

УДК 332.05, 338.36 DOI: 10.14451/1.254.264

# Цифровая трансформация газовой отрасли: обзор подходов\*

© 2026 Трофимов Глеб Алексеевич

Магистрант. Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия.

E-mail: gleb.trofimov66@gmail.com

© 2026 Акбердина Виктория Викторовна

Заместитель директора, руководитель Центра структурной политики, доктор экономических наук, профессор, член-корреспондент РАН. Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия.

E-mail: akberdina.vv@uiec.ru

**Ключевые слова:** газовая отрасль, цифровая трансформация, цифровая зрелость, стратегия цифровизации, организационные изменения, цифровые технологии.

Статья посвящена выявлению, классификации и оценке основных подходов к цифровой трансформации газовой отрасли, описанных в современных научных исследованиях, с фокусом на аспектах цифровой зрелости, стратегии и организации. Методология исследования основана на принципах тематического и контент-анализа полнотекстовых научных публикаций российских и зарубежных авторов за период 2010–2025 гг., отобранных из библиометрических баз РИНЦ и Scopus. В работе проверяются две ключевые гипотезы: об отсутствии универсального подхода и зависимости его выбора от масштаба компании, сегмента цепочки стоимости и исходной цифровой зрелости, а также о том, что успех трансформации в большей степени зависит от стратегического видения и организационных изменений, чем от применяемых технологий. По результатам анализа дано авторское определение цифровой трансформации отрасли и систематизирован применяемый технологический стек. Обе гипотезы получили верификацию. Установлено, что подходы к трансформации дифференцированы в зависимости от сегмента деятельности (добыча, транспорт, сбыт) и требуют кастомизированных моделей оценки цифровой зрелости. Доказано, что ключевым фактором успеха является переход от техноцентричного к ценностно-ориентированному подходу, где технологии служат инструментом достижения конкретных бизнес-целей. Практическая значимость исследования заключается в формировании методологической основы для разработки стратегий цифровой трансформации компаний газовой отрасли с учетом их специфики и обосновании приоритета организационных изменений над технологическими инвестициями.

\*Исследование выполнено в рамках государственного задания Минобрнауки РФ для Института экономики УрО РАН на период 2024–2026 гг. № 0327-2024-0010. (Р)

## Введение

Газовая отрасль, исторически являвшаяся основой глобальной энергетической безопасности и одним из наиболее консервативных сегментов мировой экономики, переживает сегодня период глубинной трансформации. Трансформация обусловлена рядом мегатрендов, оказывающих давление на традиционную бизнес-модель газовых компаний – это и ужесточение климатической повестки, и рост конкуренции со стороны возобновляемых источников энергии, и усиление волатильности на товарных рынках, и геополитическая нестабильность и др. В этом контексте цифровая трансформация становится ответом на совокупность стоящих перед отраслью вызовов.

Первыми в отрасли курс на цифровую трансформацию взяли зарубежные нефтегазовые гиганты Shell и British Petroleum, которые внедряют цифровые решения с 2000 года. Их приход на российский рынок в 2008 году запустил цепную реакцию по цифровизации отечественного сегмента нефтегазовой отрасли и в значительной степени обусловили зависимость отечественных компаний от значимых факторов цифровой трансформации зарубежного происхождения: программного обеспечения, технологии, оборудования, сервисных услуг и др. [1; 21]. Эта зависимость в наибольшей степени проявила себя на фоне внешнего геополитического давления на российскую экономику. Под воздействием санкций зарубежные компании были вынуждены в том или ином виде покинуть российский рынок или прекратить взаимодействие с российскими партнерами, что в свою очередь привело к блокировке доступа российских газовых компаний ко многим зарубежным цифровым и интеллектуальным ресурсам [17].

Вопреки указанным ограничениям, цифровая трансформация формирует новую парадигму развития газовой отрасли в России, в рамках которой цифровые технологии выступают не просто инструментом оптимизации отдельных процессов, а ключевым драйвером изменений. Этот переход от «оцифровки» существующих операций к «трансформации» бизнеса под влиянием

цифровых возможностей составляет суть современного этапа технологических изменений в газовом секторе.

Несмотря на множество публикаций, посвященных конкретным цифровым решениям для газовой отрасли, в научной и профессиональной литературе наблюдается дефицит комплексных работ, систематизирующих подходы к цифровой трансформации как к целостному управленческому и стратегическому процессу. Дискуссия зачастую фокусируется на «что» (какие технологии внедрять) в ущерб анализу «как» (какими стратегиями, методологиями и организационными моделями руководствоваться) и «зачем» (какие фундаментальные бизнес-цели и ценности это создает).

*Цель данной статьи* – выявить, классифицировать и оценить основные подходы к цифровой трансформации газовой отрасли, описанные в современных научных исследованиях. Систематизация подходов будет реализована по трем направлениям: цифровая зрелость, стратегические и организационные аспекты цифровой трансформации. Также кратко будет дан обзор понятий цифровой трансформации отрасли и современных цифровых технологий в газовой отрасли.

Исследование подходов к цифровой трансформации в газовой отрасли требует проверки ряда *гипотез*. Во-первых, будет проверена гипотеза о том, что в газовой отрасли не существует единственно верного подхода к цифровой трансформации, а его выбор определяется масштабом компании, отраслевой принадлежностью в рамках цепочки добавленной стоимости и исходной цифровой зрелостью бизнес-процессов. Во-вторых, выдвигается гипотеза, что успех цифровой трансформации менее всего зависит от применяемых технологий, а в большей степени – от четкости стратегического видения, последовательности его реализации и глубины организационных изменений.

Указанные гипотезы будут проверены на основе исследования полнотекстовых научных публикаций российских и зарубежных авторов, размещенных в библиометрических базах, соответственно, РИНЦ и Scopus. Отбор источников осуществлялся по заданным критериям релевантности, хронологии (2010–2025 гг.) и научной значимости. *Методология исследования* основана на принципах тематического анализа и контент-анализа для систематизации ключевых концепций и подходов в исследуемой области.

#### **Понятие «цифровая трансформация отрасли»**

Общегосударственный вектор на цифровую трансформацию отраслей российской экономики обозначился в 2020 г., когда была утверждена одноименная национальная цель развития экономики до 2030 г. по четырем направлениям, включая «цифровую зрелость» ключевых отраслей.

