



Статистика, учет и аудит, 1(100)2026. стр. 161-175
DOI: <https://www.doi.org/10.51579/1563-2415.2026.-1.12>

Междисциплинарные исследования в экономике
МРНТИ 06.35.51; 06.81.23
УДК 330.341.1

ОЦЕНКА ГОТОВНОСТИ К ЗЕЛЁНОЙ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОНОМИКИ: РОЛЬ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Т.А. Азатбек¹, Е.Б. Домалатов^{2*}, Т.А. Абылайханова², А.С. Бухатова²

¹ Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан

² Восточно-Казахстанский университет им. С. Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан

*Corresponding author e-mail: domalatrovkz@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена оценке готовности экономики к зелёной цифровой трансформации. Цель исследования заключается в разработке и апробации композитного индекса готовности к зелёной цифровой трансформации (GDRI), позволяющего сопоставить роль человеческого капитала, цифровой включённости, инновационной активности и доли возобновляемых источников энергии в формировании потенциала устойчивого развития. Методологическую основу составили сравнительный и системный подходы, экономико-статистический анализ данных Всемирного банка, OECD, ILO, Ember и IEA, а также индексный метод с нормировкой и взвешиванием показателей. Научная новизна исследования состоит в предложении интегрального индекса GDRI, который объединяет четыре ключевых компонента – НИОКР, индекс человеческого капитала, интернет-охват и долю ВИЭ – и позволяет количественно оценивать готовность стран к зелёной цифровой трансформации. Апробация индекса на примере ЕС, Китая и Казахстана показала, что ЕС характеризуется наиболее сбалансированным профилем готовности (GDRI = 0,725), Китай демонстрирует высокий инновационный потенциал при сохраняющихся ограничениях цифровой включённости и доли ВИЭ (0,668), тогда как Казахстан находится на стадии стартовой готовности (0,401), сочетая высокий интернет-охват с низкой интенсивностью НИОКР и ограниченной долей ВИЭ. Практическая значимость работы состоит в возможности использования GDRI для мониторинга государственной политики и определения приоритетов в области науки, образования, цифровизации и зелёной модернизации экономики.

Ключевые слова: человеческий капитал, цифровизация, искусственный интеллект, зелёная экономика, устойчивое развитие, индекс готовности, Казахстан.

Основные положения. В исследовании проанализированы количественные индикаторы, характеризующие готовность стран к «зелёной» цифровой трансформации: расходы на НИОКР (% ВВП), индекс человеческого капитала (HCI), цифровая включённость населения (доля пользователей интернета) и доля возобновляемых источников энергии в выработке электроэнергии. На основе указанных показателей разработан и апробирован композитный индекс готовности к зелёной цифровой

Cite this article as: Azatbek T.A., Domalatrov Ye.B., Abylaikhanova T.A., Bukhatova A.S. Assessing readiness for green digital transformation of the economy: the role of human capital and artificial intelligence. *Statistics, accounting and audit*. 2026, 1(100), 161-175. (In Russ.). DOI: <https://www.doi.org/10.51579/1563-2415.2026.-1.12>



трансформации (GDRI), основанный на прозрачной процедуре нормировки и взвешивания, что позволило выявить сильные стороны и структурные ограничения в профилях сравниваемых стран.

Проведён сравнительный анализ Европейского союза, Китая и Казахстана, который показал, что институционально выстроенная модель ЕС обеспечивает наиболее сбалансированную конфигурацию исследуемых параметров, Китай демонстрирует высокую инновационную интенсивность при сохраняющихся ограничениях по цифровой включённости и доле ВИЭ, тогда как Казахстан характеризуется высоким интернет-охватом при недостаточном уровне НИОКР и низкой доле возобновляемой энергетики. Анализ нормативной и стратегической базы, включая European Green Deal, Digital Europe Programme, Carbon Neutrality 2060 и национальные стратегии Республики Казахстан, позволил установить, что для успешной зелёной цифровой трансформации необходимы согласованное развитие человеческого капитала, усиление стимулов к НИОКР, расширение практик внедрения искусственного интеллекта и ускорение энергетического перехода.

Результаты исследования подтверждают, что готовность к зелёной цифровой трансформации определяется не отдельными показателями, а их системным сочетанием. Предложенный подход позволил сформулировать практические рекомендации для Казахстана, связанные с наращиванием НИОКР, развитием программ подготовки и переподготовки кадров по направлениям AI/green-tech, ускорением ввода ВИЭ и укреплением институционально-цифровой инфраструктуры.

Введение. В условиях ускоряющейся технологической и экологической трансформации мировой экономики особую значимость приобретает вопрос о том, какие факторы определяют готовность стран к зелёной цифровой трансформации [1, 2]. В современной научной повестке всё чаще подчеркивается, что устойчивое развитие уже невозможно рассматривать вне связи с качеством человеческого капитала, уровнем цифровизации и способностью экономики использовать искусственный интеллект для повышения ресурсной эффективности, декарбонизации производства и модернизации энергетических систем [3].

Вместе с тем в существующих исследованиях данные направления нередко анализируются фрагментарно: одни работы сосредоточены на человеческом капитале как факторе инновационного роста, другие – на цифровизации и искусственном интеллекте как драйверах производительности, третьи – на зелёной экономике и энергетическом переходе. Однако вопрос о том, как именно эти компоненты взаимодействуют в единой системе и в какой мере они формируют готовность экономики к зелёной цифровой трансформации, остаётся раскрытым недостаточно полно. Особенно это касается стран с переходной экономикой, где высокая цифровая доступность может сочетаться с дефицитом научно-технологической базы и ограниченной результативностью зелёной модернизации.

Таким образом, научная проблема исследования состоит в отсутствии целостного инструментария, позволяющего комплексно оценить готовность страны к зелёной цифровой трансформации на стыке человеческого капитала, цифровой инфраструктуры, инновационной активности и фактических экологических результатов. Заполнение данного пробела требует не только теоретического уточнения взаимосвязей между соответствующими категориями, но и разработки сопоставимого измерительного инструмента.



