физических активов, доступ к которым может осуществляться с общих цифровых платформ. Эта новая организация рынка способна стать тем качественным переходом, который создаст промышленная метавселенная, и это отличает ее от существующего сегодня набора цифровых технологий.

Однако те же качества превращаются в один из основных барьеров для развития промышленных метавселенных. Если объединение цифровых двойников одного предприятия в единую интероперабельную систему становится логичным продолжением процесса цифровой трансформации, то создание совместных платформ — не столь очевидный шаг для рынка, поскольку существенно меняет правила игры. Но если совместные платформы покажут качественно более высокие операционные результаты, это даст существенные конкурентные преимущества их производителям.

Schlumberger и Rockwell Automation создали совместное предприятие Sensia для развития технологий цифровых месторождений



Источник: Sensia⁶

6 Sensia. URL: sensiaglobal.com/Discover-Sensia (дата обращения: 20.04.2023).

Sensia — интегратор цифровых технологий в области нефтедобычи с исчерпывающим набором технологических сервисов, в основе которых комбинация виртуальной и дополненной реальности, искусственного интеллекта, технологий цифровых двойников.

Так обеспечивается интероперабельность всех цифровых технологий и сервисов для достижения максимального эффекта оптимизации, автоматизации и производственной безопасности.

Для лучшего понимания особенностей промышленной метавселенной необходимо сравнить и отделить ее от потребительской и корпоративной.

Потребительская метавселенная представлена рынком цифровых услуг и мультимедийных материалов. В современной индустрии развлечений уже сложно определить, играет пользователь в компьютерную игру, общается или потребляет видеоконтент. Это происходит именно потому, что «швы» между видами активности сглаживаются: зачастую эти действия можно осуществлять, не выходя из одного приложения, что и позволяет говорить о метавселенной. Потребительская метавселенная включает в себя виртуальные пространства и активы, например участки земли в виртуальных мирах, игровые предметы и другие объекты купли-продажи, в последнее время вызвавшие ажиотаж пользователей. Важнейший компонент потребительской метавселенной — реклама и рекламные технологии, всё глубже проникающие в контент.

Корпоративная метавселенная — это набор технологий, который применяется в бизнесе для задач иммерсивной коллаборации (создание гибридных рабочих мест для совместной работы в виртуальной реальности: организации встреч, обучения, общения сотрудников, проектирования и использования инструментов создания цифровых моделей объектов и процессов).

В промышленной метавселенной упор делается не на совместную работу или связь производства с потреблением, а на повышение операционной эффективности промышленности за счет максимального использования собираемых данных, обеспечения интеграции цифровых технологий. Например, промышленная метавселенная в части технологий информационного моделирования (ТИМ) предполагает развитие управления данными, поступающими в информационную модель или создаваемыми ею за счет формирования общих стандартов, протоколов и файловых форматов. Это позволяет интегрировать ТИМ с системами CAD, PLM и ERP, что устраняет транзакционные издержки между этапами проектирования, капитального строительства, организации производственных линий, управления жизненным циклом промышленного объекта, а также финансовыми, кадровыми и прочими ресурсами отдельного предприятия или холдинга в целом.

Не следует недооценивать потенциал конвергенции. Как раз на стыках технологий, обеспечении их связанности между собой возникает возможность исключить человека из иерархии передачи информации и знаний, процесса создания контента и производственно-логистической цепочки. Именно конвергенция, а не какая-либо отдельная технология внутри приведенного ранее технологического пакета, порождает такое явление, как промышленная метавселенная.

Зачем промышленным компаниям метавселенные?

3.1

Ключевая функция промышленных метавселенных – снижение издержек и рост операционной эффективности компаний

Метавселенная формируется путем достижения интероперабельности набора цифровых технологий, снижающих операционные издержки промышленных компаний. Интероперабельность в метавселенной понимается как способность взаимодействовать, обмениваться данными и использовать их для обеспечения транзакций, перемещения объектов и информации между системами, платформами, средами и технологиями⁷. Интероперабельность предполагает не просто сложение операционных эффектов от внедрения каждой из технологий, входящих в состав метавселенной, но и возникновение дополнительного эффекта за счет устранения «швов» между этими технологиями. А это означает дополнительное снижение транзакционных издержек, которое может стать основой для быстрого роста производительности труда, замедлившегося последние годы в развитых экономиках.

Например, в 2023 году ARK Invest представили провокационный прогноз, согласно которому технологические компоненты промышленной метавселенной позволят утроить глобальный ВВП к 2030 году. Искусственный интеллект увеличит производительность интеллектуального труда в четыре раза, а общий прямой и косвенный вклад ИИ в ВВП будет равен 140 трлн долларов⁸. Существенное значение имеет и робототехника как важнейший компонент метавселенной: ее вклад составит 16 трлн долларов; технологии блокчейна — 1 трлн. Но такой огромный вклад перечисленные технологии не обеспечат сами по себе. Он возможен лишь благодаря технологической конвергенции, которая и приведет к формированию промышленной метавселенной. Есть вероятность, что указанные оценки завышены аналитиками и не учитывают инертность рынков, но они отражают общий тренд и баланс потенциального вклада технологий промышленной метавселенной в экономику.

7 Interoperability in the Metaverse // World Economic Forum. URL: www3.weforum.org/docs/WEF_Interoperability_in_the_Metaverse.pdf (дата обращения: 20.04.2023).

8 BIG IDEAS 2023 // ARK Invest. URL: research.ark-invest.com/hubfs/1_Download_Files_ARK-Invest/Big_Ideas/ARK%20Invest_013123_Presentation_Big%20Ideas%202023_Final.pdf (дата обращения: 20.04.2023).

9 BIG IDEAS 2023 // ARK Invest. URL: research.ark-invest.com/hubfs/1_Download_Files_ARK-Invest/Big_Ideas/ARK%20Invest_013123_Presentation_Big%20Ideas%202023_Final.pdf (дата обращения: 20.04.2023).

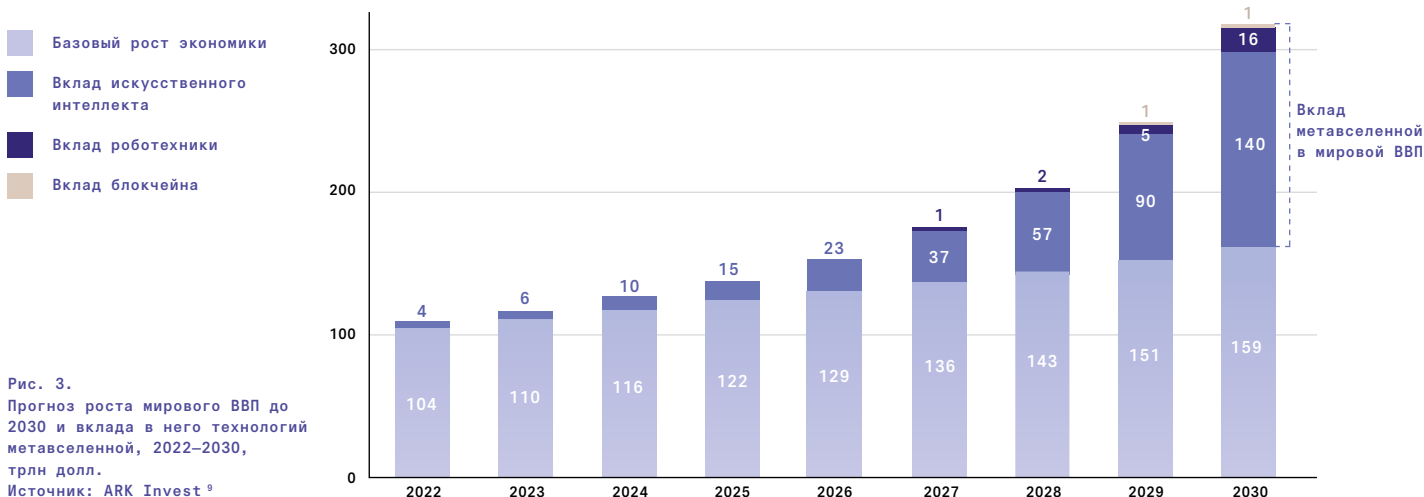


Рис. 3. Прогноз роста мирового ВВП до 2030 и вклада в него технологий метавселенной, 2022–2030, трлн долл. Источник: ARK Invest⁹

Симуляция завода BMW (Регенсбург, Германия, 2021)



Источник: BMW Group ¹⁰

¹⁰ BMW Group and NVIDIA take virtual factory planning to the next level // BMW Group. URL: press.bmwgroup.com/global/article/detail/T0329569EN/bmw-group-and-nvidia-take-virtual-factory-planning-to-the-next-level?language=en (дата обращения: 20.04.2023).

Исходная задача: построить завод по производству трансмиссий для электромобилей. С помощью технологий метавселенной нужно было оценить дизайн производственной цепочки, найти возможные проблемные точки, оптимизировать процессы.

Решением стало моделирование всего производственного комплекса (включая оборудование, помещения, персонал и т. п.) и его запуск в виртуальном виде с симуляцией всех производственных процессов. За полгода работы завода в виртуальности компания изменила около 30 % изначального дизайна производственного комплекса.

В будущем применение таких симуляций (по сути, «островов метавселенной») станет частью регулярной работы компании, а также планов BMW по внедрению ИИ в производство. Алгоритмы машинного обучения могут симулировать роботов, совершающих совместные действия, и помогают выстраивать эффективные рабочие процессы.

В компании собираются использовать симуляции для обучения роботов более сложным, комплексным производственным операциям. Этот проект стал первым кейсом промышленной метавселенной в дискретном производстве, выполненном в комплексном виде для автомобильной компании на платформе Omniverse.

Мнение



Эльдар Рамильевич Шавалиев,
директор центра цифровой трансформации ПАО «КАМАЗ»

Об определении промышленной метавселенной

Как показывает практика нашей компании, у нас нет необходимости как-либо определять промышленную метавселенную. Наш подход к цифровой трансформации предполагает в первую очередь решение конкретных производственных задач и достижение операционных показателей. Промышленной метавселенной мы не оперируем и скорее всего не будем.

О цифровых двойниках

У нас есть отдельное направление деятельности, связанное с расчетными моделями вокруг самого продукта, и здесь мы можем констатировать рост. На этом этапе основная задача формулируется в рамках курса на импортозамещение и перехода на расчетные модели с использованием отечественных продуктов.

Вторая область данной темы — цифровые двойники производства. У нас есть программа имитационного моделирования, начиная

от уровня предприятия и заканчивая моделированием в масштабе отдельных операций.

Третья область применения цифровых двойников — продукт и получение модели продукта в эксплуатации. Если в первом случае речь шла о разработке, то тут мы уже занимаемся продуктом с точки зрения его жизненного цикла в период эксплуатации. Имеется подключенный автомобиль, который отправляет данные, разработаны модели поведения в зависимости от характера эксплуатации, качества вождения, параметров груза.

Цифровые двойники всегда решают прикладную задачу. Если говорить о производственном планировании, отдельное направление работы компании связано именно с тем, чтобы проверить возможность исполнения производственных заданий и ответить на вопрос, когда то или иное производственное задание может быть выполнено. Цифровой двойник для «КАМАЗа» — это система принятия решения и улучшение

качества решения либо (при наличии готовых алгоритмов) передача права принятия решения машине.

Об искусственном интеллекте

Что касается внедрения технологий ИИ в деятельность компании, то они находят применение прежде всего в создании продукта. Сюда относятся такие технологические продукты, как автономное движение, ADAS-системы. Стоит упомянуть цифровые платформы, которые оптимизируют движение как на уровне управления отдельно взятым транспортным средством, так и на уровне систем взаимодействия транспортных средств с инфраструктурой и между собой.

Вторая группа связана с производственными задачами: это рекомендательная система при процессе принятия решения, планирование, прогнозирование. Отдельный блок — машинное зрение в контроле качества и всё, что касается системы объективного контроля.

Ограничения для дальнейшего развития применения ИИ связаны не столько с техникой, сколько с готовностью области производства. Здесь всё упирается в степень организованности процесса, автоматизации и цифровизации данных. Нашей главной целью остается рост производственной эффективности, в том числе через роботизацию процессов.

О роботизации

Роботизация — это прямой инструмент.

В «КАМАЗе» разработана программа с проведенным анализом участков на предмет того, где и как мы можем применять роботизированные комплексы. Основной барьер на данном этапе — это отсутствие отечественных комплексов.

Кроме того, существуют экономические ограничения, связанные с низким объемом рынка, производства и, как следствие, отсутствием возможности достигать эффекта масштаба.

О блокчейне

Сейчас мы не видим необходимости внедрения блокчейна. Возможно, в будущем начнет осуществляться маркировка деталей. Криптовалюты мы рассматриваем как возможное средство платежа в импортно-экспортных операциях.

О рынке данных

В «КАМАЗе» действует политика управления данными, которая обеспечивает их качество и целостность, однако не имеет непосредственного отношения к рынку. С ее помощью в задачах, где используются данные (в подготовке витрин и агрегатов данных), соблюдаются определенные правила. Чтобы перейти на уровень рынка, нужно осознать конкретную бизнес-ценность данных.

О вычислительных ресурсах и преодолении их дефицитов

С проблемой дефицита вычислительных мощностей при цифровой трансформации «КАМАЗ»

не сталкивается. В компании пришли к осознанию, что без локально масштабируемых вычислений не обойтись. Ведется активная работа с облачными технологиями. Эти сервисы разворачиваются с участием партнеров; компания, со своей стороны, отвечает за контуры, связанные с безопасностью.

Edge-технологии для нас не столь актуальны, поскольку на современном этапе вычисления дешевле проводить централизованно. Как пользователи продукта, мы не видим проблем с доступностью мощностей.

О сетях передачи данных

Проблемы сетей передачи данных сейчас не возникает. Текущих технологий Wi-Fi достаточно для реализации наших производственных задач, в технологиях 5G бизнес-потребность еще не сформировалась.

«КАМАЗ» представляет собой локальный завод, для которого вся сетевая инфраструктура построена на оптической передаче данных. Тем не менее, если в дальнейшем будет принято решение развернуть высокоскоростные сети на магистралях, то наш автомобиль, безусловно, будет их использовать.

О технологиях виртуальной реальности

Виртуальные технологии в нашем случае находят классические области применения. Так, компания использует их при подготовке персонала. Мы провели исследование проблематики VR в сервисном обслуживании, однако выяснили, что спроса нет. Рассматриваем возможность организации выездных бригад с удаленной поддержкой для использования на удаленных объектах, а именно — у карьеров.

На производстве мы тестировали несколько гипотез, но пока они своего подтверждения не нашли. Не получили, например, развития носимые устройства VR. В то же время передача данных на планшет и телефон распространена широко.

О промышленной метавселенной как драйвере организационной трансформации

Как практик я считаю, что концепция промышленной метавселенной по большому счету охватывает уже существующие технологии. В то же время действительно есть возможности расширения блокчейна в практические сферы. Есть конкретные прикладные задачи, над которыми идет работа, и продвижение новых концепций может мотивировать к изменениям. Иными словами, эти конструкции могут оказаться полезны, если компания нуждается в организационной встряске.

Когда у компании имеется четкая стратегия развития бизнеса, то цифровые технологии будут прежде всего инструментом для повышения операционной эффективности. Можно говорить и об очевидных обстоятельствах цифровой трансформации, когда технологии становятся ключевым фактором перестройки бизнеса.

3.2

Промышленная метавселенная позволит решить ряд проблем в обеспечении промышленности кадрами

Одной из ключевых целей и важнейшим сценарием использования промышленной метавселенной уже сейчас является обучение персонала. Промышленная метавселенная позволяет реализовать человекоцентричный подход к решению этой проблемы с помощью технологий дополненной реальности, включая VR, AR, XR и др. Промышленные метавселенные могут запустить масштабную трансформацию инженерного и ИТ-образования и в целом реорганизацию труда, подходов к кадровой политике в масштабах целых отраслей и государств.

Аналогичные переходы уже совершались в истории. Последний произошел в конце 2000-х — начале 2010-х годов и был связан с массовым применением компьютерного моделирования и цифровых технологий¹¹.

Новый переход в подготовке кадров будет основываться на особенностях промышленной метавселенной, среди которых стоит отметить главные:

- обучающие ассистенты на основе искусственного интеллекта (предоставляют исчерпывающие консультации, производят комплексную оценку компетенций и дают рекомендации по повышению эффективности обучения);
- системы виртуальных контекстных аннотаций к каждому объекту, в т. ч. пошаговые руководства, подсказки и напоминания;
- виртуальные упражнения, включающие игровые сценарии, в которых возникают типовые и нестандартные проблемы, чрезвычайные ситуации и др.

