

JEL classification: N10, N50, N74
УДК 004:620.9(470+571)
DOI 10.17150/2308-2488.2024.25(4).739-761

И.С. Соловченко

*Юргинский технологический институт (филиал)
Томского политехнического университета,
г. Юрга, Российская Федерация*

А.А. Рожков

*Российское энергетическое агентство
Министерства энергетики Российской Федерации,
г. Москва, Российская Федерация*

Тенденции, промежуточные результаты и значение цифрового перехода в топливно-энергетическом комплексе России на рубеже XX–XXI вв.

Аннотация. Проведенное с использованием междисциплинарного подхода исследование позволило существенно расширить границы исторической науки по технико-технологической тематике малоизученного периода. В статье показано, что на рубеже XX–XXI вв. цифровизация стала одним из ключевых трендов модернизации как глобальной, так и отечественной экономики. Были определены результаты и значение данного процесса для такого базового сегмента народного хозяйства как топливно-энергетический комплекс (ТЭК) России. В результате проведенного исследования авторы пришли к следующим выводам: в рассматриваемый период цифровизация стала одним из ключевых драйверов роста конкурентоспособности предприятий российского ТЭК; совокупность достижений в области цифровизации, а также их масштаб и качество внедрения позволяют говорить о начале с 2006 г. процесса цифровой трансформации (то есть перехода от использования к управлению цифрой), где лидерские позиции занимала нефтяная промышленность; основой цифрового перехода стало поступательное внедрение искусственного интеллекта, а также создание киберфизических систем в производ-

ственно-экономической сфере; заметно улучшилась ситуация как с безопасностью самих предприятий, так и с энергетической безопасностью страны; ключевую роль в привлечении и использовании новых цифровых технологий играло международное сотрудничество, что негативно сказалось на перспективах энерготехнологической независимости в последующие годы.

Ключевые слова. Российская Федерация, инновации, цифровизация, топливно-энергетический комплекс, энергетическая безопасность, искусственный интеллект, энерготехнологическая независимость.

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-00987, <https://rscf.ru/project/23-28-00987/>.

Информация о статье. Дата поступления 1 октября 2024 г.; дата принятия к печати 10 декабря 2024 г.; дата онлайн-размещения 16 декабря 2024 г.

I.S. Solovenko

*Yurga Technological Institute (branch)
of the Tomsk Polytechnic University,
Yurga, the Russian Federation*

A.A. Rozhkov

*Russian Energy Agency of the Ministry of Energy
of the Russian Federation,
Moscow, the Russian Federation*

Trends, Interim Results, and the Significance of the Digital Transition in Russia's Fuel and Energy Complex at the Turn of the 20th — 21st Centuries

Abstract. Using an interdisciplinary approach, the study significantly broadens the scope of historical research on the technical and technological developments of an underexplored period. The article demonstrates that at the turn of the 20th — 21st centuries, digitalization emerged as one of the key trends in the modernization of both global and domestic economies. The study identifies the results and significance of this process for Russia's fuel and energy complex (FEC), a critical segment of the national

economy. The authors reached the following conclusions: during the period under review, digitalization became a major driver of competitiveness growth for Russian FEC enterprises; the cumulative achievements in digitalization, their scale, and implementation quality indicate that a process of digital transformation (shifting from the use of digital tools to digital management) began in 2006, with the oil industry taking a leading role; the foundation of the digital transition was the progressive integration of artificial intelligence and the creation of cyber-physical systems within the production and economic sphere; the security of enterprises and the country's energy security significantly improved; and international cooperation played a pivotal role in the adoption and utilization of new digital technologies, which adversely affected prospects for energy-technological independence in subsequent years.

Keywords. Russian Federation, innovations, digitalization, fuel and energy complex, energy security, artificial intelligence, energy-technological independence.

Funding. The study was funded by the Russian Science Foundation, Grant No. 23-28-00987, <https://rscf.ru/project/23-28-00987/>.

Article info. Received October 01, 2024; accepted December 10, 2024; available online December 16, 2024.

Цифровизация — это специфический процесс технико-технологического развития, который имел и имеет объективный и всеобъемлющий характер. На рубеже XX–XXI вв. все страны мира, вне зависимости от политического режима и модели экономического развития были вовлечены в его орбиту, так как осознавали степень ее высокой важности как для социально-экономического, так и общественно-политического будущего. Данный процесс являлся неотъемлемой частью научно-технического прогресса, который рождал новые, порой инновационные результаты. В условиях доминирования в мировой экономике рыночных законов наиболее востребованными цифровые продукты стали в отраслях, которые оказались в условиях жесточайшей конкуренции. К таковым по праву

относился и топливно-энергетический комплекс, который включал нефтегазовую и угольную промышленность, а также энергетику. Несмотря на все сложности рыночного перехода, российские предприятия ТЭК довольно быстро адаптировались к новым требованиям отечественной и мировой экономики. Это позволило создать приемлемые условия обеспечения их научно-технологического арсенала необходимыми продуктами во всех сферах, благодаря которым реализовывалась политика цифровизации, то есть в автоматизации, информатизации и компьютеризации.

Успехи в области цифровизации позволяли решать проблемы широкого спектра — модернизация техники и технологий, повышение конкурентоспособности предприятий, улучшение возможностей социально-экономической поддержки, формирование безопасной среды предприятий, улучшение экологической ситуации (особенно в вопросе повышения контроля над выбросами парниковых газов) [1, с. 40] и др. Основными источниками пополнения цифрового потенциала предприятий стали продукты отечественного и зарубежного происхождения, хотя имелись факты самостоятельного производства необходимой техники и технологий (особенно средств автоматизации).

