

Влияние человеческого капитала на конкурентоспособность нефтегазовых компаний в условиях развития технологий искусственного интеллекта

Афанасьев Валентин Яковлевич

Д-р экон. наук, зав. каф. экономики и управления в топливно-энергетическом комплексе
ORCID: 0000-0002-2151-898X, e-mail: vy_afanasyev@guu.ru

Байкова Оксана Викторовна

Канд. экон. наук, доц. каф. экономики и управления в топливно-энергетическом комплексе
ORCID: 0000-0003-4345-5497, e-mail: ov_baykova@guu.ru

Большакова Ольга Ильинична

Канд. физ-мат. наук, доц. каф. экономики и управления в топливно-энергетическом комплексе
ORCID: 0009-0001-0048-9729, e-mail: olgabolsh@mail.ru

Романцов Александр Алексеевич

Магистрант
ORCID: 0009-0007-5646-7696, e-mail: romantsov2016@bk.ru

Государственный университет управления, г. Москва, Россия

Аннотация

Проведена оценка зависимости конкурентоспособности нефтегазовых компаний от человеческого капитала в условиях внедрения искусственного интеллекта (далее – ИИ). Предмет исследования – интеграция человеческого капитала и цифровых технологий в производственные и управленческие процессы нефтегазового комплекса. Цель исследования – выявление закономерностей влияния взаимодействия технологических инноваций и человеческого капитала на эффективность и конкурентоспособность промышленного производства в нефтегазовом комплексе. Методологическая база включает структурно-функциональный подход, сопоставление категорий «человеческий капитал» и «человеческий фактор», анализ нормативных документов по эргономике и надежности человеко-машинных систем, контент-анализ научных и аналитических источников и обобщение отраслевых эмпирических данных. Установлено, что развитие ИИ усиливает требования к подготовке персонала и формирует зависимость эффективности цифровых решений от качества человеческого капитала. Выявлено, что дефицит компетенций сдерживает внедрение ИИ и повышает технологические и организационные риски. Отраслевые кейсы российских компаний демонстрируют, что интеллектуальные системы снижают издержки и повышают производительность при условии развитой инфраструктуры подготовки и переподготовки кадров. Установлено: конкурентные преимущества обеспечиваются не только и не столько технологиями, сколько развитием компетенций и корпоративных центров экспертизы. Показано, что человеческий капитал и человеческий фактор действуют как единое целое, формируя потенциал и результативность человеко-машинных систем. Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой количественных моделей оценки вклада человеческого капитала в экономические эффекты цифровой трансформации и анализом систем подготовки и переподготовки персонала.

Для цитирования: Афанасьев В.Я., Байкова О.В., Большакова О.И., Романцов А.А. Влияние человеческого капитала на конкурентоспособность нефтегазовых компаний в условиях развития технологий искусственного интеллекта // Вестник университета. 2025. № 11. С. 68-81.

Ключевые слова

Человеческий капитал, человеческий фактор, нефтегазовый комплекс, цифровая трансформация, искусственный интеллект, конкурентоспособность, конкурентные преимущества, человеко-машинные системы, производственная эффективность, кадровый потенциал, операционные риски



Impact of human capital on the competitiveness of oil and gas companies in the context of artificial intelligence technologies development

Valentin Ya. Afanasiev

Dr. Sci. (Econ.), Head of the Economics and Management in the Fuel and Energy Complex Department
ORCID: 0000-0002-2151-898X, e-mail: vy_afanasyev@guu.ru

Oxana V. Baykova

Cand. Sci. (Econ.), Assoc. Prof. at the Economics and Management in the Fuel and Energy Complex Department
ORCID: 0000-0003-4345-5497, e-mail: ov_baykova@guu.ru

Olga I. Bolshakova

Cand. Sci. (Phys. and Math.), Assoc. Prof. at the Economics and Management in the Fuel and Energy Complex Department
ORCID: 0009-0001-0048-9729, e-mail: olgabolsh@mail.ru

Alexandr A. Romantsov

Graduate Student
ORCID: 0009-0007-5646-7696, e-mail: romantsov2016@bk.ru

State University of Management, Moscow, Russia

Abstract

The article is devoted to the assessment of the competitiveness dependence of oil and gas companies on human capital in the context of introduction of artificial intelligence (hereinafter referred to as AI). The research subject is the integration of human capital and digital technologies into the production and management processes of the oil and gas complex. The purpose of the study is to identify patterns of the influence of the interaction of technological innovations and human capital on the efficiency and competitiveness of industrial production in the oil and gas complex. The methodological base includes a structural and functional approach, comparison of the categories “human capital” and “human factor”, analysis of regulatory documents on ergonomics and reliability of human-machine systems, content analysis of scientific and analytical sources and generalisation of industry empirical data. It has been established that the development of AI increases the requirements for personnel training and forms the dependence of the effectiveness of digital solutions on the quality of human capital. It is revealed that the lack of competencies hinders the introduction of AI and increases technological and organisational risks. Industry cases of Russian companies demonstrate that intelligent systems reduce costs and increase productivity with a well-developed training and retraining infrastructure. It has been established that competitive advantages are provided not only and not so much by technology, but by the development of competencies and corporate expertise centres. It is shown that human capital and the human factor act as a single whole, forming the potential and effectiveness of human-machine systems. The prospects for further research are related to the development of quantitative models for assessing the contribution of human capital to the economic effects of digital transformation and the analysis of personnel training and retraining systems.

Keywords

Human capital, human factor, oil and gas complex, digital transformation, artificial intelligence, competitiveness, competitive advantages, human-machine systems, production efficiency, human resources, operational risks

For citation: Afanasiev V.Ya., Baykova O.V., Bolshakova O.I., Romantsov A.A. (2025) Impact of human capital on the competitiveness of oil and gas companies in the context of artificial intelligence technologies development. *Vestnik universiteta*, no. 11, pp. 68-81.



ВВЕДЕНИЕ

Активное внедрение технологий искусственного интеллекта (далее – ИИ) в промышленное производство ведет к формированию нового типа производственных систем, в которых взаимодействие человека и цифровых решений становится ключевым источником эффективности [1]. В нефтегазовом комплексе, характеризующемся высокой капиталоемкостью производственных процессов и технологической сложностью обслуживания, этот процесс сопровождается изменением структуры трудовых функций, перераспределением зон ответственности и корректировкой требований к человеческому капиталу, что свидетельствует об изменении не только технологических, но и экономических факторов обеспечения конкурентоспособности компаний.

Наряду с этим сохраняются традиционные риски, связанные с человеческим фактором, который по-прежнему остается одной из наиболее распространенных причин возникновения аварий в нефтегазовом комплексе [2]. Данный аспект усиливается неблагоприятными тенденциями в кадровой структуре, проявляющимися в росте среднего возраста работников нефтегазового комплекса до 43 лет, сокращении доли молодых специалистов до 22 %, а также, согласно оценкам экспертов, в несоответствии уровня профессиональной подготовки кадров требованиям современного рынка труда^{1,2}. Указанные кадровые и квалификационные диспропорции формируют дополнительную неопределенность в развитии нефтегазового комплекса и обуславливают потребность в проведении комплексного анализа влияния человеческого капитала на устойчивость промышленных предприятий в условиях цифровизации.