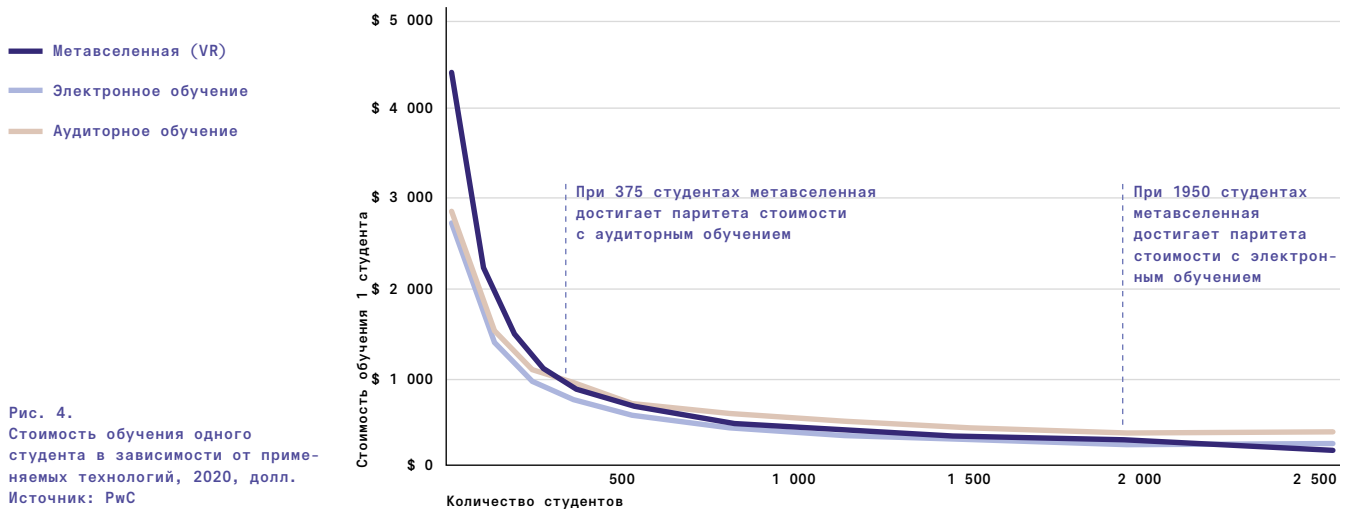
Метавселенная позволит существенно сократить объём времени и ресурсов, затрачиваемых на подготовку специалистов под конкретные задачи. Согласно исследованию PwC¹², обучение в VR помогает обучаемым лучше фокусироваться на материале, создает эмоциональную привязку и повышает уверенность при применении навыков. Всё это дает возможность увеличить эффективность обучения в четыре раза. На практике это означает, что материал, на освоение которого в традиционном классе отводилось два часа учебного времени, в метавселенной может быть освоен за 30 минут. Повышенная скорость обучения позволяет эффективно встроить его в рабочий график сотрудников, что приводит к значительному увеличению показателей возврата инвестиций (ROI) в корпоративном образовании.

При масштабировании обучение в метавселенной становится дешевле, чем другие форматы (рис. 4). Обучение в метавселенной требует на 48 % больше начальных инвестиций в разработку курсов и оборудование (включая очки виртуальной реальности). Но как только число студентов на одном курсе доходит до 375, стоимость достигает паритета с традиционным обучением, а если студентов уже 1950, достигается паритет с электронным обучением. С 3000 учащихся VR-обучение становится на 52 % дешевле традиционного.

Но ключевое преимущество обучения в метавселенной заключается не столько в его низкой стоимости, сколько в возможности сделать упор на компетенциях, которые сложно сформировать в условиях традиционного обучения. Сюда относится работа с оборудованием и навыки поведения в сложных и опасных ситуациях (при пожарах, производственных авариях и др.).

11 Современное инженерное образование: учеб. пособие / А. И. Боровков [и др.] // ЦСР «Северо-Запад». URL: csr-nw.ru/publications/detail.php?ID=582 (дата обращения: 20.04.2023).

12 The Effectiveness of Virtual Reality Soft Skills Training in the Enterprise // PwC. URL: [pwc.com/us/en/services/consulting/technology/emerging-technology/assets/pwc-understanding-the-effectiveness-of-soft-skills-training-in-the-enterprise-a-study.pdf](https://www.pwc.com/us/en/services/consulting/technology/emerging-technology/assets/pwc-understanding-the-effectiveness-of-soft-skills-training-in-the-enterprise-a-study.pdf) (дата обращения: 20.04.2023).



Проникновение метавселенной и VR в обучение, удешевление и рост окупаемости кадровых проектов заставляет бизнес и образовательный сектор начать переосмысление роли образования, подготовки и переобучения кадров в условиях, когда метавселенная будет сформирована и массово доступна.

Для индустриальных компаний возникает необходимость более тесной кооперации с образовательным сектором, в т. ч. предоставление своей промышленной метавселенной или ее частей для обучения кадров и реализации образовательных программ. Схожие модели могут реализовывать вендоры и интеграторы метавселенной, чтобы новые поколения инженеров и промышленных работников обучались под конкретные ПО и оборудование, что повышает возможности внедрения разрабатываемых ими продуктов. То, какое значение это имеет для образовательного сектора, детально описано в разделе 7.

Помимо образовательных функций, промышленная метавселенная позволяет применить новые подходы к логистике кадров. В частности, устранить необходимость выездов квалифицированных специалистов на промышленные объекты для инспекций, работы с оборудованием и других задач. Это особенно актуально для энергетической, нефтегазовой и прочих географически распределенных отраслей. Подробнее об этом рассказано в разделе 5.1.

3.3

При определенных условиях промышленная метавселенная сыграет роль в достижении зеленой повестки компаний

Промышленная метавселенная расширяет масштаб цифровизации до одновременного управления различными видами симуляций. Возможность прогнозировать производственные процессы и результаты на этапе проектирования изделия и оценивать объём необходимых ресурсов позволяет избежать лишних операций (таких как производство разных вариантов компонентов на этапе разработки продукта).

Пример: «Боинг-777» был первым в мире коммерческим самолетом, разработанным полностью в цифровом виде. Инженеры создали виртуальный двойник самолета с помощью точного моделирования, благодаря чему тысячи деталей можно было тестировать, заменять, вносить изменения и снова тестировать — без каких-либо затрат и не создавая отходы от физического производства этих деталей, что сокращает углеродный след.

Взаимодействие между цифровыми двойниками способствует дальнейшему снижению выбросов CO₂, поскольку двойники начинают работать как сеть разнородных синхронизированных симуляций. Это еще больше повышает реалистичность моделирования. Так, лишь объединение цифровых двойников заводов и умных городов в единую метавселенную позволит точно оценить углеродный след города¹³.

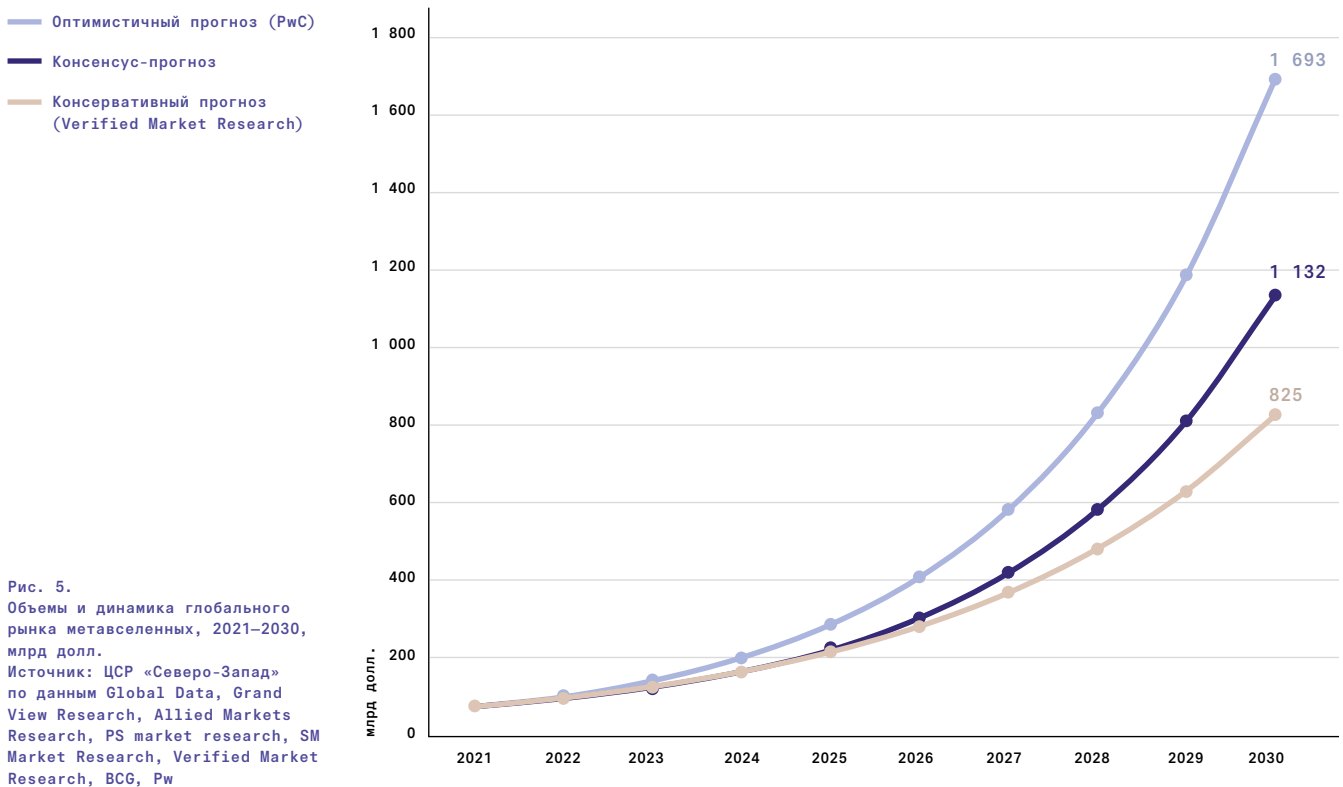
Однако необходимо учитывать и то, что промышленная метавселенная использует колоссальные вычислительные мощности, на которые тратится существенное количество энергии. Значит, она тоже создает собственный углеродный и экологический след. Например, обучение одной ИИ-модели создает около 284 т CO₂, а в пределах промышленной метавселенной могут действовать сотни и тысячи ИИ-агентов¹⁴. Поэтому приоритетом становится разработка энергоэффективных технологий создания цифровых двойников, обучения искусственного интеллекта и проведения других операций в промышленной метавселенной.

¹³ On the way to the industrial metaverse // Capgemini.
URL: capgemini.com/insights/research-library/on-the-way-to-the-industrial-metaverse/
(дата обращения: 20.04.2023).

¹⁴ Liu Jianya and Guo Liang: "The carbon footprint of the metaverse can be reduced" // The UNESCO Courier.
URL: courier.unesco.org/en/articles/liu-jianya-and-guo-liang-carbon-footprint-metaverse-can-be-reduced
(дата обращения: 20.04.2023).

Промышленная метавселенная – возможное пространство для новых рынков

В 2022 году объём рынка метавселенных составил около 95 млрд долларов, включая все технологические составляющие метавселенных – аппаратную, программную часть, контент и пр. (см. раздел 2). Аналитики прогнозируют рост этого рынка с ежегодными темпами около 40 % до 2030 года и достижение объёма от 800 млрд до 1,6 трлн долларов к концу этого периода (рис. 5).



Аналитики прогнозируют, что промышленная метавселенная будет расти наиболее интенсивно в ближайшие два-три года. Глобальная выручка компаний от промышленной метавселенной, представленной цифровыми двойниками, симуляцией, промышленным AR и VR, к 2025 году должна достигнуть 23 млрд долларов, а к 2030 – 100 млрд (рис. 6).

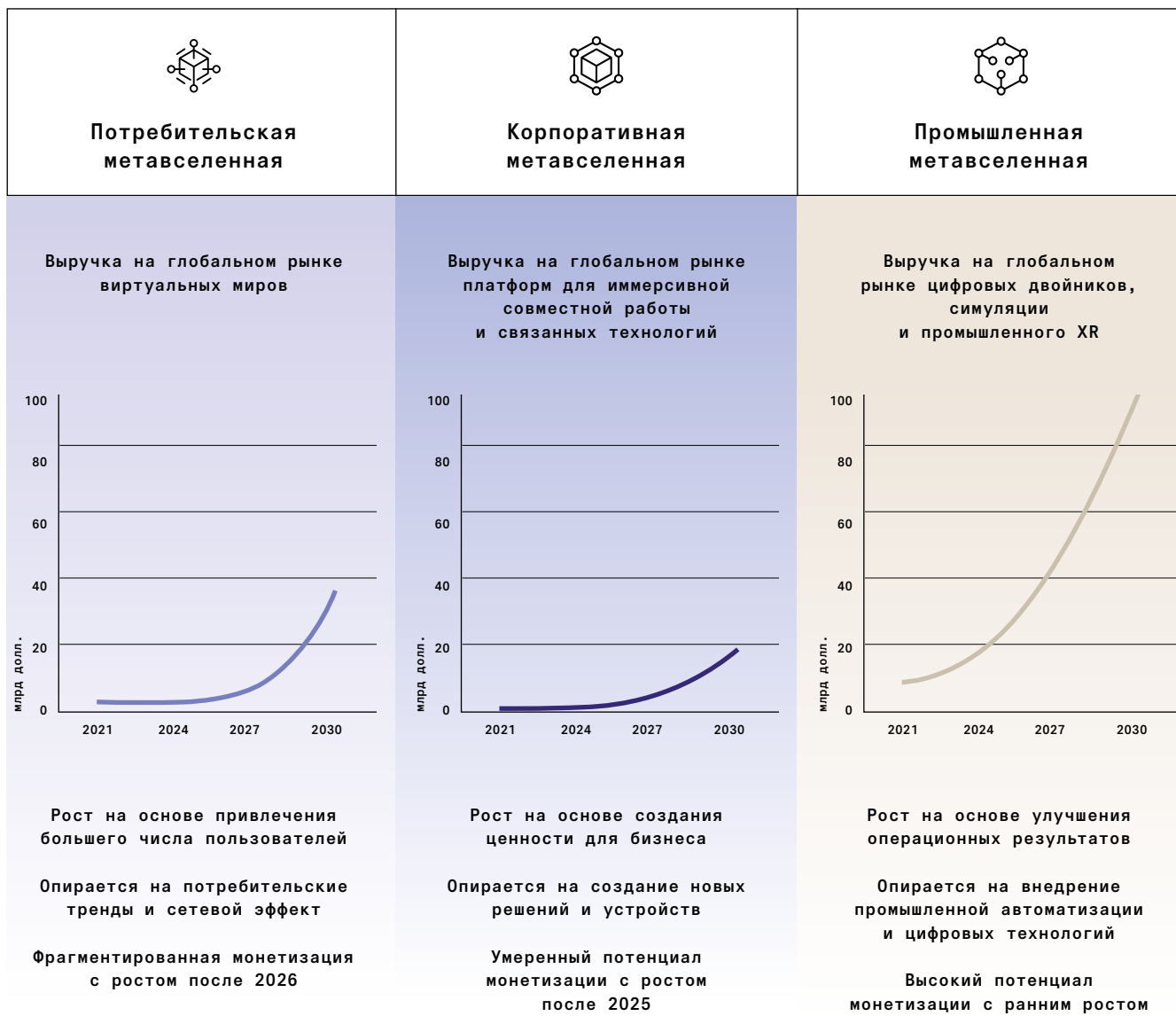


Рис. 6.
Глобальные рынки метавселенной в разрезе функциональных типов, 2021–2030, млрд долл.
Источник: MIT Technology Review

В конце 2022 — начале 2023 года в части формирования промышленной метавселенной наметились основные контуры развития и перспективные направления. Метавселенная стала одной из центральных тем Всемирного экономического форума. На площадке по формулировке и развитию метавселенной (Defining and Building the Metaverse) сформировались рабочие группы по развитию политики в области управления метавселенной и созданию экономической и социальной ценности¹⁵. Соответствующие инициативы запускаются в ОЭСР¹⁶. Всё это позволяет говорить о том, что в ближайшие годы в глобальном масштабе появятся методики по развитию метавселенной в промышленности и социальной сфере и будут запущены первые направления государственной политики.

Для российских промышленных компаний и вендоров отраслевого ПО именно сейчас вложения в проекты по созданию промышленной метавселенной смогут обеспечить выход на этот рынок в качестве владельцев ключевых технологических продуктов. При более позднем старте лучше, на что имеет смысл рассчитывать, — это позиция интеграторов зарубежных решений. Причем существенный объем отечественного инженерного программного обеспечения, цифровых платформ и сервисов может оказаться морально устаревшим, если не обеспечить их интеграцию в промышленные метавселенные.

15 Defining and Building the Metaverse // World Economic Forum. URL: initiatives.weforum.org/defining-and-building-the-metaverse/connect (дата обращения: 20.04.2023).

16 Global Scenarios 2035: Exploring implications for the future of global collaboration and the OECD // OECD iLibrary. URL: oecd-ilibrary.org/sites/df7ebc33-en/1/3/1/index.html?itemId=/content/publication/df7ebc33-en&csp_cc4ae06ed263c4334853de24a3b5c7a9&itemIG0=oeecd&itemContentType=book#boxsection-d1e893 (дата обращения: 20.04.2023).

4.1

Рыночные факторы развития промышленных метавселенных

Промышленность может развивать новые бизнес-модели и сервисы в метавселенной быстрее, чем потребительский или корпоративный сектор

Промышленная метавселенная — не только технологический пакет, но и новая организационная модель рынка цифровых технологий, интегрирующегося с рынком промышленного оборудования и услуг. Такая конвергенция может позволить капитализировать цифровые активы и копии капитальных средств. Появляются рыночные позиции, ориентированные на новые бизнес-модели, возникают новые игроки. Например, в Китае прорабатываются проекты платформ производственных сервисов, основанных на цифровых двойниках (Digital twin-driven manufacturing service collaboration platform)¹⁷.

