

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 338.45:622.276

Технологические приоритеты нефтегазовой отрасли в контексте реализации задач Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2050 года*О.В. Жданев**Центр компетенций технологического развития ТЭК при Минэнерго России
Казанский (Приволжский) федеральный университет**ПИИИШ, Альметьевский государственный технологический университет «Высшая школа нефти»*

Статья посвящена анализу текущего состояния и приоритетных направлений научно-технологического развития нефтегазового комплекса России в условиях геополитических ограничений и курса на технологический суверенитет. Рассматриваются ключевые вызовы отрасли: высокая степень выработанности действующих месторождений, нарастающая доля трудноизвлекаемых запасов (ТРИЗ), превышающая 65 % от общего объема, а также критическая зависимость от импортного оборудования, программного обеспечения и технологий, достигающая 70-95 % в отдельных сегментах. На основе результатов научно-технических аналитических работ формулируются семь приоритетных направлений развития нефтегазового сектора до 2050 года. В их числе: техника и технологии для строительства скважин и интенсификации добычи, метрология геофизических исследований, специализированное программное обеспечение для моделирования месторождений, системы мониторинга, а также технологии освоения ТРИЗ с применением термохимических и химических методов увеличения нефтеотдачи. Особое внимание уделяется межотраслевым сквозным технологиям: подшипниковой и химической промышленности, редкоземельным металлам, электронной компонентной базе и точному машиностроению. Обосновывается необходимость активизации геологоразведочных работ на арктическом и дальневосточном шельфе для обеспечения добычи после 2035 года. Показано, что достижение целевых показателей добычи углеводородов – свыше 500 млн т нефти и более 850 млрд м³ газа – возможно лишь при системном взаимодействии государства, бизнеса и науки в рамках единой политики импортозамещения и технологического суверенитета.

Ключевые слова: нефтегазовый комплекс, ТРИЗ, технологический суверенитет, нефтесервис, импортозамещение, геологоразведка, арктический шельф, цифровые технологии, КИИ.

Для цитирования: Жданев О.В. (2026). Технологические приоритеты отрасли в контексте реализации задач Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2050 года. Трудноизвлекаемые запасы, 1(1), с. 13-21.

Technological priorities of the oil and gas industry in the context of the implementation of the tasks of the Energy Strategy of the Russian Federation for the period up to 2050*O.V. Zhdaneev**Technological Development of the Fuel and Energy Complex under the Ministry of Energy of Russia
Kazan (Volga) Federal University**ГАОУ ВО «Альметьевский государственный технологический университет «Высшая школа нефти»*

The article is devoted to the analysis of the current state and priority areas of scientific and technological development of the oil and gas complex of Russia in the context of geopolitical restrictions and a course towards technological sovereignty. The key challenges of the industry are considered: a high degree of depletion of existing fields, an increasing share of hard-to-recover reserves (HtRR), exceeding 65 % of the total, as well as critical dependence on imported equipment, software and technologies, reaching 70-95 % in individual segments. Based on the results of scientific and technical analytical work, seven priority areas for the development of the oil and gas sector until 2050 are formulated. Among them: equipment and technologies for well construction and production intensification, metrology of geophysical studies, specialized software for field modeling, monitoring systems, as well as technologies for the development of HtRR using thermochemical and chemical methods of increasing oil recovery. Particular attention is paid to intersectoral end-to-end technologies: bearing and chemical industries, rare earth metals, electronic component base and precision engineering. The need to intensify geological exploration on the Arctic and Far Eastern shelf to ensure production after 2035 is justified. It is shown that the achievement of hydrocarbon production targets – over 500 million tons of oil and more than 850 billion m³ of gas – is possible only with systematic interaction of the state, business and science within the framework of a unified policy of import substitution and technological sovereignty.

Keywords: oil and gas complex, HtRR, technological sovereignty, oilfield service, import substitution, geological exploration, arctic shelf, digital technologies, oil recovery factor.

Recommended citation: Zhdaneev O.V. (2026). Technological priorities of the oil and gas industry in the context of the implementation of the tasks of the Energy Strategy of the Russian Federation for the period up to 2050. Hard-to-Recover Reserves, 1(1), pp. 13-21

Российский топливно-энергетический комплекс (ТЭК), включающий в себя нефтегазовую отрасль, угольную промышленность и электроэнергетику, в настоящее время полностью закрывает внутренние потребности экономики России в нефти, газовом конденсате, газе, угле, электроэнергии и

большом количестве сопутствующих продуктов десятков производственных переделов. В то же время текущий уровень технологического суверенитета в ТЭК России в перспективе от трех лет недостаточен для обеспечения независимости в целом всей промышленности страны и зависит от объединения

коммерческой, социальной и научной работы компаний-недропользователей, государственных и частных инжиниринговых и производственных компаний, эффективной деятельности органов законодательной и исполнительной власти.

Традиционный ТЭК является и будет в обозримом будущем базовым гарантом устойчивости российской экономики, источником энергетических ресурсов и основным заказчиком для других отраслей российской промышленности.

Сохранение показателей добычи углеводородов на текущем уровне вместе с постепенным наращиванием доли возобновляемых источников энергии в энергобалансе страны создает условия для социально-экономического развития всей экономики России.

Россия – одновременно крупный производитель, потребитель и экспортер всех видов углеродных энергоресурсов и электроэнергии. В российской экономике отрасли ТЭК являются основным заказчиком оборудования, материалов и программного обеспечения для многих отраслей промышленности.

За последние 8 лет значительно изменилась мировая научно-промышленная конъюнктура по отношению к топливно-энергетическому комплексу Российской Федерации, прежде всего ввиду геополитических ограничений, сдерживающих импорт в Российскую Федерацию высокотехнологичной продукции, технологий и специализированного программного обеспечения. Введен запрет на поставки оборудования для топливно-энергетического комплекса из 48 недружественных стран, ограничена работа на международном рынке углеводородов российских энергетических компаний, введен ряд финансовых ограничений.

В этих условиях обеспечение технологического суверенитета в отраслях ТЭК Российской Федерации, являющихся фундаментом экономики страны, становится необходимым условием его развития.

Удержать добычу нефти на «полке» свыше 500 млн т возможно только при определенном уровне развития техники и технологий и широком масштабе геологоразведки (Жданев, Фролов, 2023). Существенная часть нефтегазовых месторождений в России вступила в стадию снижения добычи. Уровень их выработанности достигает в отдельных случаях 55 %. Добыча нефти на новых участках с традиционными коллекторами с трудом перекрывает данное падение. Это вынуждает операторов постепенно вовлекать в добычу трудноизвлекаемую нефть и осваивать арктический шельф. Такие проекты отличаются высокой капиталоемкостью и применением импортных техники и технологий. Так, например, в Западной Сибири на действующих месторождениях безубыточная цена добычи нахо-

дится в районе 10 долл. США за баррель, а на арктическом шельфе – на уровне 80 долл. США за баррель.

С 1960-х годов доля ТРИЗ нефти в структуре месторождений растет. На данный момент она превышает 65 % от общего объема. В ближайшие 5-10 лет для поддержания добычи компании будут вынуждены осваивать запасы, требующие высокотехнологичного капиталоемкого оборудования. Создание техники и технологий для эффективной разработки ТРИЗ является приоритетом на ближайшие годы, так как размер запасов, условия залегания и наличие инфраструктуры способствуют их коммерциализации.

За последние три года проведен ряд детальных научно-технических аналитических работ по определению приоритетов технологического развития каждого из секторов разработки месторождений: геологоразведки, наземного и скважинного оборудования для строительства скважин, оборудования и технологий для освоения скважин, нефтепромышленного оборудования, технологий разработки ТРИЗ, оборудования для освоения шельфовых месторождений Арктики и Дальнего Востока.

Так, в нефтегазовой отрасли России, в секторе upstream, по результатам работы мы выделили семь направлений развития до 2050 г. в порядке приоритета и эффективности для инновационного технологического становления отрасли в целом.

Первыми двумя приоритетными направлениями являются техника и технологии, материалы для строительства скважин и интенсификации добычи, повышения коэффициента извлечения нефти (Аврушкин и др., 2025). В перспективе оборудование, материалы, разработанные для увеличения КИН и освоения ТРИЗ, могут быть использованы при подготовке пластов для конверсии и хранения углекислого и других парниковых газов. Для широкого освоения ТРИЗ, в том числе уже на разрабатываемых месторождениях с развитой инфраструктурой, перспективны технологии термохимического воздействия на нефтематеринские породы (Félix et al., 2024).

Отдельный акцент целесообразно сделать на ХМУН, как для увеличения КИН для традиционных запасов, так и для трудноизвлекаемых запасов. Перспективность данных технологий оценивается наравне с термохимическими методами, но при этом в количественном отношении тепловые методы являются самыми распространенными в мире: порядка 60-70 % от общего числа применяемых методов на нефтяных скважинах.

Основная проблема заключается в освоении глубоких пластов нефти и газа, для которого требуется разработка высокоавтоматизированного цифрового бурового комплекса г/п 320-450 т, легкосплавных буровых труб, сопоставимых по проч-

ностным характеристикам со стальными, компоновка низа буровой колонны с аппаратурой, рассчитанной на температуры эксплуатации свыше 90–100°C, вкупе с современной телеметрией, оборудованием для геофизических измерений в скважине (Жданев, Фролов, 2020).

Третьим приоритетом является метрология геофизических исследований скважин (Жданев и др., 2021а). К четвертому приоритету возможно отнести специализированное ПО для моделирования динамического поведения всех типов коллекторов и флюидов в них, ПО для интегрированной модели месторождений (пласт – скважины – система сбора – блоки подготовки нефти и газа) и др.

Пятым приоритетом являются технологии мониторинга и оценки эффективности освоения месторождений, такие как системы мониторинга притока на основе оптико-волоконных систем, микросейсмический мониторинг и многофазные расходомеры.

Шестым приоритетом являются разработка, испытание и внедрение методов геотехнического кон-

троля топливно-энергетического комплекса и территорий их расположения с использованием космических методов дистанционного зондирования и съемки с целью повышения оперативности контроля, расширения перечня контролируемых параметров, снижения объемов ручного труда и затрат на выполнение работ, без потери качества получаемых данных.

В седьмом блоке приоритетов можно выделить технологию закачки попутного нефтяного газа или углекислого газа в нефтематеринские породы для увеличения коэффициента извлечения нефти, технологическое оборудование, которое в перспективе будет почти полностью соответствовать задаче закачки углекислого газа в пласты.

Годовой объем рынка нефтесервисных услуг составляет не менее 2,1 трлн руб. Рынок нефтегазового оборудования в России – 2,4 трлн руб., 1,4 трлн руб. из которых приходится на оборудование для разведки и добычи (рис. 1) (Шмаль и др., 2024).



Рис. 1. Рынок нефтегазового оборудования в России

Доля импортного оборудования для геологоразведочных работ достигает 80 % по ряду направлений, отечественные производители при этом представлены во всех сегментах оборудования для регионального, поискового и разведочного этапов геологоразведочных работ как для сбора, так и для обработки данных (Жданев, 2022).

Часть российских систем геологоразведки уступает иностранным аналогам по техническим и эксплуатационным характеристикам, соответственно, можно выделить следующие приоритеты для развития:

- геофоны и наземные сейсмостанции с десятками тысяч подключаемых каналов на суше;
- оборудование для проведения «зеленой сейсмики»;
- гидрофоны и донные станции;
- топографическое оборудование;
- керноотборные снаряды;

– программные решения для обработки и интерпретации геофизических данных и данных сейсморазведки;

– развитие локальных геофизических методов поиска и разведки: электроразведка, гравиразведка, магниторазведка, радиометрическая разведка.

В отрасли обустройства месторождений нефти и газа импортозависимость по ряду ключевых позиций достигает 95 %. Высока доля отечественного содержания в секторе производства самосвала грузоподъемностью до 40 т, легкой крановой техники грузоподъемностью до 50 т, нефтепромысловых труб, кабельной продукции.

Оперативного внимания государства в рамках политики импортозамещения требуют следующие направления:

- тяжелая транспортная техника, применяемая для прокладки дорог и транспортировки материалов

в труднопроходимой местности, отсыпки кустовых площадок;

- крановая техника грузоподъемностью от 70 т; самосвалы грузоподъемностью от 50 т;
- бульдозеры и трубоукладчики, в том числе на газoeлектрических приводах;
- современные материалы для строительства, особенно в условиях нарастания тенденции растепления «вечной мерзлоты»;
- сварочное оборудование и высококачественные сварочные материалы;
- вся номенклатура гидравлических компонентов для тяжелой техники.

Импортозависимость в наземном и скважинном оборудовании, материалах и технологиях для строительства и освоения скважин на данный момент превышает 70 % по значительному ряду оборудования, систем, ПО, технологической наземной и скважинной оснастке для строительства глубоких эксплуатационных и разведочных скважин.

Основные наиболее высокотехнологичные комплексы, эксплуатируемые в России, – буровые установки, флоты для гидроразрыва пластов, колтюбинговые установки производства КНР, США, ЕС. При этом в России уже существуют проекты и прототипы ряда комплексов, ничем не уступающих иностранным.

К приоритетам относятся прежде всего оборудование и системы для комплектации технологических комплексов:

- программно-логические контроллеры, инверторы, датчики автоматизированных систем управления технологических процессов. Системы управления, контроля, хранения и вывода информации;
- дизельные двигатели мощностью от 50 до 2500 кВт и асинхронные электродвигатели 600–690 В, мощностью от 40 до 2000 кВт;
- запасные и сменные принадлежности для бурового оборудования из высокотехнологичных материалов, в том числе керамики, композитов, искусственных алмазов и др.;
- интегрированные комплексы оборудования для измерений и каротажа в процессе бурения (Жданев и др., 2021b);
- высокотемпературная и виброустойчивая электронно-компонентная база для скважинных систем;
- отечественные специализированные химические реагенты для буровых растворов и гидроразрыва пластов: ксантановая и гуаровая камедь, полиакриламиды (Байдюков и др., 2020);
- весь перечень элементов и оборудования гидравлики: соединители, манифольды, насосы, соленоиды, гидравлические коробки передач, гидростанции.

Процент российского оборудования, применяемого при разработке и эксплуатации месторождений, выше, чем на этапе геологоразведки, бурения и освоения скважин, прежде всего из-за более высоких финансовых и инженерных возможностей вертикально-интегрированных нефтегазовых компаний в реализации курса импортозамещения в последние восемь лет. Импортозависимость по добыче можно оценить в 50–55 %. По отдельным направлениям, таким как специализированное программное обеспечение, импортозависимость достигает 90 %.

Основные приоритетные направления для совместной научно-технологической работы государства и бизнеса на среднесрочную перспективу до пяти лет:

- создание инновационных технологических комплексов для промышленной разработки ТРИЗ, таких как оборудование для термохимического воздействия на пласты сверхкритической водой;
- нефтепромысловая химия;
- многофазные расходомеры;
- оптоволоконные системы мониторинга потока;
- оборудование и материалы для мониторинга и стабилизации многолетнемерзлых грунтов;
- спутниковая система мониторинга состояния капитальных объектов нефтегазовой инфраструктуры месторождений на основе метода интерферометрии;
- цифровые двойники месторождений углеводородного сырья;
- программное обеспечение для проведения 3D геологического моделирования;
- программные платформы для управления процессами добычи на основе интегрированного моделирования.

Наиболее импортнезависимой в нефтегазовой отрасли является сфера транспорта нефти и газа: в среднем применяется не более 30 % импортного оборудования и ПО, исключая комплектующие, оборудование и системы для сжижения природного газа с импортозависимостью до 90 %.

В отраслях нефтегазопереработки и нефтехимии из-за особенностей региональных характеристик углеводородного сырья и широкой гаммы технологических процессов зачастую нет серийной унификации оборудования, что требует от производителей гибкого высокотехнологичного производства с соответствующими средствами производства и материалами. Большинство производств в стране построены по проектам с изначально заложенным иностранным оборудованием. В России требуемых предприятий и инжиниринговых проектных компаний ограниченное количество. На фоне этого доля зарубежного оборудования в данных секторах превышает по ряду заводов 70 %.

Согласно Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2050 года, для устойчивого развития нефтегазовой отрасли необходимо обеспечить ускоренное технологическое развитие по направлениям, где зависимость от иностранного программного обеспечения достигла критической отметки. С учетом изменения в структуре минерально-сырьевой базы (ввода в эксплуатацию ТРИЗ, шельфовых проектов) становится все более критичным вопрос обладания достаточными компетенциями для эффективного ввода таких участков недр (Жданев и др., 2020).

Создание сквозных программно-аппаратных систем – от систем автоматизированного проектирования для создания отечественных приборов, их моделирования и оптимизации до программно-аппаратных комплексов управления процессами на нефтепромыслах – внесет существенный вклад в повышение эффективности разработки месторождений (Zhdaneev et al., 2021).

По результатам работы с отраслевым сообществом на основе методики собственной разработки определены приоритетные проекты создания программного обеспечения для нефтегазовой отрасли в среднесрочной перспективе 3-5 лет (рис. 2):

- программная платформа для обеспечения сквозного моделирования месторождений;
- цифровые двойники предприятий нефтепереработки и нефтегазохимии, крупно-, средне- и малотоннажных СПГ-проектов;
- цифровые двойники месторождений углеводородного сырья;
- программное обеспечение для проведения 3D геологического моделирования;
- программное обеспечение для интерпретации данных сейсморазведки;
- программная платформа управления добычей на основе интегрированного моделирования работы

технологической системы «пласт–скважина–система сбора–система ППД»;

– платформа для построения автоматизированной системы оперативно-диспетчерского управления процессами добычи (АСОДУ);

– программное обеспечение для интерпретации геофизических исследований скважин;

– интегрированная программная платформа для задач нефтепереработки;

– программное обеспечение расчета трубопроводных систем, моделирования однофазных и многофазных потоков;

– системы автоматизированного мониторинга качественных характеристик нефти в системах трубопроводного транспорта;

– разработка системы принятия решений с помощью искусственного интеллекта на основе цифровой интеграционной платформы для буровой установки (Rakhimov et al., 2021);

– автоматизированная система управления буровой установкой с функциями управления, контроля, хранения и вывода информации о текущих процессах и состоянии оборудования и с интегрированной системой контроля параметров бурения, программным обеспечением для управления спуско-подъемными операциями полностью в автоматическом режиме, ПО для бурения в авторежиме, система автоматической ориентации РУС, ПО для контроля и обработки бурового раствора, ПО для автоматического цементировочного комплекса, ПО для поддержания рабочего давления при бурении, ПО для буровой аналитической системы и др.

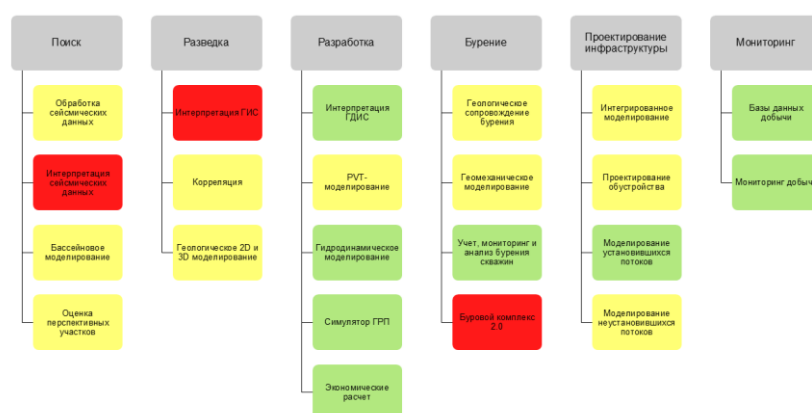


Рис. 2. Приоритетные направления разработки специализированного ПО для нефтегазовой отрасли

В итоге в России в разведке, добыче, переработке, транспортировке и распределении углеводородов заняты не менее 2 млн человек и не менее 350

тыс. человек работают в нефтесервисных компаниях с суммарным годовым оборотом не менее 350

млрд долл. США. Активизация НИОКР в этом сегменте могла бы стать существенным драйвером для развития всей экономики страны. Доля России в общем объеме мирового рынка высокотехнологичной продукции составляет менее 0,3 %. Это говорит о том, что современная модель экономики России не содержит в себе современного конкурентного механизма, стимулирующего инновации в широком масштабе.

Перспективы нефтегазовой отрасли после 2035 г.

Поддержание добычи углеводородов до 2035 г. в России планируется на основе вовлечения в разработку новых континентальных месторождений Арктики, прежде всего на севере Западной Сибири, в Восточной Сибири, прибрежных мелководных (до 10 м) месторождений в заливах Карского моря.

Ситуация вплоть до 2035–2040 гг. кардинально не изменится из-за достаточно большого, прежде всего, экономически оправданного потенциала освоения месторождений в Восточной Сибири, углубления разработки месторождений с трудноизвлекаемыми запасами на освоенных территориях, таких как Волго-Уральский регион, Западная Сибирь.

Заполярные шельфовые проекты ограничиваются в настоящее время Приразломным месторождением и проектом «Газпрома» на месторождении Каменномысское море в Обской губе Карского моря, находящемся в начальной стадии реализации.

При этом на основании оценок начальных извлекаемых запасов и геологической изученности регионов сделаны выводы, что нефтегазовые ресурсы шельфа Арктики и Дальнего Востока в перспективе на 2035–2050 гг. будут занимать значительное место в поддержании уровня добычи нефти и газа в России.

Текущий неразведанный потенциал запасов нефти, газа и конденсата Арктической зоны составляет около 90 % на шельфе; для сравнения: на суше – 53 %. Разведанность шельфа дальневосточных морей незначительно выше шельфа Арктики и составляет 0 % в Беринговом море, чуть более 1 % в Японском море и сравнительно высокий показатель в 25 % в Охотском море из-за широкого освоения шельфа на западе острова Сахалин.

В Западной и Восточной Арктике, на Дальнем Востоке в текущих ценах строительство одной стационарной ледостойкой добывающей платформы для глубин до 40–60 м оценивается не менее чем в 1–1,5 млрд долл. Единичные проекты в отдаленных морских регионах с зачастую экстремальными условиями работы, без разработки соседних месторождений влекут за собой очень высокие операционные затраты. В большей мере это происходит из-за необходимости обеспечения круглогодичной

морской логистики от базового порта до нефтегазодобывающего объекта, обслуживания береговой инфраструктуры проекта, наличия специализированного флота для ликвидации разливов и аварийно-спасательных операций.

Одновременная разработка нескольких проектов, например, в рамках нефтегазоносного района или МСЦ, с синергией за счет совместного использования одной транспортной, береговой и аварийно-спасательной инфраструктуры двумя-тремя нефтегазодобывающими проектами или компаниями значительно, на десятки процентов, снижает операционные затраты, геологические и производственные риски.

В настоящее время разработка нескольких соседних нефтегазоносных объектов в рамках минерально-сырьевых центров в Арктике невозможна прежде всего из-за низкого процента разведанности акватории шельфа в каждом из арктических и дальневосточных морей, отсутствия подтвержденных поисково-разведочным бурением данных геологоразведки.

В среднем на подготовку только одного месторождения к эксплуатационному бурению и, соответственно, промышленному освоению в условиях шельфа Арктики и Дальнего Востока тратится от 9 до 12 лет: 2D и 3D сейсморазведка, геохимические и другие исследования, поисково-оценочное и разведочное бурение, интерпретация данных по каждой стадии работ.

В итоге для оперативного наращивания экономически оправданного эксплуатационного бурения в исследуемых регионах через 15 лет и, соответственно, решения задачи поддержания уровня добычи нефти и газа после 2035 г. необходимо уже сейчас параллельно вести несколько десятков геологоразведочных проектов по теоретически перспективным минерально-сырьевым центрам. Такие работы по ряду объективных причин не ведутся.

Предлагается активизировать геологоразведочные работы в Арктике для обеспечения энергетической безопасности страны в долгосрочной перспективе. В целях сокращения сроков и стоимости программы геологоразведки необходимо реализовать проект, разработанный Минэнерго России совместно с АО «ЦКБ «Коралл»» (г. Севастополь), ПАО «Газпром нефть» и Минвостокразвития России, по строительству мобильной ледостойкой буровой установки для разведочного и эксплуатационного бурения, способной гарантировать бурение двух и более разведочных скважин в один сезон, несмотря на ледовые условия за пределами ограниченного сезона открытой воды. Данный проект, кроме активизации геологоразведочных работ в Арктике, обеспечит значительный синергетический эффект по технологическому развитию проектных и производственных компаний России, работающих как в

нефтегазовой отрасли, так и в электроэнергетике, судостроении, металлургии, химическом, радио-электронном и цифровом секторах промышленности.

Наращивание геологоразведочных работ в ближайшие несколько лет, в том числе программное, а не выборочное бурение поисковых и разведочных скважин, является ключевым фактором, обеспечивающим успешное долгосрочное планирование развития экономики страны в период после 2035 г. и

социально-экономический рост Арктики и Дальнего Востока.

Сквозные технологии

Значительное влияние на развитие технологий в ТЭК оказывают развитие и уровень зависимости от импорта в смежных отраслях (рис. 3): станкостроительной промышленности, точном машиностроении, среднем машиностроении, химической промышленности и энергетическом машиностроении (Chupin et al., 2021)



Рис. 3. Взаимосвязь развития смежных отраслей с ТЭК

Среднее машиностроение – подшипники всех классов и типов, комплектующие к ним (втулки, гильзы, вкладыши, сегменты). В ТЭК РФ в основном применяются подшипники иностранного производства из-за доступности, разветвленной дилерской сети, высоких технических характеристик и стабильно высокого качества подшипниковой продукции. В стране полностью отсутствует серийный выпуск критически необходимых для ТЭК керамических и гибридных подшипников. Для примера: ежегодная потребность в подшипниках разного назначения только для нефтепереработки и нефтехимии превышает 1,1 млн шт., а в общем для ТЭК – более 3 млн шт. (11 % от российского рынка подшипников).

Для запуска современного подшипникового автоматизированного производства в РФ требуются значительные финансовые вливания. Например, для запуска нового подшипникового завода определенной размерной группы подшипников потребуются финансовые вливания в размере не менее 2-5 млрд руб. С учетом подготовки высококвалифицированного инженерно-технического персонала срок выхода на проектную мощность и качество продукции может составить до 10 лет. Для модернизации существующих производств требуется на 80 % меньше финансовых вливаний, но срок решения вопроса квалифицированных кадров в подшипниковой отрасли остается на прежнем уровне.