В 2024 г. указанные задачи были пересмотрены и значительно расширены. Так, к 2030 г. инвестиции в отечественные ИТ-продукты должны вдвое превышать темпы роста ВВП, в том числе за счет замещения иностранного программного обеспечения на отечественное в более чем 80% ключевых российских предприятиях. Среди других задач цифровой трансформации экономики можно назвать достижение «цифровой зрелости» ключевых секторов экономики и государственного управления, формирование рынка данных, создание системы эффективного противодействия киберпреступлениям и обеспечение сетевого суверенитета и информационной безопасности.

Нефтегазовая отрасль, являясь одной из ключевых отраслей российской экономики, также включена в общегосударственную стратегию цифровой трансформации, и последние несколько лет осуществляет интенсивное внедрение передовых ИТ-решений. Это обуславливает возрастающий научный интерес к системному изучению различных аспектов цифровой трансформации отдельных предприятий и отрасли в целом, для чего необходимо сформировать понятие и ключевые признаки цифровой трансформации отрасли.

Пырков И. В. и Евдокимов А. Н. определяют цифровую трансформацию как «полное изменение бизнес-процессов компании за счет внедрения современных цифровых технологий, включая автоматизацию оборудования и технологических линий, использование информационных сервисов, цифровых платформ, ИИ и т.д.» [23].

Азиева Р.Х. и Таймасханов Х.Э. при определении цифровой трансформации нефтегазовой отрасли опираются на процессный подход, «включающийся в непрерывной интеграции новых и передовых технологий с целью удовлетворения меняющихся потребностей бизнеса и рынка», который был сформулирован в одноименном отчете по исследованию рынка за 2019–2023 гг. [2].

Схожая поэтапная многоуровневая модель достижения цифровой трансформации российскими компаниями описана в работах Стефановой Н. А., Скакун О. О., Кирилловой Т. В. и Мануша Д. В. [15; 27]. На первом уровне в этой концепции происходит цифровизация отдельных элементов, на втором – выстраиваются взаимосвязи между этими элементами. Третий уровень характеризуется построением полной цифровой модели компаний, на четвертом – внедряются инструменты предиктивной самокоррекции, и завершается процесс цифровой трансформации созданием зрелой открытой инфраструктуры (пятый уровень).

По мнению Суворовой С. Д. и Куликовой О. М., цифровая трансформация подразумевает «нечто большее, чем просто технологические изменения, поскольку технологии играют определенную роль в преобразовании процессов посредством локализации инновационных продуктов, услуг и бизнес-моделей для создания новых возможностей роста» [28].

Подход Попкова А. К. к цифровой трансформации акцентирован на «радикальном изменении операционных моделей, продуктов, услуг и клиентского опыта», которое приводит к преобразованию «экономической деятельности организаций». В зависимости от характера внедрения

IT-решений он выделяет эволюционную (поэтапная интеграция IT-систем), революционную (кардинальное и быстрое преобразование бизнес-процессов) и платформенную (за счет цифровых платформ) модели трансформации [22].

Ключевыми отличительными результатами цифровой трансформации Кокова С. Ф. и Дышенкова А. А. называют качественные преобразования бизнес-процессов и «значительные социально-экономические эффекты от их реализации», которые достигаются за счет использования цифровых платформ [16].

Обобщая указанные признаки, можно сформулировать следующее определение цифровой трансформации отрасли – это процесс кардинального, системного преобразования входящих в отрасль предприятий за счет внедрения современных цифровых технологий на всех стадиях жизненного цикла товаров, работ или услуг в целях повышения их эффективности, достижения цифровой зрелости и увеличения добавленной стоимости отдельных элементов отрасли. Применительно к газовой отрасли можно говорить о ее цифровой трансформации, если внедряемые инновационные цифровые решения приведут к качественным изменениям и повышению эффективности всех участников цепочки от добычи газа до его сбыта.

Рассмотрим далее, какие шаги предпринимаются в этом направлении и какие цифровые решения оказывают наибольшее влияние на цифровую трансформацию газовой отрасли.

### **Современные цифровые технологии в газовой отрасли**

Современная академическая литература демонстрирует консенсус в выделении комплекса взаимосвязанных блоков, образующих технологический фундамент цифровой трансформации в газовой отрасли [1; 26; 29].

Первичным и базовым элементом выступает повсеместное распространение *Интернета вещей (IoT)* и *интеллектуальной сенсорики*. Российские и зарубежные авторы отмечают, что на этапе добычи это, прежде всего, датчики давления, расхода и состава газа в реальном времени,

устанавливаемые на устье скважин и в системах сбора, а также вибродатчики и датчики температуры на критическом вращающемся оборудовании, таком как погружные электроцентробежные насосы и газоперекачивающие агрегаты [12; 32; 39]. Дополняют их автономные датчики контроля целостности обсадных колонн, использующие акустические или электромагнитные методы диагностики [7; 57].

В сегменте транспортировки и хранения технологический ландшафт IoT определяется задачей мониторинга линейной части магистральных трубопроводов, протяженность которых исчисляется тысячами километров. Согласно описанному в литературе кейсам газовых компаний, здесь доминируют два передовых решения [5; 30; 60]. Первое – это распределенные волоконно-оптические системы мониторинга, где сам оптический кабель, проложенный параллельно трубопроводу, выступает в роли непрерывного сенсора. Второе решение – это сеть автономных беспроводных датчиков коррозии, размещаемых в контрольных точках для измерения потенциала подземных трубопроводов и выявления зон повышенного коррозионного риска.

Исследователи-инженеры отмечают, что ключевым вызовом для IoT в газовой отрасли является не столько сбор, сколько передача данных из часто удаленных и труднодоступных локаций, поэтому критической технологией выступают системы дальней связи (LPWAN) [37].

Следующим критически важным блоком является использование *технологий больших данных и предиктивной аналитики*, позволяющих обрабатывать колоссальные массивы как структурированной, так и неструктурированной информации, включая геолого-геофизические, телеметрические и коммерческие данные [54].