В начале 1990-х гг. возможности ресурсной базы динамично менялись. Курс на либерализацию экономических отношений позволял быстро заимствовать товары и технологии других стран, компенсируя таким образом их дефицит на отечественном рынке, а также низкую конкурентоспособность отдельных российских производителей. Серьезные социально-экономические трудности переходного периода в России, а также усиление международного сотрудничества объективно стимулировали рост внимания к цифровым технологиям и товарам зарубежного происхождения. В результате нарастала зависимость российских предприятий и компаний ТЭК от импорта продук-

ции необходимой для поддержания высокой степени конкурентоспособности. Между тем данная ситуация особо не настораживала политическое руководство страны, которое считало, что социально-экономические трудности имеют временный характер, а рынок «все расставит по местам». Только незначительная часть российских предприятий и компаний смогла сохранить отдельные ниши в широком ассортименте цифровой продукции, а где-то и потеснить иностранных конкурентов. Это такие предприятия как: «ВИСТ Групп», «Компакс», «Совтексаутоматика» и др. Однако они в основном ориентировались на производство средств автоматизации¹, что соответствовало тенденции 1980-х гг.² Таким образом, открытый тип экономики привел к существенному росту цифровых продуктов из-за рубежа, что объективно привело к противоречивым результатам технико-технологического оснащения российских предприятий ТЭК. При этом возможность оптимального выбора товаров подорвала производственно-экономический потенциал отечественных научно-исследовательских институтов и предприятий, которые поставляли продукты информационно-коммуникационного характера, а также средства автоматизации.

Обострилась и проблема обеспечения квалифицированными кадрами. Высокая степень востребованности знаний в области компьютерных и информационно-коммуникационных технологий в течение всего рассматриваемого времени стимулировала изменения в научно-образовательной среде вузов, ориентирован-

¹ Опыт создания и внедрения систем сертификации, средств измерений и устройств автоматизации, разработанных и поставляемых для газовой промышленности, 07 декабря 1993 г. // Российский государственный архив экономики (РГАЭ). Ф. 977. Оп. 1. Д. 206. Л. 5.

² Пакет прикладных программ по автоматизации проектирования виброзащитных систем, 1986 г. // Государственный архив Иркутской области (ГАИО). Ф. Р-3463. Оп. 1. Д. 365. Л. 1 и др.

ных на топливно-энергетический комплекс [2, с. 367]. Оживляется подготовка кадров и в смежных отраслях производства, особенно в сфере IT-технологий. Появляются новые технические специальности, повышается уровень квалификации, высокую популярность приобретает тематика, связанная с автоматизацией, информатизацией и компьютеризацией предприятий ТЭК³ [3]. Таким образом, цифровизация, как перспективное направление производственно-управленческой деятельности, стимулировала актуальные изменения научно-образовательной среды, а также создание новых рабочих мест, в том числе на смежных предприятиях. Однако возможности использования вузами и ссузами новых технологий передачи знаний были ограничены финансовыми возможностями и квалификацией преподавательских кадров.

Процесс укрепления конкурентных преимуществ российских предприятий и компаний ТЭК в вопросе технико-технологического оснащения имел неоднородный характер. Довольно быстро цифровыми продуктами себя обеспечили субъекты хозяйственной деятельности нефтегазовой промышленности. Уже в середине 1990-х гг. все они имели современные компьютерные технологии и средства автоматизации, базы данных, Интернет, мобильную связь и т.д.⁴ Их использование, в первую очередь, позволяло получать сведения о возможности применения новейших энергетических и цифровых технологий [4, с. 11]. На предприятиях нефтяной и газовой промышленности использовались такие инновации как трехмерные

³ Протоколы заседаний научно-технического совета (НТС) ДАООТ «Тюменнефтегеофизика» за 1995–1999 гг. // Государственный архив Тюменской области (ГАТО). Ф. 2338. Оп. 1. Д. 33. Л. 186.

⁴ Сборник Минтопэнерго России «Результаты важнейших работ Минтопэнерго России по межотраслевым научно-техническим программам в 1994 г.» // Государственный архив Российской Федерации (ГА РФ). Ф. 10240. Оп. 1. Д. 966. Л. 25 (об.).

цифровые геологические, эколого-геокриологические и гидродинамические модели эксплуатационных объектов, газодинамический источник сейсмических колебаний (ГИСК), устройство дистанционного розжига факельных установок⁵ и др. Применялись базовые комплексы автоматизированной системы управления технологическими процессами, позволявшие достигнуть почти полного контроля за работой скважин⁶. Впечатляющие результаты цифровизации тогда показывали предприятия такой известной компании как «Газпром». За короткий промежуток времени (примерно два года) они смонтировали и запустили в эксплуатацию 82 цифровые радио-релейные станции, 189 электронных цифровых автоматических телефонных станций (АТС), сеть спутниковой связи на базе космического аппарата «Горизонт»⁷ и др. Благодаря этим и другим производственно-экономическим достижениям ТЭК, по мнению членов Правительства РФ тех лет, стал основным драйвером развития народного хозяйства, занял лидирующие позиции в производстве инновационной продукции на макроэкономическом уровне⁸. Известные историки согласны в том, что успехи ТЭК, прежде всего, экспортно-ориентированной газовой промышленности, во многом способствовали предотвращению перехода кризисной социально-экономической ситуации в катастрофическую, а в дальнейшем позволили вывести страну на путь стабильного развития [5, с. 928].

⁵ ГАТО. Ф. 2429. Оп. 1. Д. 21. Л. 3; Д. 194. Л. 7-8.

⁶ Справка «Развитие средств и систем связи и автоматизированных технологических процессов в нефтегазодобывающем производстве» (1992 г.) // РГАЭ. Ф. 1077. Оп. 1. Д. 12. Л. 68-69.