В связи с этим возникает научная и практическая задача определить в какой степени человеческий капитал способствует реализации потенциала технологий ИИ либо, напротив, становится ограничивающим фактором.

Целью исследования является выявление закономерностей влияния взаимодействия технологических инноваций и человеческого капитала на эффективность и конкурентоспособность промышленного производства в нефтегазовом комплексе.

Гипотеза исследования заключается в том, что влияние человеческого капитала на экономические результаты внедрения ИИ носит нелинейный характер, поскольку на ранних этапах технологических преобразований эффект может быть неустойчивым и проявляться как положительно, так и отрицательно в зависимости от уровня компетенций и готовности персонала к технологическим изменениям, тогда как на последующих стадиях формируется устойчивая зависимость между качеством человеческого капитала и эффективностью производственной системы.

ЗНАЧИМОСТЬ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

На сегодняшний день в научной литературе представлено значительное разнообразие подходов к определению понятия человеческого капитала. При этом большинство из них концентрируется на его экономической сущности, подразумевающей способность приносить доход в результате инвестиций в образование, профессиональную подготовку и развитие индивидуальных качеств личности. Особую значимость данные аспекты приобретают для высокотехнологичных отраслей, в частности для нефтегазового комплекса, где человеческий капитал выступает ключевым фактором внедрения и эффективного использования инновационных технологий.

Т.У. Шульц в своей работе рассматривает человеческий капитал как совокупность приобретенных человеком знаний и навыков, позволяющих различать квалифицированный и неквалифицированный труд [3]. Аналогичный подход отражен в словаре Penguin dictionary of economics (1984 г.), где человеческий капитал определяется как совокупность способностей, умений и навыков, обеспечивающих человеку возможность получения дохода [4]. Тем самым подчеркивается микроэкономический аспект понятия, а именно индивидуальная выгода, выражающаяся в повышении доходов и улучшении экономического положения вследствие инвестиций в развитие человеческих ресурсов³.

¹ INFOLine. Снижение инвестиционной активности стало ключевым фактором кризиса нефтегазовой отрасли, считают в INFOLine. Режим доступа: <https://infoline.spb.ru/news/?news=302393> (дата обращения: 11.09.2025).

² Нефтегазовая промышленность. Кризис в нефтегазовой отрасли эксперты объясняют снижением инвестиционной активности. Режим доступа: <https://nprom.online/news/reeskee-nyefteyegazovoyi-otraslee/> (дата обращения: 11.09.2025).

³ Европейская экономическая комиссия Организации Объединенных Наций. Руководство по измерению человеческого капитала. Режим доступа: https://unece.org/fileadmin/DAM/stats/publications/2016/ECECESSSTAT20166_R.pdf (дата обращения: 11.09.2025).

В то же время современное определение термина «человеческий капитал», представленное Организацией экономического сотрудничества и развития (далее – ОЭСР), демонстрирует эволюцию понятия от микроэкономического к макроэкономическому уровню анализа. Согласно ОЭСР, человеческий капитал в широком смысле представляет собой совокупность знаний, навыков и иных личностных характеристик, воплощенных в человеке и способствующих его продуктивной деятельности⁴. По сравнению с трактовкой Т.У. Шульца и с представленным в словаре Penguin dictionary of economics определением акцент здесь переносится с индивидуального дохода на общественную продуктивность и экономический рост, что отражает институционально-стратегический подход к оценке человеческого потенциала. Подобное понимание особенно релевантно для нефтегазового комплекса, функционирование которого требует выстраивания взаимодействия человеческих, технологических и организационных ресурсов на всех стадиях производственного цикла.

Однако, несмотря на значимость человеческого капитала в обеспечении инновационного развития, устойчивого экономического роста и в повышении конкурентоспособности предприятий, количественная оценка его влияния на макроуровне остается одной из наиболее сложных исследовательских задач. Эта трудность неоднократно подчеркивалась как в академических публикациях, так и в аналитических отчетах ОЭСР, что свидетельствует о многофакторном и трудноизмеримом характере вклада человеческого капитала в экономическое развитие. Особое значение данная проблематика приобретает в нефтегазовом комплексе, где эффективность технологических инноваций напрямую зависит от качества и структуры человеческого капитала, который является одним из стратегических ресурсов предприятий [5]. Специфика нефтегазового комплекса, характеризующаяся высокой капиталоемкостью, разнообразием производственных рисков и технологической сложностью, формирует требования не только к наличию квалифицированных кадров, но и к постоянному обновлению их компетенций в соответствии с быстро меняющимися технологическими стандартами. В таких условиях человеческий капитал выступает не просто фактором экономического роста, а ключевым условием успешной интеграции и реализации инноваций на всех стадиях производственно-логистической цепочки, от разведки и добычи до транспортировки, переработки и использования углеводородов и их продуктов. При этом практическая реализация человеческого капитала проявляется через человеческий фактор, определяющий надежность и безопасность эксплуатации сложных технических систем. При недостаточном уровне подготовки, несоответствии компетенций или отсутствии опыта негативные проявления человеческого фактора становятся более вероятными, что в условиях технически сложного нефтегазового комплекса может приводить к ошибкам, простоям и аварийным ситуациям. Это объясняет почему оценка состояния человеческого капитала и его соответствия технологической сложности является ключевым условием обеспечения надежности производственных систем.

В нормативных документах человеческий фактор рассматривается как один из ключевых элементов надежности производственных систем. Это отражено, в частности, в государственном стандарте (далее – ГОСТ) Р МЭК 62508–2014, где подчеркивается, что поведение оператора определяется его взаимодействием с техническими и организационными элементами человеко-машинной системы, функционирование которой зависит от согласованности действий человека и оборудования. Такой подход основан на принципах эргономики, представляющей собой область знаний о взаимодействии человека и элементов производственной среды⁵. В стандарте ГОСТ Р МЭК 62508–2014 эргономика (инженерия человеческих факторов) определяется как научная область, изучающая взаимодействие людей с компонентами производственной среды и ориентированная на оптимизацию условий труда, повышение безопасности и обеспечение полного выполнения системой своих функций⁶. Значимость эргономики подтверждается деятельностью Международной ассоциации эргономики (англ. International Ergonomics Association), определяющей свою миссию как развитие науки и прикладных решений в данной области и расширение их вклада в общественное благополучие⁷. В промышленных системах такой подход ориентирован на формирование рабочих процессов, при которых нагрузка на оператора остается допустимой, а вероятность отклонения действий от предусмотренных процедур минимизируется.

