

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОГРЕССА ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ
ОРГАНИЗАЦИЙ ВИТЕБСКОГО РЕГИОНА:
АНАЛИЗ ЭТАПОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
MODELING THE PROGRESS OF DIGITAL TRANSFORMATION OF
ORGANIZATIONS IN THE VITEBSK REGION: ANALYSIS OF STAGES AND
PROSPECTS OF DEVELOPMENT**

Калиновская Ирина Николаевна,
кандидат технических наук,
доцент кафедры,
кафедра экономики и электронного бизнеса,
Витебский государственный технологический университет,
Республика Беларусь, г. Витебск
i-kalinovskaya@yandex.by

Kalinouskaya Iryna,
Candidate of Technical Sciences (PhD),
Associate Professor of the Department,
Department of Economics and Electronic Business,
Vitebsk State Technological University,
Republic of Belarus, Vitebsk

Аннотация. В статье представлено исследование перспектив цифровой трансформации организаций Витебского региона. На основе комплексного опроса 68 организаций различных секторов и масштабов разработана модель прогресса цифровизации, использующая экспоненциальную функцию насыщения. Модель позволяет прогнозировать развитие цифровизации до 2050 года. Выделены четыре этапа цифровой трансформации региона: начальный этап (2024–2030 гг.), этап активного роста (2030–2040 гг.), этап замедления и консолидации (2040–2050 гг.) и этап зрелости (с 2050 г.). Проведен сравнительный анализ прогресса цифровизации в зависимости от формы собственности и размера организаций. Разработаны рекомендации по ускорению процессов цифровой трансформации в регионе. Результаты исследования могут быть использованы для разработки эффективных стратегий цифрового развития как на уровне отдельных организаций, так и на уровне региона в целом.

Ключевые слова: цифровая трансформация, модель прогресса цифровизации, этапы цифровизации, стратегия цифрового развития.

Abstract. The article presents a study of the prospects for the digital transformation of organizations in Vitebsk region. Based on a comprehensive survey of 68 organizations of various sectors and scales, a model of digitalization progress using an exponential saturation function has been developed. The model allows us to predict the development of digitalization until 2050. Four stages of the digital transformation of the region are identified: the initial stage (2024–2030), the stage of active growth (2030–2040), the stage of slowdown and consolidation (2040–2050) and the stage of maturity (from 2050). A comparative analysis of the progress of digitalization, depending on the form of ownership and the size of organizations, is carried out. Recommendations have been developed to accelerate the processes of digital transformation in the region. The results of the study can be used to develop effective digital development strategies both at the level of individual organizations and at the level of the region as a whole.

Keywords: digital transformation, model of digitalization progress, stages of digitalization, digital development strategy.

В условиях стремительного развития цифровых технологий и их проникновения во все сферы экономической деятельности, цифровая трансформация становится ключевым фактором конкурентоспособности как государства в целом, так и его регионов [1, 2]. Витебский регион, как и многие другие, сталкивается с вызовами и возможностями, связанными с цифровизацией. Данное исследование направлено на анализ перспектив цифровой трансформации организаций Витебского региона.

Целью исследования является построение модели прогресса цифровизации организаций Витебского региона и разработка на ее основе рекомендаций по ускорению процессов цифровой трансформации. При этом решались следующие задачи: разработать модель прогресса цифровизации организаций Витебского региона, определить и описать этапы цифровой трансформации региона, провести сравнительный анализ прогресса цифровизации в зависимости от формы собственности и размера организаций, сформулировать рекомендации по ускорению процессов цифровой трансформации в регионе.

В качестве методологии и инструментов исследования применялись: построение и применение модели роста для прогнозирования прогресса цифровизации, статистический анализ данных о цифровизации организаций региона, использование диаграммы Ганта для планирования реализации рекомендаций. Гипотезой исследования выступает предположение, что процесс цифровой трансформации организаций Витебского региона будет следовать S-образной кривой роста, характерной для внедрения инноваций. Результаты исследования могут быть использованы для разработки эффективных стратегий цифрового развития как на уровне отдельных организаций, так и на уровне региона в целом.

