

УДК 553.981.2:004.896:316.422

К 90-летию академика РАН А.Э. Конторовича
ЦИФРОВАЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ
КРУПНЕЙШЕГО В МИРЕ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО ЦЕНТРА
НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ

© 2024 г. Академик РАН А. Н. Дмитриевский, Н. А. Еремин*

Поступило 18.10.2023 г.

После доработки 22.01.2024 г.

Принято к публикации 23.01.2024 г.

В статье рассматриваются результаты цифровой и технологической модернизации нефтегазовой отрасли в рамках реализации государственной программы “Цифровая экономика 2017–2024” при реализации мероприятий, предложенных академическими институтами Российской Академии наук на основе комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла, а также потенциал поисковых и прикладных исследований для подготовки новой государственной программы “Экономики данных” на период до 2030 года. Мероприятия представляют собой совокупность взаимосвязанных научных, технических, цифровых решений и инновационных технологий, обеспечивающая достижение целей, разработанной, при руководящем участии Института проблем нефти и газа РАН и Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, программы “Цифровая и технологическая модернизация крупнейшего в мире Западно-Сибирского центра нефтегазодобычи”. Основной целью научных исследований для нефтегазовой экономики больших геоданных является создание и внедрение технологий цифрового моделирования, развитие экосистем, вычислительных платформ и цифровых двойников нефтегазовых активов, и транспортировка углеводородов к существующим и вновь создаваемым нефтехимическим кластерам с целью развития внутреннего рынка по их полной переработки в продукцию с высокой добавленной стоимостью и укрепления цифрового лидерства российских энергетических компаний. Ключевым фактором, сдерживающим инновационное развитие российского нефтегазового комплекса, является нехватка высокопроизводительных вычислительных комплексов. К основным нефтегазовым задачам, требующим привлечения суперкомпьютеров пета- и эксафлопсного уровня производительности (1015 и 1018 операций с плавающей точкой в секунду соответственно), относятся задачи управления “цифровой экосистемой” крупнейшего в мире Западно-Сибирского центра нефтегазодобычи и уникальных нефтяных и газовых месторождений в режиме реального времени. Развитие цифровой экосистемы предлагается сформировать на базе платформенных решений и комплексных научно-технических программ и проектов полного инновационного цикла. Выявлены основные проблемы в сфере создания цифровой энергетической экономики больших данных: острая нехватка кадров с цифровыми компетенциями в области нефтегазового производства, специалистов по оптимизации, мультисенсоризации, суперкомпьютеризации, кибербезопасности и петророботизации.

Ключевые слова: геология, разработка, нефть, газ, углеводороды, цифровая экономика, экономика данных, цифровая модернизация, экосистема, фондоотдача, экология

DOI: 10.31857/S2686739724050045

ВВЕДЕНИЕ

Нефтегазовая отрасль играет ведущую роль в реализации стратегии цифровой трансформации

национальной экономики больших данных [1–17]. Тесная координация работы нефтегазодобывающих компаний с институтами Российской Академии наук (РАН) позволяет находить эффективные решения в виде построения энергетической экономики на основе больших данных. Создание единой цифровой экосистемы

Институт проблем нефти и газа Российской Академии наук, Москва, Россия

**E-mail: a.dmitrievsky@ipng.ru, ermn@mail.ru*

экономики больших данных повысит роль страны как цифрового лидера в мировом энергетическом секторе, рентабельность основных фондов до 40% и долю продукции с высокой добавленной стоимостью, реализуемой на мировых рынках нефти и газа до 50–70%, а также обеспечит экологически чистую и безаварийную добычу углеводородов. Цифровые нефтегазовые технологии являются основной движущей силой изменений в энергетическом секторе, основанных на больших данных и сокращении выбросов парниковых газов. Цифровизация ключевых активов в сфере добычи, транспортировки, переработки и мало- и крупнотоннажной химии углеводородов должна увеличиваться ежегодно до 10%. Российские нефтегазовые компании проводят масштабную интеллектуализацию процессов и технологий, мультисенсоризацию и цифровизацию объектов, включая создание цифровых двойников. Значительные усовершенствования происходят в технологии сбора больших геоданных на протяжении жизненного цикла нефтяных и газовых скважин (бурение, эксплуатация, капитальный ремонт и консервация). Для предотвращения осложнений и аварий при строительстве скважин были созданы передовые системы, основанные на выявлении скрытых закономерностей в больших геоданных с использованием методов искусственного интеллекта. Общие затраты на цифровую модернизацию и обработку больших объёмов данных нефтегазового производства в условиях снижения углеродного следа могут достичь \$6 миллиардов в год к 2035 г.

ЦИФРОВАЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ КРУПНЕЙШЕГО В МИРЕ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО ЦЕНТРА НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ

В рамках реализации Указа Президента РФ от 1 декабря 2016 г. № 642 “О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации” институтами РАН в 2019 г. была подготовлена Комплексная научно-техническая программа (далее КНТП) “Цифровая и технологическая модернизация крупнейшего в мире Западно-Сибирского центра нефтегазодобычи”. Координаторы программы – научные руководители Института проблем нефти и газа РАН академик РАН А.Н. Дмитриевский и Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН академик РАН А.Э. Конторович. В соответствии с утвержденным перечнем поручений Президента РФ по итогам заседания

Совета по науке и результатам встречи с учеными Сибирского отделения РАН Министерством энергетики России совместно с ведущими нефтегазовыми компаниями был подготовлен проект по развитию и модернизации Западно-Сибирского центра нефтегазодобычи. Крупнейший в мире Западно-Сибирский регион нефтегазодобычи в настоящее время занимает первое место в мире по масштабу и объёмам добычи нефти и газа; имеет площадь 2.5 млн км², половина из которых находится за Полярным кругом; содержит и обеспечивает порядка 2/3 запасов и текущих объёмов добычи и включает более 700 месторождений с запасами нефти и конденсата и 250 месторождений с ресурсами свободного газа. Совет по приоритетному направлению научно-технологического развития “Переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии” одобрил представленные мероприятия КНТП “Цифровая и технологическая модернизация крупнейшего в мире Западно-Сибирского центра нефтегазодобычи”. Основные участники КНТП – академические институты РАН, включая ИПНГ РАН и ИНГГ СО РАН – имеют необходимые компетенции и состав специалистов. Как было отмечено Президентом РФ на заседании Совета по науке и образованию 8 февраля 2021 г., механизм практического применения КНТП “позволил объединить возможности вузов, научных организаций, частного бизнеса и компаний с государственным участием, чтобы мы могли не только создавать, но и быстро внедрять новые технологии” в соответствии со Стратегией научно-технологического развития России”. Представленные в КНТП мероприятия в дальнейшем нашли развитие и отражение в распоряжении Правительства РФ от 28 декабря 2021 г. № 3924-р “Об утверждении стратегического направления в области цифровой модернизации топливно-энергетического комплекса”: определены участники развития; сформированы приоритеты, цели и задачи цифровой модернизации; обозначены проблемы и вызовы; введены отчётные показатели, достигнуть которых планируется до 2030 г.

Исследования по данной КНТП проводились в соответствии с Приоритетными направлениями Стратегии научно-технологического развития РФ, а именно, а) переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым

материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объёмов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта, и б) переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии, а также в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2021–2030 годы по направлению 1.5. Науки о Земле. Всего поступило 268 предложений от 10 нефтегазовых компаний и 48 институтов РАН, 3 университетов, 1 ФИЦ и 1 НИЦ. Основная цель цифровой и технологической модернизации Западно-Сибирского центра нефтегазодобычи Академических институтов РАН направлена на создание фонда высокодебитных цифровых эксплуатационных скважин и синхронизацию процессов наращивания ресурсной базы с развитием внутреннего рынка для продукции нефтеперерабатывающего и химического комплекса с высокой добавленной стоимостью, и кратное увеличение ВВП страны. Реализация стратегии цифровой модернизации и КНТП РАН сохранила лидирующую роль нефтегазового комплекса в экономике и гарантировала национальную и энергетическую безопасность страны, привела к промышленному росту, развитию научной базы и увеличению конкурентоспособности как энергетической отрасли, так и смежных отраслей промышленности России.