Достаточно много исследований посвящено проблемам использования технологий больших данных в газовой промышленности. Так, Хаджирахимова М. С. считает, что внедрение технологий больших данных в отрасли сталкивается с комплексом взаимосвязанных барьеров, вытекающих из технологической специфи-

ки, организационной структуры и экономических условий сектора [49]. Цин В. при анализе мировой практики отмечает, что технологическим фундаментом проблемы является унаследованная ИТ- и ОТ-инфраструктура, состоящая из разнородных, часто несовместимых систем автоматизации (SCADA, АСУ ТП), корпоративных информационных систем и изолированных баз данных, которые не были предназначены для интеграции и масштабируемой обработки потоковых данных [56]. Это порождает проблему фрагментации, где критически важная информация оказывается заблокированной в отдельных подразделениях или на конкретных активах, что делает невозможным формирование единого консолидированного пространства данных для сквозной аналитики. М. Мохаммадпур и Ф. Тораб среди проблем, связанных с барьерами внедрения больших данных, выделяют недостаточную осведомленность об эффектах, а также низкое качество данных в отдельных компаниях [53].

Центральным инструментом моделирования, анализа и принятия решений в современной парадигме становятся *цифровые двойники* – виртуальные динамические копии физических активов, таких как газовые месторождения, компрессорные станции или распределительные сети. Эти симуляционные модели обеспечивают возможность в режиме реального времени тестировать различные сценарии развития событий, проводить виртуальные эксперименты по принципу «что, если», оптимизировать производительность систем и планировать их модернизацию с минимальными рисками. Примечательно, что согласно исследованиям Ванасингхе Т. Р. и соавторов рейтинг стран по количеству публикаций, связанных с цифровыми двойниками в газовой отрасли, открывают США, за ними следуют Норвегия, Великобритания, Канада, Китай, Италия, Нидерланды, Бразилия, а завершают рейтинг Германия и Саудовская Аравия [43].

Многие авторы отмечают высокую эффективность внедрения цифровых двойников физических активов в газовых компаниях. Так, по данным исследований Таммела И., Сингха А. П. А. и Гамети Н., а также Афанасьева В. Ю. и соавторов, в области добычи фиксируется прирост конечного коэффициента извлечения газа на 2–7 процентных пунктов за счет оптимизации режимов эксплуатации месторождений на основе гидродинамических моделей двойников. В сфере транспортировки газа отмечается снижение удельных энергозатрат на перекачку на 8–12% посредством оптимизации режимов работы газоперекачивающих агрегатов, а также сокращение коммерческих и технологических потерь газа в сетях на 3–8% благодаря раннему обнаружению аномалий [36; 44; 47].

В газовой отрасли все чаще находят применение алгоритмы *искусственного интеллекта и машинного обучения* для решения разнообразных отраслевых задач, начиная от сложной интерпретации сейсмических данных и управления технологическими процессами сжижения природного газа до автоматизации рутинных бухгалтерских и логистических операций, а также усиления систем кибербезопасности через автоматическое обнаружение аномалий в сетевом трафике [3].

Как отмечает Шлыков С. В., несмотря на высокие ожидаемые эффекты, данные технологии используются пока точечно, что связано с общей проблемой применения устаревших методов классической автоматизации технологических процессов в газовом секторе [34]. Тем не менее, анализ практики крупных газовых компаний, где внедрен искусственный интеллект, показывает, что эта технология используется в геологоразведке, моделировании землетрясений и промышленной безопасности, прогнозировании технического обслуживания, аварийных ситуаций и поломок оборудования, планирования транспортировки и логистики с учетом климатических условий, отслеживание выбросов и т.д. [25; 33].

Далее рассмотрим основные подходы внедрения указанных цифровых технологий на предприятиях газовой отрасли.

## **Подходы к цифровой трансформации в газовой отрасли**

### **Цифровая зрелость предприятия**

Концепция цифровой зрелости стала центральным инструментом диагностики и стратегического планирования цифровой трансформации в промышленных секторах, включая газовую отрасль.

Основу большинства моделей цифровой зрелости составляет концепция стадийного развития, где каждая последующая стадия представляет качественно новый уровень интеграции цифровых технологий в бизнес. Классические модели, такие как CMMI (Capability Maturity Model Integration) и ее адаптации для управления данными DMM (Data Management Maturity), предлагают оценивать зрелость по уровням: от начального до оптимизирующего.

В литературе отмечается ряд специфических компонентов, требующих отдельной диагностики: зрелость данных и аналитики в контексте промышленных операций; уровень интеграции информационных и операционных технологий; автономность и интеллектуализация критических процессов; цифровая безопасность и устойчивость; организационная и кадровая готовность [40; 59].

Учитывая разницу в процессах, наиболее эффективными оказываются модели, кастомизированные под конкретные сегменты цепочки создания стоимости в газовой отрасли:

1. Модель зрелости «Цифровое месторождение» (Digital Oil/Gas Field Maturity Model). Такие модели, предлагаемые ведущими технологическими вендорами (Schlumberger, Halliburton, Baker Hughes) и консорциумами (OSDU), фокусируются на этапах: от разрозненной автоматизации к интеграции данных и далее к автономным операциям [35; 42; 48]. Пуран Манджили Х. отмечает, что критериями цифровой зрелости являются частота обновления данных, степень использования симуляторов в реальном времени и уровень автоматизации буровых работ [52].

2. Модель зрелости «Умная сетевая инфраструктура» (Smart Grid/Pipeline Maturity Model), которая применяется для оценки газотранспортных и распределительных систем [51]. Уровни зрелости варьируются от базовой телеметрии до полностью интеллектуальной сети, способной к самодиагностике, самовосстановлению и динамическому перераспределению потоков. Оценивается охват IoT-сенсорами, глубина аналитики для прогнозирования нагрузок и обнаружения утечек, интеграция с системами коммерческого учета.

В целом многие практики и исследователи, в том числе Гилева Т. А., Азиева Р. Х., Таймасханов Х. Э., Мусина Д. Р., Самойлов А. А., Самойлов Д. А., Torre M., Azancot A., Florez F., Zhou W. и др. аргументированно считают, что наиболее перспективным представляется модульный подход, при котором газовая компания оценивается по совокупности специализированных моделей, соответствующих ее ключевым активам и процессам (месторождения, трубопроводы, сбыт), с последующей агрегацией результатов в интегральный индекс корпоративной цифровой зрелости [2; 11; 19; 38].