Главная цель создания подобных платформ — динамическая интеграция сервисных функций и производственных мощностей предприятия или группы предприятий. Это ведет к появлению производственных систем со множеством стейкхолдеров, в которых каждый участник получает преимущества доступа к единой инфраструктуре, осуществляющей оптимизацию, моделирование, предиктивную аналитику и распределение производственных мощностей и сервисных возможностей. Таким образом увеличивается эффективность использования ресурсов и их гибкость при производстве кастомизированной продукции, снижаются издержки.

Взаимодействие между стейкхолдерами в рамках таких платформ опирается на технологии и принципы промышленной метавселенной: интероперабельность, единые стандарты передачи данных, использование блокчейна при финансовых расчетах, распределение нагрузок и задач на основе интеллектуального анализа доступных ресурсов (рис. 7).

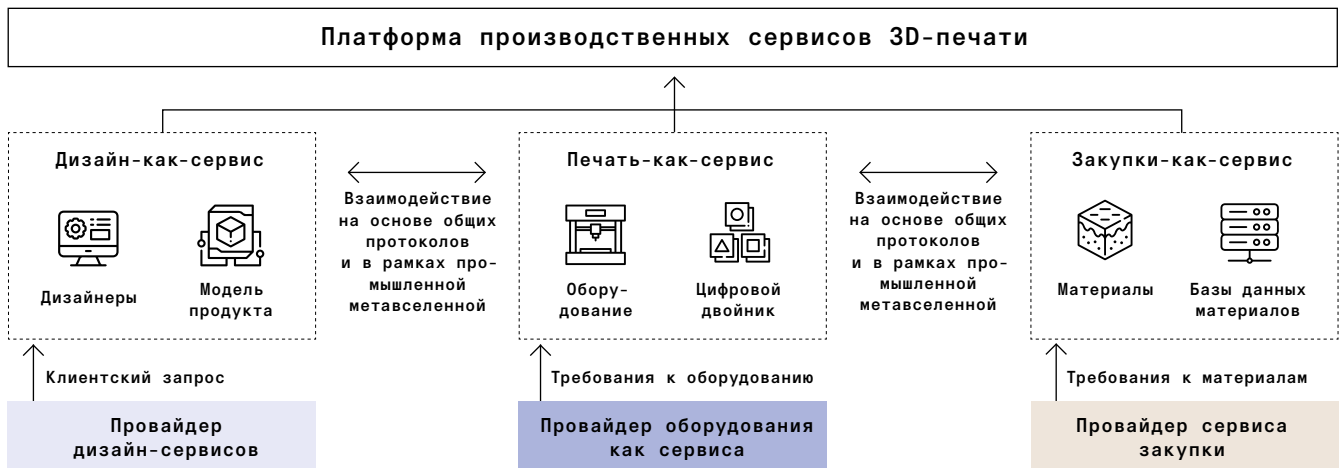


Рис. 7.

Пример архитектуры совместной платформы 3D-печати

Источник: Feng Xiang. Digital Twin Driven Service. Chapter 2: Digital twin-driven service collaboration. – Academic Press, 2022

17 Feng Xiang. Digital Twin Driven Service. Chapter 2: Digital twin-driven service collaboration. – Academic Press, 2022. – P. 33–58.

В существующих цифровых производственных системах упор сделан на промышленную автоматизацию, моделирование производственного процесса, интеграцию производственных и бизнес-функций (IT/OT-интеграция). Промышленная метавселенная — следующий уровень конвергенции, предполагающий кросс-доменную и кросс-отраслевую кооперацию. Это существенно экономит время и ресурсы, затрачиваемые на обмен информацией между разными предприятиями в структуре одной корпорации (или между корпорациями). Промышленная метавселенная, будучи областью экспериментов, должна стать направлением перспективных исследований и разработок.

Промышленная метавселенная — потенциально новый этап цифровой трансформации в промышленности, по важности сравнимый с Индустрией 4.0. Описанные выше бизнес-модели могут способствовать тому, что промышленная метавселенная позволит компаниям генерировать устойчивый денежный поток от цифровых двойников, данных и моделей. Достижение высокого уровня интероперабельности позволит реализовать тотальную цифровизацию промышленности, т. е. быстрое автоматизированное масштабирование типовых решений на все схожие процессы компании. Такой переход мог бы стать драматическим для промышленности — неизбежным, невозвратным и критичным для сохранения позиций на рынке (рис. 8). Однако это предположение остается теоретическим, поскольку еще ни один из глобальных игроков не совершил такой переход. Даже сформировавшиеся альянсы, часто представляющие собой коллаборацию лидера промышленности и технологической компании (BMW-Nvidia, Hyundai-Unity), в своих экспериментах не добились масштабного прорыва, который дал бы им занять монопольное положение.

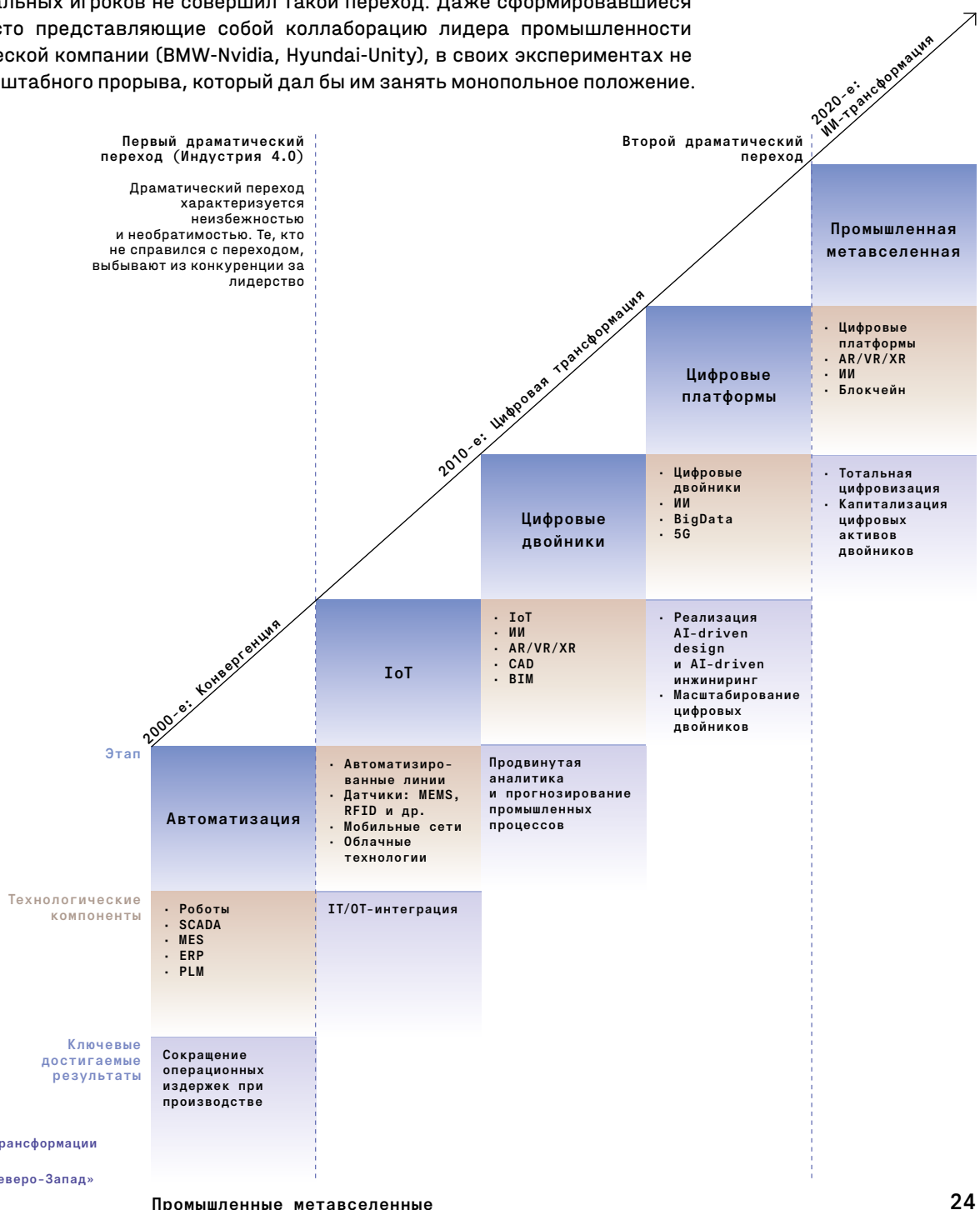


Рис. 8. Этапы цифровой трансформации промышленности
Источник: ЦСР «Северо-Запад»

В промышленной метавселенной появляется основа для стандартизации

В отличие от разработки конкретных промышленных кейсов применения метавселенной, процесс стандартизации промышленной метавселенной представляется действительно всеохватывающим. Во главе процесса стоят глобальные компании, которые собирают значительное число участников для запуска универсальных стандартов. В крупнейшем форуме по стандартизации метавселенной принимает участие несколько десятков компаний, включая Nvidia, Autodesk, Huawei, Intel, AMD и др.¹⁸. В эти форматы включены не только западные компании, но и китайские, в т. ч. конкурирующие друг с другом. В таких рамках лидеры рынка промышленной метавселенной успешно продвигают свои разработки как отраслевой стандарт. Например, Nvidia на своей платформе Omniverse создает стандарт универсального описания сцен (usd) — открытый фреймворк, и файловый формат, который закладывает основу для описания, совместной разработки, симуляции 3D-окружений. Компания прикладывает существенные усилия для внедрения usd-формата в архитектуре, дизайне, робототехнике, производственных секторах и промышленности в целом¹⁹.

18 The Metaverse Standards Forum. URL: metaversestandards.org (дата обращения: 20.04.2023).

19 What is Universal Scene Description? // NVIDIA. URL: developer.nvidia.com/usd (дата обращения: 20.04.2023).

4.2

Ограничения для развития промышленных метавселенных

Промышленная метавселенная имеет существенные ограничения, которые не позволяют прямо сегодня внедрить ее в реальные производственные процессы в масштабе целых холдингов и отраслей²⁰. Все ограничения можно условно разделить на технологические, ресурсные и нормативные.

²⁰ Deployment in the Industrial Metaverse // World Economic Forum. URL: [youtube.com/watch?v=w58jWDuUafA](https://www.weforum.org/insights/industrial-metaverse/) (дата обращения: 20.04.2023).

Технологические ограничения

Технологическое развитие промышленных метавселенных происходит по принципу комбинаторных инноваций. Новые технологии создаются путем конвергенции существующих направлений, имеющих разную степень технологической зрелости. Поэтому преодоление ограничений промышленных метавселенных зависит от развития следующих цифровых технологий.

- 1. Технологии искусственного интеллекта**

Системы промышленного ИИ лежат в основе базовых функций промышленной метавселенной: прогнозирования, оптимизации, симуляции и др. Важнейшие требования к таким системам: объяснимость, способность выполнять множество задач, включая компьютерное зрение, распознавание естественного языка и контекстуализацию — связь собираемых данных с событиями в физическом пространстве для создания и обновления баз знаний. В настоящее время масштабирование технологий искусственного интеллекта ограничено вопросами доверия, контроля за решениями, высокими требованиями к вычислительным мощностям. Еще одно важное направление, связанное с ИИ, — создание виртуальных ассистентов и языковых моделей, помогающих человеку осуществлять управление и ориентироваться в колоссальном потоке информации и данных, генерируемых промышленной метавселенной.
- 2. Технологии моделирования и симуляции**

Для промышленности, работающей с физическими объектами и создающей сложные высокотехнологичные продукты, важно учитывать свойства материалов и поведение объекта в физическом мире. Многие естественные процессы пока не удалось оцифровать ввиду отсутствия знаний о них или вычислительных мощностей для их моделирования.

3. Технологии сетей

21 Meta's engineering director outlines the metaverse latency problem // Light Reading. URL: lightreading.com/digital-infrastructure/metas-engineering-director-outlines-metaverse-latency-problem/d/d-id/777839 (дата обращения: 20.04.2023).

Для функционирования промышленной метавселенной нужно обеспечить возможность не только передавать колоссальные объемы данных между широкой и географически распределенной сетью устройств, но и делать это с минимальными задержками. Для потребительской метавселенной необходимо добиться задержки в 10–20 мс, а для промышленной метавселенной задержка должна быть еще ниже. Сейчас основной технологией связи, которая рассматривается для промышленной метавселенной, является 5G: она обеспечивает задержку в 1 мс. Но мобильные сети не обладают достаточной пропускной способностью²¹. Поэтому потребуются существенно увеличить объемы вычислений на устройствах сети (edge-вычисления) и создать новые архитектуры, комбинирующие edge, облачные сети, распределение нагрузок и данных между устройствами. Кроме того, сами принципы глобального обмена информацией, лежащие в основе современного интернета, не способны обеспечить пропускную способность и скорость передачи информации, которая требуется для промышленных метавселенных.

4. Аппаратные носимые решения для расширенной реальности

Основная задача состоит в разработке решений, которые по удобству будут сравнимы со смартфонами, а в будущем заменят их на рынке потребительской электроники. В качестве таких устройств сегодня предлагаются очки виртуальной реальности, которые должны стать компактными и комфортными для повседневного ношения. Именно такие устройства, а не проприетарные решения, являются базовой точкой доступа к промышленным метавселенным.

5. Нейроинтерфейсы

Эта технология позволяет управлять устройствами и системами с помощью сигналов нервной системы человека (т.е. силой мысли). Нейроинтерфейсы могут представлять альтернативой носимым решениям расширенной реальности, но они — гораздо менее зрелая технология. Существующие нейроинтерфейсы еще не вышли на массовый рынок и являются инвазивными (требующими физического подключения к нервной системе человека). Это сильно ограничивает потенциал внедрения нейроинтерфейсов как устройств для работы с промышленной метавселенной.

6. Кибербезопасность

Промышленная метавселенная будет хранить, создавать и обрабатывать множество конфиденциальных данных компаний и отдельных лиц. Кроме того, через метавселенную будет осуществляться управление промышленными процессами, которые потенциально могут стать источниками техногенных катастроф. Поэтому для функционирования промышленных метавселенных нужны такие технологии защиты, которые не могут быть взломаны. В настоящее время такой технологией считается квантовое шифрование, но оно остается недоступным для рынка.

В целом развитие базовых технологий существенно влияет на возможности и эффективность промышленных метавселенных. Комбинация этих технологий позволяет создавать гибкие, автономные и умные системы, способные решать сложные задачи в реальном времени и обеспечивать эффективное управление производственными процессами и ресурсами.

Ресурсные ограничения

Требование к ресурсам растет пропорционально масштабу промышленных метавселенных и степени их внедрения в операционную деятельность предприятий. К ресурсным ограничениям можно отнести следующие.

- 1. Дефицит кадров и компетенций**

Промышленная метавселенная потребует нового подхода к рабочим местам и компетенциям сотрудников компаний. Специалисты, привыкшие работать с 2D-материалами (рентгеновскими снимками, чертежами, картами), не смогут быстро переключиться на работу в трёхмерной среде.
- 2. Дефицит вычислительных мощностей и оборудования для обработки данных**

При современном уровне технологического развития одним из ключевых ограничений становятся вычислительные мощности. Это обуславливает лидерство крупных компаний, владеющих вычислительными ресурсами в таких технологиях, как искусственный интеллект. Формирование промышленной метавселенной еще больше увеличит запрос на вычисления. В этой части потребуются не только технологическое совершенствование вычислительного оборудования, но и существенное наращивание объёмов вложений в имеющуюся на рынке технику — создание ЦОД, суперкомпьютерных центров и др.
- 3. Дефицит качественных данных**

При наличии технологий сбора данных не все из них являются полезными и качественными, позволяющими осуществлять эффективное прогнозирование и принимать решения. Эксперты из Erosch прогнозируют, что к 2026 году могут быть исчерпаны данные для обучения языковых моделей²².

²² We could run out of data to train AI language programs // MIT Technology Review. URL: technologyreview.com/2022/11/24/1063684/we-could-run-out-of-data-to-train-ai-language-programs/ (дата обращения: 20.04.2023).

Нормативные ограничения

- 1.** Ограничения по использованию цифровых моделей в государственной экспертизе, сертификации и др.
- 2.** Ограничения по использованию отдельных категорий данных — персональных данных граждан и других конфиденциальных данных.



**Дмитрий Станиславович
Иванов,**
директор по инновационному
развитию ПАО «ОДК-Сатурн»

Об определении промышленной метавселенной

То, что происходит сейчас в части интеграции цифровых технологий, неправильно называть метавселенной. Мне ближе термин «цифровая платформа». Промышленный объект конечен, набор таких объектов в виртуальной среде — это виртуальная фабрика. Когда мы говорим о цифровой платформе, то представляем бесконечное количество промышленных объектов и их цифровых двойников. При этом платформ может быть несколько, хотя и не много. Метавселенная же может быть только одна.

О цифровых двойниках

Цифровой двойник приобретает значимость, когда формируется экономическая модель, основанная на нем, появляются новые типы бизнес-моделей. На современном этапе выгоду от использования цифровых двойников получает непосредственно производитель продукта. С другой стороны, они находятся в зоне эксплуатации покупателя, то есть заказчика услуги. Здесь начинает выстраиваться некая архитектура. Данные формируют субъекты, находящиеся во владении разных компаний. Когда системы, составляющие эту архитектуру, характеризуются доверием и безопасностью, можно говорить про совокупность таких технологических решений, как цифровая платформа, но не метавселенная.

В ОДК есть решения, связанные с проектированием продукта, появляются наборы цифровых двойников. Однако на данном этапе они еще не интегрированы в производство. Все эти отдельные программные компоненты предстоит интегрировать в единую экосистему.