28 марта 2023 года на заседании Президиума РАН, посвящённого вопросам “цифровизации в нефтегазовой отрасли и в науках о Земле” был представлен доклад академика РАН Дмитриевского А.Н., Еремина Н.А. и Столярова В.Е. “КНТП “Цифровая и технологическая модернизация крупнейшего в мире Западно-Сибирского центра нефтегазодобычи”. В Постановлении Президиума РАН от 28 марта 2023 г., отмечено, что тема цифровой и технологической модернизации топливно-энергетического комплекса постоянно рассматривается академическими институтами в рамках исполнения различных государственных тем, а также в ряде программ полного инновационного цикла. Обсуждению вопросов технологического суверенитета Российской Федерации была посвящена Стратегическая научная сессия ОНЗ РАН по “Проблемам научного обеспечения развития нефтегазового комплекса Российской Федерации”, 28 ноября 2023 г. На сессии были освящены инновационные технологии, обеспечивающие

формирование цифрового лидерства российских ВИНК: большие данные, моделирование кернов, создание цифровых двойников подземной и надземной инфраструктуры, применение искусственного интеллекта и машинного обучения, реализация систем поддержки принятия решений и интегрированного управления месторождениями.

В 2023 году была проведена научная экспертиза выполнения программ цифровизации российскими ВИНК за период с 2017 по 2023 гг., в которой отмечено, что успешное внедрение технологий искусственного интеллекта в нефтегазовой отрасли обеспечивает получение дополнительных объёмов добычи нефти за счёт масштабирования инструментального базиса, прикладных методических основ модельно-предиктивного управления цифровым производством в режиме реального времени, оптимизации кинематики и динамики движения потоков флюидов в пористых средах и достижение требуемого качества продукции. Были отмечены значительные успехи российских нефтегазовых компаний в области цифровой модернизации нефтегазодобычи на основе разработанных программ цифровизации. Рекомендовано включить во вновь создаваемые программы “Экономики данных” нефтегазовых компаний на период с 2025 по 2030 год следующие структурообразующие направления: мультисенсоризация; создание гига- и пета-моделей (10^{12} – 10^{15} активных ячеек соответственно) уникальных и гигантских месторождений углеводородов и нефтегазоносных провинций на базе суперкомпьютеров; оптикализация и квантовизация формирования и передачи геоданных на основе сетей 5G и петророботизация.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Масштабное внедрение технологий КНТП до 2030 года позволит обеспечить стабильное положение России на мировых рынках углеводородов, заложить основы цифрового и технологического лидерства отечественных нефтегазовых компаний, гарантировать ежегодный прирост запасов не менее чем на 10%, продлить эффективную эксплуатацию уникальных и крупных месторождений нефти и газа на десятилетия, создать фонд высокодебитных эксплуатационных скважин и синхронизировать наращивание ресурсной базы углеводородов с развитием внутреннего рынка глубокой переработки углеводородного сырья в продукцию с высокой добавленной стоимостью.

Богатейшая минерально-сырьевая база и созданная цифровая инфраструктура российского нефтегазового комплекса, наличие научных кадров и значительный инновационный потенциал в Российской академии наук определяют необходимость и актуальность перехода от программ цифровизации ВИНК в ходе реализации государственной программы “Цифровая экономика” в 2017–2024 гг. к программам больших данных ВИНК в рамках государственной программы “Экономики данных” с 2025 года.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ.

Научный обзор подготовлен в рамках выполнения государственного задания, номер гос. рег. № НИОКТР в РОСРИД 122022800270-0.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цифровизация нефтегазового производства: проблемы, вызовы и риски / А. Н. Дмитриевский, Н. А. Еремин, В. Е. Столяров, А. Д. Черников // Научные труды НИПИ Нефтегаз ГНКР. 2023. № S2. С. 1–8. DOI: 10.5510/OGP2023SI200880. EDN PJGCLY.
2. Развитие цифровой газовой экосистемы на основе комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла / А. Н. Дмитриевский, Н. А. Еремин, В. Е. Столяров, А. Д. Черников // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2023. № 1. С. 173–189. DOI: 10.46689/2218-5194-2023-1-1-173-189. EDN ISXNOY.
3. Еремин Н. А. Эволюция цифровой нефтегазовой экосистемы от суперкомпьютинга к метакомпьютингу // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2023. № 1. С. 190–201. DOI: 10.46689/2218-5194-2023-1-1-190-201. EDN WSGFNY.
4. Интеллектуальные системы предупреждения осложнений для безопасного строительства скважин / А. Н. Дмитриевский, Н. А. Еремин, А. Д. Черников, С. О. Бороздин // Безопасность труда в промышленности. 2022. № 6. С. 7–13. DOI: 10.24000/0409-2961-2022-6-7-13. EDN WSKHDO.
5. Внедрение комплексных научно-технических программ на поздних стадиях эксплуатации нефтегазовых месторождениях / А. Н. Дмитриевский, Н. А. Еремин, Е. А. Сафарова, В. Е. Столяров // Научные труды НИПИ Нефтегаз ГНКР. 2022. № S2. С. 1–8. DOI: 10.5510/OGP2022SI200728. EDN AAVLQR.
6. Román-Piedra L., Solórzano J. & Carrión-Mero P. Advances in research on the use of drones in production and transportation engineering in the hydrocarbons industry: A bibliometric analysis // Energy and Sustainability X. 2023. <https://doi.org/10.2495/esus230201>
7. Waqar A., Othman I., Shafiq N. & Mansoor M. S. Applications of AI in oil and gas projects towards sustainable development: a systematic literature review // Artificial Intelligence Review. 2023. 56(11). 12771–12798. <https://doi.org/10.1007/s10462-023-10467-7>
8. Дмитриевский А. Н. Актуальные вопросы и индикаторы цифровой модернизации нефтегазодобычи на заключительной стадии эксплуатации месторождений // Научные труды НИПИ Нефтегаз ГНКР. 2021. № S2. С. 1–13. DOI: 10.5510/OGP2021SI200543. EDN EAMWAJ.
9. Gilyazetdinov R. A., Kuleshova L. S., Mukhametshin V. V., Yakupov R. F., Grishchenko V. A. Refining solutions of development problems of the Volga-Ural oil and gas province fields using geological and statistical model ranking methods // Nauki o Zemle i nedropol'zovanie. 2023. 46(4):402–412 (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2023-46-4-402-412>. EDN KLCTFQ.
10. Применение методов искусственного интеллекта для выявления и прогнозирования осложнений при строительстве нефтяных и газовых скважин: проблемы и основные направления решения / А. Д. Черников, Н. А. Еремин, В. Е. Столяров и др. // Георесурсы. 2020. Т. 22. № 3. С. 87–96. DOI: 10.18599/grs.2020.3.87-96. EDN ORNYBD.
11. Об увеличении продуктивного времени бурения нефтегазовых скважин с использованием методов машинного обучения / А. Н. Дмитриевский, А. Г. Сбоев, Н. А. Еремин и др. // Георесурсы. 2020. Т. 22. № 4. С. 79–85. DOI: 10.18599/grs.2020.4.79-85. EDN EGRORM.
12. Цифровой нефтегазовый комплекс России / А. Н. Дмитриевский, Н. А. Еремин, Д. С. Филиппова, Е. А. Сафарова // Георесурсы. 2020. Т. 22. № S. С. 32–35. DOI: 10.18599/grs.2020.SI.32-35. EDN EWKKGf.
13. Li J. et al. An Intelligent Energy Management Information System with Machine Learning Algorithms in Oil and Gas Industry // Wireless Communications and Mobile Computing. 2023.
14. Еремин Н. А. О цифровизации процессов газодобычи на поздних стадиях разработки месторождений / Н. А. Еремин, В. Е. Столяров // Научные труды НИПИ Нефтегаз ГНКР. 2020. № 1. С. 59–69. DOI: 10.5510/OGP20200100424. EDN KWNLAO.