Исследование основано на результатах комплексного опроса организаций Витебского региона, проведенного с целью оценки текущего состояния и перспектив цифровизации в различных секторах экономики. Выборка включала 68 организаций Витебска и Витебской области различной формы собственности, размеров организации по численности персонала и секторов экономики [3, 4].

С целью определения последовательности выполнения и сроков реализации разработанных рекомендаций по ускорению процессов цифровой трансформации Витебского региона построена диаграмма Ганта на период 2024–2035 гг. (рисунок 1).

Согласно диаграмме Ганта, первым этапом реализации рекомендаций по ускорению процесса цифровизации организаций является разработка региональной стратегии цифровизации, реализуемая в 2024–2025 годы. После завершения данного этапа в 2025 году запускается стимулирование инвестиций в цифровую инфраструктуру, которое длится 12 месяцев. Одновременно с этим шагом начинается развитие цифровых компетенций человеческих ресурсов организаций региона, рассчитанное на 18 месяцев.

В 2026 году, после начала инвестирования инфраструктуры, стартует поддержка малого и среднего бизнеса в цифровой трансформации. Тогда же начинается стимулирование цифровых инноваций в госсекторе длительностью 15 месяцев. Развитие культуры непрерывного обучения запускается в 2027 году и продолжается 24 месяца.

2028 год отмечен началом содействия кросс-секторальному сотрудничеству, которое синхронизируется с окончанием поддержки малого и среднего бизнеса и стимулирования инноваций в госсекторе. В 2027–2028 годах реализуются такие инициативы, как развитие системы оценки эффективности цифровизации и развитие гибких навыков в контексте цифровизации, каждая из которых длится 12 месяцев.

Этапы повышения информационной безопасности и стимулирования цифрового предпринимательства начинаются в 2027 году и продолжаются 18 и 15 месяцев соответственно. В 2028 году запускается создание системы раннего выявления и адаптации к новым технологическим трендам, которое реализуется на протяжении 18 месяцев.