⁴ Organisation for Economic Co-operation and Development. Human capital and educational policies. Режим доступа: <https://www.oecd.org/en/topics/human-capital-and-educational-policies.html> (дата обращения: 11.09.2025).

⁵ ГОСТ Р МЭК 62508-2014. Национальный стандарт Российской Федерации. Менеджмент риска. Анализ влияния на надежность человеческого фактора. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200113803> (дата обращения: 11.09.2025).

⁶ Там же.

⁷ International Energy Agency. Mission, strategies and history. Режим доступа: <https://iea.cc/about/introduction/> (дата обращения: 11.09.2025).

В экономической и инженерной практике человеческий капитал рассматривается как потенциал развития, тогда как человеческий фактор отражает практическую реализацию этого потенциала в условиях эксплуатации производственного оборудования. В нефтегазовом комплексе человеческий капитал способствует улучшению финансовых показателей и инновационному развитию компаний, а человеческий фактор является элементом надежности человеко-машинных систем, влияющим на вероятность возникновения ошибок [6; 7]. Для уточнения различий между категориями «человеческий капитал» и «человеческий фактор» в таблице представлена их сравнительная характеристика.

Таблица

**Сравнительная характеристика человеческого капитала и человеческого фактора
в нефтегазовом комплексе**

Критерий	Человеческий капитал	Человеческий фактор
Сущность	Накопленные знания, навыки, компетенции и личностные качества работников	Реальные действия и решения работника в производственной среде
Функциональная роль	Потенциал развития, обеспечивающий внедрение и эффективное использование инновационных технологий	Практическое проявление этого потенциала в условиях эксплуатации оборудования и выполнения процедур
Влияние на производство	Способствует повышению эффективности, инновационному развитию и конкурентоспособности	Определяет надежность и безопасность технологических процессов, возможность возникновения ошибок или отказов
Причины возникновения рисков/ошибок	Недостаток подготовки, несоответствие навыков технологической сложности, дефицит опыта	Отклонение действий от предусмотренных процедур, нарушение взаимодействия с оборудованием
Проявление рисков/ошибок	Снижение эффективности, замедление внедрения инноваций, недостаточная отдача от технологий	Ошибки оператора, нарушение процедур, некорректное взаимодействие с оборудованием, отказ человеческого фактора, аварийные ситуации
Значение для нефтегазового комплекса	Ключевое условие интеграции и реализации инноваций на стадиях добычи, переработки и транспортировки	Существенный элемент надежности человеко-машинных систем, влияющий на вероятность ошибок, простоев и аварий

Составлено авторами по материалам источников [7] ^{8,9}

Представленное в таблице сопоставление категорий показывает, что человеческий капитал характеризует потенциальные возможности работников, тогда как человеческий фактор отражает их фактическое поведение в реальных производственных условиях. Именно на уровне человеческого фактора возникают проявления рисков, такие как нарушение процедур, ошибки оператора, некорректное взаимодействие с оборудованием или полный отказ от выполнения требуемых действий. В нефтегазовом комплексе подобные отклонения особенно значимы, поскольку технологическая сложность процессов усиливает последствия любых ошибок и повышает вероятность аварийных ситуаций, простоев и потерь эффективности.

Тем самым становится очевидно, что качественный состав человеческого капитала предопределяет вероятность негативных проявлений человеческого фактора. Даже при высоком уровне автоматизации производственных систем риск не исчезает, а приобретает иную форму. Стратегическая роль работника смещается от прямого управления оборудованием к контролю, интерпретации данных и принятию решений в условиях функционирования сложных цифровых производственных систем. Следовательно, надежность и экономическая результативность современных производственных систем зависят не только от уровня автоматизации, но и от качества человеческого капитала [8].

Это подтверждается эмпирическими исследованиями, в том числе обзором Automated and remote operations in oil and gas где показано, что рост автоматизации не устраняет риски человеческого фактора. При отказах автоматизированных систем операторы сталкиваются с потерей ситуационной осведомлен-

⁸ Европейская экономическая комиссия Организации Объединенных Наций. Руководство по измерению человеческого капитала. Режим доступа: https://unece.org/fileadmin/DAM/stats/publications/2016/ECESSTAT20166_R.pdf (дата обращения: 11.09.2025).

⁹ ГОСТ Р МЭК 62508-2014. Национальный стандарт Российской Федерации. Менеджмент риска. Анализ влияния на надежность человеческого фактора. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200113803> (дата обращения: 11.09.2025).

ности, а ошибки персонала продолжают оказывать существенное влияние на безопасность производственных процессов. Авторы подчеркивают, что автоматизация может снижать нагрузку на работников, однако одновременно создает риск выпадения оператора из контура управления, и в случае возникновения технологических сбоев безопасность зависит от способности человека корректно интерпретировать состояние системы и принимать решения [7].

В связи с этим при исследовании надежности человеко-машинных систем используется показатель ошибки оператора, характеризующий степень расхождения фактических действий работника с предписанными процедурами¹⁰. Его значение определяется уровнем подготовки, опытом, качеством инструкций и условиями выполнения задач, а не сводится исключительно к индивидуальным характеристикам исполнителя.

Отказ человеческого фактора представляет собой ситуацию, при которой работник не выполняет действия, необходимые для безопасного и корректного функционирования системы, что может привести к технологическому сбою или аварии¹¹. Эти положения подчеркивают, что надежность производственных объектов определяется не только и не столько техническим оснащением, сколько состоянием человеческого капитала. Недостаток компетенций, дефицит практического опыта, слабая культура обмена знаниями и несоответствие навыков технологической сложности повышают вероятность ошибок и нарушений. Таким образом, человеческий капитал становится не только источником производительности, но и фактором устойчивости человеко-машинных систем.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА И ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ

Развитие технологий промышленной автоматизации приводит к формированию человеко-машинных производственных систем, в которых управление технологическими процессами осуществляется в сочетании с деятельностью операторов и инженерно-технического персонала. Даже при высоком уровне автоматизации ключевые решения остаются в зоне ответственности человека, а корректность функционирования оборудования зависит от качества настроек, правильности действий оператора и своевременной оценки рисков.

В таких условиях значение человеческого капитала не снижается, а меняет свою специфику. От специалистов требуется не только владение технологическими операциями, но и умение работать с цифровыми инструментами, понимать логику систем управления, своевременно реагировать на отклонения и обеспечивать взаимодействие оборудования и производственного персонала [9]. Эффективность автоматизации определяется надежностью технических решений и уровнем подготовки работников, их опытом, внимательностью и способностью принимать решения в условиях ограниченного времени и информационной неопределенности [10].

Практическая значимость этой зависимости отчетливо проявляется в анализе промышленных аварий на объектах с высокой степенью автоматизации. Исследователи отмечают, что в последние годы во многих странах фиксируется рост аварийности на нефтегазовых инфраструктурных объектах, что объясняется сочетанием физического износа активов, внешних природных факторов и человеческого фактора [11].