⁷ Решение заседания Научно-технического совета РАО «Газпром» секции «Информатизация и технологическая связь» // РГАЭ. Ф. 977. Оп. 1. Д. 975. Л. 5, 6, 25.

⁸ О первоочередных мерах по развитию и господдержке инновационной деятельности в Российской Федерации : Постановление Правительства РФ от 26 дек. 1995 г. // ГА РФ. Ф. 10200. Оп. 5. Д. 3650. Л. 40.

Предприятия угольной и энергетической промышленности заметно отставали в деле цифровизации. Только в начале 2000-х гг. ситуация стала выравниваться, но «цифровое» отставание угольщиков и энергетиков сохранилось. Главная причина состояла в финансовых возможностях предприятий, которые были в пользу нефтегазового сектора. Активная фаза приватизации шахт и разрезов в конце 1990-х — начале 2000-х гг. в совокупности с ростом цен на уголь заметно улучшили финансовое положение угольщиков. В то же время существенно сократились объемы неплатежей у энергетиков. Это положительно отразилось на расширении перечня использовавшихся цифровых продуктов и решений в данных отраслях. Однако полного паритета в этой сфере технико-технологической деятельности угольщики и энергетики так и не добились даже в начале XXI столетия.

Инновационный курс предприятий ТЭК России позволил в конце 1990-х — начале 2000-х гг. использовать такие важные цифровые продукты как: ГИС-технологии, дистанционное управление оборудованием и техникой, сбор и цифровая обработка исходной информации, видеонаблюдение, эффективные средства диагностики и др.⁹ [6; 7, с. 29]. Их смело можно считать прорывными технологиями в сравнении с 1980-ми гг. Однако высокая степень динамики научно-технического прогресса уже в начале 2000-х гг. заметно актуализировала среди российских предприятий ТЭК такую революционную инновацию как искусственный интеллект. Данная технология уже использовалась на предприятиях ТЭК стран Запада с 2001 г. и определяла инновационное будущее любой экономической системы. Позитивная динамика международного сотрудничества и конъюнктуры цен на топливо способ-

⁹ Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы ДАО «Газавтоматика», 1993 г. // РГАЭ. Ф. 977. Оп. 1. Д. 71. Л. 30.

ствовала успешному внедрению интеллектуальных систем в производственно-управленческую деятельность отечественных предприятий, прежде всего, нефтегазовой промышленности.

Несмотря на определенные достижения российских ученых в этой области в конце 1990-х — начале 2000-х гг. [8, с. 52], создание интеллектуальной скважины на предприятиях ТЭК России началось только в 2006 г. (Салымская группа месторождений), а завершилось в 2008 г. Соответственно отставание в деле внедрения искусственного интеллекта в отечественном ТЭК в сравнении с зарубежными составило семь лет. Данный разрыв был существенным, но не критическим. На позитивную тенденцию в этой области указывает то, что через год (2009) появилась первая «умная» нагнетательная скважина, пробуренная на морской платформе проекта «Сахалин-2». Благодаря новым технологиям здесь за первые два года дополнительная добыча нефти превысила 500 тыс. тонн [9, с. 16], то есть экономический эффект был весьма ощутимый. Через несколько лет только нефтегазовые предприятия России реализовывали уже более 40 проектов на базе «интеллектуальных» систем, в том числе и в Арктике [10, с. 71]. Они применяли новые эффективные способы сейсморазведки, методы 3D моделирования, современные регистрирующие станции, дистанционное управление оборудованием, датчики износа оборудования и загазованности, платформу «1С: предприятие» и др. [11, с. 30]. Компании и предприятия нефтегазовой промышленности использовали самые актуальные на тот момент инновационные цифровые технологии. Это открытые безопасные протоколы передачи данных, позволявшие эффективно соединять в единое целое оборудование любых производителей; скоростные (беспроводные) каналы связи; уникальное программное обеспечение, ориентированное на потребности отрасли и др. [12, с. 20]. В результате не-

фтегазовая отрасль России заметно усилила свои конкурентные преимущества на международных рынках энергоресурсов, ее достижения способствовали укреплению политико-экономического влияния нашей страны в мире.

Серьезных успехов в области «интеллектуальных» систем добились предприятия и других отраслей российского ТЭК. В начале 2000-х гг. угольная промышленность имела «интеллектуальные» посты управления в лаве, системы диспетчеризации горных работ, роботизированные проходческие комбайны, интегрированные с Ростехнадзором цифровые системы контроля шахт и др. [13, с. 22, 24]. К существенным результатам использования цифровых решений в угольной отрасли относится значительный рост производительности труда [14, с. 127].

В энергетической отрасли в начале 2000-х гг. появились цифровые подстанции, технологии цифровых измерений различных параметров оборудования (например, цифровые трансформаторы тока и напряжения, интеллектуальные системы коммерческого учета электроэнергии), системы дистанционного управления электросетевым и генерирующим оборудованием и др.¹⁰ [7, с. 30]. Инженерно-технический состав данной отрасли раньше других стал заниматься вопросом импортозамещения. Одним из результатов стали работы по созданию с 2005 г. Системы мониторинга переходных режимов (СМПР) [15, с. 190], что заметно укрепило основы безопасности энергосистем. Для данной отрасли более значимым результатом в начале XXI в. стало заметное снижение потерь электроэнергии (в пределах двузначных цифр) [16, с. 152].

В начале 2000-х гг. предприятия топливно-энергетического комплекса отличались от многих других

¹⁰ Концепция цифровой трансформации ТЭК Российской Федерации на период до 2024 года и с перспективой до 2035 года (с. 7-8) // Текущий архив ФГБУ «Российское энергетическое агентство».