Исследовательский вопрос статьи заключается в следующем: в какой степени сочетание человеческого капитала, цифровой включённости, интенсивности НИОКР и доли ВИЭ определяет готовность стран к зелёной цифровой трансформации экономики, и какую роль в этой системе играет искусственный интеллект как инструмент преобразования знаний в устойчивые результаты?

Цель статьи состоит в разработке и апробации композитного индекса готовности к зелёной цифровой трансформации экономики, позволяющего оценить, как человеческий капитал, цифровая включённость, интенсивность НИОКР и доля ВИЭ формируют потенциал стран к использованию искусственного интеллекта в интересах устойчивого развития.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- 1) уточнить теоретические взаимосвязи между человеческим капиталом, цифровизацией, искусственным интеллектом и зелёной трансформацией экономики;
- 2) обосновать систему показателей и построить композитный индекс готовности к зелёной цифровой трансформации;
- 3) апробировать предложенный индекс на примере ЕС, Китая и Казахстана и выявить структурные ограничения и приоритеты политики для Казахстана.

Исходя из поставленной цели, исследование опирается на следующие рабочие гипотезы.

Первая гипотеза состоит в том, что повышение качества человеческого капитала и рост интенсивности НИОКР положительно связаны с уровнем готовности экономики к зелёной цифровой трансформации.

Вторая гипотеза заключается в том, что высокая цифровая доступность, выраженная в широком интернет-охвате населения, не приводит автоматически к высокой готовности экономики к зелёной цифровой трансформации при недостаточном развитии научно-инновационной базы и слабой динамике внедрения ВИЭ.

Третья гипотеза состоит в том, что искусственный интеллект выполняет в системе устойчивого развития опосредующую функцию, обеспечивая трансформацию человеческого капитала и цифровой инфраструктуры в конкретные экологические и экономические результаты.

Указанные гипотезы служат концептуальной основой исследования и определяют как выбор переменных для расчёта индекса GDRI, так и последующую интерпретацию полученных результатов.

Новизна исследования заключается в разработке композитного индекса GDRI, объединяющего в единой аналитической рамке показатели человеческого капитала, цифровой включённости, НИОКР и доли ВИЭ; в обосновании роли искусственного интеллекта как механизма конвертации качества человеческого капитала в экологический результат; а также в сопоставлении различных институциональных моделей зелёной цифровой трансформации на примере ЕС, Китая и Казахстана.

Литературный обзор. Интеграция искусственного интеллекта (ИИ) в зеленую экономику имеет ключевое значение для устойчивого развития, увеличения человеческого капитала и поощрения зеленых инноваций. Искусственный интеллект служит катализатором улучшения корпоративных экологических процессов, оптимизации использования ресурсов и содействия экологическому прогрессу. Исследования взаимосвязи человеческого капитала и устойчивого развития начались ещё в 1990-е гг., когда в отчётах UNDP был введён индекс человеческого развития (HDI). В 2000-е гг. внимание сместилось на роль знаний и инноваций в экономике [4, 5]. С начала



2010-х гг. акцентируется роль цифровизации и ИИ в формировании «нового человеческого капитала» [6].

Искусственный интеллект выступает как инструмент устойчивого развития, позволяя прогнозировать потребление энергии, оптимизировать производственные процессы и внедрять «зелёные» бизнес-модели [7]. Искусственный интеллект значительно способствует инновациям в сфере экологических процессов на предприятиях, о чем свидетельствуют исследования, показывающие положительную корреляцию между внедрением искусственного интеллекта и усилиями по корпоративному устойчивому развитию [8]. Взаимосвязь между искусственным интеллектом и экологичными инновациями различается в зависимости от экономического контекста. Развитые страны демонстрируют более сильный эффект благодаря улучшению финансовых структур и доступности человеческого капитала [9].

Человеческий капитал в цифровую эпоху трансформируется: ключевыми становятся цифровые навыки, креативность, способность к адаптации [10]. Человеческий капитал играет решающую роль в максимизации преимуществ искусственного интеллекта для зеленых инноваций. Квалифицированная рабочая сила, привлекаемая технологиями искусственного интеллекта, повышает производительность и инновации в устойчивых практиках [11]. Взаимодействие между искусственным интеллектом и человеческим капиталом очень важно, поскольку инвестиции в образование и обучение могут усилить положительное влияние искусственного интеллекта на эффективность «зеленой» экономики [12].

Эффективные структуры управления необходимы для оптимизации вклада ИИ в зеленую экономику. Различные подходы к регулированию могут усилить или уменьшить влияние искусственного интеллекта на эффективность зеленой экономики [12]. Политикам рекомендуется создать сбалансированные нормативные акты, способствующие интеграции искусственного интеллекта и одновременно поощряющие применение устойчивых практик, гарантируя полную реализацию преимуществ искусственного интеллекта в «зеленой» экономике [13]. И наоборот, хотя искусственный интеллект открывает множество возможностей для повышения устойчивости, такие проблемы, как неравный доступ к технологиям и различная нормативно-правовая база, могут свести на нет его потенциал, особенно в развивающихся регионах. Устранение этих диспропорций крайне важно для достижения справедливых результатов в области устойчивого развития.

В последние годы активно обсуждается интеграция искусственного интеллекта в зеленую экономику. Например, по данным International Energy Agency (IEA) [14], внедрение ИИ в управление энергосетями позволяет снизить выбросы углерода на 10-15%. Одновременно McKinsey [15] отмечает, что 375 млн работников в мире могут потребовать переквалификации к 2030 г. для работы в условиях цифрово-экологической экономики.

Таким образом, анализ литературы показывает, что существующие исследования подробно рассматривают роль искусственного интеллекта, цифровизации и человеческого капитала в устойчивом развитии, однако преимущественно анализируют данные факторы изолированно. Недостаточно разработанными остаются интегральные инструменты межстрановой оценки готовности к зелёной цифровой трансформации, что и определяет исследовательскую нишу настоящей статьи.