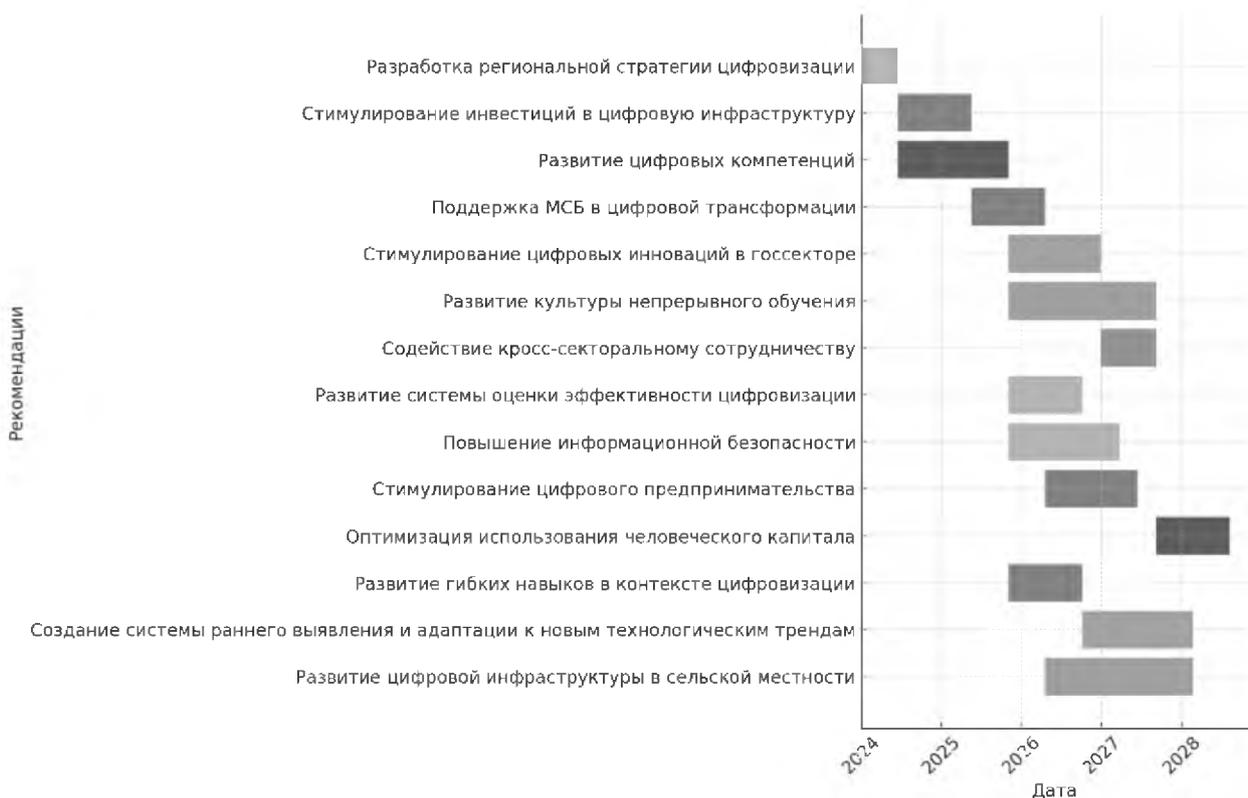


Рисунок 1 – Диаграмма Ганта реализации рекомендаций по ускорению процессов цифровой трансформации Витебского региона на 2024–2035 гг.

Примечание – Источник: авторская разработка.

Оптимизация использования человеческого капитала начинается в 2029 году после завершения развития цифровых компетенций и непрерывного обучения. Долгосрочная инициатива по развитию цифровой инфраструктуры в сельской местности стартует в 2028 году и продолжается 24 месяца.

В целом, период 2024–2025 годов посвящен разработке стратегии цифровизации, с последующим запуском ключевых инициатив, таких как инвестиции в инфраструктуру и развитие компетенций. 2026–2029 годы характеризуются активным внедрением большинства инициатив, включая поддержку малого и среднего бизнеса, инновации в госсекторе, обучение и оценку эффективности. С 2030 года акцент смещается на долгосрочные и стратегические инициативы, включая оптимизацию человеческого капитала, развитие гибких навыков, создание системы раннего выявления трендов и развитие цифровой инфраструктуры в сельских районах.

С учетом этапов и сроков реализации разработанных рекомендаций построена модель прогресса цифровизации организаций Витебского региона, для построения которой применена экспоненциальная функция насыщения или ограниченного роста (1) [5]:

$$y = a \times (1 - e^{-bx}) \quad (1)$$

где y – уровень цифровизации организаций региона, x – временная составляющая модели прогресса цифровизации, a – максимальный уровень цифровизации организаций региона, b – скорость изменений уровня цифровизации организаций региона.

При построении модели прогресса цифровизации организаций Витебского региона в качестве подхода к определению максимального уровня цифровизации выбран бенчмаркинг, при реализации которого установлено значение K на уровне 80 % [6, 7, 8]. Параметр скорости изменений (b) установлен на уровне 0,15 – умеренно-быстрый темп цифровой

трансформации. Модель прогресса цифровизации Витебского региона начинается с 40 %, что отражает текущее состояние цифровой трансформации в регионе.

Исходя из установленных параметров и выбранной математической функции, построены модели прогресса цифровизации организаций Витебского региона с учетом их форм собственности и размеров по количеству персонала (рисунок 2).