сегментов экономики России высоким уровнем оперативности принятия управленческих и производственно-экономических решений, организацией новых форм реализации инновационных идей, снижением себестоимости продукции, укреплением безопасности труда и киберсистем и т.д. Топливо-энергетический комплекс стал одним из драйверов оживления инновационной активности промышленных предприятий России, что не наблюдалось с 1990 до начала 2000-х гг. [5, с. 946]. Особое значение это имело для отечественных IT-компаний и структур, которые занимались обслуживанием все возрастающих потребностей предприятий ТЭК [17, с. 134]. К деятельности по развитию высоких технологий, в том числе цифровых, тогда стали подключаться как известные, так и малоизвестные отечественные компании (например, «Ростелеком», «Россма» и др.) [18], что позитивно отразилось на формировании широкого спектра IT-услуг, роста их конкурентоспособности. Они не только создавали цифровую продукцию, которая использовалась в производственно-управленческой деятельности, но и немало сделали для борьбы с киберугрозами [19, с. 8]. Благодаря в том числе и их деятельности, в крупных компаниях ТЭК были созданы полностью автоматизированные системы управления [20, с. 114]. «Бумажный» оборот здесь сократился с 30 до 1 % [21, с. 9].

Одним из значимых результатов технико-технологической деятельности стало появление такой важной инновационной разработки как «цифровая скважина». Здесь IT-технологии применялись в режиме реального времени. Благодаря сбору, систематизации и анализу информации по всем операциям был достигнут существенный рост производства, повысились объемы добычи запасов газа и нефти, увеличилась экономия средств, уменьшилось число всех типов аварийных инцидентов (включая утечки, выбросы и т.д.) [22; 23, с. 146]. Предприятиями газовой промышленно-

сти стали разрабатываться месторождения, которые ранее считались нерентабельными [24, с. 148].

В конце рассматриваемого периода нефтегазовая отрасль стала одним из лидеров России в применении технологий искусственного интеллекта и цифровых решений [10, с. 67]. Ее предприятия одними из первых стали внедрять такие инновационные продукты как: цифровые двойники, блокчейн, «облачные» хранилища и др. [25]. Таким образом, в данном секторе экономики начался переход к научно-технологической стратегии «Индустрия 4.0», которая основывалась на сквозной цифровизации физических активов предприятий, их интеграции в единую экосистему [26].

В последние годы рассматриваемого периода важным инструментом решения экономических проблем стало усиление государственно-частного партнерства. Данное сотрудничество позволило уменьшить сроки внедрения новых технологий, а также усилить инвестиционную привлекательность российского ТЭК. Капитальные вложения в конце рассматриваемого периода здесь достигли 5 % от ВВП, в то время как в мире они составляли 1,5 % [27, с. 2176]. Это способствовало росту показателей добычи энергетических ресурсов, а также повышению объемов их экспорта. Предприятия ТЭК внесли значительный вклад и в тенденцию роста совокупного объема цифровой экономики России [28, с. 35].

Также к наиболее важным результатам цифровизации российского ТЭК в первое десятилетие XXI в. следует отнести следующие. Во-первых, российскими учеными была создана информационная модель топливно-энергетического комплекса, которая позволяла анализировать уровень энергетической безопасности региона [29]. Во-вторых, с 2000 по 2010 гг. почти в два раза снизилась энергоемкость российской экономики [27, с. 2178]. Была полностью решена проблема с энергообеспечением на региональном уровне. В-третьих,

ТЭК стал важным фактором развития смежных отраслей — химической, металлургической, станкостроения, радиоэлектронной, сектора информационных и коммуникационных услуг [30, с. 13]. Распространялся и его опыт цифровизации производственно-управленческой деятельности. В-четвертых, цифровизация повышала степень эффективности решения социально-экономических вопросов: сдерживался рост цен на электроэнергию, увеличивались нетарифные доходы, появлялись новые услуги на энергетическом рынке и др. [31]. В-пятых, позитивная динамика цифровизации способствовала принятию в 2011 г. Федерального закона «О государственной информационной системе топливно-энергетического комплекса»¹¹, который позволил получать информацию о состоянии и прогнозе развития данного сегмента экономики и обеспечивал единую систему его управлением и развитием. Все перечисленные достижения указывают на серьезные результаты в деле цифровизации отечественного ТЭК в рассматриваемый период и ставят под сомнение «скромные» выводы отдельных исследователей данного сегмента экономики в анализируемый период [32, с. 138].

Тем не менее, в конце рассматриваемого периода сохранялся широкий спектр проблем технико-технологического характера, сковывавший генерацию и реализацию цифровых решений на предприятиях ТЭК России. Это высокая степень износа оборудования, импортозависимость (особенно от серверных ресурсов и программного обеспечения)¹², отсутствие крупного научно-технологического центра, способного объединять усилия заинтересованных сторон, низкие

¹¹ О государственной информационной системе топливно-энергетического комплекса : Федер. закон от 3 дек. 2011 г. № 382-ФЗ // Президент России. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/34414> (дата обращения: 06.07.2024 г.).

¹² Энергетический бюллетень. 2014. Вып. № 10 (февр.) // ГА РФ. Ф. 10342. Оп. 3. Д. 205. Л. 11–12.

темпы цифровизации в сравнении со странами Запада (особенно угольной и энергетической промышленности), неоднородный характер распространения цифровых продуктов, их слабое влияние на логистический и транспортный секторы экономики, отставание нормативно-правовой базы в области отечественной элементной базы, низкий уровень инновационной среды, а также привлекательности образовательной и научно-технической сферы для молодежи [33, с. 144; 34, с. 310; 35, р. 91–92] и др.

Таким образом, цифровизация имела широкий спектр результатов. Это прежде всего технико-технологические, а также социально-экономические и даже политические. В конце рассматриваемого периода серьезно возросла степень автоматизации, информатизации и компьютеризации предприятий отечественного ТЭК, которая позволила создавать киберфизические системы в производственно-экономической сфере. Это напрямую способствовало повышению эффективности и конкурентоспособности производства, наращиванию объемов добычи энергоресурсов и бережного к ним отношения. Заметно улучшилась ситуация как с безопасностью самих предприятий, так и с энергетической безопасностью страны. Цифровизация стала ключевым инструментом инновационного развития топливно-энергетического комплекса, существенно усилила межстрановое и межотраслевое взаимодействие. На наш взгляд, с 2006 г. в российском ТЭК начался процесс цифровой трансформации, то есть внедрения цифровых технологий в отраслевые бизнес-процессы, где лидерские позиции занимала нефтяная промышленность. Основным драйвером цифровой трансформации стало использование инновационных технологий, базировавшихся на искусственном интеллекте и цифровых двойниках — компьютерных моделях реальных объектов и процессов. Стали создаваться новые бизнес-модели системообра-

зующих нефтегазовых, угольных и энергетических компаний, которые позволили модернизировать организационно-управленческие и производственно-технологические процессы, повысить эффективность добычи энергоресурсов, диагностировать сложное оборудование, прогнозировать выработку электроэнергии и многое другое. Однако сохранялась, а где-то усиливалась зависимость российских предприятий ТЭК от импорта цифровых технологий, что негативно сказалось на перспективах энерготехнологической независимости в последующие годы.

Важным историческим уроком является то, что высокий уровень цифровой трансформации российского ТЭК невозможен без активного внешнеэкономического взаимодействия, так как находится в тесной зависимости от глобальных сырьевых и энергетических рынков.

Список использованной литературы

1. Исследование путей и темпов развития низкоуглеродной энергетики в России / А.А. Макаров, А.В. Кейко, Ю.А. Плакиткин [и др.] ; под ред. А.А. Макарова. — Москва : Изд-во ИНЭИ РАН, 2022. — 138 с. — EDN OAPDKQ.
2. Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина / под ред. А.И. Владимирова. — Москва : Нефть и газ, 2005. — 440 с.
3. Черняев А.Н. Создание автоматизированной системы оперативного управления режимами работы электростанции : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06 / А.Н. Черняев. — Москва, 2011. — 142 с.
4. Боровский Ю.В. Современные проблемы мировой энергетики / Ю.В. Боровский. — Москва : Navona, 2011. — 232 с.
5. Нефтегазовый комплекс в контексте реализации государственной научно-технической политики СССР и Российской Федерации (1945–2013 гг.) / Е.В. Бодрова, М.Н. Гусарова, В.В. Калинов, М.Н. Филатова ; под общ. ред. М.Н. Филатовой. — Москва : Восход-А, 2013. — 984 с. — EDN YQHOIP.
6. Топливо-энергетический комплекс России 2000–2006 гг. : справ.-аналит. обзор / [под общ. ред. В.В. Бушуева,

А.И. Громова]. — Москва : Энергия, 2007. — 473 с. — EDN QSAPUZ.

7. Ерохин П.М. Цифровая платформа электроэнергетики России / П.М. Ерохин, Ю.А. Куликов. — EDN ASTRLZ // Электроэнергетика глазами молодежи : материалы X Международ. науч.-техн. конф., Иркутск, 16–20 сент. 2019 г. / отв. ред.: К.В. Суслов. — Иркутск, 2019. — Т 1. — С. 26–31.

8. Нариньяни А.С. Национальная идея и российский путь в информационные технологии XXI века / А.С. Нариньяни // Проблемы информатизации. — 2001. — № 2. — С. 50–52.

9. Цифровая модернизация нефтегазовой отрасли: состояние и тренды / Л.А. Абукова, А.Н. Дмитриевский, Н.А. Еремин, А.Д. Черников. — EDN YMVFXF // Датчики и системы. — 2019. — № 1. — С. 13–19.

10. Соколова Ю.Д. Процесс цифровой трансформации нефтегазовой отрасли Российской Федерации: состояние, барьеры, перспективы / Ю.Д. Соколова. — EDN TPGHZR // Administrative Consulting. — 2021. — Т. 7, № 3. — С. 66–77.

11. Богидаев С.А. Инновации в нефтегазовом комплексе / С.А. Богидаев, С.А. Афанасьев // Техничко-экономические проблемы развития регионов : материалы науч.-практ. конф. с междунар. участием, Иркутск, 24–25 нояб. 2014 г. — Иркутск, 2014. — Вып. 13. — С. 28–31.

12. Черкасов М. Умные технологии в нефтегазовой отрасли / М. Черкасов // Control Engineering Россия. — 2015. — № 3 (57). — С. 20–22.

13. Семешов А.П. Система автоматизированного управления механизированной крепью САУК 138М / А.П. Семешов // ТЭК и ресурсы Кузбасса. — 2005. — № 1. — С. 22–25.

14. Рожков А.А. Основные тенденции развития угольной промышленности России в конце XX — начале XXI вв. / А.А. Рожков, И.С. Соловенок. — DOI 10.17223/15617793/418/16. — EDN YTPCVD // Вестник Томского государственного университета. — 2017. — № 418. — С. 124–136.

15. Колосок И.Н. Информационное обеспечение задачи создания цифрового двойника ЭЭС и ее объектов / И.Н. Колосок, Е.С. Коркина. — EDN DYEODQ // Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Иркутск, 20–24 апр. 2021 г. : в 2 т. / под общ. ред. В.В. Федчишина. — Иркутск, 2021. — Т. 1. — С. 187–191.

16. Соколов А.Д. Энергоэкономический анализ топливно-энергетического комплекса Дальнего Востока / А.Д. Соко-

лов, С.Ю. Муzychук, Р.И. Муzychук. — DOI 10.21285/1814-3520-2017-1-141-155. — EDN XTBRBSB // Вестник Иркутского национального исследовательского университета. — 2017. — Т. 21, № 1. — С. 141-155.

17. Шраер А.В. Высокотехнологичные услуги: инновационный фактор развития топливно-энергетического комплекса / А.В. Шраер. — Санкт-Петербург : Изд-во СПбГУЭФ, 2011. — 191 с.

18. Герасимова И. Интеллектуальная добыча / И. Герасимова // Neftegaz.RU. — 2019. — № 3. — URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/pervaya-strochka/346594-intellektualnaya-dobycha/>.

19. Васенин В.А. Критическая энергетическая инфраструктура: кибертеррористическая угроза / В.А. Васенин. — EDN KVMHCR // Информационные технологии. — 2009. — № 9. — С. 2-8.

20. Жилкина Ю.В. Влияние цифровой экономики на цифровизацию энергетики / Ю.В. Жилкина, Д.А. Воденников // Электроэнергетика в национальных проектах / под ред. Н.Д. Рогалева. — Москва, 2020. — С. 110-122.

21. Матвеев И.Е. Мировая энергетика: тенденции, проблемы и альтернативы / И.Е. Матвеев. — EDN NCJLPT // Бурение и нефть. — 2010. — № 12. — С. 8-13.

22. Хилл С. Беспроводные технологии в «цифровом» нефтегазовом промысле / С. Хилл // Control Engineering Россия. — 2015. — № 4. — С. 58-61.

23. Дмитриевский А.Н. Развитие цифрового нефтегазового комплекса России / А.Н. Дмитриевский, Н.А. Еремин, А.Т. Кондратюк. — EDN PLKDMF // Энергетическая политика и стратегии инновационного развития компаний топливно-энергетического комплекса в парадигме цифровизации : Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. В.И. Салыгина. — Москва, 2022. — С. 136-149.

24. Кузнецова Д.Ю. Цифровизация газовой отрасли РФ / Д.Ю. Кузнецова, В.В. Борисова. — EDN EMGGHG // Цифровая трансформация промышленности: тренд или необходимость : сб. ст. — Москва, 2021. — С. 144-148.

25. Харас Б.З. Цифровизация и проблемы импортонезависимости ТЭК / Б.З. Харас. — EDN XPLXCH // Научные труды Вольного экономического общества России. — 2018. — Т. 210, № 2. — С. 105-114.

26. Тчаро Хоноре. Цифровизация нефтяной промышленности: базовые подходы и обоснование «интеллектуальных»

технологий / Тчаро Хоноре, А.Е. Воробьев, К.А. Воробьев. — EDN XSDEXJ // Вестник Евразийской науки. — 2018. — Т. 10, № 2. — С. 77.

27. Макаров А.А. Перспективы топливно-энергетического комплекса России в новых экономических реалиях / А.А. Макаров. — EDN NDYHSJ // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2010. — Т. 12, № 1-9. — С. 2176-2182.

28. Басаев З.В. Цифровизация экономики: Россия в контексте глобальной трансформации / З.В. Басаев. — DOI 10.26794/2220-6469-2018-12-4-32-38. — EDN YPEJHN // Мир новой экономики. — 2018. — Т. 12, № 4. — С. 32-38.

29. Ратманова И.Д. Информационная модель топливно-энергетического комплекса как основа анализа энергетической безопасности региона / И.Д. Ратманова, С.Д. Коровкин, Н.В. Железняк. — EDN KVMHDB // Информационные технологии. — 2009. — № 9. — С. 9-15.

30. Вопросы технической политики отраслей ТЭК Российской Федерации / под ред. О.В. Жданеева. — Москва : Наука, 2020. — 304 с.

31. Trunova L.G. Digital Transformation of the Electric Power Industry / L.G. Trunova. — DOI 10.1063/5.0097181 // AIP Conference Proceedings. — 2022. — Vol. 2434, iss. 1. — P. 060010.

32. Баринова В.А. Роль цифровизации в глобальном энергетическом переходе и в российской энергетике / В.А. Баринова, А.А. Девятова, Д.Ю. Ломов. — EDN DEJZRE. — DOI 10.17323/1996-7845-2021-04-06 // Вестник международных организаций: образование, наука, новая экономика. — 2021. — Т. 16, № 4. — С. 126-145.

33. Остроухова Н.Г. Обзор проблем отечественного топливно-энергетического комплекса / Н.Г. Остроухова. — EDN VWDVJD // Вестник Тюменского государственного университета. Социально-экономические и правовые исследования. — 2015. — Т. 1, № 4. — С. 138-148.

34. Ярлова Т.В. Цифровизация в компаниях топливно-энергетического комплекса в современных реалиях / Т.В. Ярлова, Д.А. Новиков. — EDN GJAYMZ // Вестник Академии знаний. — 2022. — № 53 (6). — С. 309-312.

35. World Innovation Project «Industry 4.0» and Prospects for the Development of the Russian Energy Complex / O. Kavkaeva, I. Filimonova, E. Goosen [et. al.]. — DOI 10.5593/sgem2019V/1.4/S01.012 // 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019. — 2019. — Vol. 19. — P. 87-94.