Существование цифрового двойника целого производства кажется сомнительным до тех пор, пока не придуман способ его монетизации. Между тем, формирование современной сервисной модели без цифрового двойника представить сложно. Цифровой двойник позволяет выйти в бизнес-модель продажи одной единицы результата работы продукта. Но в таком случае продажа самого продукта становится невозможной.

Об искусственном интеллекте

Искусственный интеллект — это набор алгоритмических систем, способный саморазвиваться. Если развития не происходит, то это просто некий алгоритм, который обладает определенными полезными характеристиками, имеет расширенную функцию поиска, может автоматизировать сборочный процесс и так далее. Однако до тех пор, пока не будет доказано, что данный набор кодов способен создать новую самостоятельную интеллектуальную единицу, нельзя утверждать, что это искусственный интеллект. Слово «искусственный» подчеркивает, что это лишь подобие интеллекта.

На нынешнем технологическом этапе для развития как цифровых платформ, так и промышленной метавселенной, однозначно не хватает уровня систем искусственного интеллекта. В ИИ мы находимся на начальном этапе развития. Должна измениться стоимость элементов. Вероятно, нужно изучить тему интеграции человека и неких искусственных компонентов. Метавселенная должна иметь характеристику безальтернативности, предполагающей, что отдельные модели не могут существовать вне этой метавселенной и технологической платформы. В ИИ ключевым фактором развития, на мой взгляд, будет автономность. Чем автономнее система, тем она более устойчива к рискам с точки зрения основных параметров своего функционирования.

О блокчейне

Блокчейн как технология, которая обеспечивает уникальность каких-либо объектов, будет востребован и будет развиваться, равно как будут продолжаться попытки ввести цифровые валюты. Все это представляет шаги в сторону неких решений по верификации и неизменности персональных данных. Тем не менее необходимость этого сложно оценить. Реальный расцвет начнется, когда применение блокчейна станет экономически целесообразным.

4.3

Перспективы эволюции промышленных метавселенных: от «островов» к унифицированной интеллектуальной метавселенной

Предполагая определенные скорости конвергенции и развития базовых технологий и преодоления ограничений метавселенной, можно представить возможный путь эволюции промышленной метавселенной (рис. 9):



Рис. 9.
Эволюция промышленных метавселенных
Источник: Cognito ²³

²³ The Industrial Metaverse: More than a Glorified Digital Twin? // Cognito. URL: cognite.com/en/blog/the-industrial-metaverse-more-than-a-glorified-digital-twin (дата обращения: 20.04.2023).

«Острова» метавселенных — текущий этап, на котором в промышленных компаниях появляются пилотные, изолированные проекты с низкой совместимостью, не поддающиеся масштабированию даже внутри собственных промышленных функций компаний. Доступ к этим метавселенным ограничен и может осуществляться только с конкретных устройств. Отсутствует система монетизации, если не считать сокращение собственных операционных расходов. В основном исполнительная часть разворачивается в облаке, edge-сети используются редко.

Подключенные экосистемы метавселенных: при высоком темпе технологических инноваций этот этап может быть достигнут уже к 2025 году, и именно он может запустить взрывной рост рынка. На этом этапе начнется масштабирование «островов», они сделаются нормой рынка. Появятся протоколы, обеспечивающие совместимость и интероперабельность отдельных «островов» и связь метавселенных разных компаний. Стартует формирование рынка данных и моделей, механизмов торговли и обмена цифровыми активами. Сложится система обмена информацией между edge и облаками и плотнее свяжет цифровой мир с физическим.

Автономная и интеллектуальная единая метавселенная будет достигнута к 2030 году или позже²⁴. На этом этапе термин «промышленная метавселенная» чаще будет применяться в единственном числе, как сейчас «интернет» (а не «интернеты»). Практически весь значимый для промышленности физический мир будет перенесен в цифровой формат, картирован и контекстуализирован. Метавселенные отдельных компаний смогут легко интегрироваться, использование коллаборативных платформ станет нормой рынка. Доступ к промышленной метавселенной можно будет получить с любого подключенного к интернету устройства, а взаимодействие с ней будет основываться на естественных интерфейсах (голос, движения, возможно, нейроинтерфейсы). Данные и модели станут ликвидным продуктом, способным обеспечить устойчивый финансовый поток.

Автономная и интеллектуальная единая метавселенная — это идеальное, утопическое состояние рынка, которое, вероятно, будет достигнуто только на отдельных экспериментальных участках, в отдельных отраслях и государствах. Однако именно оно является целевым образом для технологических оптимистов.

По всей видимости, для нашей страны в ближайшее десятилетие создание «островов» метавселенных станет ключевой задачей по запуску рынка промышленных метавселенных. Быстрое масштабирование (и тем более переход к единой промышленной метавселенной), скорее всего, будет затруднено инертностью рынка, международными ограничениями и в целом низкой зрелостью требуемых для этого технологий. Более подробно возможные сценарии развития промышленной метавселенной в России в условиях стоящих перед страной глобальных задач изложены в разделе 6.

24 Среди экспертов существуют различные мнения относительно темпов развития технологического пакета и сроков перехода между этапами развития промышленной метавселенной. В связи с инертностью изменения законодательной базы, моделей и институтов развития промышленности появление единой промышленной метавселенной — в полном смысле этого слова — может быть отложено до 2050-х годов.



Анатолий Вячеславович Кулаков,
заместитель генерального директора по технологии информационного моделирования, начальник управления обеспечения информационного моделирования ООО «Институт Гипроникель» («Норильский никель»)

Об определении промышленной метавселенной

В моем понимании определение промышленной метавселенной близко к тематике Индустрии 4.0. В обоих случаях речь идет о саморегулируемых системах. Можно провести аналогию с климат-контролем в автомобиле: он снимает информацию с датчиков и с помощью несложных алгоритмов управляет работой кондиционера, обогревателя и вентиляторов для поддержания заданной температуры в салоне. Цифровой двойник функционирует по тому же принципу, только в ином масштабе. Эта система включает интернет вещей, базу связанных между собой знаний и алгоритмы принятия решений, в том числе на основе машинного обучения. Промышленность стремится к самокорреляции, самооптимизации и самонастройке производства на основании сделанных прогнозов.

Совокупность этих процессов можно назвать метавселенной, где с одной стороны действует цифровой двойник, с другой — происходит управление объектами реальности. Говоря о метавселенной, мы говорим о взаимодействии внутри одной системы.

Об опыте внедрения промышленной метавселенной

«Гипроникель» находится на этапе, когда создаются качественные данные и связанная информация. Сейчас мы предпринимаем попытки выйти на уровень наглядности, пропуская информацию через базы данных и создавая удобные для человеческого восприятия интерфейсы — цифровой генплан, дашборды. Это важный промежуточный этап перед выходом на саморегулируемую систему (с участием программных агентов), в которой значение визуализации не будет таким высоким.

«Гипроникель» пытается вырастить свою платформу как инструмент сбора и передачи данных. Но я бы не стал характеризовать это как что-то единое. Скорее платформа представляет набор микросервисов для работы с данными. Сложности возникают при попытке упорядочить эту информацию, обеспечить интероперабельность данных.

Об интересах промышленности в переходе к метавселенной

Компании заинтересованы в создании саморегулируемой системы, поскольку в ней содержатся скрытые потенциалы для повышения производительности, надежности и безопасности. При всём

том отсутствуют примеры реализованных проектов, готовых путей. Но имеются заделы, например, у «Норникеля» есть «озёра» данных, которые применяются в решении логистических задач.

Цифровые двойники, которые создаются для эксплуатации и обслуживания активов, как направление развития обладают меньшим приоритетом, чем двойники производственных процессов. Это прежде всего инвестиционная возможность: направление тестируется, но пока не вошло в операционную деятельность. Трудность заключается в том, что отсутствует готовая система, которую можно бы было рассмотреть в качестве примера.

Среди всех технологий промышленной метавселенной компьютерное зрение сейчас внедряется наиболее эффективно. Например, оно позволило добиться хороших операционных результатов при контроле качества поступающей руды для настройки обогатительного оборудования. Но многие проекты сводятся к демонстрации вендорами результативности их программных продуктов. Часто это принимает вид пилотного проекта, результаты которого после публикации очень редко внедряются в операционную деятельность, поскольку это требует нового подхода к методологии, оборудованию, инструкциям.

Развитие промышленной метавселенной в российских компаниях ограничивается потребностью в значительных вложениях. Пилотные проекты важны для отработки методологии, однако не всегда достигают операционных результатов.

Предположим, мы внедряем новый бизнес-процесс в одном цехе из пяти действующих. В силу того, что остальные продолжают работать в соответствии со старыми инструкциями, новый всё равно вынужден взаимодействовать с ними через старые интерфейсы. Всю документацию приходится дублировать, и тогда по своей эффективности он проигрывает. Полный же переход всех пяти цехов создает большие риски, нужна подтвержденная апробация, эксперимент. Но ни на одном из производственных объектов руководство не выступает с инициативой стать площадкой для такого эксперимента, позиция тут скорее осторожная.

Ситуация будет меняться в случае создания полностью новых заводов в комплексе с новыми системами и бизнес-процессами. И даже в этом случае технологии промышленной метавселенной будет тяжело затянуть в контур проекта, поскольку не всем такой переход представляется экономически целесообразным.

Архитектура и игроки рынка промышленных метавселенных

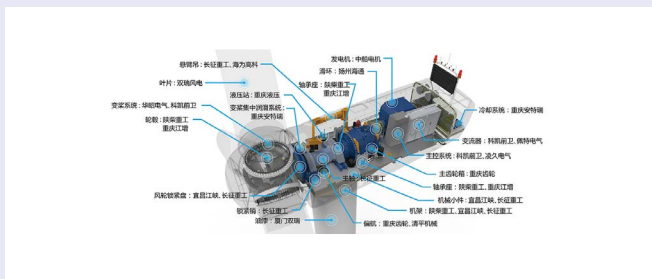
Участников рынка промышленных метавселенных можно разделить на две категории. К первой относятся компании, предоставляющие услуги, оборудование, программное обеспечение и инфраструктуру, — они зарабатывают напрямую на внедрении промышленных метавселенных. Во вторую категорию входят промышленные предприятия, которые получают операционные результаты в виде повышения эффективности производства, преодоления дефицита кадров, снижения углеродного следа (подробно описаны в разделе 3). Среди них можно выделить «ранних последователей» — предприятия, которые активно вовлекаются в совместные с технологическими компаниями пилотные проекты по запуску промышленных метавселенных.

Наиболее изученная область применения метавселенной — образование (рис. 10). Как уже упоминалось ранее, подготовка кадров в различных сферах промышленности остается одним из наиболее эффективных способов применения метавселенной в наши дни.

Еще одно важное сквозное направление, активно изучающее метавселенные, — энергетика. Метавселенные используются в производстве генерирующего оборудования и контроля электросетевой инфраструктуры. В энергетической отрасли зародились прообразы промышленной метавселенной — умные энергосети (smart grids), в которых управление распределением энергии может осуществляться благодаря полностью виртуальным цифровым моделям устройств.

Кейс

Китайская государственная судостроительная корпорация использует промышленную метавселенную в производстве ветряных электростанций и управлении сетями



Источник: CSSC ²⁵

25 Introduction of the CSSC Whole Industrial Chain // CSSC. URL: cssc-hz.com/?en/Technologies/Collaboration/ (дата обращения: 20.04.2023).

Промышленные метавселенные

4

Китайская судостроительная корпорация (CSSC) — один из крупнейших в мире производителей ветряных электростанций. Это разветвленный холдинг: в производстве одной турбины для ветряка задействовано более 22 компаний, в т. ч. относящихся к военной промышленности, обладающих ценными компетенциями в гидравлике и микроэлектронике.

Для повышения эффективности использования активов в компании используются цифровые платформы коллаборативных исследований и разработок, дизайна, производства, сервиса и управления.

Они включают участников всей цепочки производства — от поставок комплектующих до менеджмента жизненного цикла изделий, генерации и распределения энергии.

Метавселенные активно проникают и в сферу здравоохранения: здесь одним из знаковых проектов стала Siemens Healthineers — цифровая платформа решений и сервисов в области медицинского обслуживания, диагностики, проведения дистанционных хирургических операций и управления больницами²⁶.

²⁶ The industrial metaverse is changing the world in these 4 key ways // Technically. URL: technical.ly/software-development/industrial-metaverse-world-economic-forum-panel/ (дата обращения: 20.04.2023).

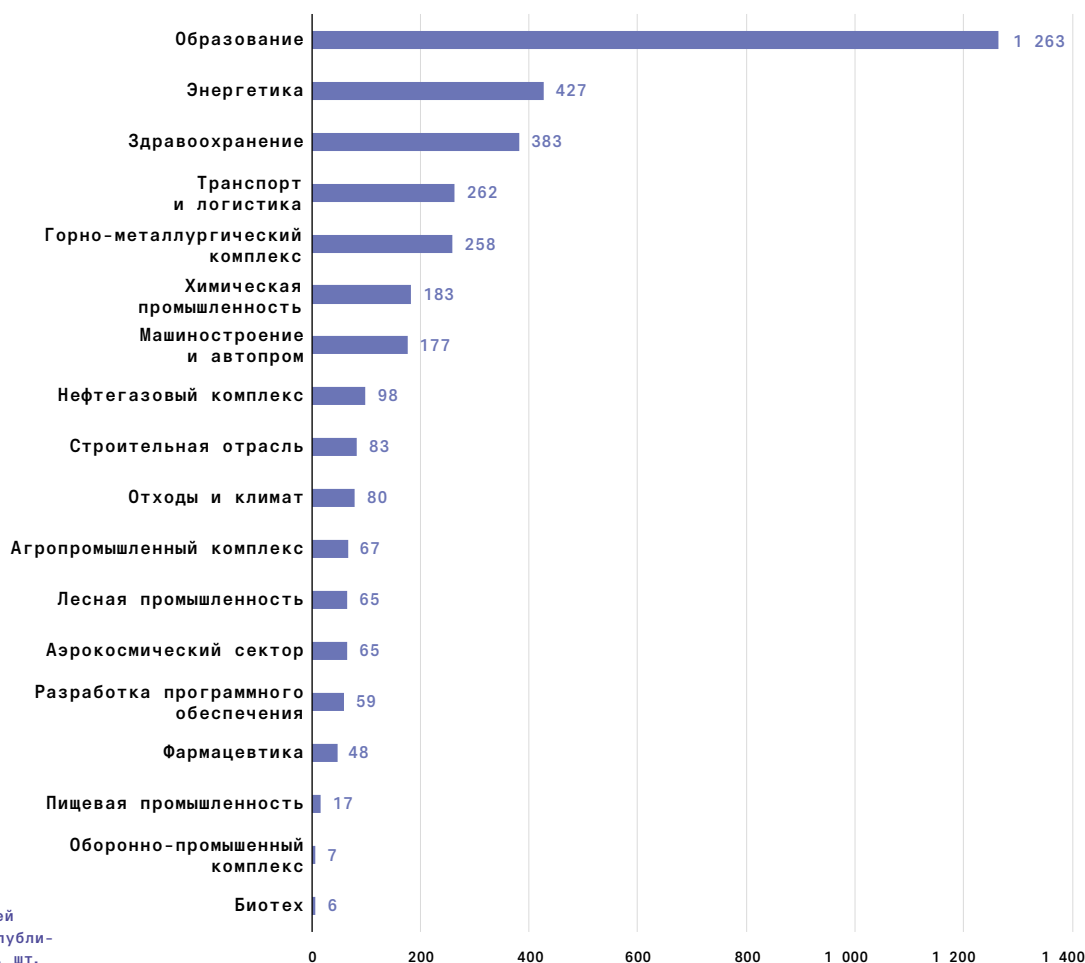


Рис. 10. Рейтинг готовности отраслей к метавселенной по числу публикаций в Scopus, 2012–2022, шт. Источник: ЦСР «Северо-Запад» по данным Scopus

В России начинают появляться первые «острова» метавселенных. Как и во всём мире, они в первую очередь возникают в крупных производственных компаниях, имеющих достаточный масштаб производства и объём ресурсов для закупки оборудования, инжиниринга промышленных систем и проведения НИОКР. К числу «ранних последователей» промышленной метавселенной в России можно отнести «Газпром нефть», структуры «Ростеха», «Росатом», «Норильский никель», «РЖД», хотя их решения метавселенными пока назвать нельзя.

Эволюция российского рынка идет в рамках глобального вектора. Например, подход «Газпром нефти» к метавселенной предполагает постепенное усложнение и формирование промышленной метавселенной — от создания цифровых двойников отдельного оборудования к общей экосистеме всех площадок, что соответствует переходу от «островов» метавселенной к «подключенным экосистемам».

Однако общий уровень внедрения технологий, обеспечивающих развитие промышленной метавселенной в России, остается низким. Только 3,3 % организаций обрабатывающей промышленности и 1,1 % предприятий в целом используют технологии цифровых двойников, являющиеся ключевой составляющей промышленной метавселенной. Низким также остается показатель внедрения искусственного интеллекта — около 5 % в среднем по экономике (рис. 11).