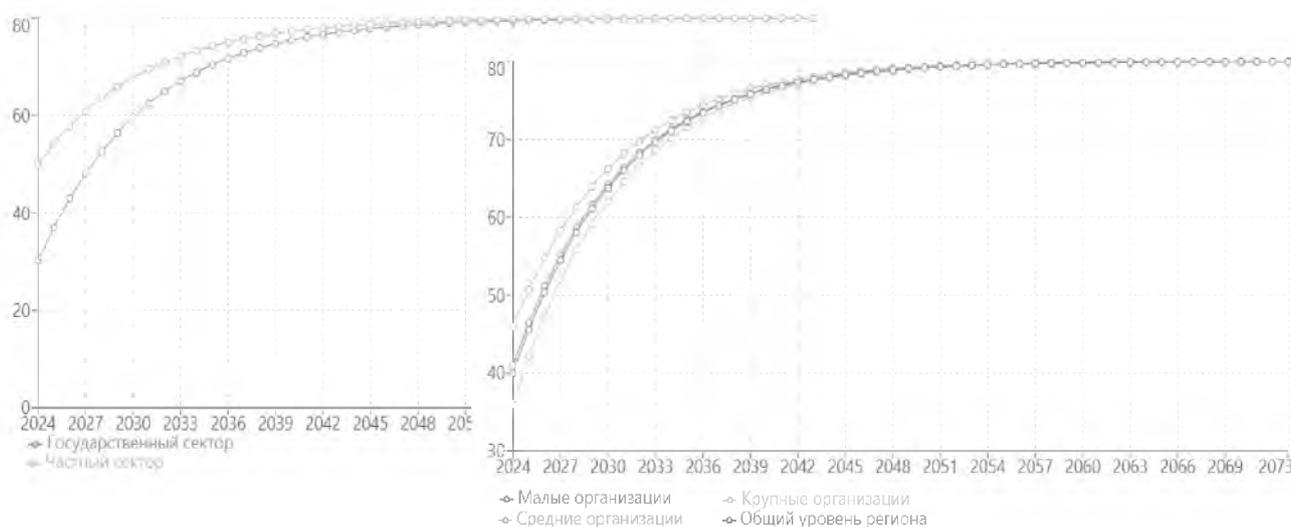


Рисунок 2 – Модель прогресса цифровизации организаций Витебского региона с учетом их форм собственности и размеров

Примечание – Источник: авторская разработка.

Описание выявленных этапов цифровизации Витебского региона:

1. Начальный этап цифровизации (2024–2030 гг.).

Характеристики этапа: быстрый рост от 40 % до 55–57 %, интенсивное внедрение базовых цифровых технологий, формирование цифровой инфраструктуры.

Этот этап соответствует фазе «раннего большинства» в теории диффузии инноваций Роджерса [9], в котором осуществляется активное принятие цифровых технологий основной массой организаций.

Ключевые процессы этапа: массовое внедрение базовых цифровых инструментов в бизнес-процессы, развитие цифровых компетенций персонала, создание нормативной правовой базы для цифровой экономики.

Вызовы этапа: преодоление цифрового разрыва между различными секторами экономики, обеспечение кибербезопасности в условиях растущей цифровизации.

2. Этап активного роста (2030–2040 гг.).

Характеристики этапа: умеренный рост от 57 % до 70 %, углубление цифровой трансформации в ключевых отраслях, развитие экосистемы цифровых инноваций.

Этот этап соответствует переходу от «раннего большинства» к «позднему большинству» по Роджерсу, при котором наблюдается консолидация цифровых практик и их интеграция в основные бизнес-модели.

Ключевые процессы этапа: внедрение цифровых технологий (искусственный интеллект, интернет вещей, блокчейн), формирование новых бизнес-моделей на основе цифровых платформ, развитие цифровых государственных услуг.

Вызовы этапа: адаптация рынка труда к новым требованиям цифровой экономики, обеспечение баланса между инновациями и стабильностью существующих систем.

3. Этап замедления и консолидации (2040–2050 гг.).

Характеристики этапа: замедляющийся рост от 70 % до 75–76 %, оптимизация и интеграция цифровых систем, фокус на эффективность и устойчивость цифровых решений.

Этот этап соответствует фазе «позднего большинства» и начала фазы «отстающих» по Роджерсу, когда происходит насыщение рынка цифровыми технологиями и фокус смещается на их оптимизацию.

Ключевые процессы этапа: глубокая интеграция цифровых технологий во все аспекты экономической деятельности, стандартизация и унификация цифровых процессов, развитие междисциплинарных подходов к цифровой трансформации.

Вызовы этапа: преодоление технологических ограничений дальнейшего роста, управление социальными последствиями глубокой цифровизации.

4. Этап зрелости (2050–... гг.).

Характеристики этапа: медленный рост, приближение к асимптоте 80 %, фокус на инновации в рамках установившейся цифровой парадигмы, адаптация к новым технологическим прорывам.

Этот этап соответствует завершающей фазе S-образной кривой инновационного развития [10], при которой происходит стабилизация цифровой экосистемы с фокусом на инкрементальные улучшения.

Ключевые процессы этапа: тонкая настройка и оптимизация существующих цифровых систем, поиск новых областей для цифровой трансформации, адаптация к возможным технологическим прорывам за пределами текущей парадигмы.