15. Качественный анализ геоданных временного ряда для предупреждения осложнений и аварийных ситуаций при бурении нефтяных и газовых скважин / А. Н. Дмитриевский, Н. А. Еремин, Е. А. Сафарова и др. // Научные труды НИПИ Нефтегаз ГНКАР. 2020. № 3. С. 31–37.
DOI: 10.5510/OGP20200300442. EDN WAVRTQ.
16. *Elijah O., Ling P. A., Abdul Rahim S. K., Geok T. K., Arsad A., Kadir E. A., Abdurrahman M., Junin R., Agi A. & Abdulfatah M. Y.* A Survey on Industry 4.0 for the Oil and Gas Industry: Upstream Sector // IEEE Access. 2021. 9. 144438–144468.
<https://doi.org/10.1109/access.2021.3121302>
17. *Durga Kannaiah P. V. & Maurya N. K.* Machine learning approaches for formation matrix volume prediction from well logs: Insights and lessons learned // Geoenery Science and Engineering. 2023. 229. 212086. <https://doi.org/10.1016/j.geoen.2023.212086>

DIGITAL AND TECHNOLOGICAL MODERNIZATION OF THE WORLD'S LARGEST WEST SIBERIAN OIL AND GAS PRODUCTION CENTER

Academician of the RAS **A. N. Dmitrievsky**(<https://orcid.org/0000-0002-6894-3596>),
N. A. Eremin(<https://orcid.org/0000-0002-2401-1586>)[#]

Institute of Oil and Gas Problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

[#]*E-mail: a.dmitrievsky@ipng.ru, ermn@mail.ru*

The article examines the results of digital and technological modernization of the oil and gas industry within the framework of the state program "Digital Economy 2017-2024" in the implementation of measures proposed by academic institutes of the Russian Academy of Sciences on the basis of a comprehensive scientific and technical program of a full innovation cycle, as well as the potential of exploratory and applied research to prepare a new state program "Data Economy" for the period up to 2030 of the year. The activities are a set of interrelated scientific, technical, digital solutions and innovative technologies that ensure the achievement of goals, developed with the leading participation of the Institute of Oil and Gas Problems of the Russian Academy of Sciences and the Institute of Oil and Gas Geology and Geophysics named after. A. A. Trofimuk SB RAS, program "Digital and technological modernization of the world's largest West Siberian oil and gas production center." The main goal of scientific research for the oil and gas economy of big geodata is the creation and implementation of digital modeling technologies, the development of ecosystems, computing platforms and digital twins of oil and gas assets, and the transportation of hydrocarbons to existing and newly created petrochemical clusters in order to develop the domestic market for their complete processing into products with high added value and strengthening the digital leadership of Russian energy companies. The key factor hindering the innovative development of the Russian oil and gas complex is the lack of high-performance computing systems. The main oil and gas tasks that require the involvement of supercomputers with peta- and exascale performance levels (10¹⁵ and 10¹⁸ floating point operations per second, respectively) include the tasks of managing the "digital ecosystem" of the world's largest West Siberian oil and gas production center and unique oil and gas fields in the real time. The development of the digital ecosystem is proposed to be formed on the basis of platform solutions and comprehensive scientific and technical programs and projects of a full innovation cycle. The main problems in the sphere of creating a digital energy economy of big data have been identified: an acute shortage of personnel with digital competencies in the field of oil and gas production, specialists in opticalization, multisensorization, supercomputing, cybersecurity and petrorobotics.

Keywords: geology, development, oil, gas, hydrocarbons, digital economy, data economy, digital modernization, ecosystem, capital productivity, ecology