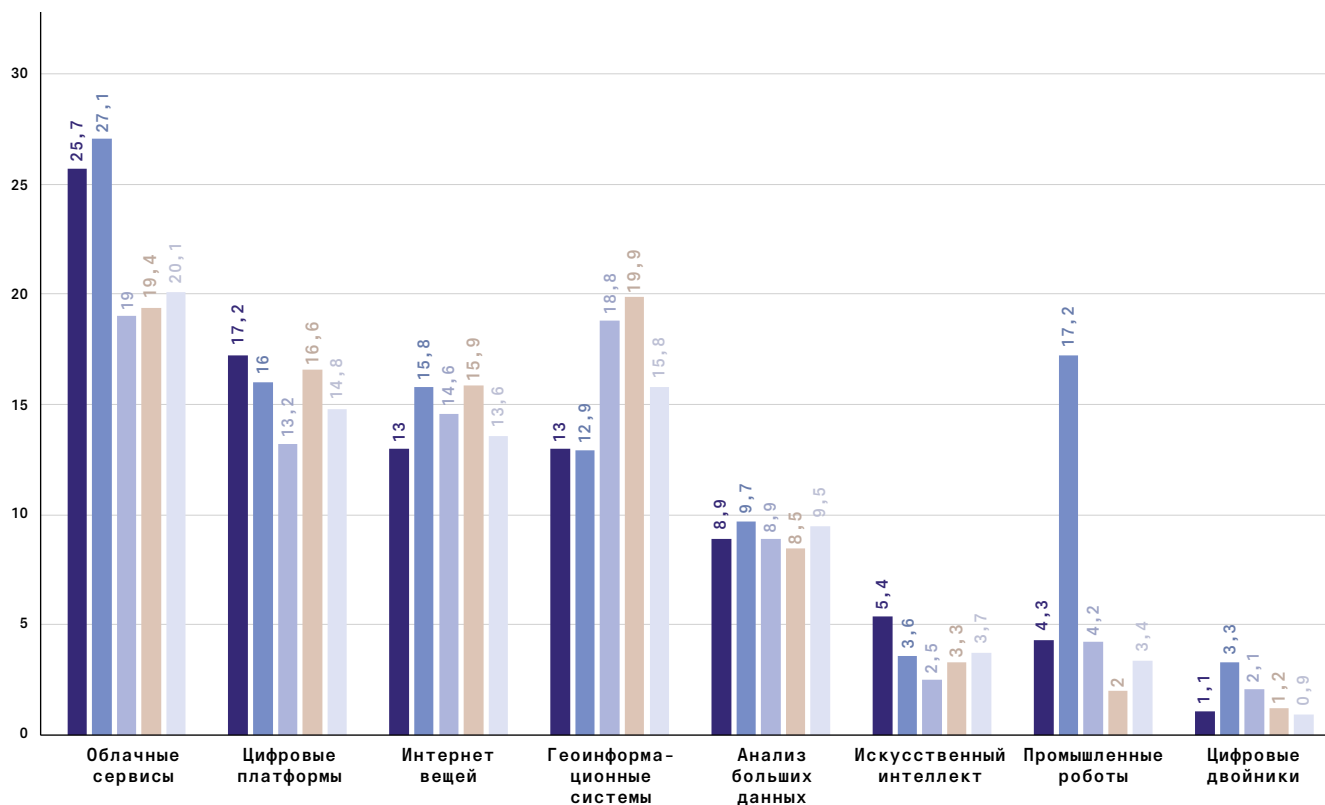
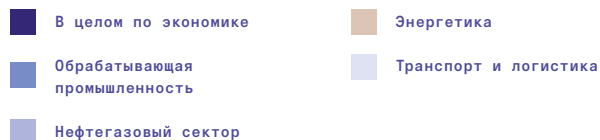


Рис. 11.
Доля организаций, использующих технологии, которые обеспечивают развитие промышленной метавселенной, по отраслям, 2020, %
Источник: НИУ ВШЭ²⁷



27 Цифровая трансформация: ожидания и реальность // НИУ ВШЭ. URL: issek.hse.ru/mirror/pubs/share/603838492.pdf (дата обращения: 20.04.2023).

Ключевым преимуществом внедрения технологий метавселенной должен стать не только перенос части действий, таких как обучение персонала, в виртуальную среду, но и переход на новый уровень продуктивности, который смогут обеспечить новые бизнес-модели, основанные на промышленной метавселенной.

Вслед за этим начнет формироваться рынок данных и моделей, вырастет масштаб рынка IoT-устройств и микроэлектроники, программного обеспечения. Это приведет к расширению сегмента сервисных компаний, который будет открыт для экспансии холдинговых структур: внутренних центров разработки промышленного ПО, производителей оборудования для кросс-отраслевой промышленной метавселенной. В результате «ранние последователи» промышленной метавселенной в России сумеют получить контроль над активами и технологиями, обеспечивающими операционную эффективность и конкурентоспособность всего промышленного рынка.

Важная отрасль для разворачивания промышленных метавселенных — добывающий сектор. Он предъявляет высокие требования к окупаемости месторождений, эффективности логистики и прогнозированию естественных сред, к которым не всегда есть физический доступ: залежей полезных ископаемых, рудников, рельефа, морского дна и водной поверхности. Отсюда и особенность этого сектора — необходимость создания цифровых двойников природных объектов.

Таким цифровым двойникам нужен гораздо больший объём вычислительных мощностей, чем цифровым двойникам промышленного оборудования. Кроме того, необходимо учитывать множество естественных законов и факторов неопределенности, например для прогнозирования движения арктических льдов.

Промышленная метавселенная требует не просто создания цифровых двойников природных объектов, но и взаимосвязи их с производственными процессами и операционной деятельностью компании. Поэтому каждый проект по созданию «острова» метавселенной в нефтегазовом секторе опирается на уникальные решения, зависящие от природных условий, геологии и географического положения месторождения, что осложняет масштабирование промышленной метавселенной.

Кейс

ГК «Цифра» развивает концепцию «Цифрового актива» — следующего шага в эволюции цифровых двойников месторождений



Источник: VC ²⁸

28 Цифровые двойники нефтегазового месторождения и актива: что они могут дать отрасли и что нужно, чтобы их создать // VC. URL: vc.ru/zyfra/451619-cifrovye-dvoyniki-neftegazovogo-mestorozhdeniya-i-aktiva-chto-oni-mogut-dat-otrasli-i-chto-nuzhno-htoby-ih-sozdat (дата обращения: 20.04.2023).

5

Если в базовом цифровом двойнике месторождения отражается система «пласт, скважина, сеть сбора», то в цифровом активе добавляется учет энергетики, кадров и экономики.

В случае цифрового двойника пользователь оперирует технологическими показателями (дебит нефти, количество скважин, объём промывочного раствора). В цифровом активе эти показатели пересчитываются на экономику (денежные потоки, чистая приведенная стоимость, индекс доходности и др.).

Промышленная метавселенная также позволяет реализовать новый подход к кадрам в нефтегазовом секторе. Раньше на каждом месторождении приходилось обеспечивать присутствие квалифицированных специалистов, контролирующих работу промышленного оборудования. Теперь технологии виртуальной и расширенной реальности позволяют одному эксперту отвечать сразу за несколько месторождений, осуществляя дистанционный мониторинг и консультируя работников на местности²⁹.

В высокотехнологичных областях нефтегазового сектора, чувствительных к скорости исследований разработок (химия и нефтегазопереработка), одно из ключевых преимуществ промышленных метавселенных заключается в интеграции инновационных функций нескольких участников, сборке отраслевых датасетов, парка цифровых двойников и моделей искусственного интеллекта, которые позволяют ускорить темпы создания и вывода новых материалов на рынок.

29 Augmented reality (AR) & virtual reality (VR) // Shell Global. URL: shell.com/energy-and-innovation/digitalisation/digital-technologies/ar-vr.html (дата обращения: 20.04.2023).

Кейс

КНИТУ создает промышленную метавселенную совместно с Сибуром, Газпромом и другими индустриальными партнерами



Источник: : КНИТУ ³⁰

30 КНИТУ провел круглый стол по передовым инженерным школам // КНИТУ. URL: kstu.ru/event.jsp?id=135434 (дата обращения: 20.04.2023).

6

Промышленная метавселенная — один из проектов передовой инженерной школы «Промхимтех». Она представляет собой платформу цифровых двойников с возможностью симуляции, участниками которой могут быть промышленные предприятия и научные организации.

Пользователи сами будут заводить данные на ресурс, а КНИТУ-КХТИ как оператор будет проверять их достоверность и управлять собираемым датасетом. В перспективе это ускорит темпы исследований и разработок, направленных на решение производственных задач, проектирование новых материалов.



**Михаил Дмитриевич
Корольков,**
руководитель направления
стратегического развития
информационных технологий
ПАО «Газпром нефть»

Об определении промышленной метавселенной

Формулируя определение промышленной метавселенной, важно иметь в виду, что речь идет не об отдельных пользователях, поскольку люди здесь не выступают главными потребителями. Ее суть — в доведенной до финала идее цифровых двойников.

Промышленная метавселенная — это среда для работы и взаимодействия программных агентов и людей. Можно говорить о существовании мультиагентной системы: каждый агент работает в рамках своей модели.

Новым трендом становится единая официальная, доступная всем система — основа для моделирования и взаимодействия. Можно ожидать, что такая система будет приобретать эмерджентные свойства, когда простые агенты решают сложные задачи во взаимодействии. Ключевой вопрос в том, должны ли они действовать в рамках единой модели или на отдельных участках.

Когда существует общая модель всего, агентам понятнее алгоритм действий. Однако создание единой универсальной модели требует серьезных ресурсов. Вероятнее всего, движение в этом направлении продолжится, но его скорость сложно предугадать. Пока единую модель компании еще никто не смог построить. Можно обратиться к примерам внедрения инноваций прошлого поколения: хотя 15 лет назад тема моделирования бизнес-процессов была популярна, в действительности осуществили его единицы компаний. К их числу относится, например, BMW.

О цифровых двойниках

В «Газпром нефти» развивается целый ряд локальных цифровых двойников: осуществляется наполнение и актуализация данных, алгоритмы становятся более точными. Тем не менее, глобальная стратегия действий в этом направлении пока не сформулирована. Как раз для этого мы запускаем процесс формирования концепции развития компании в области метавселенной.

Среди конкретных моделей можно упомянуть ключевую для нас — модель пласта. Единой модели еще нет, она представлена множеством отдельных компонентов. Единую модель подземной части месторождения должен представить проект «Самообучающаяся модель пласта». Программа нацелена на интеграцию существующих компонентов для создания единого цифрового двойника значительной части подземных

составляющих месторождения — с перспективой его полного охвата. Мы видим здесь выход на качественно новый уровень применения технологий.

Об искусственном интеллекте

Если говорить о глобальной модели промышленной метавселенной, то, наверное, единственный возможный подход — построить эту модель с помощью технологий искусственного интеллекта, поскольку человеческих ресурсов для реализации такой цели недостаточно.

О роботизации

У «Газпром нефти» есть стратегия цифровой трансформации, которая предполагает, что осуществляется цифровой сбор данных, их анализ и принятие решений. Решения же выполняют либо люди, либо роботы. В будущем именно роботы станут исполнителями решений, принятых цифровым способом. Роботизированные системы необходимо встраивать в метавселенную — оттуда будут исходить приказы. Робот должен выполнить полученную задачу и обеспечить обратную связь.

О блокчейне

Обсуждая вопрос внедрения блокчейна в деятельность компании, можно констатировать, что на данном этапе возможных сценариев его промышленного применения мы не нашли, хотя и был период активного изучения данной темы.

Блокчейн актуален там, где много независимых игроков, полное доверие между которыми не сформировано, ведь блокчейн и есть инструмент создания этого самого доверия. Тем не менее, в случае перехода к общей для всех участников рынка метавселенной блокчейн может приобрести актуальность.

Что касается необходимости внедрения блокчейна в промышленную метавселенную. В современном понимании ее контролирует компания-создатель, и допускаются в нее лишь те, кому компания доверяет. В этом случае необходимости в блокчейне нет. Вероятно, в будущем он откроет новые возможности, но на современном этапе вопрос его внедрения не приоритетный.

О рынке данных

В «Газпром нефти» есть стратегия в области данных, которая определяет принципы и подходы работы с ними. Метавселенная создаст новые возможности для углубления деятельности в этом направлении. Если говорить про обмен и торговлю данными и моделями как рыночными продуктами,

в этом у компании опыта нет, равно как и понимания того, чем и как торговать в таком случае.

Но если предположить, что, загрузив все данные и построив одну большую модель, мы получим результат, подобный ChatGPT (появится супергеолог или суперинженер), тогда возникнет основание для обмена качественными данными с другими участниками рынка.

О вычислительных ресурсах и преодолении их дефицитов

«Газпром нефти» в будущем предстоит решить проблему дефицита вычислительных мощностей при цифровой трансформации, поскольку для создания больших моделей необходимы значительные ресурсы. В России ими обладают лишь технологические компании, такие как Сбер, Яндекс, VK. У промышленных компаний таких ресурсов нет, и для обоснования потребности в них необходим конкретный бизнес-кейс. Промышленность не обладает компетенциями для создания суперкомпьютерных дата-центров. До сих пор этот вопрос не имел большого значения, но в ближайшее время он приобретет актуальность.

В том, что касается работы с внешними провайдерами вычислений, всё зависит от политики компании. Например, «Газпром нефть» не работает с внешними сервисами.

Перспективными в этой части являются технологии edge-вычислений, поднимающие вопрос о том, как будет происходить интеграция на уровне данных, моделей, задач. Сфера изучена мало, нужны научные исследования, которые позволят совершить прорывы.

О сетях передачи данных

Проблема сетей передачи данных возникает не на всех уровнях. Метавселенная — это основа для совместной работы программных агентов. К ним относятся агенты — планировщики логистики и централизованные сервисы, у которых проблем со связью нет. Трудности возникают на уровне роботизации. В «Газпром нефти» реализуется инициатива по созданию безлюдной стройплощадки. Тут вопросы сетей передачи данных имеют большое значение. В настоящий момент проблема не связывается с идеей метавселенной, но со временем эти вопросы могут быть рассмотрены вместе.

О технологиях виртуальной реальности

VR как технология представляется лишь одним из ряда средств доступа к метавселенной и не выглядит как его основной инструмент. Для большинства пользователей будет достаточно 2D-экрана.

В том, что касается развития направлений применения VR, у «Газпром нефти» есть среднесрочный план действий, набор локальных кейсов. Разработка долгосрочных планов может быть стимулирована с принятием концепции метавселенной.

О других проблемах, связанных с созданием промышленной метавселенной

В контексте структурного образа промышленной метавселенной, помимо упомянутых выше блоков, стоит сказать о платформенной части. Должна появиться платформа, которая позволит создавать, запускать, хранить, управлять жизненным циклом образуемых моделей, и на ней будут взаимодействовать программные агенты.

Кроме технических аспектов, есть много вопросов из сферы бизнеса. Прежде всего, кто и что станет источником этих технологических решений, ведь в стране их сейчас нет. Существует множество лакун: нет ни отечественных платформ, ни гарнитур, ни ИИ, и непонятно, кто и на каких условиях их будет заполнять.

В мире к ведущим платформерам относятся NVIDIA, OpenAI. Вопрос платформы один из самых сложных. Отечественных решений в этой сфере либо нет, либо они немасштабируемые. Именно здесь и поднимаются экономические и политические вопросы — кто выступит инициатором, инвестором и организатором создания такой платформы?

Даже если мы говорим о создании метавселенной «Газпром нефти», в нее зайдут тысячи игроков (с учетом количества наших подрядчиков). Вопрос в том, как это будет организовано с точки зрения бизнеса. Один подход состоит в том, чтобы регулировать это на уровне договоров. Однако всё может быть и сложнее, например, если подрядчик обладает технологией, за которую он хочет оставить авторство, но которую он также должен инкорпорировать в нашу метавселенную. Пока не совсем понятно, как это реализовать. Промышленная метавселенная должна иметь универсальный кросс-отраслевой характер. Нет смысла предлагать много решений. Должна сформироваться группа из четырех-пяти крупных компаний — «критическая масса» заинтересованных в развитии единой промышленной метавселенной.

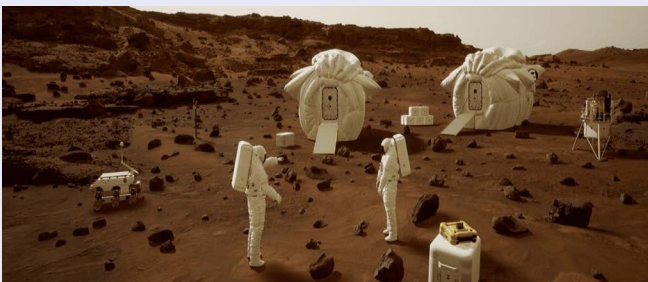
В космической отрасли промышленные метавселенные связаны с несколькими направлениями: созданием цифрового двойника Земли и других планет, строительством космических аппаратов на Земле и в космосе.

Создание цифрового двойника Земли и других планет

Космическая отрасль была и остается технологическим пионером и основным заказчиком разработок для больших задач, для решения которых метавселенная подходит в наибольшей степени. В связи с этим в отрасли появляется множество проектов внедрения метавселенных для проведения научных исследований во внеземном пространстве, особенно в таких областях, как исследование дальнего космоса, галактик и планет.

Кейс

NASA и Epic Games создают цифровой двойник Марса



Источник: The Metaverse Insider ³¹

³¹ NASA Teams Up with Epic Games to Enter the Metaverse with a Bold Challenge // The Metaverse Insider. URL: <https://metaverseinsider.tech/2022/06/10/nasa-teams-up-with-epic-games-to-enter-the-metaverse-with-a-bold-challenge/> (дата обращения: 20.04.2023).