Одним из наиболее показательных примеров проявления человеческого фактора в нефтегазовом комплексе является авария на расположенной у побережья американского штата Луизиана буровой платформе Deerwater Horizon, произошедшая в 2010 г. Инцидент начался с выброса и последующего взрыва газа при проведении буровых работ на скважине «Макондо», что привело к масштабному пожару и затоплению платформы спустя 36 ч. В момент аварии на установке находились 126 чел., из которых 11 погибли и 17 получили ранения. Происшествие вызвало крупнейший в истории Соединенных Штатов Америки разлив нефти, продолжавшийся 87 дней. В этот период ежедневно в воды Мексиканского залива поступало до 40 тыс. барр. нефти¹².

Детальный анализ причин аварии был представлен в отчете, где указано, что причиной катастрофы стала сложная и взаимосвязанная цепочка механических неисправностей, человеческих ошибок, инженерных решений, эксплуатационных действий и взаимодействия между членами команды. В документе подчеркивается, что функционирование систем безопасности платформы, включая системы управления

¹⁰ ГОСТ Р МЭК 62508-2014. Национальный стандарт Российской Федерации. Менеджмент риска. Анализ влияния на надежность человеческого фактора. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200113803> (дата обращения: 11.09.2025).

¹¹ Там же.

¹² Разлив нефти в Мексиканском заливе 22 апреля 2010 года. Режим доступа: <https://ria.ru/20250422/neft-2012544974.html> (дата обращения: 11.09.2025).

скважиной, в значительной степени зависело от ручного вмешательства операторов, следовательно, надежность всей системы определялась способностью людей адекватно реагировать в условиях высокой неопределенности и повышенного психоэмоционального напряжения¹³.

Данный случай демонстрирует, что даже в условиях высокой степени автоматизации производственных процессов ключевым элементом обеспечения безопасности и эффективности остается человеческий капитал. Недостаточная подготовка операторов, несогласованность действий различных подразделений и отсутствие единого понимания процедур привели к тому, что технические сбои приобрели характер системного отказа. Человеческий фактор в этом случае проявился не в качестве изолированной ошибки отдельного исполнителя, а как следствие недостатков в развитии человеческого капитала, выраженных в дефиците необходимых компетенций и ограниченном опыте реагирования при возникновении аварийных ситуаций, а также в слабой культуре обмена знаниями и ответственности за результаты коллективных решений.

Подобная взаимосвязь между уровнем развития человеческого капитала и вероятностью проявления человеческого фактора находит подтверждение в ряде современных исследований. Недостаточный уровень квалификации и опыта работников рассматривается как один из ключевых факторов, повышающих вероятность технологических и организационных сбоев в нефтегазовом комплексе [12; 13]. Таким образом, дефицит человеческого капитала может рассматриваться как косвенная причина негативных проявлений человеческого фактора. В экономике промышленности это означает снижение эффективности использования человеческих ресурсов, когда накопленные знания и навыки не соответствуют сложности и уровню технологического развития производственной системы.

Анализ аварии, произошедшей на платформе Deepwater Horizon, является показательным примером, подтверждающим данный вывод, и свидетельствует о необходимости применения комплексного подхода к управлению человеческим капиталом в нефтегазовом комплексе. При этом следует учитывать, что в условиях цифровизации и внедрения технологий ИИ видоизменяется архитектура производственных систем, что сопровождается возрастанием значимости автоматизированных средств управления, которые используются и совершенствуются нефтегазовыми компаниями.

По данным Министерства энергетики Российской Федерации (далее – Минэнерго России), развитие цифровых технологий в российских нефтегазовых компаниях сопровождается ускоренным внедрением ИИ. По состоянию на 2025 г. в топливно-энергетическом комплексе в стадии реализации находилось более 300 проектов с применением ИИ, из которых около двух третей осуществлялись в нефтегазовом комплексе. Преобладающая часть этих решений связана с автоматизацией финансово-хозяйственных процессов, в частности посредством создания нейросетевых агентов для анализа данных и управления операционной деятельностью¹⁴.

Специалисты тюменского научного центра публичного акционерного общества (далее – ПАО) «Нефтяная компания «Роснефть» внедрили в операционные процессы программное решение на базе больших языковых моделей, что позволило автоматизировать поиск, анализ и структурирование неформализованных данных. Как отмечается в источнике, виртуальный ассистент сокращает трудозатраты на обработку информации на 70–80 % и повышает скорость аналитических операций в 5–10 раз, обеспечивая высокую точность и снижение риска ошибок. Кроме того, в компании отмечают, что использование ИИ способствует принятию оптимальных решений, а развитие технологического потенциала является одним из ключевых элементов корпоративной стратегии «Роснефть-2030»¹⁵.

При этом, согласно заявлению представителя Минэнерго РФ, динамика распространения ИИ свидетельствует о росте технологической зрелости нефтегазового комплекса. Если в 2022 г. технологию использовали лишь 26 % компаний, то по итогам 2024 г. их количество увеличилось до 58 %, а к 2027 г. ожидается вовлечение порядка 70 % предприятий¹⁶.

¹³ Securities and Exchange Commission. Deepwater Horizon accident investigation report. Режим доступа: <https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/313807/000119312510216268/dex993.htm> (дата обращения: 11.09.2025).

¹⁴ Минэнерго: энергокомпании РФ реализуют более 300 проектов с использованием ИИ. Режим доступа: <https://tass.ru/ekonomika/24026925> (дата обращения: 11.09.2025).

¹⁵ Роснефть. «Роснефть» внедряет новые технологии с использованием искусственного интеллекта. Режим доступа: <https://www.rosneft.ru/press/news/item/222604/> (дата обращения: 11.09.2025).

¹⁶ Securities and Exchange Commission. Deepwater Horizon accident investigation report. Режим доступа: <https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/313807/000119312510216268/dex993.htm> (дата обращения: 11.09.2025).

Это подтверждает, что технологии ИИ становятся устойчивым элементом управленческих и производственных процессов в российском нефтегазовом комплексе, усиливая зависимость эффективности таких решений от качества человеческого капитала. По мере усложнения цифровой инфраструктуры расширяется и функциональный потенциал применяемых систем. Современные интеллектуальные системы способны выполнять функции мониторинга, прогнозирования и анализа производственных процессов, а также оказывать содействие в управлении рисками, однако их надежность по-прежнему зависит от уровня компетенций персонала, в частности от способности специалистов корректно интерпретировать получаемые результаты и принимать решения в гибридных человеко-машинных средах. Следовательно, технологическое развитие не устраняет, а, напротив, усиливает значимость человеческого капитала, поскольку именно качество человеческих ресурсов определяет успешность интеграции ИИ и других цифровых решений в производственные процессы.