### **Стратегические аспекты цифровой трансформации**

Эволюция стратегических подходов к цифровой трансформации на предприятиях газовой промышленности отражает путь от внутренней оптимизации операций к переопределению самой бизнес-модели и роли компании в отраслевой экосистеме.

Исходным этапом для многих предприятий стал *подход так называемой «простой цифровизации»*, который фокусируется на переводе локальных, изолированных процессов из аналоговой в цифровую форму. На газодобывающих предприятиях это проявлялось в замене бумажных вахтовых журналов на электронные, на компрессорных станциях – в автоматизации сбора показаний счетчиков, а в сбытовых подразделениях – во внедрении систем электронного документооборота. Хотя такой подход позволяет добиться точечного повышения эффективности

и снижения операционных затрат внутри отдельных локальных процессов, он критикуется в литературе как тактический и ограниченный, поскольку не затрагивает фундаментальных бизнес-процессов [24]. Тем не менее, он признается необходимым инфраструктурным первым шагом на пути к более глубокой трансформации [13].

Следующим уровнем развития является *подход, основанный на сетевых взаимодействиях и цифровых экосистемах*, который расширяет границы трансформации за пределы одной организации. Он фокусируется на оптимизации и создании ценности во всей цепочке создания стоимости. Для газовой компании это означает, например, возможность автоматического отслеживания исполнения контрактов на поставку труб большого диаметра или устранение бумажного документооборота в сложной логистике сжиженного природного газа [6].

Более продвинутой формой является активное формирование цифровой экосистемы, где компания перестает рассматривать партнеров лишь как контрагентов и начинает выстраивать вокруг себя сеть взаимосвязанных игроков, включая технологические стартапы, научно-исследовательские институты, сервисные компании и даже конечных потребителей [55]. По мнению Дмитриевского А. Н., Еремина Н. А., Столярова В. Е., Черникова А. Д., создание совместных исследовательских лабораторий или корпоративных акселераторов в рамках экосистемы позволяет газовой компании резко ускорить инновационный цикл и получить доступ к внешним, не свойственным ей ранее компетенциям [24].

С точки зрения долгосрочной стратегии наибольшую значимость приобретает *платформенный подход*, который предполагает фундаментальное изменение принципов построения бизнеса и источников создания стоимости. Его суть заключается в том, что компания создает не просто внутреннее ИТ-решение, а цифровую платформу – открытую технологическую и организационную основу, которая облегчает взаимодействие и создание ценности между множеством независимых участников рынка [14].

В газовой промышленности это проявляется в нескольких формах, которые представлены в исследовании Акбердиной В. В. и соавторов [58]. Во-первых, это создание многосторонних торговых платформ и цифровых площадок для биржевой и внебиржевой торговли не только газом, но и мощностями, а также сопутствующими сервисами. Такие платформы снижают барьеры для участия малых игроков, повышают ликвидность рынка и открывают для оператора новые каналы сбыта и источники комиссионного дохода. Примером является Цифровая платформа интеграции контрагентов «Газпром» [58].

Во-вторых, это развитие платформ данных и аналитики, когда газовая компания начинает предлагать сторонним организациям, например, независимым производителям газа, доступ к своим облачным аналитическим сервисам по модели SaaS. Малый производитель может использовать вычислительные мощности и алгоритмы крупной компании для расчета оптимальных режимов разработки своего месторождения или для прогнозирования цен. В качестве эффективного кейса можно привести цифровую IIoT-платформу управления непрерывным производством «Газпрома» – Zyfra Industrial IoT Platform Oil & Gas (ZIIoT O&G) [58].

В-третьих, это трансформация физической инфраструктуры, такой как магистральная газотранспортная система, в инфраструктурную платформу. В этой модели различные производители и потребители получают возможность через стандартизированные цифровые интерфейсы самостоятельно бронировать пропускную мощность, управлять своими потоками и вести учет, а компания-оператор получает доход за предоставление этой цифровой услуги. Такой подход реализуется в ходе разработки цифровой платформы iSource «Газпрома» [58].

В целом, стратегическая эволюция в газовой промышленности движется от автоматизации внутренних задач к управлению на основе данных, затем к организации цифровых цепочек создания стоимости и, наконец, к позиционированию себя как архитектора и оператора отраслевых цифровых платформ, что кардинально

меняет источники дохода и конкурентную динамику.

### Организационные аспекты цифровой трансформации

Если цифровые решения и технологические инструменты, описанные выше, достаточно хорошо изучены, то вопрос, как реализовать цифровую трансформацию, а именно, какие выбрать организационные структуры и последовательности действий, остается предметом активных дискуссий в научной и отраслевой литературе. Выбор подхода определяет не только скорость и стоимость изменений, но и их конечную эффективность.

Исторически первым сформировался *инженерно-ориентированный подход*, при котором инициатива исходила исключительно от ИТ-департаментов, а фокус был сосредоточен на внедрении актуальных, «модных» технологических решений, таких как, например, блокчейн, без их глубокой увязки с конкретными бизнес-проблемами или стратегическими целями компании.

В более современных исследованиях, например, у Николаева Е. В., Фернандес-Видала Дж., Гонсалеса Р., Гаско Дж. и Ллописа Дж., этот подход оценивается критически [20; 45]. Внедрение часто происходило без глубокого анализа их соответствия ключевым отраслевым проблемам, таким как оптимизация коэффициента извлечения газа, снижение удельных затрат на транспортировку или повышение безопасности на опасных производственных объектах. В результате подобные проекты зачастую превращались в изолированные «цифровые островки» – экспериментальные решения, слабо связанные с основными технологическими процессами добычи, транспорта или сбыта газа и демонстрирующие низкую экономическую отдачу, что не соответствовало масштабу инвестиций.

Более зрелой парадигмой является *подход, основанный на данных*, который позиционирует данные как центральный стратегический актив и основной источник будущего конкурентного преимущества [41]. По мнению Бочкова А. С. и Ды-

мочкиной М. Г., данный подход в условиях газовой отрасли обрел особую актуальность, поскольку признает операционные, геолого-геофизические и коммерческие данные критическим стратегическим активом, способным стать источником устойчивого конкурентного преимущества [10].