Проект MarsXR уже включает виртуальное пространство — копию 400 км² рельефа, симуляцию марсианской погоды, роверов и скафандров.

Совместно с Epic Games, владельцем движка Unreal Engine 5, NASA запустило конкурс по разработке новых объектов, которые позволят моделировать процессы развертывания марсианской колонии, полевые научные исследования, обслуживание оборудования и исследование поверхности.

Промышленная метавселенная способна создать цифровой двойник Земли из отдельных географических, промышленных объектов и городов. Это позволит прогнозировать природные явления, создавать модели и сценарии — прежде всего климатических процессов и областей промышленности и экономики, например в строительной отрасли³².

В рамках одной из главных международных программ по цифровому дистанционному зондированию Destination Earth^{33, 34} исследователи из Европейского

³² Scientists start work on simulation of entire Earth // The Byte. URL: futurism.com/the-byte/scientists-start-simulation-entire-earth (дата обращения: 20.04.2023).

центра среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF), Европейского космического агентства (ESA) и Европейской организации по эксплуатации метеорологических спутников (EUMETSAT) планируют создать и запустить полный цифровой двойник Земли в период с 2024 по 2030 годы для улучшения моделей прогнозирования погоды путем конвергенции уже существующих^{35, 36}.

В гонку по созданию цифрового двойника Земли включился частный бизнес. Например, компания Lockheed Martin в сотрудничестве с NVIDIA работает над созданием цифрового двойника климатических процессов Земли для Национального управления океанических и атмосферных исследований на платформе OpenRosetta3D³⁷.

По мере разворачивания группировки спутников и увеличения объёма принимаемых данных с различных летательных аппаратов с применением технологий искусственного интеллекта и машинного обучения скорость моделирования происходящих на Земле процессов можеткратно возрасти. Это позволит отфильтровать важную информацию и более точно описать физические процессы³⁸. Так, применение квантового компьютера поможет генерировать модели, необходимые для анализа, прогнозирования и предотвращения природных катастроф, управления природными ресурсами³⁹.

Строительство космических аппаратов на Земле и в космосе

Впервые цифровой двойник для космической промышленности в виде прототипа-симулятора был внедрен по программе «Аполлон»⁴⁰ в 1960х — 1970х годах. Сейчас компании при проектировании и создании космических аппаратов разрабатывают и используют цифровые двойники, элементы виртуальной реальности и другие решения для повышения эффективности производства, моделирования различных состояний при эксплуатации космических аппаратов. В частности, для сокращения финансовых и временных затрат на производство, последующее техническое обслуживание и увеличение объёма выпуска продуктов с помощью 3D-печати и продуктов путем улучшения технических характеристик, например увеличения жизненного цикла, радиационной устойчивости, миниатюризации и др.⁴¹.

Для большей эффективности производства в космической промышленности рассматривается концепция Space Factory 4.0 (в рамках развития коммерческого производства космических аппаратов NewSpace). Она предполагает внедрение роботизированной сборки модульных спутников на Земле (а затем на орбите) на основе использования цифровых двойников, человеко-машинного интерфейса и других технологий производства⁴². На первом этапе Space Factory 4.0 международные компании космической промышленности постепенно внедряют различные сервисы для увеличения выпуска спутников в рамках конвейерного производства на «суперфабриках»⁴³.

33 Destination Earth – new digital twin of the Earth will help tackle climate change and protect nature // European Commission. URL: ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_22_1977 (дата обращения: 20.04.2023).

34 Destination Earth // European Commission. URL: /digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/destination-earth (дата обращения: 20.04.2023).

35 Scientists begin building highly accurate digital twin of our planet // ETH Zurich. URL: ethz.ch/en/news-and-events/eth-news/news/2021/02/a-highly-accurate-digital-twin-of-our-planet.html (дата обращения: 20.04.2023).

36 A digital twin of Earth for the green transition // Nature. URL: nature.com/articles/s41558-021-00986-y (дата обращения: 20.04.2023).

37 Lockheed Martin to Build Digital Twin for NOAA With NVIDIA // Via Satellite. URL: satellitetoday.com/technology/2022/11/17/lockheed-martin-to-build-digital-twin-for-noaa-with-nvidia/ (дата обращения: 20.04.2023).

38 Scientists begin building highly accurate digital twin of our planet // Phys.org. URL: phys.org/news/2021-02-scientists-highly-accurate-digital-twin.html (дата обращения: 20.04.2023).

39 Artificial Intelligence, machine learning, and blockchain in quantum satellite, drone and network / edited by Thiruselvan Subramanian, Archana Dhyani, Adarsh Kumar and Sukhpal Singh Gill. – CRC Press, 2023. – 244 p.

40 NASA's Learn-to-Fly Project Overview // NTRS – NASA Technical Reports Server. URL: ntrs.nasa.gov/api/citations/20190027218/downloads/20190027218.pdf (дата обращения: 20.04.2023).

41 Industry 4.0 and the Future of UK Space Manufacturing: Final Report // London Economics. URL: londoneconomics.co.uk/wp-content/uploads/2019/07/LE-Industry-4.0-and-the-Future-of-UK-Space-Manufacturing-Final-Report.pdf (дата обращения: 20.04.2023).

42 Space Factory 4.0 – New processes for the robotic assembly of modular satellites on an in-orbit platform based on “Industrie 4.0” approach // German Aerospace Center (DLR). URL: elib.dlr.de/123546/ (дата обращения: 20.04.2023).

43 China's Satellite Super Factories and US National Security // MCPA. URL: public.milcyber.org/activities/magazine/articles/2021/baughman-chinas-satellite-super-factories (дата обращения: 20.04.2023).

Кейс

Сотрудничество Boeing и Millennium Space Systems с целью производства спутников



Источник: Metal AM ⁴⁴

44 Boeing and Millennium Space Systems launch high-throughput small satellite production facility // Metal AM. URL: <https://www.metal-am.com/boeing-and-millennium-space-systems-launch-high-throughput-small-satellite-production-facility/> (дата обращения: 20.04.2023).

Компании планируют использовать цифровое моделирование, 3D-печать при изготовлении корпусов (переход от полимерной к металлической печати) и других компонентов, чтобы сократить время производства. На новом заводе планируется выпускать 300 малых космических аппаратов в год под задачи Правительства США по формированию группировки спутников для представления услуг связи.

Среди рынков космической экономики будущего выделяются перспективные направления, развитие которых непосредственно связано с промышленной метавселенной.



Обеспечение телекоммуникаций



Безопасность процессов на Земле и в космосе



Кибербезопасность



Космический туризм и моделирование различных процессов на космической станции и космических аппаратах в виртуальном пространстве



Исследование дальнего космоса



Мониторинг климата и других явлений на земной поверхности



Производство и обслуживание космических аппаратов и другой техники на Земле и в космосе с перспективой создания цифровых орбитальных заводов

Компании, которые уже сейчас используют отдельные достижения промышленной метавселенной при производстве космических аппаратов и других объектов, в будущем смогут стать лидерами рынка космических услуг как на Земле, так и в космическом пространстве.

5.3

Метавселенные в обеспечении государственных услуг и государственном управлении

Для государства возможности промышленных метавселенных (увеличение операционной эффективности, снижение издержек, повышение прозрачности и безопасности производственной деятельности и услуг) не менее важны, чем для промышленных компаний.

Промышленные метавселенные позволят осуществлять точный онлайн-мониторинг и прогнозирование потребления ресурсов и услуг, которыми оперируют государственные органы. Это касается электричества, воды, транспортной инфраструктуры, социальных объектов. Интеграция данных и цифровых двойников гособъектов и промышленных предприятий станет одним из ключевых направлений для формирования единой промышленной метавселенной, в которой государство будет ключевым участником.

Кейс

Управление электричеством и водоснабжением Дубая (DEWA) запустило свою метавселенную DEWAVerse



Источник: Правительство Дубая ⁴⁵

45 DEWA launches DEWAVerse platform on Metaverse // Government of Dubai. URL: dewa.gov.ae/en/about-us/media-publications/latest-news/2022/10/dewa-launches-dewaverse-platform-on-metaverse (дата обращения: 20.04.2023).

9

DEWAVerse снабжена набором инструментов для совместной удаленной работы с цифровым двойником системы электро- и водоснабжения.

Кроме того, действуют метадроны, осуществляющие сбор информации, обслуживание и генерирование отчетов о работе солнечных панелей, и инструменты автоматического создания цифровых двойников электрооборудования.

Именно государство является ключевым стейкхолдером цифровых двойников городов и получит возможность использовать их для реализации своих функций и задач. Перечислим некоторые из них.

1. **Общий контроль и оптимизация использования городских ресурсов:** электричества, воды, тепла, коммунальной техники
2. **Контроль экологической обстановки:** выбросов парниковых газов, вредных веществ, загрязнений
3. **Государственные услуги в метавселенной (цифровые двойники административных зданий, виртуальные МФЦ, предиктивное оказание государственных услуг на основе интеллектуального анализа агрегированных данных из разных источников)** позволят существенно повысить скорость обслуживания граждан
4. **Виртуальный туризм и события (посещение цифровых двойников музеев, виртуальное присутствие на проводимых в городе спортивных и культурных мероприятиях)** помогут увеличить охват и монетизацию туристических и культурных объектов

В глобальном масштабе уже заметны солидные государственные инвестиции в создание метавселенной. Главным образом это городские проекты, направленные на развитие услуг на основе цифрового двойника. Фактически мы можем стать свидетелями формирования виртуальной географии — системы географических пространств в виртуальной среде. Главной ценностью этого пространства станет доступ к получению более полного представления и моделированию новой эстетики городского пространства, а также к формированию новых ценностей общества, глубокого интегрированного в цифровую среду. Виртуальная география — дополнительный способ улучшения имиджа города и получения доступа к новым видам доходов; способ апробации новых подходов в проектировании перспективной продукции, моделировании новых типов промышленных производств и технологических услуг.

Свою стратегию в области метавселенной принял Дубай. Среди приоритетов развитие виртуального туризма, образования, государственных сервисов и создание рынка виртуальной недвижимости в цифровом двойнике города. По мнению министра искусственного интеллекта, цифровой экономики и удаленной работы Дубая, стратегия позволит создать условия, в которых «вся метавселенная будет вращаться вокруг Дубая»⁴⁶. Существенные инвестиции в метавселенную направляет правительство Южной Кореи: их усилия направлены на развитие медиасферы, виртуальных событий и креативной экономики в метавселенной.

46 Dubai Metaverse Assembly Outcomes Report // Dubai Future Foundation. URL: <https://www.dubaifuture.ae/wp-content/uploads/2022/12/TheMetaverseAssembly-OutcomesReport-WP-English.pdf> (дата обращения: 20.04.2023).

Кейс

10

Власти Сеула представили первый цифровой двойник города – Metaverse Seoul



Источник: RB⁴⁷

47 Metaverse Seoul – правительство Южной Кореи запустило долгожданную метавселенную с госуслугами и офисами брендов // RB. URL: rb.ru/longread/metaverse-seoul/ (дата обращения: 20.04.2023).

Резиденты Южной Кореи могут отныне перемещаться в виртуальной копии части города, создав свой цифровой аватар.

Одной из точек притяжения стала виртуальная городская администрация, в которой гражданам предоставляют консультации. В Metaverse Seoul открылись виртуальные представительства Samsung и других крупных компаний. Образовательные организации сообщают о переносе части учебных программ в метавселенную, а бизнес оказывает в виртуальном пространстве коммерческие услуги и продает цифровые товары.

Общий объем инвестиций в проект составил 180 млн долларов. Первый этап «строительства» метавселенной завершен в 2023 году, запланированы второй и третий этапы. В будущем некоторые сервисы станут доступны только в метавселенной.

5.4

Метавселенные в высшем образовании, науке и подготовке кадров для промышленности

Как было показано в разделе 3.2., развитие промышленных метавселенных создаст предпосылки для запуска нового поколения образовательных программ подготовки инженеров.

Чтобы сохранить конкурентоспособность, академическому сектору необходимо выработать два типа стратегий. К первому относятся адаптационные стратегии, предполагающие пересмотр содержания и методологии образовательных моделей для приспособления к развивающимся технологиям метавселенной. Второй тип — трансформационные модели, которые сосредоточены на создании образовательных экосистем, включающих университеты, индустриальных партнеров и технологические компании, где каждый участник вносит активный вклад в процесс массовой подготовки кадров в метавселенной. Университеты в таких экосистемах не только готовят кадры для работы в новых условиях, но и активно участвуют в процессе формирования и управления развитием промышленной метавселенной⁴⁸.

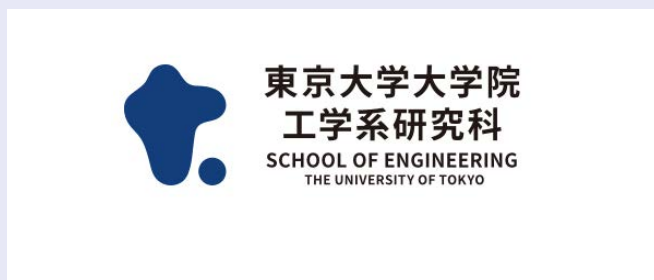
Стратегии адаптации академического сектора в условиях развития промышленной метавселенной

Внедрение технологий метавселенной в образовательную деятельность связано с использованием метавселенной в качестве новой платформы для обучения. Этот процесс включает в себя разработку образовательного контента, а также методик, технологий и новых форматов обучения. Ключевые области применения — развитие процедурных навыков (например, в хирургии или управлении сложным производственным оборудованием), обучение на основе AR, обучение действиям в случае экстренных ситуаций (симуляция аварийных ситуаций на производстве), лабораторные симуляции (обучение технике безопасности).

48 Dubai Metaverse Assembly Outcomes Report // Dubai Future Foundation. URL: <https://www.dubaifuture.ae/wp-content/uploads/2022/12/TheMetaverseAssembly-OutcomesReport-WP-English.pdf> (дата обращения: 20.04.2023).

Кейс

Университет Токио и Mitsubishi запускают «Инженерную школу метавселенной»



Источник:
Университет Токио⁴⁹

49 Announcing the Launch of "Metaverse School of Engineering" Promoting D&I and Developing DX Human Resources // University of Tokyo. URL: <https://www.t.u-tokyo.ac.jp/en/press/pr2022-07-21-001> (дата обращения: 20.04.2023).

11

Задачи инженерной школы: продвижение инженерных специальностей через посещение виртуальных производственных площадок и практических воркшопов; реализация образовательных инженерных программ; реализация программ переподготовки по цифровым навыкам (включая навыки цифрового проектирования), использование искусственного интеллекта для работников инженерных компаний.

По ожиданиям руководства университета, школа сможет обучить 100 000 человек, что позволит решить задачу массовой потребности в специалистах по цифровой трансформации в промышленных компаниях.

Университет Хьюстона, компания Nvidia и нефтесервисная компания TechnipFMC объединились, чтобы создать ПО для промышленной метавселенной



Источник: Университет Хьюстона ⁵⁰

50 Accelerating the Evolution of the Industrial Metaverse // University of Houston. URL: uh.edu/news-events/stories/2022-news-articles/august-2022/08312022-metaverse-houston-technip-nvidia-ai.php (дата обращения: 20.04.2023).

Университет Хьюстона (в рамках Консорциума инноваций ИИ) объединился с компанией Nvidia, занимающейся разработкой программного обеспечения, и нефтегазовой инженерной и сервисной компанией TechnipFMC для создания приложений промышленной метавселенной.

В 2020 году в кампусе университета появились промышленный инкубатор ИИ и цифровая нефте-промысловая лаборатория.

В 2021 году консорциум провел конференцию по искусственному интеллекту. В Консорциум ИИ также вошли Университет Пенсильвании, Университет Луизианы и Университет Луисвилла (Кентукки).

Группа работает над крупнейшим в мире портфелем промышленных приложений для нефтесервисной отрасли и других производственных секторов.

Участники консорциума стремятся к тому, чтобы специалист по технологиям эксплуатации или любой другой человек, ответственный за производство, мог использовать платформу дополненной реальности, носимый компьютер или просто смартфон, чтобы беспрепятственно соединить свою реальную рабочую среду с промышленной метавселенной.

Рынок промышленных метавселенных гораздо менее монополизирован, чем рынок потребительских или корпоративных метавселенных, который представлен «большими технологическими компаниями». BigTech входит в отдельные сегменты рынка промышленных метавселенных, но пока не претендует на позицию архитектора всего рынка, как в случае с потребительским или корпоративным сегментами.

Рынок промышленных метавселенных еще не консолидирован, поскольку нужные индустрии решения являются глубоко индивидуализированными и различаются в зависимости от региона, отрасли, уровня готовности отдельных производств к цифровой трансформации. Однако формирование промышленных метавселенных как федеративных кросс-отраслевых киберфизических производственных систем готовит благоприятную почву для монополизации и установления контроля над цепочками поставок. Как и Big Tech в современном интернете, основными бенефициарами в промышленной метавселенной станут владельцы инфраструктуры и платформ, связывающих метавселенную воедино, предоставляющих возможности быстрой разработки цифровых двойников и аналитические сервисы.

В качестве примера можно привести китайский рынок промышленной метавселенной. Наибольшее число компаний сконцентрировано в области базовых технологий: сюда входят и гиганты (такие как Siemens и Nvidia), и небольшие компании. На более сложных слоях метавселенной количество компаний существенно меньше, и они представлены преимущественно региональными игроками. На позиции сборщиков метавселенных выходят отраслевые интеграторы: провайдеры цифровых систем в энергетике, портовой логистике, дизайне одежды или производственном секторе⁵¹.