Вызовы этапа: поддержание инновационного потенциала в условиях зрелой цифровой экономики, управление рисками технологической зависимости и обеспечение цифрового суверенитета.

Построенная модель прогресса цифровизации предоставляет реалистичный сценарий развития цифровой экономики Витебского региона, учитывающий практические ограничения и потенциальные барьеры. Каждый этап характеризуется специфическими вызовами и возможностями, требующими адаптивных стратегий со стороны бизнеса и государства.

В результате анализа полученных моделей прогресса цифровизации организаций Витебского региона в зависимости от формы собственности разработаны рекомендации по ускорению цифровизации в секторах экономики: разработка программ обмена опытом и лучшими практиками между секторами экономики; создание механизмов государственно-частного партнерства в сфере цифровизации; направление фокуса на развитие цифровых компетенций в государственном секторе в краткосрочной перспективе; стимулирование инноваций в частном секторе для поддержания темпов роста в долгосрочной перспективе.

В результате анализа полученных моделей прогресса цифровизации организаций Витебского региона в зависимости от их размера разработаны рекомендации по ускорению цифровизации для организаций Витебского региона в зависимости от их размера по численности персонала: необходимо уделить особое внимание поддержке крупных организаций в начальный период цифровизации для преодоления их отставания; средние организации могут служить моделью для распространения лучших практик цифровизации; для малых организаций важно обеспечить доступ к ресурсам и технологиям, чтобы они могли поддерживать темп цифровизации на уровне региона; необходима разработка дифференцированных стратегий поддержки цифровизации для каждой категории организаций с учетом их специфики и начального уровня цифрового развития; создание механизмов обмена опытом и знаниями между организациями разного масштаба для ускорения общего процесса цифровизации в регионе.

Проведен сравнительный анализ этапов цифровизации организаций Витебского региона в зависимости от их размера и формы собственности (таблица 1).

Таблица 1 – Этапы цифровизации организаций Витебского региона в зависимости от их размера и формы собственности

Этап	Общий уровень цифровизации организаций региона	Уровень цифровизации в зависимости от формы собственности организации, %		Уровень цифровизации в зависимости от размера организации, %		
		государственная	частная	крупная	средняя	малая
Начальный этап цифровизации, 2024–2030 гг.	40 % – 54 %	30 % – 46 %	50 % – 62 %	36 % – 51 %	46 % – 59 %	41 % – 55 %
Этап активного роста, 2030–2040 гг.	54 % – 67 %	46 % – 64 %	62 % – 73 %	51 % – 65 %	59 % – 70 %	55 % – 68 %
Этап замедления и консолидации, 2040–2050 гг.	67 % – 74 %	64 % – 73 %	73 % – 77 %	65 % – 73 %	70 % – 76 %	68 % – 75 %
Этап зрелости, 2050–...гг.	приближение к 80 %					

Примечание – Источник: авторская разработка.

Анализ выявленных этапов цифровизации позволил определить, что:

- в 2035–2040 годы отмечается период наибольшего сближения темпов роста между секторами экономики,
- 2050 год является временной точкой, после которой разрыв между частным и государственным сектором становится минимальным,
- к 2040 году все категории организаций не зависимо от их размера достигают уровня цифровизации выше 65%,
- наибольший прогресс цифровизации наблюдается в период 2030–2040 годов для организаций всех размеров,
- к 2050 году разница в уровнях цифровизации между различными категориями организаций составляет менее 5%.

Проведенное исследование позволило разработать модель прогресса цифровизации организаций Витебского региона, основанную на экспоненциальной функции насыщения. Данная модель предоставляет научно обоснованный сценарий развития цифровой экономики региона на период до 2050 года и далее, учитывая, как потенциал роста, так и ограничения цифровой трансформации.

Основные выводы исследования

1. Подтверждена гипотеза о том, что процесс цифровой трансформации организаций Витебского региона следует S-образной кривой роста, характерной для внедрения инноваций. Модель демонстрирует рост уровня цифровизации с 40 % в 2024 году до 74 % к 2050 году, что соответствует теоретическим предположениям о динамике инновационных процессов.