Анализ показал, что наиболее рекомендуемым для газовой отрасли в современной литературе считается *подход, ориентированный на ценность*. Причем данный подход нашел свое отражение преимущественно в зарубежной литературе [46; 50]. Ценностно-ориентированный подход кардинально меняет логику цифровизации: отправной точкой становится не технология, а конкретная бизнес-задача или возможность, напрямую влияющая на ключевые показатели эффективности. На предприятиях газовой промышленности такими задачами могут быть, например, целевое снижение удельных операционных затрат на добычу газа на 10%, сокращение сроков ввода нового месторождения в эксплуатацию на 20% или минимизация потерь газа в распределительных сетях [1]. Соответственно, цифровые технологии, будь то цифровые двойники для моделирования пласта или системы компьютерного зрения для инспекции трубопроводов, подбираются и внедряются строго как инструменты для достижения этих измеримых целей.

Чеботарев Н. Ф., Бестугин А. Р., Киршина И. А. и Ильинская Е. М. считают, что успех такого подхода невозможен без трансформации организационной культуры: он требует формирования устойчивых кросс-функциональных команд, где программисты работают в тесной связке с геологами, технологами, энергетиками и экономистами над решением общей производственной проблемы [8; 31].

Немаловажным аспектом цифровой трансформации является выбор организационной модели управления процессом цифровой трансформации. Одной из распространенных практик на многих предприятиях газовой промышленности является внедрение *централизованной модели*,

часто воплощаемой в создании центра компетенций во главе с директором по цифровым технологиям (CDO) [45].

В рамках такой модели единый специализированный департамент берет на себя полномочия по разработке общекорпоративной цифровой стратегии, утверждению технологических стандартов, управлению бюджетом и контролю за всеми цифровыми инициативами. Для газовой компании с множеством дочерних предприятий и филиалов такой подход обеспечивает стратегическую согласованность, формирование единой архитектуры данных и ИТ-ландшафта, а также высокий уровень кибербезопасности [20].

Противоположным полюсом выступает *децентрализованная (распределенная) модель*, при которой цифровая трансформация иницируется и реализуется автономно ключевыми бизнес-подразделениями компании: управлениями по добыче, магистральному транспорту, подземному хранению газа и сбыту [9]. Такая модель обеспечивает высокую скорость реакции и максимальную релевантность цифровых решений конкретным операционным проблемам, будь то оптимизация режима работы куста скважин или разработка клиентского приложения для конкретного региона.

Однако, по мнению Апатова Н. В., для интегрированной газовой компании данный подход несет значительные риски [4]. Самостоятельная разработка и закупка решений разными подразделениями неизбежно ведет к дублированию функций, росту общих затрат и, что наиболее опасно, к созданию несовместимых технологических платформ и локальных массивов данных. Это создает непреодолимый барьер для сквозной аналитики, например, для комплексной оптимизации цепочки «добыча – транспорт – хранение – сбыт», и усугубляет проблему организационной и информационной разобщенности.

В связи с этим в современной отраслевой литературе в качестве оптимального компромисса для крупных газовых холдингов признается *гибридная модель* [18; 45]. Она предполагает

создание сильного центрального хаба – корпоративного цифрового департамента, который отвечает за формирование общей стратегии, разработку и поддержку единых технологических платформ, утверждение архитектурных стандартов и протоколов безопасности. При этом в каждом ключевом бизнес-подразделении (добывающем предприятии, газотранспортном филиале) формируются свои операционные цифровые команды.

### **Заключение**

Проведенное исследование, основанное на тематическом и контент-анализе научных публикаций, позволило систематизировать и оценить основные подходы к цифровой трансформации в газовой отрасли. Результаты работы обеспечили верификацию гипотез, сформулированных во введении, и привели к следующим выводам.

Первая гипотеза, предполагавшая отсутствие универсального подхода к цифровой трансформации в газовой отрасли и зависимость его выбора от масштаба компании, отраслевой принадлежности в рамках цепочки добавленной стоимости и исходной цифровой зрелости, получила полное подтверждение. Анализ выявил существенную дифференциацию стратегий и методологий в зависимости от сегмента деятельности.

Вторая гипотеза, утверждавшая, что успех трансформации в меньшей степени детерминирован применяемыми технологиями и в большей – четкостью стратегического видения, последовательностью его реализации и глубиной организационных изменений, также нашла полное подтверждение в материалах исследования. Технологический цифровой инструментарий, будучи необходимым фундаментом, сам по себе не гарантирует достижения стратегических целей. Критическим фактором успеха признается переход от техноцентричного подхода, характеризующегося внедрением решений в отрыве от конкретных бизнес-задач, к ценностно-ориентированной парадигме.

Значимым выводом является подтверждение тезиса о фундаментальной роли организационных изменений. Анализ организационных моделей показал, что для крупных интегрированных холдингов оптимальной является гибридная модель управления. Данная модель сочетает централизованное стратегическое руководство, разработку единых стандартов и платформ с децентрализованной оперативной разработкой и внедрением решений в бизнес-единицах, что

обеспечивает баланс между стратегической согласованностью и операционной гибкостью.

Таким образом, сущность цифровой трансформации в газовой отрасли определяется не внедрением отдельных технологий, а стратегическим переустройством бизнес-модели, достижимым только при комплексной интеграции управленческих решений, организационных изменений и целевых технологических инноваций.