Материалы и методы. Методологическая основа исследования базируется на сочетании сравнительного, системного и экономико-статистического подходов,



позволяющих комплексно оценить взаимосвязь человеческого капитала, цифровизации и устойчивого развития в контексте зелёной трансформации экономики. Целью методического подхода является разработка и апробация интегрального показателя, отражающего готовность стран к зелёной цифровой трансформации.

В рамках исследования использован сравнительный анализ, позволяющий сопоставить институциональные модели зелёной цифровой трансформации Европейского союза, Китая и Казахстана и выявить различия в конфигурации факторов развития. Одновременно применён системный подход, в соответствии с которым человеческий капитал, цифровизация и экологическая трансформация рассматриваются как взаимосвязанные элементы единой социально-экономической системы. В данной логике искусственный интеллект выступает технологическим механизмом, обеспечивающим преобразование знаний, цифровой инфраструктуры и инновационного потенциала в экологические и экономические результаты.

Количественный анализ основан на экономико-статистических методах обработки международных данных. Информационную базу исследования составили данные Всемирного банка, OECD, ILO, Международного энергетического агентства (IEA), а также аналитические материалы Ember, что обеспечивает сопоставимость показателей и корректность межстрановых сравнений.

В работе разграничиваются ключевые понятия цифрового развития. Цифровизация понимается как внедрение цифровых технологий в экономические и социальные процессы. Цифровая трансформация трактуется как более широкий процесс структурных изменений экономики под воздействием цифровых технологий. Цифровая грамотность характеризует базовые навыки использования ИКТ, тогда как цифровые навыки включают более сложные компетенции работы с данными, аналитическими инструментами и алгоритмами. В исследовании показатель интернет-охвата используется как прокси-индикатор цифровой включённости населения.

Для интегральной оценки готовности стран к зелёной цифровой трансформации разработан композитный Индекс готовности (Green Digital Readiness Index – GDRI). Индекс агрегирует четыре ключевых показателя:

- интенсивность НИОКР (% ВВП), отражающую инновационный потенциал экономики;
- индекс человеческого капитала (HCI), характеризующий качество образовательного и профессионального потенциала населения;
- долю пользователей интернета, отражающую уровень цифровой включённости;
- долю возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в выработке электроэнергии, характеризующую фактический уровень экологической трансформации.

Индекс рассчитывается как взвешенная сумма нормированных показателей:

$$GDRI = \omega_R r + \omega_H h + \omega_D d + \omega_E e, \text{ при условии } \sum \omega_i = 1, \omega_i \geq 0, \quad (1)$$

где,

$r = \min\left(\frac{R}{R^*}, 1\right)$, – нормированная интенсивность НИОКР (R – НИОКР, % ВВП;

$R^*=3\%$ – ориентир «фронттира»);

$h=HCI \in [0;1]$ – индекс человеческого капитала Всемирного банка;



$d = \frac{D}{100}$ – доля пользователей интернета в населении,

$e = \frac{E}{100}$ – доля выработки электроэнергии из ВИЭ, E в %.

Рекомендуемые веса (подчёркивают ведущую роль науки и человеческого капитала):

$$\omega_R = 0,30, \quad \omega_H = 0,30, \quad \omega_D = 0,20, \quad \omega_E = 0,20.$$

Такое распределение весов отражает исследовательскую гипотезу о ведущей роли научно-инновационного потенциала и человеческого капитала в формировании готовности экономики к зелёной цифровой трансформации. Цифровая включённость и доля ВИЭ рассматриваются как важные, но производные компоненты системы: первая отражает доступность цифровой инфраструктуры, а вторая – достигнутый экологический результат.

Использование аддитивной формы индекса обеспечивает прозрачность расчётов и позволяет оценить вклад каждого показателя в итоговый результат. Проверка сформулированных гипотез осуществляется посредством сопоставления значений индекса GDRI и его компонент для Европейского союза, Китая и Казахстана.

Таким образом, предложенная методика позволяет количественно оценить готовность стран к зелёной цифровой трансформации и выявить структурные дисбалансы между человеческим капиталом, цифровой инфраструктурой, инновационной активностью и экологическими результатами, что создаёт основу для формулирования практических рекомендаций государственной политики.

Результаты и обсуждение. Анализ проведённого исследования показал, что процессы цифровизации зелёной экономики в разных странах реализуются через специфические институциональные механизмы и приоритеты, отражающие национальные особенности развития. При этом ключевым объединяющим фактором выступает человеческий капитал, качество и структура которого определяют эффективность внедрения технологий искусственного интеллекта (ИИ) в устойчивое производство.

В Европейском союзе цифровизация устойчивого развития активно реализуется через стратегические инициативы «European Green Deal» и «Digital Europe Programme» [16]. Особое внимание уделяется подготовке кадров, обладающих компетенциями в области анализа больших данных, управления «зелёными» проектами и применения ИИ в энергетике и промышленности. Значительные средства направляются на развитие образовательных экосистем, включая Европейскую платформу цифровых навыков (Digital Skills and Jobs Coalition), что обеспечивает синхронизацию процессов цифровой и экологической трансформации.

В Китае интеграция искусственного интеллекта в энергетику и промышленность позволила достичь прогресса в управлении углеродными выбросами, оптимизации потребления энергии и создании новых технологических решений для «зелёной» экономики [17]. Особое место занимает развитие EdTech-сектора, где внедрение ИИ способствует массовому обучению цифровым и экологическим компетенциям, необходимым для реализации национальной стратегии «Carbon Neutrality 2060». Таким образом, Китай демонстрирует модель, где государственные стратегические цели сочетаются с активным использованием ИИ как инструмента не только производственной, но и образовательной трансформации.