2. Выявлена неоднородность процесса цифровизации в зависимости от формы собственности организаций. Частный сектор демонстрирует более высокий начальный уровень цифровизации (50 % против 30 % в государственном секторе) и сохраняет лидерство на протяжении всего прогнозируемого периода. Однако к 2073 году прогнозируется практически полное сближение уровней цифровизации (79,98 % в частном секторе против 79,97 % в государственном), что свидетельствует о постепенном преодолении цифрового разрыва между секторами.

3. Установлено влияние размера организации на динамику цифровизации. Средние организации демонстрируют наиболее высокий уровень цифровизации на всех этапах (от 46 % в 2024 году до 76 % к 2050 году), в то время как крупные организации показывают

наиболее интенсивный рост (с 36 % до 73 % за тот же период). Это указывает на необходимость дифференцированного подхода к стимулированию цифровизации в зависимости от масштаба организации.

4. Определены четыре ключевых этапа цифровой трансформации региона, каждый из которых характеризуется специфическими темпами роста и вызовами: начальный этап (2024–2030 гг.): рост с 40 % до 54 %; этап активного роста (2030–2040 гг.): рост с 54 % до 67 %; этап замедления и консолидации (2040–2050 гг.): рост с 67 % до 74 %; этап зрелости (с 2050 г.): приближение к асимптоте 80 %. Такая периодизация позволяет более точно планировать меры поддержки и стимулирования цифровизации на каждом этапе.

5. Выявлено, что наибольший прогресс цифровизации для всех категорий организаций наблюдается в период 2030–2040 годов, что указывает на необходимость концентрации ресурсов и усилий именно в этот период для максимизации эффекта от цифровой трансформации.

6. Установлено, что к 2050 году разница в уровнях цифровизации между различными категориями организаций сокращается менее чем до 5 %, что свидетельствует о тенденции к выравниванию цифрового ландшафта региона в долгосрочной перспективе.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на углубленный анализ факторов, влияющих на скорость цифровой трансформации, а также на разработку механизмов адаптации региональной экономики к вызовам каждого этапа цифровизации. Особый интерес представляет изучение возможностей ускорения цифровой трансформации государственного сектора и крупных организаций, которые, согласно полученным данным, демонстрируют наибольший потенциал роста.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ванкевич Е.В. Калиновская И.Н. Методические аспекты формирования цифровой экономики рынка труда в Республике Беларусь // Экономика Северо-запада: проблемы и перспективы развития: С.-Петербург. – № 3 (74). – 2023. – С. 4–16.

2. Vankevich A., Kalinouskaya I. Better understanding of the labour market using Big Data // *Ekonomia i prawo. Economics and law* – Vol. 20. – №3 (2021). – URL: <https://doi.org/10.12775/EiP.2021.040>. – P. 677–692.

3. Калиновская И.Н. Анализ тенденций цифровой трансформации управления человеческими ресурсами организаций Витебского региона // Вестник УО «ВГТУ». – Витебск: УО «ВГТУ». – 2024. – № 1 (47). – С. 122–140.

4. Калиновская И.Н. Анализ уровня цифровизации экономики Республики Беларусь и ее регионов // Вестник УО «ВГТУ». – Витебск: УО «ВГТУ». – 2023. – № 2 (45). – С. 82–94.

5. Саженкова Т.В., Пономарев И.В., Бронь С.П. Методы анализа временных рядов: учебно-методическое пособие. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та. – 2020. – 60 с.

6. Westerman G., Bonnet D., McAfee A. *Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation*. – Harvard Business Review Press, 2014. – 304 с.

7. Solow R.M. Technical Change and the Aggregate Production Function / *The Review of Economics and Statistics*. – 1957. – Vol. 39. – № 3. – P. 312–320.

8. Autor D.H. Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation / *Journal of Economic Perspectives*. – 2015. – Vol. 29. – № 3. – P. 3–30.

9. Rogers E.M. *Diffusion of Innovations: 5th edition*. – New York: Free Press NY, 2003. – 551 p.

10. Фостер Р. Обновление производства: атакующие выигрывают: пер. с англ. / Общ. ред. и вступ. ст. В.И. Данилова-Данильяна. М.: Прогресс, 1987. – 272 с.