### Библиографический список

1. *Азиева Р. Х.* Мониторинг результатов цифровой трансформации в нефтегазовой отрасли // Естественно-гуманитарные исследования. – 2022. – 40 (2). – С. 21–29. – EDN NQFMIJ.
2. *Азиева Р. Х., Таймасханов Х. Э.* Необходимость и возможности использования цифровых технологий в нефтегазовой отрасли в условиях цифровой трансформации экономики // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2020. – 5 (125). – С. 178–185. – EDN FWBSNZ.
3. *Алфимов Г. Д.* Развитие технологий искусственного интеллекта и машинного обучения в нефтегазовом комплексе // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2024. – 5–1 (111). – С. 18–21. – DOI: [10.24412/2411-0450-2024-5-1-18-21](https://doi.org/10.24412/2411-0450-2024-5-1-18-21).
4. *Апатов Н. В.* Управление процессами цифровой трансформации бизнеса // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Экономика и управление. – 2022. – Т. 8, № 2. – С. 3–8. – EDN SCWJEG.
5. *Барышева О. Б., Осипова Л. Э.* Применение IT-технологий в газовой отрасли // Современное строительство и архитектура. – 2022. – 1 (25). – С. 60–65. – DOI: [10.18454/mca.2022.25.10](https://doi.org/10.18454/mca.2022.25.10).
6. *Бекетова О. Н.* Стратегирование цифровой трансформации нефтегазовых предприятий // Стратегирование: теория и практика. – 2023. – Т. 3, № 4. – С. 428–440. – DOI: [10.21603/2782-2435-2023-3-4-428-440](https://doi.org/10.21603/2782-2435-2023-3-4-428-440).
7. *Белицкий К. А.* Инновации в нефтегазовой промышленности: интернет вещей и электронный мониторинг : Сборник материалов IX Международной научно-практической конференции, Москва, 22 февраля 2023 года // Развитие современной науки и технологий в условиях трансформационных процессов. – СПб. : Печатный цех, 2023. – С. 206–209. – EDN HSGOYN.
8. *Бестугин А. Р., Киришина И. А., Ильинская Е. М.* Кросс-функциональная организационная структура в условиях цифровой трансформации // Компетентность. – 2025. – № 9. – С. 03–08. – DOI: [10.24412/1993-8780-2025-9-03-08](https://doi.org/10.24412/1993-8780-2025-9-03-08).
9. *Бондаренко А. О., Макрусев В. В.* Обоснование перехода к плоским организационным структурам управления в условиях цифровой трансформации: методика и математическая модель // Экономика и предпринимательство. – 2022. – Т. 1, № 138. – С. 1049–1056. – DOI: [10.34925/ЕІР.2022.138.1.209](https://doi.org/10.34925/ЕІР.2022.138.1.209).
10. *Бочков А. С., Дымочкина М. Г.* Потенциал подходов поддержки принятия решений на основе данных в нефтегазовой отрасли // ПРО-НЕФТЬ. Профессионально о нефти. – 2021. – Т. 6, № 4. – С. 137–146. – DOI: [10.51890/2587-7399-2021-6-4-137-146](https://doi.org/10.51890/2587-7399-2021-6-4-137-146).
11. *Гилева Т. А.* Цифровая зрелость предприятия: методы оценки и управления // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: экономика. – 2019. – 1 (27). – С. 38–52. – DOI: [10.17122/2541-8904-2019-1-27-38-52](https://doi.org/10.17122/2541-8904-2019-1-27-38-52).
12. *Дмитриевский А. Н., Еремин Н. А., Столяров В. Е.* К вопросу цифровизации процессов газодобычи // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. – 2019. – № 2. – С. 136–152. – EDN UGOOGR.
13. История форм и методов цифровизации предприятий топливно-энергетического комплекса России (рубеж XX–XXI вв.) / И. С. Соловенко [и др.] // СибСкрипт. – 2024. – Т. 26, 6 (36). – С. 978–989. – DOI: [10.21603/sibscript-2024-26-6-978-989](https://doi.org/10.21603/sibscript-2024-26-6-978-989).
14. *Квинт В. Л., Бабкин А. В., Шкарупета Е. В.* Стратегирование формирования платформенной операционной модели для повышения уровня цифровой зрелости промышленных систем // Экономика промышленности. – 2022. – Т. 15, № 3. – С. 249–261. – DOI: [10.17073/2072-1633-2022-3-249-261](https://doi.org/10.17073/2072-1633-2022-3-249-261).
15. *Кириллова Т. В., Мануша Д. В.* Проблемы цифровой трансформации предприятий // Прогрессивная экономика. – 2023. – № 7. – С. 42–63. – DOI: [10.54861/27131211\\_2023\\_7\\_42](https://doi.org/10.54861/27131211_2023_7_42).