В Казахстане стратегическая повестка цифровизации и устойчивого развития формируется в рамках Концепции «Концепция цифровой трансформации, развития отрасли информационно-коммуникационных технологий и кибербезопасности на 2023 - 2029 годы» [18] и «Стратегия достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан до 2060 года» [19]. Однако выявлен дефицит специалистов в области искусственного интеллекта и «зелёных» технологий, что существенно ограничивает потенциал трансформации экономики. При этом цифровые компетенции населения развиваются неравномерно, а образовательные программы лишь частично ориентированы на интеграцию ИИ и устойчивого развития.

Сравнительный анализ цифровизации зелёной экономики в Европейском союзе, Китае и Казахстане представленный в таблице 1 показывает, что подходы к интеграции искусственного интеллекта (ИИ) существенно различаются в зависимости от уровня развития экономики, институциональной среды и стратегических приоритетов. Так, страны ЕС формируют институционально сбалансированную модель, Китай демонстрирует практику масштабного технологического внедрения, а Казахстан только выстраивает основы для будущей интеграции ИИ в зелёную экономику. Таким образом, ключевым фактором успеха во всех странах является качество человеческого капитала, обеспечивающего готовность экономики к цифрово-экологической трансформации.

Таблица 1 – Сравнительный анализ цифровизации зелёной экономики

Страна/ регион	Основные программы	Роль ИИ в зелёной экономике	Подготовка кадров	Основные вызовы
Европейский союз	Green Deal, Digital Europe	Оптимизация производственных процессов, снижение выбросов	Европейская платформа цифровых навыков, межуниверситетские программы	Высокая стоимость внедрения, разрыв в цифровых навыках между регионами
Китай	Carbon Neutrality 2060, Made in China 2025	ИИ для управления энергопотреблением и выбросами, EdTech для массового обучения	Государственные онлайн-платформы, ИИ-ориентированные EdTech-проекты	Неравномерное развитие регионов, технологическая зависимость от мирового рынка
Казахстан	Концепция цифровой трансформации на 2023-2029 годы, Стратегия углеродной нейтральности 2060	Ограниченное внедрение ИИ в энергетике и производстве	Разрозненные программы, нехватка специалистов в ИИ и Green-tech	Дефицит кадров, институциональная фрагментация, ограниченное финансирование
Примечание: составлено авторами на основе проведенного исследования				

Представленный набор метрик (таблица 2) – расходы на НИОКР (% ВВП), охват интернетом (% населения), доля ВИЭ в выработке электроэнергии (%) и индекс человеческого капитала (НСИ) – формирует целостный профиль готовности стран к «зелёной» цифровой трансформации. В такой связке показатели отражают: вход инноваций (НИОКР), цифровую базу для диффузии технологий (интернет-охват), фактический экологический результат (доля ВИЭ) и качественный потенциал рабочей силы (НСИ).



Таблица 2 – Ключевые индикаторы готовности к «зелёной» цифровой трансформации

Показатель	Страна/регион		
	Европейский союз	Китай	Казахстан
Расходы на НИОКР, % ВВП (2023)	2,28	2,56	0,14
Пользователи интернета, % населения (2023)	91,8	78	93
Доля ВИЭ в выработке электроэнергии, % (2023)	44%	30,6%	5,92%
Индекс человеческого капитала (НСІ, 2020) (0-1)	≈0,75	0,65	0,63
Примечание: составлено авторами на основе проведенного исследования			

В Европейском союзе наблюдается сбалансированная конфигурация: высокий уровень НИОКР (~2,3% ВВП) и почти повсеместный интернет-охват (~92%) сочетаются с сильным человеческим капиталом (НСІ ~0,75). Это соответствует наибольшей среди сравниваемых стран доле ВИЭ (~44%) и подтверждает синергию инициатив Green Deal и Digital Europe: инвестиции в знания и инфраструктуру конвертируются в устойчивый энергетический результат.

Китай демонстрирует модель «инвестиции-в-инновации-ради-ускорения декарбонизации»: высокие расходы на НИОКР (~2,6% ВВП) и быстрое масштабирование технологий обеспечивают значимую долю ВИЭ (~30,6%). При этом более низкий охват интернетом (~78%) и НСІ (~0,65) указывают на резервы в распространении цифровых и зелёных компетенций, что может сдерживать равномерность эффекта по регионам.

Казахстан выделяется высокой цифровой доступностью (~93% пользователей интернета) при крайне низкой интенсивности НИОКР (~0,14% ВВП) и пока скромной доле ВИЭ (~5,92%) при близком к Китаю НСІ (~0,63). Такая конфигурация означает, что «цифровой охват» пока не преобразуется в устойчивые энергетические итоги из-за недостатка инвестиций в НИОКР и ограниченной подготовки кадров по направлениям AI/green-tech. Приоритетами выступают: наращивание НИОКР (хотя бы до 0,5-1% ВВП), модернизация программ подготовки и переподготовки с упором на ИИ для энергетики и промышленности, а также целевые стимулы для проектов ВИЭ и цифровой оптимизации сетей.

В целом, корреляция между высоким НИОКР, сильным человеческим капиталом и долей ВИЭ подтверждается на примере ЕС; Китай демонстрирует высокую скорость технологического перехода за счёт инвестиционной базы; Казахстан располагает цифровой инфраструктурой пользователей, но нуждается в укреплении научно-кадрового и инвестиционного контуров, чтобы превратить цифровизацию в устойчивые результаты.

Предложенная концептуальная модель (рисунок 1) демонстрирует, что человеческий капитал является отправной точкой всей цепочки трансформации. Цифровые навыки, экологическая культура и способность к инновациям создают фундамент для эффективного внедрения технологий искусственного интеллекта. При этом важно учитывать не только базовые ИКТ-компетенции, но и более сложные компетенции – критическое мышление, креативность и междисциплинарность, которые позволяют адаптироваться к быстрым технологическим изменениям.