⁵¹ An Overview of China's Industrial Metaverse in 2022 and Beyond // EqualOcean. URL: equalocean.com/research/2022080915130 (дата обращения: 20.04.2023).

Кейс

Fujitsu: метафабрика в виде платформы



Источник: : Fujitsu ⁵²

⁵² Digital twins and the metaverse are converging: welcome to the metafactory // Fujitsu. URL: corporate-blog.global.fujitsu.com/fgb/2022-07-14/01/ (дата обращения: 20.04.2023).

13

Японский производитель электроники и разработчик программного обеспечения видит метафабрику как виртуальное окружение, внутрь которого помещены цифровые двойники. Fujitsu не создает сами производственные системы: амбиция компании — стать владельцем платформы и маркетплейса промышленных приложений, который позволит внешним предприятиям разрабатывать точечные решения.

Fujitsu планирует удерживать эту платформу за счет разработки стандартов, а также общего контроля за технологиями кибербезопасности, идентификации, доверия ИИ и сетевой инфраструктуры.

Высока вероятность того, что глобальный рынок метавселенных будет в конечном итоге монополизирован компаниями, успевшим первыми создать масштабируемые кросс-индустриальные решения. Когда рынок сформируется, и без того небольшое число глобальных компаний, определяющих направления развития мировой экономики, станет еще меньше.

Оценивая перспективный потенциал рынка промышленной метавселенной, следует выделить ряд ключевых позиций на нем.

1. Поставщики программных и аппаратных компонентов метавселенной в основном представлены глубоко специализированными технологическими компаниями, владеющими конкретным продуктом в составе промышленной метавселенной (вендорами отраслевого ПО, операторами финансовых расчетов с использованием блокчейна, производителями микроэлектронных компонентов и ИТ-оборудования). В этой категории в России наблюдается дефицит микроэлектроники и физического оборудования, в то время как рынок вендоров ПО и контента достаточно насыщен.
2. Владельцы цифровых и технических платформ удерживают специфические технические компетенции в пределах больших рынков. К этой категории относятся операторы мобильных сетей, держатели платформ ТИМ, САПР и др. В России имеется довольно широкий выбор платформ и провайдеров услуг. Дефицитными являются позиции производителей компонентов промышленной виртуальной и дополненной реальности и роботов, в т. ч. недорогих пользовательских устройств.
3. К пользователям и интеграторам можно отнести промышленные компании и их подразделения цифровой трансформации и цифровой инфраструктуры, которые есть сегодня в любом крупном холдинге. Кроме того, на рынке существует позиция внешнего интегратора, который может обслуживать как крупный, так и средний бизнес. И таких компаний в стране немало.

Дефицит игроков, инвестирующих в промышленные метавселенные в России, может стать причиной того, что страна упустит хорошие возможности развития. В то же время формирование промышленной метавселенной увеличит значимость незакрытых рыночных позиций и потенциальные объемы выручки, что должно привести к заполнению свободных ниш новыми игроками. Таким образом, промышленная метавселенная в России (особенно направления, связанные с производством оборудования) перспективна для инвестиций.

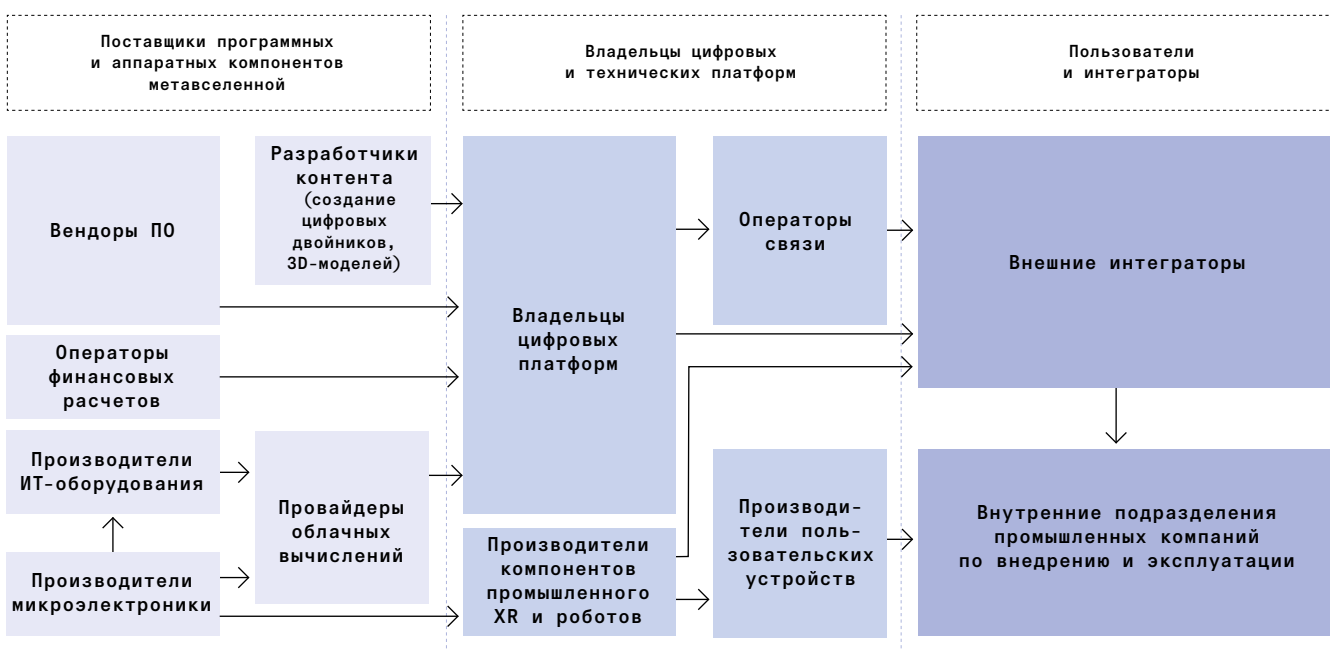


Рис. 12. Ключевые позиции на рынке промышленной метавселенной
 Источник: ЦСР «Северо-Запад» на основе материалов Credit Suisse⁵³

53 Metaverse: A guide to the Next-Gen internet // Credit Suisse. URL: [credit-suisse.com/media/assets/corporate/docs/about-us/media/media-release/2022/03/metaverse-14032022.pdf](https://www.credit-suisse.com/media/assets/corporate/docs/about-us/media/media-release/2022/03/metaverse-14032022.pdf) (дата обращения: 20.04.2023).



**Алексей Владимирович
Кораблёв,**
президент концерна «R-Про»

Об определении промышленной метавселенной

Промышленная метавселенная — это скорее маркетинговые перспективы, как на Западе, так и в России. Проблематика цифровых двойников 15–20 лет назад тоже была по большей части маркетинговой. Всё это время концерн «R-Про» занимался тематикой цифровых двойников и реализовал более 200 проектов в этой области. Уже появился государственный стандарт в сфере цифровых двойников, и при проектировании новых фабрик сразу ставятся задачи по созданию цифрового двойника, программирования оборудования в нем.

О цифровых двойниках

Цифровые двойники производства, которые мы сейчас создаем, — прообраз будущей промышленной метавселенной. Перспективы развития здесь связаны с разработкой двойников для различных сценариев: для R&D, продуктовых, технологических, организационных инноваций и всего, что касается обучения персонала. Важно обеспечить перенос одной технологии между сценарными вариантами: осуществить погружение заводов в виртуальную реальность, виртуальные совещания.

Об искусственном интеллекте

Идет активная интеграция цифровых двойников и нейросетей. В совокупности с Big Data и цифровыми двойниками возникают новые цифровые сущности, которые позволяют использовать ИИ на уровне управления производственной системой. Затем результат можно выносить на физический уровень — в конечном счете контроль за принятием решения будет осуществлять человек. Именно в коллаборации искусственного интеллекта и человека суть Индустрии 5.0.

О национальных задачах внедрения промышленной метавселенной

Для России важным фактором стало импортозамещение, уход от зарубежных систем. На Западе есть крупные зонтичные программные среды, такие как Siemens и Dassault. Последние на 30 процентов зависят от государственного финансирования. Для развития такого ПО в нашей стране также необходимы государственные программы. Однако это не подразумевает централизацию рынка. «R-Про», например, одинаково эффективно работает и с небольшими, и с крупными компаниями, в том числе государственными.

Промышленная метавселенная: технологический суверенитет и интересы государства

6.1

Промышленные метавселенные могут стать важным геополитическим фактором и влиять на позицию государств в международных альянсах

Промышленная метавселенная по своей природе — федеративная кросс-секторальная платформа, которая стремится охватить все аспекты производственной системы. Ее развитие не может ограничиваться национальными цепочками поставок, иначе начнется колоссальное отставание эффективности международной экономической кооперации от внутригосударственной. Поэтому в области промышленной метавселенной, если рынок станет расти быстрыми темпами, будет крайне важно обеспечить технологический суверенитет.

Глобальный рынок промышленных метавселенных будет развиваться как минимум в двух противостоящих друг другу техноэкономических блоках. Они начали складываться с началом торговых войн США и Китая, причиной которых стали взаимные политические и экономические противоречия двух держав. Процесс расхождения двух экономических систем продолжается в наши дни на уровне базовых промышленных решений (производство микроэлектроники, коммуникационного оборудования, программного обеспечения). Далее он перейдет на технологический уровень (различия в применяемых архитектурах оборудования и программ, промышленных стандартах). В долгосрочной перспективе принципы экономического уклада в двух крупнейших экономиках мира могут стать радикально отличающимися друг от друга, что обусловит разницу в бизнес-моделях и корпоративном составе участников рынка.

Чтобы обеспечить технологический суверенитет Российской Федерации, сохранить конкурентноспособность и производительность экономики, необходимо обеспечить наличие у России собственных программных, аппаратных решений и набора отраслевых игроков либо «контрольного пакета» в наднациональной промышленной метавселенной. Интеграция в чужие экосистемы потребует импорта сторонних стандартов; отсутствие участия в создании метавселенных ограничит возможности выпуска конкурентоспособной продукции. Поэтому в перспективе Россия будет вовлечена в один из формируемых техноэкономических блоков — или создаст собственный. Успех в формировании блока будет зависеть от присутствия национальных компаний в каждом из слоев промышленной метавселенной.

Раскрытие потенциала промышленных метавселенных невозможно без нормативной базы

Как уже говорилось в разделе 4.1., стандартизация рынка промышленных метавселенных — активно развивающееся направление, поддержанное ключевыми глобальными игроками и международными организациями по стандартизации. Но на национальном уровне остается еще множество задач в нормативной и регуляторной части.

Чтобы масштабировать промышленные метавселенные, государство должно определить правила обращения с данными, проведения транзакций и соблюдения прав интеллектуальной собственности. Промышленная метавселенная — область взаимодействия юридических и физических лиц. Как и в физическом пространстве, здесь возможны конфликты интересов, злоупотребления и нарушения. В связи с этим государство должно обеспечить законодательную базу, регулиющую метавселенную, создать инструменты контроля и исполнения установленных норм.

Финансовые отношения в метавселенной — предмет особого интереса для государства. Именно промышленная метавселенная будет формировать требования к введению политики, связанной с блокчейном, — проекты по выпуску цифровых национальных валют и контроль за обращением криптовалюты. В свою очередь, ставка на блокчейн и промышленную метавселенную позволит сформировать новые механизмы торговли между предприятиями на внутреннем рынке и с внешними партнерами.

Государственный контроль и управление промышленной метавселенной может принимать разные формы. Среди прочего могут вводиться «регуляторные песочницы», создаваться специализированные ассоциации и некоммерческие организации.

Кейс

Китайская государственная ассоциация по мобильным коммуникациям сформировала Комитет по метавселенной

14



В состав комитета вошло 17 компаний — участников рынка метавселенной, в т. ч. Tencent. Ключевой задачей комитета эксперты называют установление контроля за метавселенной на этапе развития рынка. В частности, в рамках Комитета выдвигаются такие инициативы, как вытеснение криптовалютных расчетов цифровым юанем, строгие правила регистрации и идентификации пользователей.

Одним из центральных проектов Комитета стало также создание китайских VR-устройств и виртуального контента с национальной спецификой.

Источник: Reuters ⁵⁴

54 Analysis: A metaverse with Chinese characteristics is a clean and compliant metaverse // Reuters. URL: reuters.com/markets/funds/metaverse-with-chinese-characteristics-is-clean-compliant-metaverse-2022-01-25/ (дата обращения: 20.04.2023).

Выход рынка промышленных метавселенных в масштаб будет особенно быстрым там, где государство предоставляет инфраструктуру для задач промышленной метавселенной, включая выделение вычислительных мощностей, создание площадок для работы с VR, платформ разработки программного обеспечения и приложений.

Наличие государственной инфраструктуры промышленной метавселенной способствует развитию этого направления в государственных компаниях, малом и среднем бизнесе. Оно обеспечит связь промышленных метавселенных и госуправления промышленностью, как и другими сферами экономики.

Кроме того, крупные компании с государственным участием, например в Китае, — одни из ключевых бенефициаров промышленной метавселенной.

Кейс

15

Правительство Южной Кореи инвестирует 187 млн долларов в государственную метавселенную Expanded Virtual World



Источник:
Cointelegraph ⁵⁵

55 South Korea to invest \$187M in national metaverse project // Cointelegraph. URL: <https://cointelegraph.com/news/south-korea-to-invest-187m-in-national-metaverse> (дата обращения: 20.04.2023).

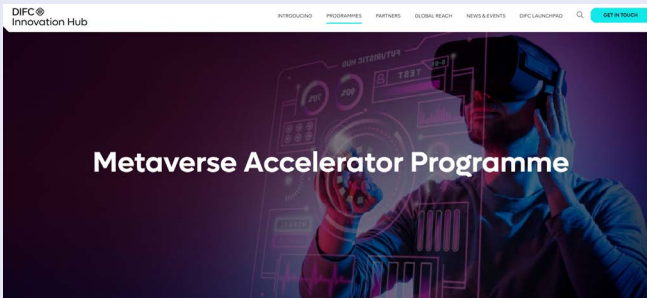
Цель государственного проекта — создание инфраструктуры для развития технологических и медийных компаний, разрабатывающих контент в метавселенной. Количество компаний, принявших участие в проекте, составило несколько сотен, что делает корейский проект наиболее агрессивной государственной инициативой по запуску рынка метавселенной.

Государство также может включаться в инициативы по формированию кадров для работы в промышленных метавселенных. В особенности это относится к программам подготовки специалистов и финансированию фундаментальных исследований. Метавселенные могут стать способом повышения качества государственных услуг, предоставляемых в т. ч. цифровым образом, и подходом к формированию государственной политики относительно инвестиционных рынков будущего в потребительском и промышленном сегментах. Возможно, именно поэтому многие города Азии и Ближнего Востока уже сегодня инвестируют в создание своих копий в метавселенных (об этом говорилось в главе 5.3).

Кейс

Dubai Future Foundation запускает платформу по акселерации метавселенной

Задача платформы — обучение команд и формирование кадрового потенциала для метавселенной. Помимо прохождения мастер-классов, участники получают возможность разработки собственного проекта и привлечения финансирования.



Источник: DIFC Innovation Hub⁵⁶

56 Metaverse Accelerator Programme // DIFC Innovation Hub. URL: innovationhub.difc.ae/programmes/Metaverse-Accelerator-Programme (дата обращения: 20.04.2023).

Чтобы не проиграть в гонке продуктивности, России нужен эксперимент в области промышленной метавселенной

Международный опыт и кейсы, приведенные на страницах этого доклада, показывают, что формирование рынка промышленных метавселенных в мире представляет собой набор экспериментов. Тем не менее, даже эти несколько десятков или сотен экспериментов смогли сформировать некоторый рынок ПО и оборудования, стандарты и подходы к созданию промышленных метавселенных. Вероятнее всего, следующий инвестиционный цикл в глобальной промышленности развитых и некоторых развивающихся стран будет предполагать изначально цифровые (digital native) производственные проекты.

Поэтому для того, чтобы сохранить технологический суверенитет и не отстать от конкурентов на мировой арене, российской промышленности необходимо сформировать собственные экспериментальные площадки. Причем ключевым инвестором должны стать крупные промышленные компании. Эксперименты в области промышленной метавселенной потребуют не отдельных линий или месторождений, а немного большего — нескольких отдельных предприятий, участвующих в общей производственно-логистической цепочке.

Ключевым вызовом в части реализации такого эксперимента для России в нынешних условиях станет не только сложность организации промышленной метавселенной, но и ее оснащение отечественной аппаратной и программной частью. Эксперимент поможет вскрыть технологические, производственные и кадровые дефициты российской промышленности и технологической отрасли — и это только обостряет его необходимость.

Кейс

17

Siemens создал Digital Native Factory в Нанкине (Китай)



Источник: Siemens ⁵⁷

57 The Digital Native Factory // Siemens.
URL: <https://siemens.com/global/en/company/topic-areas/digital-enterprise/dex/digital-native-factory.html> (дата обращения: 20.04.2023).

Активы Siemens в Нанкине включали две производственные площадки, производящие приводы, двигатели и ЧПУ-контроллеры, и отдельные логистические объекты.

За счет полностью цифрового проектирования (на основе интеграции производственных, логистических данных и автоматизации) и оптимизационных моделей компания открыла единую производственно-логистическую площадку.

Digital Native Factory позволила Siemens увеличить на 200 % объёмы производства в расчете на площадь, на 20 % — производительность труда, на 50 % — скорость поставки комплектующих.