16. *Кокова С. Ф., Дышекова А. А.* Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты // Журнал прикладных исследований. – 2022. – № 6. – С. 577–585. – DOI: [10.47576/2712-7516\\_2022\\_6\\_7\\_577](https://doi.org/10.47576/2712-7516_2022_6_7_577).
17. *Малиновская И. Н., Галигузов В. И., Вдовченко А. Г.* Цифровая трансформация топливно-энергетического комплекса России: проблемы и перспективы // Управленческий учет. – 2025. – № 2. – С. 119–126. – EDN FODKZW.
18. *Мозговой А. И., Кузина Г. П., Крылов А. Н.* Организационно-экономические проблемы цифровой трансформации бизнеса российских предприятий и пути их решения // Вестник евразийской науки. – 2022. – Т. 14, № 5. – С. 1. – DOI: [10.15862/15ECVN123](https://doi.org/10.15862/15ECVN123).
19. *Мусина Д. Р., Самойлов А. А., Самойлов Д. А.* Требования к системе оценки уровня цифровой зрелости нефтедобывающей компании // Дискуссия. – 2025. – 4 (137). – С. 71–77. – DOI: [10.46320/2077-7639-2025-4-137-71-77](https://doi.org/10.46320/2077-7639-2025-4-137-71-77).
20. *Николаева Е. В.* Особенности операционной и инфраструктурной трансформации корпораций нефтяного и газового сектора России // Вестник Челябинского государственного университета. – 2023. – 3 (473). – С. 181–192. – EDN QQLCUO.
21. *Полянская И. Г., Юрак В. В.* Идентификация текущего состояния цифровой трансформации лидеров нефтегазовой отрасли России // Известия Уральского государственного горного университета. – 2022. – 4 (68). – С. 139–150. – DOI: [10.21440/2307-2091-2022-4-139-150](https://doi.org/10.21440/2307-2091-2022-4-139-150).
22. *Попков А. К.* Цифровая трансформация экономической деятельности. Модели и инструменты цифровой трансформации // Human Progress. – 2025. – № 4. – С. 1–16. – DOI: [10.46320/2073-4506-2025-4a-7](https://doi.org/10.46320/2073-4506-2025-4a-7).
23. *Пырков И. В., Евдокимов А. Н.* Стратегия цифровой трансформации в условиях ограничений отраслевого развития на примере нефтедобывающей отрасли // Московский экономический журнал. – 2023. – № 3. – С. 344–353. – DOI: [10.55186/2413046X\\_2023\\_8\\_3\\_107](https://doi.org/10.55186/2413046X_2023_8_3_107).
24. Развитие цифровой газовой экосистемы на основе комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла / А. Н. Дмитриевский [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. – 2023. – № 1. – С. 173–189. – DOI: [10.46689/2218-5194-2023-1-1-173-189](https://doi.org/10.46689/2218-5194-2023-1-1-173-189).
25. *Смирнов Н. С.* Применение искусственного интеллекта в бизнес-процессах нефтегазовой отрасли для прогнозного технического обслуживания // Экономика строительства. – 2025. – № 3. – С. 201–204. – EDN ZFRJCE.
26. *Степанов А. В.* Разведка, добыча и транспортировка сырья: внедрение цифровых технологий : Сборник научных статей по материалам II Всероссийской научной конференции, Красноярск // ДНИТ-11-2023. Т. 7. – 2023. – С. 570–573. – EDN KPMBYQ.
27. *Стефанова Н. А., Скакун О. О.* Риски и проблемы организаций в эпоху цифровизации // Journal of Monetary Economics and Management. – 2024. – № 2. – С. 103–113. – DOI: [10.26118/2782-4586.2024.81.57.015](https://doi.org/10.26118/2782-4586.2024.81.57.015).
28. *Суворова С. Д., Куликова О. М.* Цифровая трансформация бизнеса // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. – 2022. – 2 (60). – С. 54–59. – DOI: [10.47581/2022/IE.2.60.10](https://doi.org/10.47581/2022/IE.2.60.10).
29. *Тихоной Ю. М., Степаненко Д. А.* Цифровая трансформация в нефтегазовой отрасли // Стратегии бизнеса. – 2021. – № 2. – С. 1–4. – DOI: [10.17747/2311-7184-2021-2-58-61](https://doi.org/10.17747/2311-7184-2021-2-58-61).
30. Цифровизация технологий добычи газа / В. Е. Столяров [и др.] // Актуальные проблемы нефти и газа. – 2018. – 2 (21). – С. 10–31. – DOI: [10.29222/ipng.2078-5712.2018-21.art10](https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2018-21.art10).
31. *Чеботарев Н. Ф.* Модель обобщенной оценки человеческого капитала нефтегазовой компании при переходе на цифровые технологии // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2020. – № 5. – С. 42–46. – DOI: [10.33285/1999-6942-2020-5\(185\)-42-46](https://doi.org/10.33285/1999-6942-2020-5(185)-42-46).
32. *Черняев Д. С., Намиот Д. Е.* Роль цифровых технологий в разведке, добыче и транспортировке нефтегазовых продуктов // International Journal of Open Information Technologies. – 2019. – Т. 7, № 11. – С. 79–85. – EDN YEBFYQ.
33. *Шакирова Э. В., Семькин М. В.* Прогнозирование аварий на погружном насосном оборудовании с использованием методов искусственного интеллекта // Науки о Земле и недропользование. – 2023. – Т. 46, № 2. – С. 226–233. – DOI: [10.21285/2686-9993-2023-46-2-226-233](https://doi.org/10.21285/2686-9993-2023-46-2-226-233).
34. *Шлыков С. В.* Применение методов машинного обучения для автоматизации процессов в нефтегазовой отрасли // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2023. – № 2. – С. 46–53. – DOI: [10.24412/0131-4270-2023-2-46-53](https://doi.org/10.24412/0131-4270-2023-2-46-53).
35. *Abusalbi N.* Insights from Schlumberger. – Elsevier Science, 2018. – P. 12–5. 231 p. – ISBN 978-0-12-810989-2.
36. Adaptive impact factor research concerning effectiveness of the introduction and use of digital twins for oil and gas deposits / V. Y. Afanasyev [et al.] // International Journal of Criminology and Sociology. – 2020. – Vol. 9. – P. 2043–2047. – DOI: [10.6000/1929-4409.2020.09.239](https://doi.org/10.6000/1929-4409.2020.09.239).
37. An Internet of Energy Things Based on Wireless LPWAN / Y. Song [et al.] // Engineering. – 2017. – Aug. – Vol. 3, no. 4. – P. 460–466. – ISSN 2095-8099. – DOI: [10.1016/j.eng.2017.04.011](https://doi.org/10.1016/j.eng.2017.04.011).
38. Assess Digital Maturity to Set Digital Transformation Strategy in Oil and Gas / M. Torre [et al.] // Abu Dhabi International Petroleum Exhibition &