Развитие профессиональных компетенций, формирование культуры безопасности и внедрение человеко-ориентированных цифровых систем становятся ключевыми условиями устойчивости и конкурентоспособности нефтегазовых компаний. Инвестиции в человеческий капитал выступают не только фактором повышения эффективности, но и механизмом минимизации рисков человеческого фактора в эпоху технологических преобразований. При этом их результативность зависит от кадровой структуры, так как демографические и квалификационные ограничения способны усиливать уязвимости человеко-машинных систем. Наряду с ростом среднего возраста работников нефтегазового комплекса до 43 лет и сокращением доли молодых специалистов до 22 % наблюдается структурный дефицит работников, обладающих компетенциями в области ИИ¹⁷. По оценке экспертов Национального нефтегазового форума, к 2030 г. дефицит кадров, способных работать с инструментами на базе ИИ в промышленности, может составить 2–3 млн чел., что отражает растущий разрыв между технологической сложностью отрасли и возможностями кадрового обеспечения¹⁸.

В этих условиях одним из основных ограничений цифровой трансформации становится не только доступность технологий, но и готовность персонала к работе с ними. Именно уровень человеческого капитала определяет, может ли интеллектуальная система быть интегрирована в производственные процессы без потери управляемости, безопасности и контроля над рисками. Эта зависимость отчетливо проявляется в практике российских нефтегазовых компаний.

В обществе с ограниченной ответственностью «СИБУР Диджитал», цифровом подразделении нефтехимической корпорации ПАО «СИБУР Холдинг», отмечают, что на текущем этапе технологического развития генеративный ИИ пока не может быть внедрен во все звенья производственной и управленческой деятельности, а основной вектор применения таких систем сосредоточен на повышении индивидуальной и процессной эффективности. На практике ИИ используется преимущественно в формате интеллектуальных советчиков, представляющих собой системы, поддерживающие принятие решений, автоматизирующие поиск аналогов и оптимизирующие рутинные операции. В ряде случаев функции контроля и анализа отклонений берут на себя агентные решения, тем самым способствуя снижению доли ручных проверок и совершенствованию организационной структуры компании. При этом в некоторых критически важных производственных областях компании ПАО «СИБУР Холдинг», где цена ошибки недопустимо высока, использование генеративных моделей пока приостановлено. Такие направления находятся в стадии наблюдения и технологического совершенствования. Тем не менее в компании сохраняются позитивные ожидания относительно дальнейшего развития ИИ. Согласно оценкам компании, уже в ближайшие годы уровень зрелости генеративного ИИ позволит перейти к более глубокому внедрению интеллектуальных агентов, способных автономно взаимодействовать друг с другом и обеспечивать устойчивость бизнес-процессов нового поколения, то есть формировать саморегулирующиеся системы, минимизирующие риски человеческого фактора, повышающие предсказуемость производственных циклов и устойчивость корпоративной экосистемы к изменениям, происходящим во внешней среде¹⁹.

¹⁷ Нефтегазовая промышленность. Кризис в нефтегазовой отрасли эксперты объясняют снижением инвестиционной активности. Режим доступа: <https://nprom.online/news/reeskee-nyeftegazovoyi-otraslee/> (дата обращения: 11.09.2025).

¹⁸ Сизова Н., Устинова А. Дефицит промышленных кадров со знанием ИИ достигнет 3 млн человек к 2030 году. Режим доступа: <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2025/04/24/1106356-defisit-promishlennih-kadrov-so-znaniem-ii> (дата обращения: 11.09.2025).

¹⁹ Нефтегазовая промышленность. Искусственный интеллект в нефтегазе: возможности и риски. Режим доступа: <https://nprom.online/technology/iskusstvennyj-intellekt-v-neftegaze-vozmozhnosti-i-riski/> (дата обращения: 11.09.2025).

В ПАО «Сургутнефтегаз» возможность внедрения генеративного ИИ в реальные производственные процессы рассматривают с осторожностью, отмечая, что использование больших языковых моделей находится в опытной фазе. Однако при этом в компании постепенно внедряют «умных» ассистентов, облегчающих процесс обработки информации, подготовки текстов и идентификации приоритетных данных, что отражается на качестве принимаемых решений²⁰.

Однако даже при положительных эффектах автоматизации подобные инструменты не устраняют рисков, связанных с человеческим участием в управлении цифровыми системами. Переход к более масштабному использованию ИИ, в частности к разработке и внедрению гибридных систем ИИ, а также к созданию так называемого общего ИИ (англ. artificial general intelligence), то есть ИИ с когнитивными функциями человеческого уровня, включая способность к самообучению, сопровождается новыми типами рисков²¹. Помимо технических факторов, значительное влияние на надежность технологии оказывает человеческий фактор²². На этапе разработки специалисты формируют обучающие выборки и архитектуру моделей, при внедрении определяют условия их эксплуатации, а конечные пользователи формируют запросы и принимают решения на основании результатов.

Ошибки, допущенные на любом из этих этапов, приводят к искажению выводов цифровых систем. Даже при высокой точности алгоритмов некорректная постановка задачи или неправильная интерпретация полученного ответа может снижать пользу ИИ или создавать дополнительные операционные риски. Еще один риск связан с теневыми информационными технологиями (далее – ИТ). Теневые ИТ подразумевают использование внешних или непроверенных ИИ-сервисов сотрудниками компаний вне корпоративного контура без одобрения со стороны ответственного за ИТ подразделения компании, что увеличивает вероятность утечки данных и принятия решений на основе недостоверной информации²³. Это также показывает, что внедрение ИИ не устраняет роль человека, а делает ее более ответственной. Таким образом, эффективность использования технологии определяется не только алгоритмами, но и компетенциями специалистов, отвечающих за разработку, корректную эксплуатацию, контроль качества данных и интерпретацию результатов с учетом производственной специфики.

РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА КАК ИСТОЧНИК КОНКУРЕНТНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ НЕФТЕГАЗОВЫХ КОМПАНИЙ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

В современной промышленной экономике человеческий капитал рассматривается как стратегический ресурс, определяющий способность компании формировать и поддерживать конкурентные преимущества. В своей работе «Конкурентное преимущество» М.Э. Портер подчеркивал, что эффективность деятельности предприятия зависит не только от материальных и технологических факторов, но и от качества компетенций персонала, поскольку обучение позволяет повышать производительность и со временем снижать связанные с этим издержки [14]. Аналогичная логика прослеживается в ресурсной теории фирмы Дж. Барни, согласно которой наиболее значимые конкурентные преимущества возникают из уникальных ресурсов, с трудом поддающихся копированию, таких как знания, квалификация и управленческие способности сотрудников [15]. Следовательно, человеческий капитал и человеческий фактор выступают не пассивным элементом цифровой трансформации, а совместным и взаимодополняющим драйвером создаваемых в ее процессе экономических эффектов. При этом человеческий капитал отражает уровень знаний, навыков и квалификации персонала, тогда как человеческий фактор проявляется через поведенческие установки, способность к принятию решений и адаптацию организационных практик.

Оценить проявление этих положений в современной отраслевой практике позволяет представленное Тюменским нефтегазовым форумом (далее – TNF) в 2025 г. исследование, проведенное совместно с центром «Платформа» при экспертной поддержке ПАО «Сбербанк», о применении ИИ в нефтегазовом

²⁰ Сизова Н., Устинова А. Дефицит промышленных кадров со знанием ИИ достигнет 3 млн человек к 2030 году. Режим доступа: <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2025/04/24/1106356-defitsit-promishlennih-kadrov-so-znaniem-ii> (дата обращения: 11.09.2025).

²¹ Халезов А. Что такое AGI: общий искусственный интеллект уровня человека. Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/67ac8b169a794749fcde6bbc> (дата обращения: 11.09.2025).

²² Кефт. Вызовы и возможности использования ИИ в практике цифровой трансформации нефтегазовых компаний. Режим доступа: <https://assets.keft.ru/upload/pdf/2025/10/ru-ai-in-oil-and-gas-companies.pdf> (дата обращения: 11.09.2025).

²³ Халезов А. Что такое AGI: общий искусственный интеллект уровня человека. Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/67ac8b169a794749fcde6bbc> (дата обращения: 11.09.2025).

комплексе^{24,25}. Эмпирическая база исследования включает количественные и качественные данные. Количественные оценки были получены на основе опроса 200 респондентов, являющихся сотрудниками цифровых компаний, специалистов в области ИТ/ИИ и представителей нефтегазового комплекса, участников отраслевого форума TNF-2024. Для углубленного анализа практик внедрения и использования технологий ИИ были проведены 36 экспертных интервью с представителями нефтегазовой промышленности, смежных индустрий и цифровых компаний, а также с экспертами в сфере ИИ. Дополнительно был осуществлен анализ открытых источников, включающий изучение российских и зарубежных кейсов применения технологий ИИ в корпоративных процессах нефтегазовых и промышленных компаний.

Согласно исследованию TNF, использование этих технологий в промышленности и нефтегазовом комплексе переходит от локальных пилотных решений к комплексной трансформации производственных и управленческих процессов. При этом ИИ внедряется на всех стадиях цепочки создания ценности нефтегазового комплекса, таких как офисные и административные функции, добыча (англ. upstream), транспортировка и логистика (англ. midstream), переработка и розничный сегмент (англ. downstream). На практике это выражается в применении ИИ для автоматизации документооборота и аналитики, сейсмоинтерпретации, оптимизации бурения, предиктивного мониторинга оборудования, управления логистикой, контроля качества и персонализации сервиса на автозаправочных станциях. В совокупности такие решения обеспечивают снижение затрат, управление технологическими рисками, сокращение простоев и рост операционной эффективности. По оценке Pricedence Research, объем мирового рынка ИИ в нефтегазовой промышленности вырастет с 7,64 млрд долл. США в 2025 г. до 25,24 млрд долл. США к 2034 г., а, согласно данным Минэнерго России, в период с 2025 г. по 2040 г. накопленный эффект от применения ИИ для нефтегазовой промышленности может составить 5,4 трлн руб., что подтверждает устойчивый спрос на соответствующие технологические решения²⁶. Более того, в условиях высокой конкуренции и технологической сложности бизнес-процессов нефтегазового комплекса ИИ становится конкурентным преимуществом, позволяющим компаниям быстрее реагировать на изменения, управлять рисками и повышать производственную результативность.

Однако в исследовании отражено, что ключевые барьеры внедрения технологий ИИ в нефтегазовом комплексе связаны не только с технологическими ограничениями, но и с человеческим капиталом, а именно с дефицитом специалистов, совмещающих компетенции в области ИИ с прикладной экспертизой в производственных процессах нефтегазового комплекса. Среди наиболее существенных препятствий 47 % респондентов отметили недостаток квалифицированных сотрудников, а 39 % – консервативное отношение руководства к ИИ. Существенную роль играет недоверие к результатам, получаемым с помощью данной технологии и скепсис относительно безопасности данных. Проблема усугубляется высокой зависимостью компаний от узкого круга экспертов, низкой кадровой мобильностью и недостаточной цифровой культурой на уровне подразделений. Поскольку цифровые проекты требуют кросс-функциональных команд, состоящих из ИТ-специалистов, инженеров, архитекторов, экспертов по информационной безопасности и производственным процессам, простое увеличение численности персонала не способно решить данную проблему. В качестве решений рассматриваются развитие корпоративных образовательных программ и внутренних центров экспертизы, университетское партнерство посредством создания образовательных программ в ИТ-кластерах, формирование компетенций через практическое участие в пилотных проектах²⁷.

Логика таких мер соответствует выводам работы М.Э. Портера «Конкурентное преимущество» о том, что обучение способно повышать эффективность деятельности и со временем сокращать связанные с ней издержки²⁸. Это означает, что развитие компетенций не только содействует устранению кадровых ограничений, но и формирует устойчивый экономический эффект, закрепляя конкурентные преимущества компании. Данная потребность подтверждается указом Президента России от 7 мая 2024 г.

²⁴ Стулов М. TNF представил результаты исследования о генеративном ИИ в нефтегазе. Режим доступа: https://www.vedomosti.ru/industry/infrastructure_development/news/2025/09/17/1139884-generativnom-neftegaze (дата обращения: 11.09.2025).

²⁵ Промышленно-энергетический форум TNF. Смена бизнес-парадигмы или еще одна технология? Искусственный интеллект в нефтегазовой отрасли. Режим доступа: https://oilgasforum.ru/mail/TNF2025_web.pdf?ysclid=mhqcrw60pu731164636 (дата обращения: 11.09.2025).

²⁶ Стулов М. TNF представил результаты исследования о генеративном ИИ в нефтегазе. Режим доступа: https://www.vedomosti.ru/industry/infrastructure_development/news/2025/09/17/1139884-generativnom-neftegaze (дата обращения: 11.09.2025).

²⁷ Там же.

²⁸ Керт. Вызовы и возможности использования ИИ в практике цифровой трансформации нефтегазовых компаний. Режим доступа: <https://assets.kept.ru/upload/pdf/2025/10/ru-ai-in-oil-and-gas-companies.pdf> (дата обращения: 11.09.2025).

№ 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года», где говорится, что одной из ключевых задач является создание к 2030 г. эффективной системы подготовки, профессиональной переподготовки и повышения квалификации кадров для приоритетных отраслей экономики, исходя из прогнозируемого спроса на трудовые ресурсы²⁹. Для компаний нефтегазового комплекса и смежных отраслей это формирует объективную необходимость в развитии новых компетенций у инженерно-технического персонала, операторов, аналитиков и управленцев в условиях внедрения технологий ИИ и других сквозных цифровых технологий, таких как современные технологии связи, кибербезопасность и технологии распределенных реестров (блокчейн), новое индустриальное программное обеспечение, облачные вычисления и др.³⁰.