Промышленная метавселенная — это теоретическая модель организации рынка будущего. Она требует осторожного, экспериментального подхода. Но игнорировать ее нельзя

Как показывает анализ глобальных рынков, кейсов и международного опыта, приведенный в предыдущих разделах доклада, промышленная метавселенная в настоящее время является теоретической моделью промышленного рынка будущего, которая может быть частично верной, частично ошибочной.

Несмотря на это, инвестируют в промышленную метавселенную уже давно не только технологические компании, заинтересованные в создании рынка для своих продуктов и услуг, но и традиционные промгиганты — Siemens, BMW, Hyundai, Schlumberger и многие другие.

Скорее всего, в ближайшие пять-десять лет не следует ожидать повсеместного внедрения промышленной метавселенной, хотя тут и возможны неожиданные прорывы. Достаточно посмотреть, как быстро развиваются системы искусственного интеллекта и какие неочевидные сдвиги во множестве отраслей они вызывают. Но такие тренды, как развитие интероперабельности, формирование общеотраслевых и кросс-индустриальных платформ, капитализация цифровых активов, данных и моделей, актуальны уже сегодня и признаны перспективным, хотя и не экзистенциально важным направлением инвестиций для промышленности.

Как минимум, промышленная метавселенная может стать для российских компаний областью эксперимента, который обеспечит готовность к драматическому переходу — если он будет необходим.

В сценарии, при котором этот переход начнет совершаться стремительно (на что указывают многие западные аналитики), метавселенная позволит ранним последователям осуществить экспансию на рынки и закрепиться в позиции монополиста. И это несет потенциальную угрозу всем не успевшим принять участие в возможной гонке. Поэтому руководителям промышленных компаний стоит внимательно наблюдать за трендами и изменениями в сфере промышленной метавселенной.

Библиография

Печатные издания

1. Artificial Intelligence, machine learning, and blockchain in quantum satellite, drone and network / edited by Thiruselvan Subramanian, Archana Dhyani, Adarsh Kumar and Sukhpal Singh Gill. – CRC Press, 2023.
2. Feng Xiang. Digital Twin Driven Service. – Academic Press, 2022.
9. Accelerating the Evolution of the Industrial Metaverse // University of Houston. URL: uh.edu/news-events/stories/2022-news-articles/august-2022/08312022-metaverse-houston-technip-nvidia-ai.php (дата обращения: 20.04.2023).
10. An Overview of China's Industrial Metaverse in 2022 and Beyond // EqualOcean. URL: equalocean.com/research/2022080915130 (дата обращения: 20.04.2023).
19. Destination Earth // European Commission. URL: digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/destination-earth (дата обращения: 20.04.2023).
20. Destination Earth — new digital twin of the Earth will help tackle climate change and protect nature // European Commission. URL: ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_22_1977 (дата обращения: 20.04.2023).

Электронные источники

На русском языке:

3. КНИТУ провел круглый стол по передовым инженерным школам // КНИТУ. URL: kstu.ru/event.jsp?id=135434 (дата обращения: 20.04.2023).
4. Современное инженерное образование: учеб. пособие / А. И. Боровков [и др.] // ЦСР «Северо-Запад». URL: csp-nw.ru/publications/detail.php?ID=582 (дата обращения: 20.04.2023).
5. Цифровая трансформация: ожидания и реальность // НИУ ВШЭ. URL: hse.ru/mirror/pubs/share/603838492.pdf (дата обращения: 20.04.2023).
6. Цифровые двойники нефтегазового месторождения и актива: что они могут дать отрасли и что нужно, чтобы их создать // VC. URL: vc.ru/zyfra/451619-cifrovye-dvoyniki-neftegazovogo-mestorozhdeniya-i-aktiva-chto-oni-mogut-dat-otrasli-i-chto-nuzhno-chtoby-ih-sozdat (дата обращения: 20.04.2023).
11. Analysis: A metaverse with Chinese characteristics is a clean and compliant metaverse // Reuters. URL: markets/funds/metaverse-with-chinese-characteristics-is-clean-compliant-metaverse-2022-01-25/ (дата обращения: 20.04.2023).
12. Announcing the Launch of "Metaverse School of Engineering" Promoting D&I and Developing DX Human Resources // University of Tokyo. URL: t.u-tokyo.ac.jp/en/press/pr2022-07-21-001 (дата обращения: 20.04.2023).
13. BIG IDEAS 2023 // ARK Invest. URL: research.ark-invest.com/hubfs/1_Download_Files_ARK-Invest/Big_Ideas/ARK%20Invest_013123_Presentation_Big%20Ideas%202023_Final.pdf (дата обращения: 20.04.2023).
14. BMW Group and NVIDIA take virtual factory planning to the next level // BMW Group. URL: press.bmwgroup.com/global/article/detail/T0329569EN/bmw-group-and-nvidia-take-virtual-factory-planning-to-the-next-level?language=en (дата обращения: 20.04.2023).
15. Boeing and Millennium Space Systems launch high-throughput small satellite production facility // Metal AM. URL: metal-am.com/boeing-and-millennium-space-systems-launch-high-throughput-small-satellite-production-facility/ (дата обращения: 20.04.2023).
16. China's Satellite Super Factories and US National Security // M CPA. URL: <https://public.milcyber.org/activities/magazine/articles/2021/baughman-chinas-satellite-super-factories> (дата обращения: 20.04.2023).
17. Defining and Building the Metaverse // World Economic Forum. URL: weforum.org/defining-and-building-the-metaverse/connect (дата обращения: 20.04.2023).
18. Deployment in the Industrial Metaverse // World Economic Forum. URL: youtube.com/watch?v=w58jWduUafA (дата обращения: 20.04.2023).
21. DEWA launches DEWAVerse platform on Metaverse // Government of Dubai. URL: dewa.gov.ae/en/about-us/media-publications/latest-news/2022/10/dewa-launches-dewaverse-platform-on-metaverse (дата обращения: 20.04.2023).
22. Digital twins and the metaverse are converging: welcome to the metafactory // Fujitsu. URL: corporate-blog.global.fujitsu.com/fgb/2022-07-14/01/ (дата обращения: 20.04.2023).
23. Dubai Metaverse Assembly Outcomes Report // Dubai Future Foundation. URL: dubaifuture.ae/wp-content/uploads/2022/12/TheMetaverseAssembly-OutcomesReport-WP-English.pdf (дата обращения: 20.04.2023).
24. Global Scenarios 2035: Exploring implications for the future of global collaboration and the OECD // OECD iLibrary. URL: oecd-ilibrary.org/sites/df7ebc33-en/1/3/1/index.html?itemId=/content/publication/df7ebc33-en&csp=cc4ae06ed263c4334853de24a3b5c7a9&itemIG0=oecd&itemContentType=book#boxsection-d1e893 (дата обращения: 20.04.2023).
25. Hyundai Motor and Unity to Build Meta-Factory Accelerating Intelligent Manufacturing Innovation // Hyundai. URL: hyundaimotorgroup.com/news/CONT0000000000005240 (дата обращения: 20.04.2023).
26. Industry 4.0 and the Future of UK Space Manufacturing: Final Report // London Economics. URL: london-economics.co.uk/wp-content/uploads/2019/07/LE-Industry-4.0-and-the-Future-of-UK-Space-Manufacturing-Final-Report.pdf (дата обращения: 20.04.2023).
27. Interoperability in the Metaverse // World Economic Forum. URL: weforum.org/docs/WEF_Interoperability_in_the_Metaverse.pdf (дата обращения: 20.04.2023).
28. Introduction of the CSSC Whole Industrial Chain // CSSC. URL: cssc-hz.com/?en/Technologies/Collaboration/ (дата обращения: 20.04.2023).

На иностранных языках:

7. A digital twin of Earth for the green transition // Nature. URL: nature.com/articles/s41558-021-00986-y (дата обращения: 20.04.2023).
8. A Look At The Technical Realities Of A Virtual Metaverse // ABI Research. URL: 6705264.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/6705264/Marketing/Whitepapers/A%20Look%20at%20the%20Technical%20Realities%20of%20a%20Virtual%20Metaverse/ABI_Research_Technical_Realities_of_a_Virtual_Metaverse.pdf?hsctaTracking=0ff62bf8-f2a7-44a3-8ba1-80eca9ec56b9%7cf31b2ff3-8b38-4ae0-9759-8237d5861db7 (дата обращения: 20.04.2023).
15. Boeing and Millennium Space Systems launch high-throughput small satellite production facility // Metal AM. URL: metal-am.com/boeing-and-millennium-space-systems-launch-high-throughput-small-satellite-production-facility/ (дата обращения: 20.04.2023).
16. China's Satellite Super Factories and US National Security // M CPA. URL: <https://public.milcyber.org/activities/magazine/articles/2021/baughman-chinas-satellite-super-factories> (дата обращения: 20.04.2023).
17. Defining and Building the Metaverse // World Economic Forum. URL: weforum.org/defining-and-building-the-metaverse/connect (дата обращения: 20.04.2023).
18. Deployment in the Industrial Metaverse // World Economic Forum. URL: youtube.com/watch?v=w58jWduUafA (дата обращения: 20.04.2023).
19. Destination Earth // European Commission. URL: digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/destination-earth (дата обращения: 20.04.2023).
20. Destination Earth — new digital twin of the Earth will help tackle climate change and protect nature // European Commission. URL: ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_22_1977 (дата обращения: 20.04.2023).
21. DEWA launches DEWAVerse platform on Metaverse // Government of Dubai. URL: dewa.gov.ae/en/about-us/media-publications/latest-news/2022/10/dewa-launches-dewaverse-platform-on-metaverse (дата обращения: 20.04.2023).
22. Digital twins and the metaverse are converging: welcome to the metafactory // Fujitsu. URL: corporate-blog.global.fujitsu.com/fgb/2022-07-14/01/ (дата обращения: 20.04.2023).
23. Dubai Metaverse Assembly Outcomes Report // Dubai Future Foundation. URL: dubaifuture.ae/wp-content/uploads/2022/12/TheMetaverseAssembly-OutcomesReport-WP-English.pdf (дата обращения: 20.04.2023).
24. Global Scenarios 2035: Exploring implications for the future of global collaboration and the OECD // OECD iLibrary. URL: oecd-ilibrary.org/sites/df7ebc33-en/1/3/1/index.html?itemId=/content/publication/df7ebc33-en&csp=cc4ae06ed263c4334853de24a3b5c7a9&itemIG0=oecd&itemContentType=book#boxsection-d1e893 (дата обращения: 20.04.2023).
25. Hyundai Motor and Unity to Build Meta-Factory Accelerating Intelligent Manufacturing Innovation // Hyundai. URL: hyundaimotorgroup.com/news/CONT0000000000005240 (дата обращения: 20.04.2023).
26. Industry 4.0 and the Future of UK Space Manufacturing: Final Report // London Economics. URL: london-economics.co.uk/wp-content/uploads/2019/07/LE-Industry-4.0-and-the-Future-of-UK-Space-Manufacturing-Final-Report.pdf (дата обращения: 20.04.2023).
27. Interoperability in the Metaverse // World Economic Forum. URL: weforum.org/docs/WEF_Interoperability_in_the_Metaverse.pdf (дата обращения: 20.04.2023).
28. Introduction of the CSSC Whole Industrial Chain // CSSC. URL: cssc-hz.com/?en/Technologies/Collaboration/ (дата обращения: 20.04.2023).

29. Liu Jianya and Guo Liang: "The carbon footprint of the metaverse can be reduced" // The UNESCO Courier. URL: courier.unesco.org/en/articles/liu-jianya-and-guo-liang-carbon-footprint-metaverse-can-be-reduced (дата обращения: 20.04.2023).
30. Lockheed Martin to Build Digital Twin for NOAA With NVIDIA // Via Satellite. URL: satellitetoday.com/technology/2022/11/17/lockheed-martin-to-build-digital-twin-for-noaa-with-nvidia/ (дата обращения: 20.04.2023).
31. Mariapina Trunfio, Simona Rossi. Advances in Metaverse Investigation: Streams of Research and Future Agenda // MDPI. URL: mdpi.com/2813-2084/1/2/7 (дата обращения: 20.04.2023). Augmented reality (AR) & virtual reality (VR) // Shell Global. URL: <https://www.shell.com/energy-and-innovation/digitalisation/digital-technologies/ar-vr.html> (дата обращения: 20.04.2023).
32. Mark in the metaverse: Facebook's CEO on why the social network is becoming 'a metaverse company' // The Verge. URL: theverge.com/22588022/mark-zuckerberg-facebook-ceo-metaverse-interview (дата обращения: 20.04.2023).
33. Mark Zuckerberg Quietly Buries the Metaverse // TheStreet. URL: thestreet.com/technology/mark-zuckerberg-quietly-buries-the-metaverse (дата обращения: 20.04.2023).
34. Meta's engineering director outlines the metaverse latency problem // Light Reading. URL: lightreading.com/digital-infrastructure/metas-engineering-director-outlines-metaverse-latency-problem/d/d-id/777839 (дата обращения: 20.04.2023).
35. Metaverse: A guide to the Next-Gen internet // Credit Suisse. URL: credit-suisse.com/media/assets/corporate/docs/about-us/media/media-release/2022/03/metaverse-14032022.pdf (дата обращения: 20.04.2023).
36. Metaverse Accelerator Programme // DIFC Innovation Hub. URL: innovationhub.difc.ae/programmes/Metaverse-Accelerator-Programme (дата обращения: 20.04.2023).
37. Metaverse Seoul — правительство Южной Кореи запустило долгожданную метавселенную с «госслужбами» и офисами брендов // RB. URL: rb.ru/longread/metaverse-seoul/ (дата обращения: 20.04.2023).
38. Microsoft reportedly makes job cuts across metaverse, Surface and Xbox units // SiliconANGLE. URL: siliconangle.com/2023/02/10/microsoft-reportedly-makes-job-cuts-across-metaverse-surface-xbox-units/ (дата обращения: 20.04.2023).
39. NASA's Learn-to-Fly Project Overview // NTRS — NASA Technical Reports Server. URL: ntrs.nasa.gov/api/citations/20190027218/downloads/20190027218.pdf (дата обращения: 20.04.2023).
40. NASA Teams Up with Epic Games to Enter the Metaverse with a Bold Challenge // The Metaverse Insider. URL: metaverseinsider.tech/2022/06/10/nasa-teams-up-with-epic-games-to-enter-the-metaverse-with-a-bold-challenge/ (дата обращения: 20.04.2023).
41. On the way to the industrial metaverse // Capgemini. URL: capgemini.com/insights/research-library/on-the-way-to-the-industrial-metaverse/ (дата обращения: 20.04.2023).
42. Scientists begin building highly accurate digital twin of our planet // ETH Zurich. URL: ethz.ch/en/news-and-events/eth-news/news/2021/02/a-highly-accurate-digital-twin-of-our-planet.html (дата обращения: 20.04.2023).
43. Scientists start work on simulation of entire Earth // The Byte. URL: the-byte.com/scientists-start-simulation-entire-earth (дата обращения: 20.04.2023).
44. Sensia. URL: sensiaglobal.com/Discover-Sensia (дата обращения: 20.04.2023).
45. South Korea to invest \$187M in national metaverse project // Cointelegraph. URL: cointelegraph.com/news/south-korea-to-invest-187m-in-national-metaverse (дата обращения: 20.04.2023).
46. Space Factory 4.0 — New processes for the robotic assembly of modular satellites on an in-orbit platform based on "Industrie 4.0" approach // German Aerospace Center (DLR). URL: elib.dlr.de/123546/ (дата обращения: 20.04.2023).
47. The Digital Native Factory // Siemens. URL: siemens.com/global/en/company/topic-areas/digital-enterprise/dex/digital-native-factory.html (дата обращения: 20.04.2023).
48. The Effectiveness of Virtual Reality Soft Skills Training in the Enterprise // PwC. URL: pwc.com/us/en/services/consulting/technology/emerging-technology/assets/pwc-understanding-the-effectiveness-of-soft-skills-training-in-the-enterprise-a-study.pdf (дата обращения: 20.04.2023).
49. The industrial metaverse is changing the world in these 4 key ways // Technically. URL: technically.ly/software-development/industrial-metaverse-world-economic-forum-panel/ (дата обращения: 20.04.2023).
50. The Industrial Metaverse: More than a Glorified Digital Twin? // Cognite. URL: cognite.com/en/blog/the-industrial-metaverse-more-than-a-glorified-digital-twin (дата обращения: 20.04.2023).
51. The metaverse is coming to education: fourteen key talking points // Universitat Oberta de Catalunya. URL: uoc.edu/portal/en/news/actualitat/2022/143-education-metavers.html (дата обращения: 20.04.2023).
52. The Metaverse Standards Forum. URL: metaverse-standards.org (дата обращения: 20.04.2023).
53. We could run out of data to train AI language programs // MIT Technology Review. URL: <https://www.technologyreview.com/2022/11/24/1063684/we-could-run-out-of-data-to-train-ai-language-programs/> (дата обращения: 20.04.2023).
54. What is Universal Scene Description? // NVIDIA. URL: developer.nvidia.com/usd (дата обращения: 20.04.2023).



ISBN 978-5-6048892-9-9



9 785604 889299



ПРАВИТЕЛЬСТВО
САНКТ-ПЕТЕРБУРГА



ЦЕНТР
СТРАТЕГИЧЕСКИХ
РАЗРАБОТОК
СЕВЕР-ЗАПАД



ФОНД ИНИЦИАТИВ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГА