

Научная статья

УДК 94:33

doi: 10.17223/19988613/98/22

## Цифровизация как фактор энергетической безопасности России (рубеж XX–XXI вв.)

Игорь Сергеевич Соловенко<sup>1</sup>, Анатолий Алексеевич Рожков<sup>2</sup>,  
Кирилл Александрович Пинжин<sup>3</sup>, Андрей Павлович Жолбин<sup>4</sup>

<sup>1, 3, 4</sup> *Томский политехнический университет, Томск, Россия*

<sup>2</sup> *Российское энергетическое агентство Минэнерго России, Москва, Россия*

<sup>1</sup> *solovenko71@mail.ru*

<sup>2</sup> *aarozhkov@mail.ru*

<sup>3</sup> *pinzhin98@mail.ru*

<sup>4</sup> *pszholbin@gmail.com*

**Аннотация.** Рассматриваются динамика и содержание цифровизации топливно-энергетического комплекса России на рубеже XX–XXI вв. Представлены результаты и значение данного процесса для энергетической безопасности страны. Делается вывод, что в течение 20 лет предприятия топливно-энергетического комплекса прошли путь от отдельных объектов цифровизации (1992–2005) к началу комплексной цифровой трансформации (2006–2010), т.е. внедрению цифровых технологий в бизнес-процессы.

**Ключевые слова:** Россия, топливно-энергетический комплекс, цифровизация, энергетическая безопасность

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

**Для цитирования:** Соловенко И.С., Рожков А.А., Пинжин К.А., Жолбин А.П. Цифровизация как фактор энергетической безопасности России (рубеж XX–XXI вв.) // Вестник Томского государственного университета. История. 2025. № 98. С. 184–193. doi: 10.17223/19988613/98/22

Original article

## Digitalization as a factor in Russia's energy security (turn of the 20th – 21st centuries)

Igor S. Solovenko<sup>1</sup>, Anatoliy A. Rozhkov<sup>2</sup>, Kirill A. Pinzhin<sup>3</sup>, Andrey P. Zholbin<sup>4</sup>

<sup>1, 3, 4</sup> *Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation*

<sup>2</sup> *Russian Energy Agency of the Ministry of Energy of Russia, Moscow, Russian Federation*

<sup>1</sup> *solovenko71@mail.ru*

<sup>2</sup> *aarozhkov@mail.ru*

<sup>3</sup> *pinzhin98@mail.ru*

<sup>4</sup> *pszholbin@gmail.com*

**Abstract.** The turn of the 20th and 21st centuries became a serious test for both the economy and energy security of Russia. The article examines the basic segment of national energy security – the fuel and energy complex (FEC), which included the gas, oil, coal and energy industries. Among the wide range of new technologies used at that time to ensure the energy security of our country, digital ones stood out. This determined the purpose of the study – to identify the dynamics, content and results of the digitalization process in the economic and technological transformation of a strategically important segment of the Russian economy – the fuel and energy complex. The authors show the causes and factors of digitalization, both internal and external. They determine the participants in this process, where the key role was played by federal authorities and administration, as well as companies and enterprises of the fuel and energy complex industries. The leading forms of digitalization are highlighted – automation, informatization and computerization, among which the positions of the last two were strengthened. The dynamics and features of the introduction of digital products, the inconsistency of their implementation at the intersectoral level are revealed. Attention is drawn to the fact that since 2006, there has been a noticeable intensification of digitalization processes, primarily in the oil industry. This was due to the introduction of artificial intelligence and digital twins into production processes.

The article presents important results and the significance of this process for the country's energy security: the electricity deficit was eliminated, the energy intensity of the economy decreased, energy production and export increased, etc. Attention is also drawn to the problems that hindered the digital transformation of the fuel and energy complex: a significant time gap between the development of a domestic product and its implementation, dependence on the import of digital

products and services, insufficiently high rates of implementation, a high level of wear and tear of machinery and equipment, etc. Intensive development was limited by a shortage of institutions capable of combining all digitalized business processes, generating best practices, expanding the level of digital skills, etc.

The final conclusion is that digitalization was part of the innovative course of the economic policy of the Government of the Russian Federation. Over the course of 20 years, fuel and energy companies have gone from being separate objects of automation, informatization, and computerization (1992–2005) to the beginning of a comprehensive digital transformation (2006–2010), that is, the introduction of digital technologies into industry business processes. In general, Russia's energy security has increased significantly, but in terms of its digital support, the technical and technological dependence on foreign products has increased.

**Keywords:** Russia, fuel and energy complex, digitalization, energy security

**Acknowledgements:** The study was conducted thanks to the grant from the Russian Science Foundation, No. 23-28-00987, <https://rscf.ru/project/23-28-00987/>

**For citation:** Solovenko, I.S., Rozhkov, A.A., Pinzhin, K.A., Zholbin, A.P. (2025) Digitalization as a factor in Russia's energy security (turn of the 20th – 21st centuries). *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Istoriya – Tomsk State University Journal of History*. 98. pp. 184–193. doi: 10.17223/19988613/98/22

Развитие научно-технического прогресса, с одной стороны, с другой – усиление всевозможных рисков, влияющих на энергетическую безопасность стран, всегда ставили перед человечеством задачу поиска оптимальных методов использования как ресурсной базы, так и полученной энергии. Серьезным образом данная проблема обострилась в конце XX в., когда динамичный рост мировой экономики требовал новых, экологически чистых возобновляемых источников энергии, а эра традиционного углеводородного сырья, по утверждению многих экспертов, приблизилась к завершению. Несмотря на экономический спад в России, вопрос укрепления национальной энергетической безопасности был тогда не менее актуальным, чем в других странах. От решения этого вопроса напрямую зависели повышение конкурентоспособности экономики, укрепление позиций на мировых энергетических рынках, а также устранение дефицита электроэнергии в отдельных регионах [1. С. 97, 106]. Задача повышения уровня энергетической безопасности нашей страны в рассматриваемое время решалась широко и комплексно. Например, путем усиления конкуренции между хозяйствующими субъектами, частичного «освобождения» цен на энергоносители, внедрения новой техники и технологий в процесс производства и распределения энергии и т.д. Вместе с тем очевидным фактом являлась необходимость интенсификации научно-технических процессов в экономике, которые позволяли не только решать вопросы повышения эффективности производства и распределения энергетической продукции, но и купировать угрозы производственной, информационной и другой опасности. К этому подталкивала глобализация мировой экономики, неотъемлемой частью которой динамично становилась и Россия.

Среди широкого перечня новых технологий, использовавшихся в обеспечении энергобезопасности нашей страны на рубеже XX–XXI вв., своей инновационностью и практической значимостью выделялись цифровые. Они внедрялись в таких формах, как автоматизация, информатизация и компьютеризация. При этом фундаментальный вклад в производство и потребление первичных энергетических ресурсов для устойчивой генерации тепловой и электрической энергии всегда вносили отрасли топливно-энергетического комплекса – газовая, нефтяная, угольная и энергетическая.

Это объясняет исследовательский интерес к цифровизации отраслей ТЭК, актуальность которого связана и с дефицитом внимания к ней со стороны ученых-историков.

Вопрос использования цифровых технологий в топливно-энергетическом комплексе России в рассматриваемое время только становится предметом исторического анализа. В целом всю научную литературу по заявленной теме можно систематизировать в две группы: работы историков, хронологические рамки которых почти не выходят ближе границ 1980-х гг.; труды по истории цифровизации (в том числе топливно-энергетического комплекса), подготовленные специалистами, не имеющими исторического образования [2]. Таким образом, противоречивый характер литературной базы добавляет теоретической и практической значимости заявленной теме. Главная причина обозначенного противоречия – отсутствие междисциплинарного подхода к ее изучению. Поэтому в числе авторов статьи не только историк, но и экономист, а также специалисты в области информационных и компьютерных технологий.

Цель исследования – выявить динамику, содержание и результаты процесса цифровизации в экономической и технологической трансформации стратегически важного сегмента экономики России – топливно-энергетического комплекса. Однако в исследовании затрагиваются и другие важные аспекты влияния цифровизации на энергетическую безопасность России, с которыми была тесно связана цифровизация отраслей ТЭК.

Хронологические рамки исследования обуславливаются, прежде всего, научно-техническими и технологическими особенностями развития глобальной экономики и энергетики на рубеже XX–XXI вв. Это время активной фазы третьей научно-технической революции, а также реализации пятого технологического уклада в мировом промышленном производстве. Мы разделяем мнение Ю.А. Плакиткина, что период 1990–2010 гг. – это отдельная технологическая ступень [3. С. 14], напрямую связанная с цифровизацией. Ее анализ позволяет расширить картину успешного выхода отраслей ТЭК из кризиса 1990-х гг., а также выявить особенности организации инновационного типа экономики нашей страны в начале 2000-х гг. Политиче-

ские факторы воздействия на определение нами хронологических рамок также прослеживаются, но они не являются основополагающими, как это следует из многих научных работ [4, 5]. Не столь отдаленная хронология событий добавляет актуальности и значимости представленному исследованию, так как позволяет извлечь ценные уроки истории для современного этапа развития как цифровой трансформации, так и топливно-энергетического комплекса Российской Федерации.

Многие недостатки литературной базы были компенсированы использованием широкого спектра исторических источников: нормативно-правовых, делопроизводственной документации, периодики, источников личного происхождения. Основной вклад в формирование содержания темы внесли документы федеральных и региональных (наиболее значимых для ТЭК) архивохранилищ. Это государственные архивы Российской Федерации, Тюменской, Томской, Кемеровской и Иркутской областей, Российский государственный архив экономики, Российский государственный архив социально-политической истории. Использование исторических источников сыграло ключевую роль в выявлении конкретных примеров цифровизации и определении ее основных участников.

Важно выделить характерные особенности развития отечественного топливно-энергетического комплекса как в советское, так и в постсоветское время, которые серьезным образом отразились на динамике, тенденциях, особенностях и результатах цифровизации. Во-первых, несмотря на определенное отставание от Запада, наша страна выделялась значительным цифровым потенциалом, созданным в советский период [6], в том числе в отраслях ТЭК. Положительным образом это отразилось на внедрении новых технологий в постсоветское время, особенно в области автоматизации. Вместе с тем 1990-е гг. – это этап в развитии мирового бизнеса, требовавший комплексной цифровизации всех производственно-управленческих процессов. К этому в целом были не готовы предприятия ТЭК России в начале рассматриваемого времени, что инициировало активное заимствование зарубежного опыта. Во-вторых, рыночные реформы обусловили децентрализацию экономики и многообразие форм собственности. Это предопределило разные темпы цифровизации, так как в крупных компаниях имелось больше средств на реализацию важных инновационных решений. В-третьих, открытый тип экономики России усиливал использование передовых технологий иностранного происхождения. Однако это объективно ослабляло отечественный научно-технический и производственно-технологический потенциал. В-четвертых, государство акцентировало внимание на нефтегазовой отрасли, так как она являлась самой доходной и считалась наиболее перспективной в сравнении с другими отраслями. Между тем более протекционистская политика по отношению к нефтегазовой отрасли заметно ослабила инвестиционные возможности угольной и энергетической промышленности. Таким образом, указанные особенности предопределили не только противоречивый характер развития в рассматриваемый

период топливно-энергетического комплекса, но и ход его цифровизации. Несмотря на все сложности политического и экономического характера, особенно в 1990-е гг., она никогда не останавливалась, ее значимость только возрастала, усиливался экономический эффект, при этом любая безопасность на производстве уже не обходилась без цифровых решений.

Вопрос энергетической безопасности страны в первую очередь решался на уровне Президента и Правительства РФ. Они формировали институциональную среду включения субъектов хозяйственной деятельности в глобальные процессы, где цифровые технологии являлись важным фактором повышения конкурентоспособности. На это Правительство РФ ориентировал и международный опыт [7. С. 54], который тогда был важным примером. Поэтому федеральные органы власти и управления обновляли стратегию развития отрасли, принимали межотраслевые программы, оказывали финансовую поддержку приоритетным разработкам и предприятиям, создавали выгодные условия международного сотрудничества, выстраивали государственно-частное партнерство, поддерживали базовые научно-исследовательские институты (НИИ), формировали инновационно-технологическую инфраструктуру и т.д. [8. Л. 20, 23]. Правительство РФ держало на контроле новые тенденции в мировой экономике и научно-техническом прогрессе, поддерживало жизненно важные направления в области фундаментальных исследований, например искусственный интеллект [9. Л. 16 об.]. Поэтому, несмотря на объективные трудности, отдельные отечественные разработки в сфере искусственного интеллекта использовались в народном хозяйстве уже в конце 1990-х гг. [10. С. 52]. Конечно, степень эффективности многих решений, форм поддержки (особенно в 1990-е гг.) и результатов оставляла желать лучшего. Между тем работа в этом направлении всегда велась, и она приносила свои плоды, хотя многие из них не сразу были очевидны.

Планомерная и систематическая работа Президента и Правительства РФ по созданию оптимальных условий продвижения цифровых технологий в экономике страны изобиловала немалым количеством просчетов и недофинансированием [11]. Возможности более полноценного использования последних достижений в области цифровых технологий сдерживали такие явления и процессы, как переходное состояние российской экономики, «значительный спад в изобретательском и рационализаторском движении» [12. Л. 5], ограничительные меры со стороны международных экономических организаций и т.д. Серьезной проблемой в производственной деятельности предприятий ТЭК России являлись низкое качество информации о состоянии объектов энергетики, недостаточный уровень автоматизации процессов принятия решений по управлению объектами и др. [13. С. 21, 85]. Поэтому им приходилось заниматься внедрением цифровых технологий посредством использования всевозможных ресурсов и новых подходов. При этом значительную роль в сохранении конкурентных преимуществ в начале 1990-х гг. сыграл советский потенциал – техника, оборудование, станки, технологии и др. Особенно здесь выделялись

средства автоматизации процессов добычи, транспортировки, производственной безопасности и т.д.

Однако этот потенциал быстро иссякал, поэтому предприятия топливно-энергетического комплекса стали ориентироваться на такие новые экономические и научно-технические тренды, как глобализация, модернизация, инновации, цифровизация и др. Отстать от лидеров этих трендов означало экономически «погибнуть». Соответственно, для предприятий топливно-энергетического комплекса России цифровизация являлась объективной необходимостью, ширина и глубина ее использования постоянно наращивалась. На первый план в ориентирах выходил внешний фактор, который позволял быстро решать актуальные задачи как цифровизации в частности, так и модернизации в целом. Причем возможности использования иностранных технологий (в меньшей степени техники) субъектами хозяйственной деятельности были почти одинаковыми вне зависимости от отраслевой принадлежности. Между тем быстрое и качественное обновление технико-технологического потенциала происходило в первую очередь в крупных, экспортно ориентированных компаниях. Как правило, это были предприятия газовой промышленности (компания «Газпром») [14. Л. 5, 25], а из сфер деятельности – управленческая. В начале 1990-х гг. в этом вопросе немного отставали компании нефтяной отрасли. Однако во многом благодаря масштабным инвестициям они быстрее наращивали свой научно-исследовательский и опытно-конструкторский потенциал, расширяли сферу международного сотрудничества [15. Л. 1]. Лучше других это получалось у компании «Лукойл». В сложном финансово-экономическом положении оказались шахты и разрезы. Это было связано с невыгодной конъюнктурой цен на внутреннем и внешнем энергетическом рынках, а также с начавшейся в 1994 г. реструктуризацией угольной отрасли, которая сопровождалась снижением господдержки.

В этой ситуации важнейшей задачей предприятий ТЭК становится необходимость оперативного привлечения цифровых продуктов с целью повышения эффективности производственной деятельности. В решении данной задачи положительную роль сыграли мировые научно-технические достижения в области средств информации и коммуникаций: распространение Интернета, спутниковая связь и навигация, геоинформационные системы, мобильная телефония, Суперкомпьютеры, новые микропроцессоры т.д. Все эти продукты становились доступнее и эффективнее. В распоряжении менеджеров и инженеров оказалась масштабная информация о состоянии мировой энергетики и новейших энергетических технологиях. Использование ими знаний и современных технологий, в том числе на глобальном уровне, становилось все заметнее. Уже в 1995 г., например, российские производители энергоресурсов стали осуществлять торговлю в электронной форме [16. С. 64], что позволило эффективнее осваивать мировые рынки, снизить издержки производства и получить дополнительную прибыль. Таким образом, более значимую роль в процессе цифровизации тогда приобретают информатизация и компьюте-

ризация. Это привело к значительному импорту компьютеров, в основном компании IBM (США). Вместе с тем в общей массе информационных и программных продуктов имелось немало российских [17. Л. 29, 54]. Главной проблемой являлась компьютерная грамотность инженерно-технического персонала, а в дальнейшем и всех работников. Несмотря на ее актуальность в течение всего периода, она динамично решалась, прежде всего благодаря курсам повышения квалификации. Наиболее серьезной материально-технической и технологической базой, а также высокой квалификацией в области информационных знаний обладали сотрудники нефтегазовых НИИ. Они внесли решающий вклад в сокращение сроков проектной деятельности, повышение уровня автоматизации и безопасности производства, снижение себестоимости и рост производительности труда на предприятиях нефтегазовой промышленности. Их опыт заимствовался в других отраслях топливно-энергетического комплекса.

В результате активного наращивания мировых достижений в области информатизации и компьютеризации на отечественных предприятиях ТЭК появляются такие важные продукты, как компьютерные технологии с использованием спутниковой навигации для создания карт и оценки месторождений полезных ископаемых (геоинформационные системы), системы дистанционной передачи управляющего воздействия (сигнала) от оператора к технологическому оборудованию, различные системы наблюдения за функционированием объектов ТЭК и др. В то же время иностранные средства автоматизации на российском рынке оказались не столь конкурентоспособными из-за недостаточной технологической совместимости и дороговизны. Тем не менее в 1990-х гг. на крупных отечественных предприятиях ТЭК создавалась полностью автоматизированная система управления и контроля [18. Л. 68–69]. Все эти достижения позволили топливно-энергетическому комплексу стать тогда основным «двигателем» экономики нашей страны, купировать экономический спад, а также занять лидирующие позиции в производстве инновационной продукции на макроуровне [19. Л. 40; 20. С. 928]. Происходит переход от «офисной» цифровизации к производственной.

Глобализация и формирование единого информационного пространства обусловили серьезную проблему – обеспечение кибербезопасности предприятий и компаний, в том числе от действий террористов. Особенно уязвимыми для киберпреступников были предприятия энергетической промышленности. Поэтому здесь на основе цифровых технологий внедрялись инновационные решения, позволявшие купировать системные угрозы, – это новые интеллектуальные цифровые системы защиты передачи и обмена данными (программно-аппаратные комплексы), различные системы цифрового регулирования функционирования объектов генерации и др. [21. С. 29]. Успешная деятельность в этом направлении способствовала выходу энергетиков на более высокий уровень технико-технологического развития. Импортозамещение постепенно нарастало и способствовало укреплению технологического суверенитета. Например, была создана отече-

ственная система мониторинга переходных режимов, позволявшая наблюдать и анализировать все процессы на электроэнергетических объектах, в том числе нештатного характера [22. С. 190]. Однако таких примеров было не так много, и они, как правило, относились к стратегически важным системам.

В начале 2000-х гг. на фоне роста экономики и благосостояния общества расширяются возможности научно-технической политики Правительства РФ. В целом она имела два важных направления. Первое – внедрение инноваций в промышленность, к которым относились и цифровые технологии. Появляются новые формы инновационной активности, например корпоративные научно-производственные комплексы, технопарки и др. Второе направление – это построение информационного общества в России. Оно характеризуется распространением компьютерной грамотности, подготовкой квалифицированных кадров в области информатизации, автоматизации, роботизации и компьютеризации и т.д. Реформа общего и профессионального образования нацеливала молодежь на приобретение знаний в области информационных технологий. Научная тематика, связанная с цифровизацией, в том числе в отраслях топливно-энергетического комплекса [23. Л. 186; 24], приобретает высокую степень востребованности. Процесс создания информационного общества интенсифицировался в 2008 г., что связано с повсеместным распространением широкополосного Интернета [25]. Благодаря новым информационным технологиям решались многие задачи в создании единой системы государственного мониторинга, планирования и принятия решений по повышению эффективности этой деятельности. Одним из таких примеров является принятый в 2009 г. федеральный закон об энергоэффективности.

Достижения глобального рынка цифровых продуктов генерировали и частные российские компании, специализировавшиеся на поставках сложной техники и оборудования для предприятий ТЭК. По некоторым параметрам их продукция была даже более востребованной, чем профильных НИИ, например в вопросе быстрого устранения дефицита измерительных приборов, компьютерной диагностики, а также поставки средств автоматизации. Некоторые из отечественных частных компаний имели высокий уровень международной конкурентоспособности (КОМПАКС, «ВИСТ Групп» и др.). Вместе с тем они в основном ориентировались на потребности нефтегазовой отрасли, а из форм цифровизации – на автоматизацию. Поэтому внешний фактор оставался весьма актуальным, особенно в таких сферах, как информатизация и компьютеризация. Тем более научно-техническое и технологическое превосходство развитых стран в мире усиливалось. В начале 2000-х гг. они раньше других стали внедрять «интеллектуальные» («умные») системы. Эти инновации были основаны на комплексе цифровых решений, которые заметно повышали оперативность производственно-управленческой деятельности и минимизировали риски, связанные с «человеческим фактором». «Интеллектуальные» системы стали основой цифровой трансформации во всех отраслях мировой

экономики, в том числе и в топливно-энергетическом комплексе. К тому времени использование достигнутый искусственного интеллекта в отечественном ТЭК было представлено уровнем отдельных небольших инфраструктурных объектов [21. С. 30]. Поэтому перед топливно-энергетическим комплексом России стояла задача как можно быстрее сократить технико-технологическое отставание от стран Запада в вопросе создания перспективных «интеллектуальных» систем. Быстрое решение данной задачи было возможно только благодаря активному сотрудничеству с зарубежными энергетическими компаниями. Серьезный шаг в этом направлении был предпринят в 2006 г., когда российские компании ТЭК стали переходить от использования в производстве иностранных капиталовложений и цифровых продуктов к реализации совместных международных проектов на основе искусственного интеллекта. В основе таких проектов лежали актуальные цифровые технологии, такие как высокоскоростная связь, протоколы с защитой передачи данных, специальные программные продукты и др. [26. С. 20].

Пионером в области «интеллектуализации» производственно-управленческой деятельности стала нефтяная промышленность, которая находилась в ситуации экономического роста и жесткой конкуренции. В 2006 г. «Газпром нефть» и британская транснациональная корпорация Shell в рамках совместной компании «Салым Петролеум Девелопмент» дали старт первой «интеллектуальной» скважине в нашей стране [27. С. 14]. Главным ее преимуществом была принципиальная возможность быстро и гибко подстраиваться под конкретные условия разработки нефтяного месторождения. Также на базе обратной связи в режиме реального времени обеспечивалась необходимая корректировка технологической деятельности. Интеллектуализация процессов бурения обеспечивала увеличение его скорости, минимизацию отклонений от заданных параметров, повышение надежности элементов конструкции, сокращение затрат [28. С. 67, 70]. Как следствие – динамично наращивалось сотрудничество российских предприятий ТЭК с известными иностранными сервисными компаниями [29. Л. 35]. Таким образом, в топливно-энергетическом комплексе России с 2006 г. начинается переход от использования цифровых к «управлению цифрой», что, по мнению авторитетных экспертов [30. С. 30; 31], является отличительной чертой цифровой трансформации.

В последующие годы в отраслях отечественного ТЭК создавались новые «интеллектуальные» объекты, системы и техника. Например, в угольной промышленности появились системы диспетчеризации горных работ, «умные» посты управления в лаве, роботизированные проходческие комбайны, интегрированные с Ростехнадзором цифровые системы контроля шахт и др. [32. С. 22, 24]. Своими успехами здесь выделялись такие известные угольные компании, как СУЭК и «СДС-уголь». В энергетической отрасли к таким достижениям относились цифровые электроподстанции, системы дистанционного управления электросетевым и генерирующим оборудованием и др. [21]. В 2009 г. российскими учеными была создана информационная

модель топливно-энергетического комплекса, которая позволяла в интегрированной форме анализировать уровень энергетической безопасности региона на всех уровнях [33]. Ее внедрение стало крупным достижением в области укрепления энергетической безопасности России.

Возрастало не только количество интеллектуальных систем, но и их качество. Расширились возможности использования новых технологий, увеличивалась их оперативность. Принятие управленческих и инженерных решений стало основываться на результатах моделирования конкретных ситуаций и процессов. Таким образом, появляются «цифровые двойники» – виртуальные модели реальных физических объектов, основанные на искусственном интеллекте. Их отличительными чертами были объективность, мобильность, возможность сбора информации, а также ее использования в режиме реального времени и др. [27. С. 13].

Использование цифровых технологий значительно продвинуло решение вопроса промышленной безопасности, особенно на угледобывающих шахтах. Внедрялись инновационные технологии в области подземной угледобычи: специальные видеокамеры; цифровые высокоскоростные системы коммуникации для организации подземной мобильной связи, позиционирования персонала и техники, аварийного оповещения персонала; датчики контроля безопасности износа оборудования, загазованности и других важных параметров и т.п. В результате уровень промышленной безопасности на отечественных шахтах вырос в разы [34. С. 190–191]. Положительные изменения в охране труда, в основе которых было использование цифровых технологий, произошли и в других отраслях ТЭК России.

Мировой экономический кризис 2008–2009 гг. заставил менеджмент топливно-энергетических компаний еще больше задуматься об интенсивных методах хозяйствования, оптимизации расходов и укреплении конкурентных преимуществ. Масштаб использования цифровых решений достиг еще большей результативности за счет внедрения таких инновационных продуктов и технологий, как централизованная диспетчеризация основных технологических процессов, дистанционно управляемое роботизированное оборудование (буровое, добычное, горнотранспортное), видеомониторинг работоспособности технологического оборудования, цифровой контроль промышленной и экологической безопасности на объектах ТЭК и др. [26. С. 20; 35. С. 30]. Цифровизация бизнес-процессов отраслей ТЭК способствовала на данном этапе повышению их эффективности и явилась, по сути, первым шагом на пути их дальнейшей цифровой трансформации [36. С. 4]. Большая часть новых достижений относилась к нефтегазовой отрасли. Она заметно усилила свои конкурентные преимущества на международных рынках энергоресурсов, ее достижения способствовали укреплению политико-экономического влияния нашей страны в мире. Угольщики и энергетики так и не добились полного паритета в этой сфере технико-технологической деятельности даже в конце анализируемого времени. Вместе с тем произошли качественные изменения в сфере использования средств автоматизации, кото-

рые значительно повысили эффективность процессов системного энергообеспечения. Появилась децентрализованная распределенная энергетическая система, коренным образом улучшившая энергобезопасность благодаря диверсификации основных процессов (генерации, потребления и др.) [37].

В конце первого десятилетия XXI в. цифровая трансформация компаний и предприятий ТЭК России, прежде всего, была связана с автоматизацией и роботизацией экономической деятельности, ростом производительности труда, совершенствованием систем управления «интеллектуальными» объектами. Повсеместно распространяются революционные для того времени технологии, которые создали новые возможности формирования, хранения и использования объективной информации, – цифровые двойники, продвинутая аналитика, искусственный интеллект, блокчейн и др. [5, 38]. Внедрение их в производственно-управленческую деятельность стало первым шагом на пути к новой научно-технологической ступени – «Индустрии 4.0», т.е. Четвёртой промышленной революцией. Результаты цифровизации отраслей ТЭК по многим параметрам превосходили общероссийские. Данные достижения создали благоприятные условия для внедрения других инноваций, существенно интенсифицировали технологические прорывы в смежных отраслях российской экономики – химической, металлургической, станкостроения, радиоэлектронной, сектора информационных и коммуникационных услуг [39. С. 13].

Ярким достижением стало появление цифрового нефтяного месторождения (промысла) [27]. Здесь почти все процессы были автоматизированы, информационные технологии применялись в режиме реального времени, программное обеспечение позволяло моделировать любую производственную ситуацию (в том числе нештатного характера), заметно повысилась производительность труда, снижались издержки производства. Это позволило начать разрабатывать месторождения, которые ранее считались нерентабельными. Таким образом, можно утверждать, что лидером в переходе к цифровой трансформации предприятий ТЭК России стала нефтяная промышленность.

В целом экономическая и научно-технологическая политика Президента и Правительства РФ в совокупности с энергичными действиями предприятий ТЭК оказалась вполне успешной. На это указывают следующие результаты, имевшие место в конце рассматриваемого времени: не осталось регионов, испытывавших дефицит электроэнергии; с 2000 по 2010 г. почти в два раза снизилась энергоёмкость российской экономики [40. С. 2178]; заметно возросла добыча энергоресурсов, а вместе с ней и их экспорт [41. С. 8, 11]; повысилась степень контроля производственно-экономических процессов со стороны федеральных органов власти и управления; заметно снизилось количество несчастных случаев на производстве; контролировались цены на электроэнергию; на энергетическом рынке создавались новые услуги; достижения топливно-энергетического комплекса стали важным фактором развития смежных отраслей и др. [42]. Важным явлением в экономической деятельности стала органи-

зация новых бизнес-моделей системообразующих 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. При этом Российская Федерация довольно сдержанно относилась к альтернативным источникам энергии, которые «обещала» цифровизация. И эта позиция оказалась вполне оправданной.

Внедрение цифровых технологий существенно улучшило финансово-экономические результаты производственной деятельности. Например, к 2012 г. благодаря «интеллектуальным» объектам управления добыча в компании «Салым Петролеум Девелопмент» превзошла запланированные показатели более чем на 2% [43]. Компания «Роснефть» благодаря «умной» скважине в течение двух лет (2009–2011) дополнительно добыла более полумиллиона тонн нефти. Данные достижения указывают на серьезные результаты начавшейся цифровой трансформации ТЭК России, что не соответствует весьма критическим взглядам некоторых исследователей, затрагивавших данную тематику [44. С. 138].

Вместе с тем в конце анализируемого периода имелось много проблем, сдерживавших цифровую трансформацию топливно-энергетического комплекса России. Это значительный временной разрыв между разработкой отечественного продукта и его реализацией, зависимость от импорта цифровой продукции и сервисных услуг, непропорциональный и несистемный характер их распространения, недостаточно высокие темпы внедрения, высокий уровень износа техники и оборудования, невысокий уровень инновационной среды в экономике, слабая привлекательность научно-технической сферы для молодежи и др. [45. Л. 11–12; 46. С. 144; 47. С. 64]. Интенсивное развитие отечественного ТЭК ограничивалось дефицитом институтов, способных объединить все оцифрованные бизнес-

процессы, сгенерировать лучший опыт, расширить уровень цифровых навыков и т.д.

Таким образом, цифровизация предприятий топливно-энергетического комплекса динамично развивалась в различных формах и направлениях, являясь неотъемлемой частью инновационного курса экономической политики Правительства РФ. Наиболее интенсивно данный процесс протекал в сферах информатизации и компьютеризации, которые в основном ориентировались на программное обеспечение иностранных производителей. Если в 1990-е – начале 2000-х гг. преобладали экстенсивные методы внедрения цифровых решений, то в конце рассматриваемого периода – интенсивные. В течение 20 лет предприятия топливно-энергетического комплекса прошли путь от отдельных объектов автоматизации, информатизации и компьютеризации (1992–2005) к началу комплексной цифровой трансформации (2006–2010), т.е. внедрению цифровых технологий в отраслевые бизнес-процессы. Основным драйвером цифровой трансформации и перехода к Четвёртой промышленной революции стало использование инновационных технологий, базировавшихся на искусственном интеллекте и цифровых двойниках. Наиболее заметно это было на предприятиях нефтяной промышленности, которые и стали лидерами цифровой трансформации среди предприятий других отраслей. В целом результаты цифровизации на предприятиях ТЭК положительно отразились на топливно-энергетическом балансе страны, а также конкурентных преимуществах отечественных компаний на глобальном рынке углеводородного сырья. Заметно возросла энергетическая безопасность России, однако в части ее цифрового обеспечения усиливалась свое влияние технико-технологическая зависимость от зарубежных программно-аппаратных комплексов и оборудования.

Историческим уроком является важность сохранения активного международного сотрудничества, без которого немислимы конкурентоспособные темпы научно-технологического развития страны.

#### Список источников

1. Благодатских В.Г., Богатырев Л.Л., Бушуев В.В. и др. Влияние энергетического фактора на экономическую безопасность регионов Российской Федерации / отв. ред. А.И. Татаркин. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 1998. 288 с.
2. Соловенко И.С., Рожков А.А. Цифровизация предприятий топливно-энергетического комплекса России (рубеж XX–XXI вв.): степень изученности проблемы // Вестник Томского государственного университета. 2023. № 489. С. 153–161.
3. Плакиткин Ю.А. Технологические ступени XXI в. и их влияние на развитие мировой энергетики // Энергетика. 2010. № 4. С. 13–25.
4. Заболотская К.А. Состояние и развитие угольной промышленности Кузбасса в контексте обеспечения энергетической и геополитической безопасности СССР и России // Хозяйственное и культурное освоение Урала и Сибири в XIX–XXI вв. : сб. науч. тр., посвященный 15-летию общеобразовательного факультета / под ред. К.В. Фадеева. Томск : Графика, 2008. С. 60–64.
5. Хитрых Д. О цифровой трансформации энергетической отрасли // Энергетическая политика. 2021. № 10 (164). С. 76–89.
6. Малашевич Б.М. 50 лет отечественной микроэлектронике : краткие основы и история развития. М. : Техносфера, 2013. 800 с.
7. Дмитриев С.С. Энергетическая стратегия Б. Обамы: опора на инновации и технологическое лидерство. М. : ИМЭМО РАН, 2014. 162 с.
8. Переписка с Государственной Думой, министерствами и ведомствами Российской Федерации, Российской академией наук и научно-исследовательскими институтами о развитии международного научно-технического сотрудничества и о государственной поддержке проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в научных и инженерных центрах Российской Федерации. Т. 1: 1993–1994 гг. // Государственный архив Российской Федерации (ГА РФ). Ф. 10200. Оп. 4. Д. 10068.
9. Приоритетные направления фундаментальных исследований, 1996 г. // ГА РФ. Ф. 10200. Оп. 5. Д. 5567.
10. Нариньяни А.С. Национальная идея и российский путь в информационные технологии XXI века // Проблемы информатизации. 2001. № 2. С. 50–52.
11. О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации : Указ Президента Российской Федерации от 01.12.2016 № 642 // Президент России. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449/page/3> (дата обращения: 13.08.2023).
12. О мерах по развитию изобретательства и рационализаторской деятельности в Томской области : постановление Администрации Томской области, 1998 г., апрель // Государственный архив Томской области (ГАТО). Ф. Р-1628. Оп. 1. Д. 579.

13. Баитов А.В., Великоросов В.В., Карякин А.М. Энергетическая безопасность России в условиях рыночных отношений в электроэнергетике. М. : Книжный Мир, 2012. 224 с.
14. Решение заседания Научно-технического совета РАО «Газпром» секции «Информатизация и технологическая связь», 1996 г. // Российский государственный архив экономики (РГАЭ). Ф. 977. Оп. 1. Д. 975.
15. Справка о выполнении программы научно-технического перевооружения Восточной нефтяной компании, 1998 г., 8 июня // ГАТО. Ф. Р-2023. Оп. 1. Д. 318.
16. Прохоров А., Коник Л. Цифровая трансформация : анализ, тренды, мировой опыт. 2-е изд., испр. и доп. М. : КомНьюс Групп, 2019. 368 с.
17. Развитие автоматизированного картопостроения и оснащение камеральных групп ПЭВМ, ДАООТ «Тюменнефтегеофизика», 1994 г. // Государственный архив Тюменской области (ГАТюмо). Ф. Р2338. Оп. 1. Д. 18.
18. Развитие средств и систем связи и автоматизированных технологических процессов в нефтегазодобывающем производстве : справка (1992 г.) // РГАЭ. Ф. 1077. Оп. 1. Д. 12.
19. О первоочередных мерах по развитию и господдержке инновационной деятельности в Российской Федерации : постановление Правительства РФ от 26.12.1995 № 1288 // ГА РФ. Ф. 10200. Оп. 5. Д. 3650.
20. Бодрова Е.В., Гусарова М.Н., Калинов В.В., Филатова М.Н. Нефтегазовый комплекс в контексте реализации государственной научно-технической политики СССР и Российской Федерации (1945–2013 гг.) / под общ. ред. М.Н. Филатовой. М. : НИПКЦ Восход–А, 2013. 984 с.
21. Ерохин П.М., Куликов Ю.А. Цифровая платформа электроэнергетики России // Электроэнергетика глазами молодежи : материалы юбилейной X Междунар. науч.-техн. конф. / отв. ред. К.В. Суслов Иркутск : Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2019. Т. 1. С. 26–31.
22. Колосок И.Н., Коркина Е.С. Информационное обеспечение задачи создания цифрового двойника ЭЭС и ее объектов. Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Иркутск, 20–24 апреля 2021 г.) : в 2 т. / под общ. ред. В.В. Федчишина. Иркутск : Изд-во ИРНТУ, 2021. Т. 1. С. 187–191.
23. Протоколы заседаний научно-технического совета (НТС) ДАООТ «Тюменнефтегеофизика» за 1995–1999 гг. // ГАТюмо. Ф. 2338. Оп. 1. Д. 33.
24. Черняев А.Н. Создание автоматизированной системы оперативного управления режимами работы электростанции : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06. М., 2011. 142 с.
25. История развития цифровой экономики России // Государственный университет управления (Москва). URL: <https://guu.ru/история-развития-цифровой-экономики/> (дата обращения: 11.09.2024).
26. Черкасов М. Умные технологии в нефтегазовой отрасли // Control Engineering Россия. 2015. № 3 (57). С. 20–22.
27. Дмитриевский А.Н., Мартынов В.Г., Абукова Л.А., Еремин Н.А. Цифровизация и интеллектуализация нефтегазовых месторождений // Автоматизация и ИТ в нефтегазовой области. 2016. № 2 (24). С. 13–19.
28. Воробьев А.Е., Воробьев К.А., Тчаро Х. Цифровизация нефтяной промышленности. М. : Спутник+, 2018. 327 с.
29. Протоколы № 1–7 заседания Научно-технического совета общества и его секций (экономики; геологии, геофизики и разработки месторождений, бурения скважин; проектирования обустройства месторождений), документы к ним («ТюменНИИгипрогаз»), 2007 г. // ГАТюмо. Ф. Р2373. Оп. 1. Д. 213.
30. Сулоева С.Б., Мартынатов В.С. Особенности цифровой трансформации предприятий нефтегазового комплекса // Организатор производства. 2019. Т. 27, № 2. С. 27–36.
31. Maksimov I.A., Kostin K.V., Berezovskaya A.A. Modern Trends in Global Energy and Assessment of the Ever-Increasing Role of Digitalization // Energies. 2022/ Vol. 15. Art. 8767. doi: 10.3390/en15228767
32. Семешов А.П. Система автоматизированного управления механизированной крепью САУК 138М // ТЭК и ресурсы Кузбасса. 2005. № 1. С. 22–25.
33. Ратманова И.Д., Коровкин С.Д., Железняк Н.В. Информационная модель топливно-энергетического комплекса как основа анализа энергетической безопасности региона // Информационные технологии. 2009. № 9. С. 9–15.
34. Панихидников С.А., Новосёлов С.В. Инновации в обеспечении безопасности жизнедеятельности на угольных шахтах России. СПб. : СПбГУТ, 2017. 212 с.
35. Богдаев С.А., Афанасьев С.А. Инновации в нефтегазовом комплексе // Технично-экономические проблемы развития регионов : материалы науч.-практ. конф. с междунар. участием (Иркутск, 24–25 ноября 2014 г.). Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2014. Вып. 13. С. 28–31.
36. Текслер А.Л. Цифровизация энергетики: от автоматизации процессов к цифровой трансформации отрасли // Цифровая энергетика. 2018. Вып. 5. С. 3–6.
37. Alekseev A.N., Lobova S.V., Bogoviz A.V., Ragulina Yu.V. Digitalization of the Russian Energy Sector: State-of-the-art and Potential for Future Research // International Journal of Energy Economics and Policy. 2019. Vol. 9 (5). P. 274–280. doi: 10.32479/ijeep.7673
38. Харас Б.З. Цифровизация и проблемы импортонезависимости ТЭК // Научные труды ВЭО России. 2018. Т. 210. С. 105–114.
39. Вопросы технической политики отраслей ТЭК Российской Федерации / под ред. О.В. Жданеева. М. : Наука, 2020. 304 с.
40. Макаров А.А. Перспективы топливно-энергетического комплекса России в новых экономических реалиях // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12, № 1 (9). С. 2176–2182.
41. Лапаева М.Г., Лапаева О.Ф. Основные этапы формирования и развития топливно-энергетического комплекса в России // Вестник Оренбургского государственного университета. 2004. № 8. С. 4–12.
42. Trunova L.G. Digital transformation of the electric power industry // AIP Conference Proceedings. 2022. Vol. 2434. Art. 060010. doi: 10.1063/5.0097181
43. Герасимова И. Интеллектуальная добыча // Neftegaz.RU. 2019. № 3. URL: <https://magazine.neftgaz.ru/articles/pervaya-strochka/346594-intellektualnaya-dobycha/> (дата обращения: 03.07.2023).
44. Баринаева В.А., Девятова А.А., Ломов Д.Ю. Роль цифровизации в глобальном энергетическом переходе и в российской энергетике // Вестник международных организаций. 2021. Т. 16. № 4. С. 126–145.
45. Энергетический бюллетень (февраль 2014 г.) // ГА РФ. Ф. 10342. Оп. 3. Д. 205.
46. Остроухова Н.Г. Обзор проблем отечественного топливно-энергетического комплекса // Вестник Тюменского государственного университета. Социально-экономические и правовые исследования. 2015. Т. 1, № 4 (4). С. 138–148.
47. Воропай Н.И., Сендеров С.М., Славин Г.Б., Чельцов М.Б. Угрозы энергетической безопасности и их последствия // Энергетическая безопасность России : материалы Всерос. науч. семинара, 12 апреля 2006 г., Санкт-Петербург. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2006. С. 61–68.

### References

1. Blagodatskikh, V.G., Bogatyrev, L.L., Bushuev, V.V. et al. (1998) *Vliyaniye energeticheskogo faktora na ekonomicheskuyu bezopasnost' regionov Rossiyskoy Federatsii* [The Influence of the Energy Factor on the Economic Security of the Regions of the Russian Federation]. Yekaterinburg: Ural State University.
2. Solovenko, I.S. & Rozhkov, A.A. (2023) Digitalization of Enterprises of the Russian Fuel and Energy Complex (Turn of the 20th–21st Centuries): The Degree of Study of the Problem. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta – Tomsk State University Journal*. 489. pp. 153–161. (In Russian). doi: 10.17223/15617793/489/15

3. Plakidkin, Yu.A. (2010) Tekhnologicheskie stupeni XXI v. i ikh vliyanie na razvitie mirovoy energetiki [Technological Stages of the 21st Century and Their Impact on the Development of World Energy]. *Energetika*. 4. pp. 13–25.
4. Zabolotskaya, K.A. (2008) Sostoyanie i razvitie ugol'noy promyshlennosti Kuzbassa v kontekste obespecheniya energeticheskoy i geopoliticheskoy bezopasnosti SSSR i Rossii [The State and Development of the Coal Industry of Kuzbass in the Context of Ensuring the Energy and Geopolitical Security of the USSR and Russia]. In: Fadeev, K.V. (ed.) *Khozyaystvennoe i kul'turnoe osvoenie Urala i Sibiri v XIX–XXI vv.* [Economic and Cultural Development of the Urals and Siberia in the 19th–21st Centuries]. Tomsk: Grafika. pp. 60–64.
5. Khitrykh, D. (2021) O tsifrovoy transformatsii energeticheskoy otrasli [On the Digital Transformation of the Energy Sector]. *Energeticheskaya politika*. 10(164). pp. 76–89.
6. Malashevich, B.M. (2013) *50 let otechestvennoy mikroelektronike: kratkie osnovy i istoriya razvitiya* [50 Years of Domestic Microelectronics: Basic Principles and History of Development]. Moscow: Tekhnosfera.
7. Dmitriev, S.S. (2014) *Energeticheskaya strategiya B. Obamy: opora na innovatsii i tekhnologicheskoe liderstvo* [Energy Strategy of B. Obama: Reliance on Innovation and Technological Leadership]. Moscow: IMEMO RAN.
8. The State Archive of the Russian Federation (GARF). *Perepiska s Gosudarstvennoy Dumoy, ministerstvami i vedomstvami Rossiyskoy Federatsii, Rossiyskoy akademiei nauk i nauchno-issledovatel'skimi institutami o razvitiy mezhduнародного nauchno-tekhnicheskogo sotrudnichestva i o gosudarstvennoy podderzhke provedeniya nauchno-issledovatel'skikh i opytно-konstruktorskikh rabot v nauchnykh i inzhenernykh tseentrakh Rossiyskoy Federatsii* [Correspondence with the State Duma, Ministries and Departments of the Russian Federation, the Russian Academy of Sciences and Research Institutes on the Development of International Scientific and Technical Cooperation and on State Support for Research and Development in Scientific and Engineering Centers of the Russian Federation]. Vol. 1. Fund 10200. List 4. File 10068.
9. The State Archive of the Russian Federation (GARF). *Prioritetnye napravleniya fundamental'nykh issledovaniy, 1996 g.* [Priority Directions of Fundamental Research, 1996]. Fund 10200. List 5. File 5567.
10. Narinyani, A.S. (2001) Natsional'naya ideya i rossiyskiy put' v informatsionnye tekhnologii XXI veka [The National Idea and the Russian Path into the Information Technologies of the 21st Century]. *Problemy informatizatsii*. 2. pp. 50–52.
11. The Russian Federation. (2016) *O Strategii nauchno-tekhnicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii: Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 01.12.2016 № 642* [On the Strategy for Scientific and Technological Development of the Russian Federation: Decree of the President of the Russian Federation dated 01.12.2016 No. 642]. [Online] Available from: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449/page/3> (Accessed: 13th August 2023).
12. The State Archive of the Tomsk Region (GATO). *O merakh po razvitiyu izobretatel'stva i ratsionalizatorskoy deyatel'nosti v Tomskoy oblasti: postanovlenie Administratsii Tomskoy oblasti, 1998 g., aprel'* [On Measures for the Development of Invention and Rationalization Activities in the Tomsk Region: Resolution of the Administration of the Tomsk Region, April 1998]. Fund R-1628. List 1. File 579.
13. Baitov, A.V., Velikorossov, V.V. & Karyakin, A.M. (2012) *Energeticheskaya bezopasnost' Rossii v usloviyakh rynochnykh otosheniy v elektroenergetike* [Energy Security of Russia in the Conditions of Market Relations in the Electric Power Industry]. Moscow: Knizhnyy mir.
14. The Russian State Archive of the Economy (RGAE). *Reshenie zasedaniya Nauchno-tekhnicheskogo soveta RAO "Gazprom" sektsii "Informatizatsiya i tekhnologicheskaya svyaz"*, 1996 g. [Decision of the Meeting of the Scientific and Technical Council of RAO "Gazprom", Section "Informatization and Technological Communications", 1996]. Fund 977. List 1. File 975.
15. The State Archive of the Tomsk Region (GATO). *Spravka o vypolnenii programmy nauchno-tekhnicheskogo perevooruzheniya Vostochnoy nefyanyoy kompanii, 1998 g., 8 iyunya* [Report on the Fulfillment of the Scientific and Technical Re-equipment Program of the Eastern Oil Company, June 8, 1998]. Fund R-2023. List 1. File 318.
16. Prokhorov, A. & Konik, L. (2019) *Tsifrovaya transformatsiya: analiz, trendy, mirovoy opyt* [Digital Transformation: Analysis, Trends, World Experience]. 2nd ed. Moscow: KomN'yus Grupp.
17. The State Archive of the Tyumen Region (GATyumO). *Razvitie avtomatizirovannogo kartopostroyeniya i osnashchenie kameral'nykh grupp PEVM, DAOOT "Tyumenneftegeofizika", 1994 g.* [Development of Automated Mapping and Equipping of Office Groups with PCs, JSC "Tyumenneftegeofizika", 1994]. Fund R2338. List 1. File 18.
18. The Russian State Archive of the Economy (RGAE). (1992) *Razvitie sredstv i sistem svyazi i avtomatizirovannykh tekhnologicheskikh protsessov v neftegazodobyvayushchem proizvodstve: spravka* [Development of Communications Means and Systems and Automated Technological Processes in Oil and Gas Production: Report]. Fund 1077. List 1. File 12.
19. The State Archive of the Russian Federation (GARF). *O pervoocherednykh merakh po razvitiyu i gospodderzhke innovatsionnoy deyatel'nosti v Rossiyskoy Federatsii: postanovlenie Pravitel'stva RF ot 26.12.1995 № 1288* [On Priority Measures for the Development and State Support of Innovation Activity in the Russian Federation: Decree of the Government of the Russian Federation dated 26.12.1995 No. 1288]. Fund 10200. List 5. File 3650.
20. Bodrova, E.V., Gusarova, M.N., Kalinov, V.V. & Filatova, M.N. (2013) *Neftegazovyy kompleks v kontekste realizatsii gosudarstvennoy nauchno-tekhnicheskoy politiki SSSR i Rossiyskoy Federatsii (1945–2013 gg.)* [The Oil and Gas Complex in the Context of the Implementation of State Scientific and Technical Policy of the USSR and the Russian Federation (1945–2013)]. Moscow: NIPKTs Voskhod-A.
21. Erokhin, P.M. & Kulikov, Yu.A. (2019) *Tsifrovaya platforma elektroenergetiki Rossii* [Digital Platform of the Russian Electric Power Industry]. In: Suslov, K.V. (ed.) *Elektroenergetika glazami molodezhi* [Electric Power Industry Through the Eyes of Youth]. Vol. 1. Irkutsk: Irkutsk National Research Technical University. pp. 26–31.
22. Kolosok, I.N. & Korkina, E.S. (2021) Informatsionnoe obespechenie zadachi sozdaniya tsifrovogo dvoynika EES i ee ob'ektov [Information Support for the Task of Creating a Digital Twin of the Electric Power System and Its Objects]. *Povyshenie effektivnosti proizvodstva i ispol'zovaniya energii v usloviyakh Sibiri* [Improving the Efficiency of Energy Production and Use in Siberian Conditions]. Proc. of the All-Russian Conference with International Participation. Irkutsk, April 20–24, 2021. Vol. 1. Irkutsk: IRNITU. pp. 187–191.
23. The State Archive of the Tyumen Region (GATyumO). *Protokoly zasedaniy nauchno-tekhnicheskogo soveta (NTS) DAOOT "Tyumenneftegeofizika" za 1995–1999 gg.* [Minutes of Meetings of the Scientific and Technical Council (STC) of JSC "Tyumenneftegeofizika" for 1995–1999]. Fund 2338. List 1. File 33.
24. Chernyaev, A.N. (2011) *Sozdanie avtomatizirovannoy sistemy operativnogo upravleniya rezhimami raboty elektrostantsii* [Creation of an Automated System for Operational Control of Power Plant Operating Modes]. Engineering Cand. Diss. Moscow.
25. The State University of Management (Moscow). (n.d.) *Istoriya razvitiya tsifrovoy ekonomiki Rossii* [History of the Development of the Digital Economy in Russia]. [Online] Available from: <https://guu.ru/история-развития-цифровой-экономики/> (Accessed: 11th September 2024).
26. Cherkasov, M. (2015) *Umnye tekhnologii v neftegazovoy otrasli* [Smart Technologies in the Oil and Gas Industry]. *Control Engineering Rossiya*. 3(57). pp. 20–22.
27. Dmitrievskiy, A.N., Martynov, V.G., Abukova, L.A. & Eremin, N.A. (2016) *Tsifrovizatsiya i intellektualizatsiya neftegazovykh mestorozhdeniy* [Digitalization and Intellectualization of Oil and Gas Fields]. *Avtomatizatsiya i IT v neftegazovoy oblasti*. 2(24). pp. 13–19.
28. Vorobiev, A.E., Vorobiev, K.A. & Tcharo, Kh. (2018) *Tsifrovizatsiya nefyanyoy promyshlennosti* [Digitalization of the Oil Industry]. Moscow: Sputnik+.
29. The State Archive of the Tyumen Region (GATyumO). (2007) *Protokoly № 1–7 zasedaniya Nauchno-tekhnicheskogo soveta obshchestva i ego sektsiy (ekonomiki; geologii, geofiziki i razrabotki mestorozhdeniy, bureniya skvazhin; proektirovaniya obustroystva mestorozhdeniy), dokumenty k nim ("TyumenNIIgiprogaz")* [Minutes No. 1–7 of the Meeting of the Scientific and Technical Council of the Society and its Sections (Economics; Geology, Geophysics and Field Development, Well Drilling; Field Development Design), Documents to them ("TyumenNIIgiprogaz")]. Fund R2373. List 1. File 213.

30. Suloeva, S.B. & Martynatov, V.S. (2019) Osobennosti tsifrovoy transformatsii predpriyatiy neftegazovogo kompleksa [Features of the Digital Transformation of Oil and Gas Complex Enterprises]. *Organizator proizvodstva*. 27(2). pp. 27–36.
31. Maksimtsev, I.A., Kostin, K.B. & Berezovskaya, A.A. (2022) Modern Trends in Global Energy and Assessment of the Ever-Increasing Role of Digitalization. *Energies*. 15. Art. 8767. doi: 10.3390/en15228767
32. Semeshov, A.P. (2005) Sistema avtomatizirovannogo upravleniya mekhanizirovannoy krepl'yu SAUK 138M [The Automated Control System for Mechanized Roof Support SAUK 138M]. *TEK i resursy Kuzbassa*. 1. pp. 22–25.
33. Ratmanova, I.D., Korovkin, S.D. & Zheleznyak, N.V. (2009) Informatsionnaya model' toplivno-energeticheskogo kompleksa kak osnova analiza energeticheskoy bezopasnosti regiona [Information Model of the Fuel and Energy Complex as a Basis for Analyzing the Energy Security of a Region]. *Informatsionnye tekhnologii*. 9. pp. 9–15.
34. Panikhidnikov, S.A. & Novosyolov, S.V. (2017) *Innovatsii v obespechenii bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti na ugol'nykh shakhtakh Rossii* [Innovations in Ensuring Life Safety at Coal Mines in Russia]. St. Petersburg: SPBGUT.
35. Bogidaev, S.A. & Afanasiev, S.A. (2014) Innovatsii v neftegazovom komplekse [Innovations in the Oil and Gas Complex]. *Tekhniko-ekonomicheskie problemy razvitiya regionov* [Technical and Economic Problems of Regional Development]. Proc. of Conference with International Participation. Irkutsk, November 24–25, 2014. Vol. 13. Irkutsk: IrSTU. pp. 28–31.
36. Teksler, A.L. (2018) Tsifrovizatsiya energetiki: ot avtomatizatsii protsessov k tsifrovoy transformatsii otrasli [Digitalization of the Energy Sector: From Process Automation to Industry Digital Transformation]. *Tsifrovaya energetika*. 5. pp. 3–6.
37. Alekseev, A.N., Lobova, S.V., Bogoviz, A.V. & Ragulina, Yu.V. (2019) Digitalization of the Russian Energy Sector: State-of-the-art and Potential for Future Research. *International Journal of Energy Economics and Policy*. 9(5). pp. 274–280. doi: 10.32479/ijeep.7673
38. Kharas, B.Z. (2018) Tsifrovizatsiya i problemy importonezavisimosti TEK [Digitalization and the Problems of Import Independence of the Fuel and Energy Complex]. *Nauchnye trudy VEO Rossii*. 210. pp. 105–114.
39. Zhdaneev, O.V. (ed.) (2020) *Voprosy tekhnicheskoy politiki otrasley TEK Rossiyskoy Federatsii* [Issues of Technical Policy of the Fuel and Energy Complex Industries of the Russian Federation]. Moscow: Nauka.
40. Makarov, A.A. (2010) Perspektivy toplivno-energeticheskogo kompleksa Rossii v novykh ekonomicheskikh realiyakh [Prospects of the Russian Fuel and Energy Complex in New Economic Realities]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 12(1(9)). pp. 2176–2182.
41. Lapaeva, M.G. & Lapaeva, O.F. (2004) Osnovnye etapy formirovaniya i razvitiya toplivno-energeticheskogo kompleksa v Rossii [Main Stages of Formation and Development of the Fuel and Energy Complex in Russia]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*. 8. pp. 4–12.
42. Trunova, L.G. (2022) Digital transformation of the electric power industry. *AIP Conference Proceedings*. 2434. Art. 060010. doi: 10.1063/5.0097181
43. Gerasimova, I. (2019) *Intellektual'naya dobycha* [Intelligent Production]. [Online] Available from: <https://magazine.neftgaz.ru/articles/pervaya-strochka/346594-intellektualnaya-dobycha/> (Accessed: 3rd July 2023).
44. Barinova, V.A., Devyatova, A.A. & Lomov, D.Yu. (2021) Rol' tsifrovizatsii v global'nom energeticheskom perekhode i v rossiyskoy energetike [The Role of Digitalization in the Global Energy Transition and in Russian Energy]. *Vestnik mezhdunarodnykh organizatsiy*. 16(4). pp. 126–145.
45. The State Archive of the Russian Federation (GARF). *Energeticheskyy byulleten' (fevral' 2014 g.)* [Energy Bulletin (February 2014)]. Fund 10342. List 3. File 205.
46. Ostroukhova, N.G. (2015) Obzor problem otechestvennogo toplivno-energeticheskogo kompleksa [Review of Problems of the Domestic Fuel and Energy Complex]. *Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. Sotsial'no-ekonomicheskie i pravovye issledovaniya*. 1(4(4)). pp. 138–148.
47. Voropay, N.I., Senderov, S.M., Slavin, G.B. & Cheltsov, M.B. (2006) Ugrozy energeticheskoy bezopasnosti i ikh posledstviya [Threats to Energy Security and Their Consequences]. *Energeticheskaya bezopasnost' Rossii* [Energy Security of Russia]. Proc. of the All-Russian Seminar. St. Petersburg, April 12, 2006. St. Petersburg: St. Petersburg Polytechnic University. pp. 61–68.

#### Сведения об авторах:

**Соловенко Игорь Сергеевич** – доктор исторических наук, доцент Томского политехнического университета (Томск, Россия). E-mail: solovenko71@mail.ru

**Рожков Анатолий Алексеевич** – доктор экономических наук, профессор, начальник отдела аналитических исследований и краткосрочного прогнозирования развития угольной промышленности Российского энергетического агентства Минэнерго России (Москва, Россия). E-mail: aarozhkov@mail.ru

**Пинжин Кирилл Александрович** – студент Томского политехнического университета (Томск, Россия). E-mail: pinzhin98@mail.ru

**Жолбин Андрей Павлович** – студент Томского политехнического университета (Томск, Россия). E-mail: pszholbin@gmail.com

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

#### Information about the authors:

**Solovenko Igor S.** – Doctor of Historical Sciences, Associate Professor at the Tomsk Polytechnic University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: solovenko71@mail.ru

**Rozhkov Anatoly A.** – Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Analytical Research and Short-term Forecasting of the Coal Industry Development of the Russian Energy Agency of the Ministry of Energy of the Russian Federation (Moscow, Russian Federation). E-mail: aarozhkov@mail.ru

**Pinzhin Kirill A.** – Student at the Tomsk Polytechnic University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: pinzhin98@mail.ru

**Zholbin Andrey P.** – Student at the Tomsk Polytechnic University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: pszholbin@gmail.com

*The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 28.05.2025; принята к публикации 15.11.2025*

*The article was submitted 28.05.2025; accepted for publication 15.11.2025*