Цифровизация (искусственный интеллект) в данной модели играет роль связующего элемента между человеческим капиталом и устойчивым развитием. Он обеспечивает автоматизацию рутинных процессов, прогнозирование рисков, оптимизацию производственных и энергетических цепочек. Кроме того, ИИ формирует



новые подходы к управлению знаниями и созданию цифровых экосистем, что способствует развитию инновационной экономики.



Рисунок 1 – Концептуальная модель взаимодействия «Человеческий капитал – цифровизация (ИИ) – Устойчивое развитие»

Примечание: составлено авторами на основе проведенного исследования

Устойчивая экономика в модели рассматривается как целевой результат взаимодействия. Она проявляется не только в снижении выбросов парниковых газов и повышении энергоэффективности, но и в создании новых рабочих мест, появлении экологически ориентированных инноваций, формировании принципов «зелёного предпринимательства». Таким образом, устойчивость охватывает не только экологическое, но и социальное измерение – инклюзию, равный доступ к новым профессиям и повышение качества жизни.

При этом нельзя рассматривать триаду «Человеческий капитал – ИИ – устойчивая экономика» в отрыве от внешних факторов. Поэтому в схему добавлены институциональная среда, технологическая инфраструктура и международное сотрудничество. Государственная политика, правовое регулирование и финансовые стимулы создают базу для инвестиций и внедрения новых технологий. Технологическая инфраструктура (цифровые платформы, центры обработки данных, ИИ-экосистемы) определяет скорость и масштаб трансформации. Международное сотрудничество выступает каналом обмена знаниями, ресурсами и инновационными практиками, что особенно важно для стран с переходной экономикой.



Таким образом, модель подтверждает, что успешное развитие устойчивой экономики возможно только при сбалансированном взаимодействии человеческого капитала и ИИ-технологий в рамках сильной институциональной и технологической поддержки. Это означает, что Казахстан, нацеленный на достижение углеродной нейтральности к 2060 году, должен уделить приоритетное внимание развитию цифровых и «зелёных» компетенций, формированию ИИ-инфраструктуры и интеграции в международные образовательные и инновационные сети.

Для сопоставимой оценки готовности стран к «зелёной» цифровой трансформации использование отдельных показателей само по себе является недостаточным, поскольку каждый из них отражает лишь один аспект исследуемой системы. Так, расходы на НИОКР характеризуют инновационный потенциал, интернет-охват – уровень цифровой включённости, доля ВИЭ – фактический экологический результат, а индекс человеческого капитала – качественный потенциал рабочей силы. Однако только их совместное рассмотрение позволяет получить целостное представление о степени готовности экономики к зелёной цифровой трансформации. С этой целью в исследовании используется композитный индекс GDRI, методика расчёта которого представлена в предыдущем разделе.

Для интерпретации полученных значений индекса была использована следующая шкала: значения в диапазоне 0,80-1,00 соответствуют высокому уровню системной готовности и отражают состояние «мирового фронта»; диапазон 0,65-0,79 характеризует высокий уровень готовности при наличии отдельных ограничений; значения 0,50-0,64 указывают на средний уровень, при котором сохраняется потенциал роста, но требуется усиление ряда компонентов; диапазон 0,35-0,49 отражает стартовую готовность, когда отдельные сильные стороны сочетаются с заметными структурными дефицитами; значения ниже 0,35 свидетельствуют о низком уровне готовности и необходимости базовых институциональных и инвестиционных преобразований.

На основе данных, представленных в таблице 2, были рассчитаны значения индекса GDRI для Европейского союза, Китая и Казахстана. Результаты расчётов приведены в таблице 3 и позволяют количественно сопоставить страны по степени готовности к зелёной цифровой трансформации, а также выявить вклад отдельных компонентов в итоговый профиль каждой экономики.

Таблица 3 – Результаты расчёта индекса готовности к «зелёной» цифровой трансформации (GDRI)

Страна/регион	r – НИОКР (норм.)	h – HCI	d – Интернет	e – ВИЭ	GDRI
Европейский союз	0,760	0,750	0,918	0,440	0,725
Китай	0,853	0,650	0,780	0,306	0,668
Казахстан	0,047	0,630	0,930	0,059	0,401

В странах ЕС наибольший вклад обеспечивают НИОКР (0,228) и человеческий капитал (0,225); интернет-охват выступает поддерживающим фактором (0,184), тогда как ограничителем остаётся «зелёный» результат (ВИЭ: 0,088). Показатель GDRI=0,725 свидетельствует о том, что развитые научно-кадровая база и цифровая инфраструктура уже конвертируются в устойчивость, однако дальнейший рост индекса зависит от ускорения декарбонизации электроэнергетики.

В Китае сильнейший драйвер – НИОКР (0,256), далее следуют человеческий капитал (0,195) и интернет-охват (0,156); ограничитель – доля ВИЭ (0,061). Показатель GDRI=0,668 указывает на высокую инновационную интенсивность и то, что масштабное



внедрение технологий уже приносит эффект, однако «зелёная» составляющая и цифровая включённость населения ещё не достигли уровня ЕС, что удерживает индекс ниже.

Для Казахстана характерен профиль «двух опор»: человеческий капитал (0,189) и интернет-охват (0,186). Жёсткими ограничителями выступают НИОКР (0,014) и ВИЭ (0,012). Показатель $GDRI=0,401$ показывает, что при высокой цифровой доступности и сопоставимом HSI недофинансирование науки и низкая доля ВИЭ резко снижают готовность к «зелёной» цифровой трансформации.

Полученные результаты в целом подтверждают выдвинутые гипотезы. Во-первых, более высокие значения GDRI действительно наблюдаются в экономиках с сильной научной базой и более высоким качеством человеческого капитала, что подтверждает гипотезу о ключевой роли НИОКР и HSI. Во-вторых, пример Казахстана показывает, что высокий интернет-охват сам по себе не обеспечивает высокой готовности к зелёной цифровой трансформации при слабой исследовательской базе и низкой доле ВИЭ. В-третьих, сравнительный анализ демонстрирует, что искусственный интеллект в институциональном плане выступает не автономным фактором, а инструментом, эффективность которого зависит от качества кадровой и инновационной среды.

Заключение. Проведённое исследование показало, что готовность экономики к зелёной цифровой трансформации определяется сочетанием четырёх ключевых факторов: интенсивности НИОКР, качества человеческого капитала, цифровой включённости и уровня развития возобновляемой энергетики. Искусственный интеллект при этом выступает не самостоятельной целью, а технологическим механизмом, с помощью которого знания, цифровая инфраструктура и инновационный потенциал преобразуются в экологически и экономически значимые результаты.

Основной научный результат статьи состоит в разработке и апробации композитного индекса GDRI, позволяющего сопоставимо оценивать готовность стран к зелёной цифровой трансформации. В отличие от подходов, рассматривающих отдельные показатели фрагментарно, предложенный индекс объединяет входные ресурсы системы и её наблюдаемый зелёный результат в единой аналитической модели. Это позволило выявить различающиеся профили стран: сбалансированное лидерство ЕС, инновационно сильную, но неравномерную модель Китая и стартовую готовность Казахстана, ограниченную низкой интенсивностью НИОКР и слабой долей ВИЭ.

Практическая значимость исследования заключается в возможности использования GDRI в качестве инструмента мониторинга и настройки государственной политики. Для Казахстана это означает необходимость сосредоточения усилий не только на расширении цифровой инфраструктуры, но прежде всего на наращивании научно-исследовательских инвестиций, развитии программ подготовки и переподготовки по направлениям AI/green-tech, стимулировании ВИЭ и формировании более целостной институциональной архитектуры зелёной цифровой трансформации.

Ограничения исследования связаны с использованием ограниченного числа агрегированных межстрановых индикаторов, а также с тем, что отдельные важные аспекты – например, отраслевые AI-компетенции, глубина внедрения ИИ на уровне фирм и качество экологического регулирования – не получили прямого количественного отражения в индексе. Кроме того, используемая система весов носит экспертно-аналитический характер.



Перспективы дальнейших исследований связаны с расширением страновой выборки, переходом к панельному анализу, эконометрической калибровкой весов индекса, а также включением отраслевых и институциональных переменных, позволяющих точнее оценить влияние искусственного интеллекта на зелёную производительность, углеродоёмкость и качество человеческого капитала в условиях цифровой экономики.

Информация о финансировании. Исследование профинансировано Комитетом по науке Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (ИРН АР23490443 «Управление человеческим капиталом, повышение качества трудовых ресурсов в условиях развития цифровой экономики»).

Список литературы

1. World Bank. The changing wealth of nations 2023: Managing assets for the future. – Washington, DC: World Bank, 2023. – 220 p. [Электронный ресурс]. – URL: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/39729> (дата обращения: 22.08.2025).
2. OECD. Innovation policies for sustainable development. – Paris: OECD Publishing, 2019. – 168 p. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.oecd.org/publications/innovation-policies-for-sustainable-development-f616c02b-en.htm> (дата обращения: 22.08.2025).
3. Santika W. G., Anisuzzaman M., Bahri P. A., Shafiullah G. M., Rupf G. V., Urmee T. From goals to joules: A quantitative approach of interlinkages between energy and the Sustainable Development Goals // *Energy Research & Social Science*. – 2019. – Vol. 50. – P. 201-214. DOI: 10.1016/j.erss.2018.11.016.
4. Lucas R. E. On the mechanics of economic development // *Journal of Monetary Economics*. – 1988. – Vol. 22. - No. 1. – P. 3-42. DOI: 10.1016/0304-3932(88)90168-7.
5. Mark R. Rosenzweig. Population Growth and Human Capital Investments: Theory and Evidence // *Journal of Political Economy*. – 1990. – Vol. 98. - No. 5. - Part 2. – P. S71-S102. DOI: 10.1086/261725.
6. Brynjolfsson E., McAfee A. The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies. – New York: W. W. Norton & Company, 2014. – 306 p. [Электронный ресурс]. – URL: <https://wwnorton.com/books/9780393350647> (дата обращения: 22.08.2025).
7. OECD. Measuring the environmental impacts of artificial intelligence compute and applications: The AI footprint // *OECD Digital Economy Papers*. Paris: OECD Publishing, 2022. - No. 341.- 56 p. DOI: 10.1787/7babf571-en.
8. Wang J., Wang X., Sun F., Li X. The Functional Mechanisms through Which Artificial Intelligence Influences the Innovation of Green Processes of Enterprises // *Systems*. – 2024. – Vol. 12. - № 9. – P. 378. DOI: 10.3390/systems12090378.
9. Yang Q., Sun T., Li R. Does artificial intelligence promote green innovation? An assessment based on direct, indirect, spillover, and heterogeneity effects // *Energy & Environment*. – 2023. – Vol. 36. - No. 2. DOI: 10.1177/0958305X231220520.
10. UNESCO. Reimagining our futures together: A new social contract for education. – Paris: UNESCO Publishing, 2021. – 276 p. [Электронный ресурс]. – URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379707> (дата обращения: 22.08.2025).
11. Tao M. Digital brains, green gains: Artificial intelligence's path to sustainable transformation // *Journal of Environmental Management*. – 2024. – Vol. 370. – e.122679. DOI: 10.1016/j.jenvman.2024.122679.
12. Song Z.Q., Deng Y. Non-linear research on artificial intelligence empowering green economic efficiency under integrated governance framework // *Frontiers in Environmental Economics*. – 2025. – Vol. 3. – e.1502032. DOI: 10.3389/frevc.2024.1502032.
13. Davidyuk M.O., Kozlova E.I. The impact of artificial intelligence on sustainable development // *Innovative Economics and Law*. – 2024. – Vol. 1. – P. 76–80. DOI: 10.53015/2782-263X_2024_1_76.
14. International Energy Agency (IEA). Digitalization and energy. – Paris: IEA, 2022. – 145 p. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.iea.org/reports/digitalisation-and-energy> (дата обращения: 22.08.2025).
15. McKinsey & Company. The future of work after COVID-19. – McKinsey Global Institute, 2021. – 34 p. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/the-future-of-work-after-covid-19> (дата обращения: 22.08.2025).
16. European Commission. The European Green Deal. – Brussels: EC, 2020. [Электронный ресурс]. – URL: <https://ec.europa.eu/green-deal> (дата обращения: 22.08.2025).