- Conference. – SPE, 12/2021. – (21ADIP). – DOI: [10.2118/207968-ms](https://doi.org/10.2118/207968-ms).
39. *Bandyopadhyay D., Sen J.* Internet of Things: Applications and Challenges in Technology and Standardization // *Wireless Personal Communications*. – 2011. – Apr. – Vol. 58, no. 1. – P. 49–69. – ISSN 1572-834X. – DOI: [10.1007/s11277-011-0288-5](https://doi.org/10.1007/s11277-011-0288-5). – URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s11277-011-0288-5>.
40. *Cherepovitsyn A. E., Tretyakov N. A.* Development of a new assessment system for the applicability of digital projects in the oil and gas sector // *Journal Of Mining Institute*. – 2023. – No. 262. – P. 628–642. – EDN QYBHMC.
41. *Choubey S., Karmakar G. P.* Artificial intelligence techniques and their application in oil and gas industry // *Artificial Intelligence Review*. – 2020. – Nov. – Vol. 54, no. 5. – P. 3665–3683. – ISSN 1573-7462. – DOI: [10.1007/s10462-020-09935-1](https://doi.org/10.1007/s10462-020-09935-1).
42. Controlling of the digital transformation oil and gas industry / A. Karnauhov [et al.] // *E3S Web of Conferences* / ed. by D. V. Rudoy, A. V. Olshetskaya, M. Y. Odabashyan. – 2023. – Vol. 431. – P. 05031. – ISSN 2267-1242. – DOI: [10.1051/e3sconf/202343105031](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343105031).
43. Digital Twin for the Oil and Gas Industry: Overview, Research Trends, Opportunities, and Challenges / T. R. Wanasinghe [et al.] // *IEEE Access*. – 2020. – Vol. 8. – P. 104175–104197. – ISSN 2169-3536. – DOI: [10.1109/access.2020.2998723](https://doi.org/10.1109/access.2020.2998723).
44. Digital Twin for the Oil and Gas Industry: Overview, Research Trends, Opportunities, and Challenges / T. R. Wanasinghe [et al.] // *IEEE Access*. – 2020. – Vol. 8. – P. 104175–104197. – ISSN 2169-3536. – DOI: [10.1109/access.2020.2998723](https://doi.org/10.1109/access.2020.2998723).
45. Digitalization and corporate transformation: The case of European oil & gas firms / J. Fernandez-Vidal [et al.] // *Technological Forecasting and Social Change*. – 2022. – Jan. – Vol. 174. – P. 121293. – ISSN 0040-1625. – DOI: [10.1016/j.techfore.2021.121293](https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121293).
46. Driving Change in the Oil and Gas Industry: A Digital Transformation Framework / D. N. Trindade [et al.] // *Offshore Technology Conference Brasil*. – OTC, 10/2023. – (23OTCB). – DOI: [10.4043/32860-ms](https://doi.org/10.4043/32860-ms).
47. Enhancing Efficiency in the Oil and Gas Industry Through Digital Twins: A Survey on Operational and Environmental Monitoring Variables / B. da Silva Puppim [et al.] // *Industrial Engineering and Operations Management*. – Springer Nature Switzerland, 2025. – P. 447–461. – ISBN 9783031807855. – DOI: [10.1007/978-3-031-80785-5\\_34](https://doi.org/10.1007/978-3-031-80785-5_34).
48. *Feder J.* Upstream Digitalization Is Proving Itself in the Real World // *Journal of petroleum technology*. – 2020. – Vol. 72, no. 04. – P. 26–28. – URL: <https://www.oil-gasportal.com/innovation-rd/upstream-digitalization/?print=pdf> (visited on 01/12/2026).
49. *Hajirahimova M. S.* Opportunities and challenges big data in oil and gas industry // *Proceedings of the National Supercomputer Forum (NSKF 2015)*, Russia, Pereslavl-Zalesskiy. – 2015. – P. 24–27. – URL: [https://2015.nscf.ru/TesisAll/8\\_Integraciya\\_visokoyrovneviz\\_resyrsov/08\\_401\\_HajirahimovaMS.pdf](https://2015.nscf.ru/TesisAll/8_Integraciya_visokoyrovneviz_resyrsov/08_401_HajirahimovaMS.pdf) (visited on 01/12/2026).
50. *Haouel C., Nemeslaki A.* Digital Transformation in Oil and Gas Industry: Opportunities and Challenges // *Periodica Polytechnica Social and Management Sciences*. – 2023. – Mar. – Vol. 32, no. 1. – P. 1–16. – ISSN 1416-3837. – DOI: [10.3311/ppso.20830](https://doi.org/10.3311/ppso.20830).
51. *Hentea M.* Building an Effective Security Program for Distributed Energy Resources and Systems: Understanding Security for Smart Grid and Distributed Energy Resources and Systems. – Wiley, 04/2021. – ISBN 978119070740. – DOI: [10.1002/978119070740](https://doi.org/10.1002/978119070740).
52. Intelligent oil field technology maturity level assessment: using the technology readiness level criteria / H. Pouran Manjily [et al.] // *Journal of Science and Technology Policy Management*. – 2023. – Nov. – Vol. 15, no. 6. – P. 1223–1246. – ISSN 2053-4639. – DOI: [10.1108/jstpm-11-2022-0191](https://doi.org/10.1108/jstpm-11-2022-0191).
53. *Mohammadpoor M., Torabi F.* Big Data analytics in oil and gas industry: An emerging trend // *Petroleum*. – 2020. – Dec. – Vol. 6, no. 4. – P. 321–328. – ISSN 2405-6561. – DOI: [10.1016/j.petlm.2018.11.001](https://doi.org/10.1016/j.petlm.2018.11.001).
54. *Nguyen T., Gosine R. G., Warriar P.* A Systematic Review of Big Data Analytics for Oil and Gas Industry 4.0 // *IEEE Access*. – 2020. – Vol. 8. – P. 61183–61201. – ISSN 2169-3536. – DOI: [10.1109/access.2020.2979678](https://doi.org/10.1109/access.2020.2979678).
55. *Nimmagadda S. L., Dreher H.* On new emerging concepts of petroleum digital ecosystem // *WIRES Data Mining and Knowledge Discovery*. – 2012. – Oct. – Vol. 2, no. 6. – P. 457–475. – ISSN 1942-4795. – DOI: [10.1002/widm.1070](https://doi.org/10.1002/widm.1070).
56. *Qing W.* Global Practice of AI and Big Data in Oil and Gas Industry // *Machine Learning and Data Science in the Oil and Gas Industry*. – Elsevier, 2021. – P. 181–210. – ISBN 9780128207147. – DOI: [10.1016/b978-0-12-820714-7.00009-1](https://doi.org/10.1016/b978-0-12-820714-7.00009-1).
57. The Internet of Things in the Oil and Gas Industry: A Systematic Review / T. R. Wanasinghe [et al.] // *IEEE Internet of Things Journal*. – 2020. – Sept. – Vol. 7, no. 9. – P. 8654–8673. – ISSN 2372-2541. – DOI: [10.1109/jiot.2020.2995617](https://doi.org/10.1109/jiot.2020.2995617).
58. Types of Digital Industrial Platforms: Case Study of a Gas Company / W. Strielkowski [et al.] // *Digital Transformation in Industry*. – Springer Nature Switzerland, 2023. – P. 125–140. – ISBN 9783031303517. – DOI: [10.1007/978-3-031-30351-7\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-031-30351-7_11).
59. *Yurak V. V., Polyanskaya I. G., Malyshev A. N.* The assessment of the level of digitalization and digital transformation of oil and gas industry of the

- Russian Federation // *Gornye nauki i tekhnologii* = Mining Science and Technology (Russia). – 2023. – Feb. – Vol. 8, no. 1. – P. 87–110. – ISSN 2500-0632. – DOI: [10 . 17073 / 2500 - 0632 - 2022-08-16](https://doi.org/10.17073/2500-0632-2022-08-16).
60. *Zhao W.* Research on the Application of Internet of Things (IOT) for Urban Gas Industry // *Proceedings of the International Conference on Logistics, Engineering, Management and Computer Science*. – Atlantis Press, 2015. – (Iemcs-15). – DOI: [10 . 2991/Iemcs-15.2015.149](https://doi.org/10.2991/Iemcs-15.2015.149).