Показательным примером практической реализации таких мер является совместная образовательная программа базового высшего образования Университета ИТМО и «Газпром нефти», запущенная в 2025 г. и являющаяся частью национального проекта «Экономика данных и цифровая трансформация государства». Образовательная программа осуществляется в рамках федерального топ-гранта и направлена на подготовку специалистов для промышленности и нефтегазового сектора, при этом «Газпром нефть» обеспечивает финансирование и участие экспертов, что интегрирует академическую подготовку с реальными потребностями индустрии. Для студентов предусмотрены стажировки в «Газпром нефти» и корпоративные стипендии, а учебный процесс совмещает обучение ИИ-технологиям с практикой в промышленных кейсах. В соответствии с национальным проектом «Экономика данных и цифровая трансформация государства» до 2030 г. в российских университетах планируется подготовить более 10 тыс. специалистов в сфере ИИ^{31,32}. Таким образом, развитие человеческого капитала через повышение квалификации и переподготовку кадров признается одним из приоритетных факторов обеспечения технологического суверенитета и формирования устойчивых конкурентных преимуществ нефтегазовых компаний.

В связи с этим представляется возможным предложить ряд практико-ориентированных рекомендаций для предприятий российского нефтегазового комплекса, направленных на повышение эффективности цифровой трансформации и формирование устойчивых конкурентных преимуществ. Комплекс принимаемых мер может включать:

- развитие управленческих компетенций и цифровой культуры, предполагающее обучение руководящего состава, внедрение практик управления на основе анализа данных и повышение прозрачности механизмов принятия решений;
- расширение сотрудничества с университетами и научно-образовательными центрами, в частности создание совместных программ базового высшего образования, специализированного высшего образования (специалитет/магистратура), отраслевых кафедр, лабораторий и стажировок для подготовки специалистов в области промышленных ИИ-решений;
- развитие корпоративных образовательных программ и внутренних центров компетенций, включающих системы повышения квалификации, наставничества и подготовку специалистов на стыке ИИ и отраслевой специфики;
- формирование кросс-функциональных команд, объединяющих ИТ-специалистов, инженеров, технологов, аналитиков и экспертов в области информационной безопасности;
- использование пилотных проектов как инструмента формирования компетенций и накопления практического опыта.

Применение сформированных рекомендаций может способствовать повышению эффективности цифровой трансформации нефтегазового комплекса, поскольку системное развитие человеческого капитала обеспечивает организационную готовность к внедрению цифровых технологий и раскрытию их экономического потенциала. При этом предполагается, что развитие управленческих компетенций, корпоративное обучение, сотрудничество с университетами, формирование кросс-функциональных

²⁹ Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года». Режим доступа: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&link_id=0&nd=606911096&intelsearch=&firstDос=1 (дата обращения: 11.09.2025).

³⁰ Гохберг А.М. Искусственный интеллект в России: технологии и рынки. Режим доступа: <https://id.hse.ru/books/952655467.html> (дата обращения: 11.09.2025).

³¹ «Газпром нефть». «Газпром нефть» и ИТМО займутся развитием ИИ-образования в рамках нацпроекта. Режим доступа: <https://career.gazprom-neft.ru/about/events/gazprom-neft-i-itmo-zaymutsya-razvitiem-ii-obrazovaniya-v-ramkakh-natsproekta/> (дата обращения: 11.09.2025).

³² ИТМО и «Газпром нефть» займутся развитием ИИ-образования в рамках нацпроекта. Режим доступа: <https://news.itmo.ru/ru/education/cooperation/news/14405/> (дата обращения: 11.09.2025).

команд и использование пилотных проектов могут снизить кадровые и организационные риски внедрения ИИ, а также повысить адаптивность персонала к новым технологическим решениям. В рамках рассматриваемого подхода развитие человеческого капитала, дополненное управлением человеческим фактором, а именно мотивацией, готовностью к изменениям и доверием к цифровым технологиям, выступает связующим звеном между внедрением цифровых решений и достижением экономических результатов, таких как сокращение издержек, рост производительности и укрепление конкурентных позиций нефтегазовых компаний.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях цифровой трансформации в нефтегазовом комплексе происходит качественное изменение роли человеческого капитала. Технологические решения с использованием ИИ повышают скорость обработки данных, позволяют предсказывать аварийные ситуации и оптимизировать производственные процессы. Однако ключевой вывод заключается в том, что результативность внедрения технологий ИИ зависит не только от их потенциала, но и от уровня компетенций персонала, организационной культуры и качества управленческих практик. Человеческий капитал становится связующим звеном между технологиями и экономическими результатами, так как именно сотрудники обеспечивают настройку систем, контроль корректности данных, принятие решений в условиях неопределенности и адаптацию цифровых инструментов к специфике нефтегазового комплекса.

Индустриальный опыт показывает, что технологическое развитие усиливает, а не снижает значимость человеческого фактора. Недостаток квалифицированных специалистов, несоответствие компетенций технологической сложности, ограниченная кадровая мобильность и низкий уровень цифровой культуры приводят к ошибкам в процессе эксплуатации, недоверию к результатам ИИ, снижению эффективности и росту операционных рисков. Напротив, компании, инвестирующие в подготовку кадров, корпоративные центры экспертизы, партнерство с университетами, программы переподготовки и внедрение человеко-ориентированных цифровых решений, способны получать экономические выгоды, такие как сокращение издержек, повышение производительности, устойчивость к сбоям и рост скорости принятия управленческих решений.

Устойчивые конкурентные преимущества нефтегазовых компаний формируются не столько за счет внедрения технологий, сколько посредством развития компетенций персонала и организационных практик, обеспечивающих их эффективное использование. Перспективы дальнейших исследований связаны с количественной оценкой вклада человеческого капитала в экономические результаты внедрения ИИ, разработкой методик измерения знаний, умений и навыков в рамках необходимых компетенций и с моделированием влияния человеческого фактора на надежность человеко-машинных систем. Это позволит сформировать более точные инструменты управления цифровой трансформацией и укрепления конкурентных позиций компаний.