References

1. Makarov A.A., Keiko A.V., Plakitkin Yu.A.; Makarov A.A. (ed.). *Study of the Paths and Rates of Low-Carbon Energy Development in Russia*. Moscow, Institute of Energy Research of the Russian Academy of Sciences Publ., 2022. 138 p.
2. Vladimirov A.I. (ed.). *Gubkin Russian State University of Oil and Gas*. Moscow, Neft' i gaz Publ., 2005. 440 p.
3. Chernyaev A.N. *Development of an Automated System for Operational Management of Power Plant Modes*. Cand. Diss. Thesis. Moscow, 2011. 142 p.
4. Borovskii Yu.V. *Modern Issues of Global Energy*. Moscow, Navona, 2011. 232 p.
5. Bodrova E.V., Gusarova M.N., Kalinov V.V., Filatova M.N.; Filatova M.N. (ed.). *The Oil and Gas Complex in the Context of State Scientific and Technical Policy of the USSR and the Russian Federation (1945–2013)*. Moscow, VoskhoD–A Publ., 2013. 984 p.
6. Bushueva V.V., Gromova A.I. (eds). *The Fuel and Energy Complex of Russia, 2000–2006*. Moscow, Ehnergiya Publ., 2007. 473 p. EDN: QSAPUZ.
7. Erokhin P.M., Kulikov Y.A. Digital Platform of Electric Power Industry of Russia. In Suslov K.V. (ed.). *Electric Power Industry Through the Eyes of Youth: Materials of the 10th International Scientific and Technical Conference, Irkutsk, September 16–20, 2019*. Irkutsk, 2019. Vol. 1, pp. 26–31. (In Russian). EDN: ASTR LZ.
8. Narinyani A.S. The National Idea and the Russian Path in Information Technologies of the 21st Century. *Problemy informatizatsii = Problems of Informatization*, 2001, no. 2, pp. 50–52. (In Russian).
9. Abukova L.A., Dmitrievsky A.N., Eremin N.A., Chernikov A.D. Digital Modernization of Oil and Gas Industry: Status and Trends. *Datchiki i sistemy = Sensors and Systems*, 2019, no. 1, pp. 13–19. (In Russian). EDN: YMVFXF.
10. Sokolova Yu.D. The Process of Digital Transformation of the Oil and Gas Industry of the Russian Federation: State, Barriers, Prospects. *Administrative Consulting*, 2021, vol. 7, no. 3, pp. 66–77. (In Russian). EDN: TPGHZR.
11. Bogidaev S.A., Afanas'ev S.A. Innovations in the Oil and Gas Complex. In *Technical and economic problems of regional development. Materials of Research Conference with International Participation. Irkutsk, November 24–25, 2014*. Irkutsk, 2014, Iss. 13, pp. 28–31. (In Russian).
12. Cherkasov M. Smart Technologies in the Oil and Gas Industry. *Control Engineering Rossiya = Control Engineering of Russia*, 2015, no. 3, pp. 20–22. (In Russian).

13. Semeshov A.P. Automated Control System for Mechanized Support SAUK 138M. *TEHK i resursy Kuzbassa = Kuzbass Fuel and Energy Complex and Resources*, 2005, no. 1, pp. 22–25. (In Russian).

14. Rozhkov A.A., Solovenko I.S. Major Trends in Russian Coal Industry in the Late 20th — Early 21st Centuries. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta = Tomsk State University Journal*, 2017, no. 418, pp. 124–136. (In Russian). EDN: YTPCVD. DOI: 10.17223/15617793/418/16.

15. Kolosok I.N. Information Support for the Task of Creating a Digital Twin of EES and Its Objects. In Fedchishin V.V. (ed.). *Increasing Efficiency in Energy Production and Use in Siberia. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference with the International Participation, Irkutsk, April 20–24, 2021*. Irkutsk, 2021. Vol. 1, pp. 187–191. (In Russian). EDN: DYEODQ.

16. Sokolov A.D., Muzychuk S.Yu., Muzychuk R.I. Energy-Economic Analysis of the Far East Fuel and Energy Complex. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Proceedings of Irkutsk State Technical University*, 2017, vol. 21, no. 1, pp. 141–155. (In Russian). EDN: XTBRSE. DOI: 10.21285/1814-3520-2017-1-141-155.

17. Shraer A.V. *High-Tech Services: An Innovative Factor in the Development of the Fuel and Energy Complex*. Saint Petersburg State University of Economics and Finance Publ., 2011. 191 p.

18. Gerasimova I. Intellectual Extraction. *Neftegaz.RU*, 2019, no. 3. Available at: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/pervaya-strochka/346594-intellektualnaya-dobycha/> (In Russian).

19. Vasenin V.A. Critical Energetic Infrastructure: Cyberterrorist Threat. *Informatsionnye tekhnologii = Information Technologies*, 2009, no. 9, pp. 2–8. (In Russian). EDN: KVMHCR.

20. Zhilkina Yu.V., Vodennikov D.A. The Impact of the Digital Economy on Energy Digitalization. In Rogaleva N.D. (ed.). *Electric Power Industry in National Projects*. Moscow, 2020, pp. 110–122. (In Russian).

21. Matveev I.E. World Energy: Trends, Problems and Alternatives. *Burenie i neft' = Drilling and Oil*, 2010, no. 12, pp. 8–13. (In Russian). EDN: NCJLPT.

22. Khill S. Wireless Technologies in the "Digital" Oil and Gas Field. *Control Engineering Rossiya = Control Engineering of Russia*, 2015, no. 4, pp. 58–61. (In Russian).

23. Dmitrievsky A.N., Eremin N.A., Kondratyuk A.T. Development of the Digital Oil and Gas Complex in Russia. In Salygin V.I. (ed.). *Energy Policy and Strategies for Innovative Development of*

Fuel and Energy Complex Companies in the Paradigm of Digitalization, International Scientific and Practical Conference. Moscow, 2022, pp. 136–149. (In Russian). EDN: PLKDMF.

24. Kuznetsova D.Yu., Borisova V.V. Digitalization of the Gas Industry of the Russian Federation. *Digital transformation of industry: a trend or necessity*. Moscow, 2021, pp. 144–148. (In Russian). EDN: EMGGHG.