17. Zhang Y., Chen L. Artificial intelligence in China's green transition: Opportunities and challenges // *Energy Policy*. – 2022. – Vol. 165. – e.112897. DOI: 10.1016/j.enpol.2022.112897.

18. Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 марта 2023 года № 269 «Об утверждении Концепции цифровой трансформации, развития отрасли информационно-коммуникационных технологий и кибербезопасности на 2023 - 2029 годы» [Электронный ресурс]. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2300000269> (дата обращения: 22.08.2025).

19. Указ Президента Республики Казахстан от 2 февраля 2023 года № 121 «Об утверждении Стратегии достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан до 2060 года» [Электронный ресурс]. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/U2300000121> (дата обращения: 22.08.2025).

References

1. World Bank. The changing wealth of nations 2023: Managing assets for the future. – Washington, DC: World Bank, 2023. 220 p. Available at: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/39729> (accessed 22.08.2025).

2. OECD. Innovation policies for sustainable development. Paris, OECD Publishing, 2019. 168 p. Available at: <https://www.oecd.org/publications/innovation-policies-for-sustainable-development-f616c02b-en.htm> (accessed 22.08.2025).

3. Santika W. G., Anisuzzaman M., Bahri P. A., Shafiullah G. M., Rupf G. V., Urmee T. From goals to joules: A quantitative approach of interlinkages between energy and the Sustainable Development Goals. *Energy Research & Social Science*, 2019, 50, pp. 201-214. DOI: 10.1016/j.erss.2018.11.016.

4. Lucas R. E. On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 1988, 22(1), pp. 3-42. DOI: 10.1016/0304-3932(88)90168-7.

5. Mark R. Rosenzweig. Population Growth and Human Capital Investments: Theory and Evidence. *Journal of Political Economy*, 1990, 98(5), 2, pp. S71-S102. DOI: 10.1086/261725.

6. Brynjolfsson E., McAfee A. The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies. New York, W.W. Norton & Company, 2014, 306 p. Available at: <https://wnorton.com/books/9780393350647> (accessed 22.08.2025).

7. OECD. Measuring the environmental impacts of artificial intelligence compute and applications: The AI footprint. *OECD Digital Economy Papers*. Paris: OECD Publishing, 2022, 341, 56 p. DOI: 10.1787/7babf571-en.

8. Wang J., Wang X., Sun F., Li X. The Functional Mechanisms through Which Artificial Intelligence Influences the Innovation of Green Processes of Enterprises. *Systems*, 2024, 12(9), pp. 378. DOI: 10.3390/systems12090378.

9. Yang Q., Sun T., Li R. Does artificial intelligence promote green innovation? An assessment based on direct, indirect, spillover, and heterogeneity effects. *Energy & Environment*, 2023, 36(2). DOI: 10.1177/0958305X231220520.

10. UNESCO. Reimagining our futures together: A new social contract for education. – Paris: UNESCO Publishing, 2021. 276 p. Available at: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379707> (accessed 22.08.2025).

11. Tao M. Digital brains, green gains: Artificial intelligence's path to sustainable transformation. *Journal of Environmental Management*, 2024, 370, e. 122679. DOI: 10.1016/j.jenvman.2024.122679.

12. Song Z.Q., Deng Y. Non-linear research on artificial intelligence empowering green economic efficiency under integrated governance framework. *Frontiers in Environmental Economics*, 2025, 3, e.1502032. DOI: 10.3389/frevc.2024.1502032.

13. Davidyuk M.O., Kozlova E.I. The impact of artificial intelligence on sustainable development. *Innovative Economics and Law*, 2024, 1, pp. 76–80. DOI: 10.53015/2782-263X_2024_1_76.

14. International Energy Agency (IEA). Digitalization and energy. Paris, IEA, 2022, 145 p. Available at: <https://www.iea.org/reports/digitalisation-and-energy> (accessed 22.08.2025).

15. McKinsey & Company. The future of work after COVID-19. McKinsey Global Institute, 2021, 34 p. URL: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/the-future-of-work-after-covid-19> (accessed 22.08.2025).

16. European Commission. The European Green Deal. Brussels: EC, 2020. Available at: <https://ec.europa.eu/green-deal> (accessed 22.08.2025).

17. Zhang Y., Chen L. Artificial intelligence in China's green transition: Opportunities and challenges. *Energy Policy*, 2022, 165, e.112897. DOI: 10.1016/j.enpol.2022.112897.



18. Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Kazahstan ot 28 marta 2023 goda № 269 «Ob utverzhdenii Konceptii cifrovoj transformacii, razvitiya otrasli informacionno-kommunikacionnyh tehnologij i kiberbezopasnosti na 2023 - 2029 gody». Available at: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2300000269> (accessed 22.08.2025).

19. Ukaz Prezidenta Respubliki Kazahstan ot 2 fevralja 2023 goda № 121 «Ob utverzhdenii Strategii dostizhenija uglerodnoj nejtral'nosti Respubliki Kazahstan do 2060 goda». Available at: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/U2300000121> (accessed 22.08.2025).

ЭКОНОМИКАНЫҢ ЖАСЫЛ ЦИФРЛЫҚ ТРАНСФОРМАЦИЯСЫНА ДАЙЫНДЫҒЫН БАҒАЛАУ: АДАМИ КАПИТАЛ МЕН ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТТІҢ РӨЛІ

Т.А. Азатбек¹, Е.Б. Домалатов^{2}, Т.А. Абылайханова², А.С. Бухатова²*

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

²С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Өскемен, Қазақстан

Түйін. Бұл мақалада экономиканың жасыл цифрлық трансформацияға дайындығы бағаланады. Зерттеудің мақсаты - адами капиталдың, цифрлық инклюзияның, инновациялық белсенділіктің және жаңартылатын энергия көздерінің тұрақты даму әлеуетін қалыптастырудағы үлесін салыстыратын құрама Жасыл цифрлық трансформацияға дайындық индексі (GDRI) әзірлеу және сынау. Әдістемелік негізде салыстырмалы және жүйелік тәсілдер, Дүниежүзілік банк, OECD, ILO, Ember және IEA деректерінің экономикалық және статистикалық талдауы, сондай-ақ индикаторларды стандарттау және салмақтаумен индекс әдісі қолданылады. Зерттеудің ғылыми жаңалығы төрт негізгі компонентті - ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық жұмыстарды, адами капиталды, интернетті қамтуды және жаңартылатын энергия көздерінің үлесін - біріктіретін және елдердің жасыл цифрлық трансформацияға дайындығын сандық бағалауға мүмкіндік беретін интеграцияланған GDRI индексінің ұсынуда. ЕО, Қытай және Қазақстанды мысал ретінде пайдалана отырып, индексті сынау ЕО-ның ең теңгерімді дайындық профиліне ие екенін көрсетті (GDRI = 0,725). Қытай цифрлық инклюзияда және жаңартылатын энергия көздерінің үлесінде (0,668) қалған шектеулермен жоғары инновациялық әлеуетті көрсетеді. Сонымен қатар, Қазақстан дайындықтың бастапқы кезеңінде (0,401), интернеттің жоғары қамтуын ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық жұмыстардың төмен қарқындылығымен және жаңартылатын энергия көздерінің шектеулі үлесімен үйлестіреді. Зерттеудің практикалық маңыздылығы мемлекеттік саясатты бақылау және ғылым, білім беру, цифрландыру және жасыл экономиканы жаңғырту саласындағы басымдықтарды белгілеу үшін GDRI әлеуетін пайдалануда жатыр.

Түйінді сөздер: адами капитал, цифрландыру, жасанды интеллект, жасыл экономика, тұрақты даму, дайындық көрсеткіші, Қазақстан.

ASSESSING READINESS FOR GREEN DIGITAL TRANSFORMATION OF THE ECONOMY: THE ROLE OF HUMAN CAPITAL AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE

T.A. Azatbek¹, Ye.B. Domalatorov^{2}, T.A. Abylaikhanova², A.S. Bukhatova²*

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

²S. Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

Summary. This article assesses the economy's readiness for green digital transformation. The study aims to develop and test a composite Green Digital Transformation Readiness Index (GDRI), which compares the role of human capital, digital inclusion, innovation activity, and the share of renewable energy sources in shaping sustainable development potential. The methodological framework utilizes comparative and systemic approaches, economic and statistical analysis of data from the World Bank, OECD, ILO, Ember, and IEA, and an index method with standardization and weighting of indicators. The study's scientific novelty lies in its proposal of an integrated GDRI index, which combines four key components – R&D, human capital, internet coverage, and the share of renewable energy sources – and allows for a quantitative assessment of countries' readiness for green digital transformation. A test of the index using the EU, China, and Kazakhstan as examples revealed that the EU has the most balanced readiness profile (GDRI = 0.725). China demonstrates high innovation potential with remaining



limitations in digital inclusion and the share of renewable energy sources (0.668). Kazakhstan, meanwhile, remains at an initial stage of readiness (0.401), combining high internet coverage with low R&D intensity and a limited share of renewable energy sources. The practical significance of the study lies in the potential use of the GDRI for monitoring public policy and setting priorities in science, education, digitalization, and green economic modernization.

Keywords: human capital, digitalization, artificial intelligence, green economy, sustainable development, readiness index, Kazakhstan.

Информация об авторах:

Азатбек Толкын Азатбековна – доктор экономических наук, профессор, Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: tolkyn_d2005@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8985-8905>

Домалатов Ержан Багданович* – магистр экономических наук, докторант PhD, Восточно-Казахстанский университет имени С. Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан, e-mail: domalатовkz@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9955-9282>

Абылайханова Тана Абылайхановна – PhD, Восточно-Казахстанский университет имени С. Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан, e-mail: tablaihanova@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3934-0606>

Бухатова Асем Салауатқызы – магистр экономических наук, докторант PhD, Восточно-Казахстанский университет имени С. Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан, e-mail: asem.bukhatova@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-2689-5425>

Авторлар туралы ақпарат:

Азатбек Толкын Азатбековна – экономика ғылымдарының докторы, профессор, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан, e-mail: tolkyn_d2005@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8985-8905>

Домалатов Ержан Багданович* – экономика ғылымдарының магистрі, PhD докторанты, С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Өскемен, Қазақстан, e-mail: domalатовkz@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9955-9282>

Абылайханова Тана Абылайхановна – PhD, С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Өскемен, Қазақстан, e-mail: tablaihanova@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3934-0606>

Бухатова Асем Салауатқызы – экономика ғылымдарының магистрі, PhD докторанты, С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Өскемен, Қазақстан, e-mail: asem.bukhatova@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-2689-5425>

Information about the authors:

Azatbek Tolkyn Azatbekovna – doctor of Economic Sciences, Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: tolkyn_d2005@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8985-8905>

Domalатов Yerzhan Bagdanovich* – master of Economics, PhD student, S. Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, e-mail: domalатовkz@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9955-9282>

Abylaikhanova Tana Abylaikhanovna – PhD, S. Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, e-mail: tablaihanova@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3934-0606>

Bukhatova Assem Salauatkyzy – master of Economic Sciences, PhD student, S. Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, e-mail: asem.bukhatova@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-2689-5425>

Получено: 23.08.2025

Принято к рассмотрению: 09.10.2025

Доступно онлайн: 31.03.2026