Список литературы

1. *Афанасьев В.Я., Большакова О.П., Романцов А.А.* Трансформация топливно-энергетического комплекса для обеспечения энергетической безопасности России в эпоху санкционных ограничений. Вестник университета. 2023;9:93–102. <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2023-9-93-102>
2. *Nwankwo Ch.D., Arewa A.O., Theophilus S.C., Ezenovo V.N.* Analysis of accidents caused by human factors in the oil and gas industry using the HFACS-OGI framework. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics. 2022;3(28):1642–1654. <https://doi.org/10.1080/10803548.2021.1916238>
3. *Schultz Th.W.* Investment in human capital. American Economic Review. 1961;1(51).
4. *Graham B.* The Penguin dictionary of economics. 2nd ed. Harmondsworth: Penguin Books; 1984.
5. *Мичурин О.Ю., Дубинина Н.А., Карлина Е.П.* Адаптация методики оценки человеческого капитала для предприятий нефтегазовой отрасли. Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. 2023;4:44–57. <https://doi.org/10.24143/2073-5537-2023-4-44-57>
6. *Еремича И.Ю., Бабаева Л.И.* Человеческий капитал как основной ресурс конкурентоспособности нефтегазовых компаний в условиях цифровизации и санкционного давления. Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2023;8(224):45–49. [https://doi.org/10.33285/1999-6942-2023-8\(224\)-45-49](https://doi.org/10.33285/1999-6942-2023-8(224)-45-49)

7. *Johnsen S.O., Winge S.* Human factors and safety in automated and remote operations in oil and gas: a review. In: 33rd European safety and reliability conference (ESREL 2023): Proceedings, Southampton, 3–8 September 2023. Singapore: Research Publishing; 2023. Pp. 2288–2295. https://doi.org/10.3850/978-981-18-8071-1_P271-cd
8. *Пескова М.Е., Бурыев Д.С.* Направления совершенствования управления инновациями на предприятиях нефтегазовой отрасли. Экономика. Информатика. 2024;3(51):610–620. <https://doi.org/10.52575/2687-0932-2024-51-3-610-620>
9. *Чеботарев Н.Ф.* Развитие человеческого капитала нефтегазовой компании как базисное условие эффективности применения информационных цифровых технологий и систем. Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2020;3(183):60–64. [https://doi.org/10.33285/1999-6942-2020-3\(183\)-60-64](https://doi.org/10.33285/1999-6942-2020-3(183)-60-64)
10. *Афанасьев В.Я., Грабчак Е.П., Коротыный М.А., Мищербяков С.В., Черезов А.В.* Человеческий капитал для цифровой модернизации экономики. Управление. 2019;2(7):104–115. <https://doi.org/10.26425/2309-3633-2019-2-104-115>
11. *Nevskaya M.A., Belyaev V.V., Aleshichev S.E., Vinogradova V.V., Shagidulina D.I.* Data systematization and preliminary analysis of accidental oil and petroleum product spills in the Russian Arctic and Far North. Resources. 2025;14(9):147–167. <https://doi.org/10.3390/resources14090147>
12. *Theophilus S.C., Esenowo V.N., Arena A.O., Ifelebuegu A.O., Nnadi E.O., Mbanaso F.U.* Human factors analysis and classification system for the oil and gas industry (HFACS-OGI). Reliability Engineering & System Safety. 2017;167:168–176. <https://doi.org/10.1016/j.res.2017.05.036>
13. *Nwankwo Ch.D., Arena A.O., Theophilus S.C., Esenowo V.N.* Analysis of accidents caused by human factors in the oil and gas industry using the HFACS-OGI framework. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics. 2022;3(28):1642–1654. <https://doi.org/10.1080/10803548.2021.1916238>
14. *Porter M.E.* Competitive advantage. Creating and sustaining superior performance. New York: Free Press; 1998. 592 p.
15. *Barney J.* Firm resources and sustained competitive advantage. Journal of Management, 1991;1(17):99–120. <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>

References

1. *Afanasyev V.Ya., Bolshakova O.I., Romantsov A.A.* Transformation of the fuel and energy complex to ensure Russia's energy security in the era of sanctions restrictions. Vestnik universiteta. 2023;9:93–102. (In Russian). <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2023-9-93-102>
2. *Nwankwo Ch.D., Arena A.O., Theophilus S.C., Esenowo V.N.* Analysis of accidents caused by human factors in the oil and gas industry using the HFACS-OGI framework. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics. 2022;3(28):1642–1654. <https://doi.org/10.1080/10803548.2021.1916238>
3. *Schultz Th.W.* Investment in human capital. American Economic Review. 1961;1(51).
4. *Graham B.* The Penguin dictionary of economics. 2nd ed. Harmondsworth: Penguin Books; 1984.
5. *Michurina O.Yu., Dubinina N.A., Karlina E.P.* The human capital assessment methodology adaptation for oil and gas industry enterprises. Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Economics. 2023;4:44–57. (In Russian). <https://doi.org/10.24143/2073-5537-2023-4-44-57>
6. *Eremina I.Yu., Babayeva L.I.* Human capital as the main resource of competitive ability of oil and gas companies under conditions of digitalization and sanctions pressure. Problems of economics and management of the oil and gas complex. 2023;8(224):45–49. (In Russian). [https://doi.org/10.33285/1999-6942-2023-8\(224\)-45-49](https://doi.org/10.33285/1999-6942-2023-8(224)-45-49)
7. *Johnsen S.O., Winge S.* Human factors and safety in automated and remote operations in oil and gas: a review. In: 33rd European safety and reliability conference (ESREL 2023): Proceedings, Southampton, 3–8 September 2023. Singapore: Research Publishing; 2023. Pp. 2288–2295. https://doi.org/10.3850/978-981-18-8071-1_P271-cd
8. *Пескова М.Е., Бурыев Д.С.* Направления совершенствования управления инновациями на предприятиях нефтегазовой отрасли. Экономика. Информатика. 2024;3(51):610–620. <https://doi.org/10.52575/2687-0932-2024-51-3-610-620>
9. *Чеботарев Н.Ф.* Развитие человеческого капитала нефтегазовой компании как базисное условие эффективности применения информационных цифровых технологий и систем. Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2020;3(183):60–64. [https://doi.org/10.33285/1999-6942-2020-3\(183\)-60-64](https://doi.org/10.33285/1999-6942-2020-3(183)-60-64)
10. *Afanasyev V.Yu., Grabchak E.P., Korytny M.A., Mishcheryakov S.V., Cherezov A.V.* Human capital for digital economy modernization. Management. 2019;2(7):104–115. (In Russian). <https://doi.org/10.26425/2309-3633-2019-2-104-115>
11. *Nevskaya M.A., Belyaev V.V., Aleshichev S.E., Vinogradova V.V., Shagidulina D.I.* Data systematization and preliminary analysis of accidental oil and petroleum product spills in the Russian Arctic and Far North. Resources. 2025;14(9):147–167. <https://doi.org/10.3390/resources14090147>

12. *Theophilus S.C., Ezenowo V.N., Arewa A.O., Ifelebuegu A.O., Nnadi E.O., Mbanaso F.U.* Human factors analysis and classification system for the oil and gas industry (HFACS-OGI). *Reliability Engineering & System Safety*. 2017;167:168–176. <https://doi.org/10.1016/j.res.2017.05.036>
13. *Nwankwo Ch.D., Arewa A.O., Theophilus S.C., Ezenowo V.N.* Analysis of accidents caused by human factors in the oil and gas industry using the HFACS-OGI framework. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. 2022;3(28):1642–1654. <https://doi.org/10.1080/10803548.2021.1916238>
14. *Porter M.E.* Competitive advantage. Creating and sustaining superior performance. New York: Free Press; 1998. 592 p.
15. *Barney J.* Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 1991;1(17):99–120. <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>