25. Kharas B.Z. Digitalization and Some Issues of Reliance of the Fuel and Energy Sector on Imports. *Nauchnye trudy Vol'nogo ekonomicheskogo obshchestva Rossii = Scientific Works of the Free Economic Society of Russia*, 2018, vol. 210, no. 2, pp. 105–114. (In Russian). EDN: XPLXCH.

26. Tcharo H., Vorobev A.E., Vorobyev K.A. Digitalization of the Oil Industry: Basic Approaches and Rationale for “Intelligent” Technologies. *Vestnik Evraziiskoi nauki = The Eurasian Scientific Journal*, 2018, vol. 10, no. 2, pp. 77. (In Russian). EDN: XSDEXJ.

27. Makarov A.A. Prospects of Fuel-Energetic Complex of Russia in New Economical Realities. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk = Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2010, vol. 10, no. 1-9, pp. 2176–2182. (In Russian). EDN: NDYHSJ.

28. Basaev Z.V. The Digitalisation of the Economy: Russia in the Context of Global Transformation. *Mir novoi ekonomiki = The World of New Economy*, 2018, vol. 12, no. 4, pp. 32–38. (In Russian). EDN: YPEJHN. DOI: 10.26794/2220-6469-2018-12-4-32-38.

29. Ratmanova I.D., Korovkin S.D., Zheleznjak N.V. Information Model of Fuel and Energy Complex as a Basis of Energy Security Analysis. *Informatsionnye tekhnologii = Journal of Information Technologies*, 2009, no. 9, pp. 9–15. (In Russian). EDN: KVMHDB.

30. Zhdaneev O.V. (ed.). *Issues of Technical Policy in the Fuel and Energy Sectors of the Russian Federation*. Moscow, Nauka Publ., 2020. 304 p.

31. Trunova L.G. Digital Transformation of the Electric Power Industry. *AIP Conference Proceedings*, 2022, vol. 2434, iss. 1, pp. 060010. DOI 10.1063/5.0097181

32. Barinova V.A., Devyatova A.A., Lomov D.Yu. The Role of Digitalization in the Global Energy Transition. *Vestnik mezhdunarodnykh organizatsii: obrazovanie, nauka, novaya ekonomika = International Organisations Research Journal*, 2021, vol. 16, no. 4, pp. 126–145. (In Russian). EDN: DEJZRE. DOI: 10.17323/1996-7845-2021-04-06.


33. Ostroukhova N.G. The Overview of the Problems of the Domestic Fuel and Energy Complex. *Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. Sotsial'no-ekonomicheskie i pravovye issle-*


dovaniya = Tyumen State University Herald. Social, Economic, and Law Research, 2015, vol. 1, no. 4, pp. 138–148. (In Russian). EDN: VWDVJD.

34. Yarovova T.V., Novikov D.A. Digitalization in Companies of the Fuel and Energy Complex in Modern Realities. *Vestnik Akademii znanii = Bulletin of the Academy of Knowledge*, 2022, no. 53, pp. 309–312. (In Russian). EDN: GJAYMZ.


35. Kavkaeva O., Filimonova I., Goosen E., Pakhomova E., Nikitenko S. World Innovation Project «Industry 4.0» and Prospects for the Development of the Russian Energy Complex. In *19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, 2019*, 2019, vol. 19, pp. 87–94. DOI: 10.5593/sgem2019V/1.4/S01.012.

Информация об авторах

Соловенко Игорь Сергеевич — доктор исторических наук, доцент, Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета, г. Юрга, Российская Федерация; e-mail: solovenko71@mail.ru.  <https://orcid.org/0000-0003-4771-2235>; SPIN-код: 2555-8652; AuthorID РИНЦ: 768943.

Рожков Анатолий Алексеевич — доктор экономических наук, профессор, начальник отдела аналитических исследований и краткосрочного прогнозирования развития угольной промышленности, Российское энергетическое агентство Министерства энергетики Российской Федерации, г. Москва, Российская Федерация; e-mail: aarozhkov@mail.ru.  <https://orcid.org/0000-0002-4541-0922>; SPIN-код: 8890-5820; AuthorID РИНЦ: 900513.

Authors

Igor S. Solovenko — D.Sc. in History, Associate Professor, Yurga Technological Institute (branch) of the Tomsk Polytechnic University, Yurga, the Russian Federation; e-mail: solovenko71@mail.ru.  <https://orcid.org/0000-0003-4771-2235>; SPIN-Code: 2555-8652; AuthorID RSCI: 768943.

Anatoly A. Rozhkov — D.Sc. in Economics, Professor, Head of the Department of Analytical Research and Short-Term Forecasting of the Development of the Coal Industry, Russian Energy Agency of the Ministry of Energy of the Russian Federation, Moscow, the Russian Federation; e-mail: aarozhkov@mail.ru.

© <https://orcid.org/0000-0002-4541-0922>; SPIN-Code: 8890-5820; AuthorID RSCI: 900513.

Для цитирования

Соловенок И.С. Тенденции, промежуточные результаты и значение цифрового перехода в топливно-энергетическом комплексе России на рубеже XX–XXI вв. / И.С. Соловенок, А.А. Рожков. — DOI 10.17150/2308-2488.2024.25(4).739-761. — EDN JGOXHT // Историко-экономические исследования. — 2024. — Т. 25, № 4. — С. 739–761.

For Citation

Solovenko I.S., Rozhkov A.A. Trends, Interim Results, and the Significance of the Digital Transition in Russia's Fuel and Energy Complex at the Turn of the 20th – 21st Centuries. *Istoriko-ekonomicheskie issledovaniya = Journal of Economic History & History of Economics*, 2024, vol. 25, no. 4, pp. 739–761. (In Russian). EDN: JGOXHT. DOI: 10.17150/2308-2488.2024.25(4).739-761.