В РФ есть потенциал и задел для развития высокотехнологичной подшипниковой отрасли. Име-

ются собственные материалы и технологии, например, ионно-плазменное легирование, технологии термической обработки, технологии нанесения гальванических покрытий и др. Также имеются задел и компетенции по выпуску механообрабатывающего оборудования и оснастки к нему, развитие и применение которых позволят повысить качество традиционной подшипниковой продукции.

Металлургия – отечественная промышленность почти не закрывает спрос ТЭК на РМ и РЗМ, подавляющее большинство которых импортируется. Как для традиционного ТЭК, так и для всех приоритетных технологий энергоперехода, а именно – фотоэлектрических технологий для солнечной электроэнергетики, технологий производства ветрогенераторных установок с высоким КПД, технологий производства водорода за счет электролиза, технологий накопления энергии, ключевую роль играют поставщики редких и редкоземельных металлов.

Россия, располагая обширной базой для производства РМ и РЗМ, не является значимым игроком на рынке РЗМ, более того, отечественная РЗМ промышленность переживает глубокий спад: производит только полуфабрикаты (коллективные концентраты РЗМ). Сырье и первичные продукты из РМ и РЗМ включены в производственную цепочку западных стран, на мировом рынке РЗМ доминирует Китай (Крюков и др., 2023).

Для примера: ежегодный объем импорта постоянных магнитов на основе редкоземельных металлов в РФ в 2020 и 2021 гг. составил порядка 700 т, увеличившись с 2019 г. почти на 400 т. Мировой

объем производства постоянных магнитов на основе РЗМ составляет более 120 000 т.

Производство полного цикла постоянных магнитов РЗМ в России существует в очень ограниченном масштабе. До 1995 г. на нескольких предприятиях выпускалось ориентировочно до 40 т в год, позднее производство пошло на спад, больше 30 т в год российская промышленность сейчас не выпускает, при этом 100 % на иностранном сырье, за исключением единичных научно-исследовательских проектов.

Электрогенераторы, в подавляющем числе – ветрогенераторы, в настоящий момент являются безусловно ключевой по объемам отраслью применения магнитов на основе РЗМ в ТЭК России, на втором месте по объему потребления стоят электродвигатели, а именно – роторы вентильных двигателей нефтепогружных насосных агрегатов. Также постоянные магниты на основе РЗМ применяются в электромагнитных клапанах, сервоприводах для роботизированных систем, магнитных муфтах для передачи крутящего момента, для систем диагностики трубопроводов, в магнитных подвесах и роторах турбодетандерных установок для систем СПГ, магнитных сепараторах для угольной и горной промышленности, роторах моторов промышленных вентиляторов, водяных счетчиков, энкодерах для электроприводов и т.д.

Точное машиностроение – приборостроение, радиотехническое и электронное машиностроение, электротехническая промышленность. Широкая номенклатура продукции для ТЭК комплектуется электронными компонентами. В структуре себестоимости конечного изделия доля стоимости ЭКБ может варьироваться от 2 до 90 %. Без таких элементов оборудование для ТЭК не способно функционировать, что определяет их высокую значимость для отрасли. При этом уровень локализации технологий и производств высокотехнологичных изделий ЭКБ в России значительно ниже требуемого значения.

Потребность в высокоразвитой отечественной электронике для топливно-энергетического комплекса очевидна и обусловлена многими факторами, среди которых следует особо отметить необходимость обеспечения непрерывности производственного процесса в ТЭК, невозможность импорта отдельных комплектующих ЭКБ и технологий, потенциальный риск снижения операционной эффективности предприятий ТЭК, в том числе за счет существенного снижения объемов добычи нефти и газа (Argastsev et al., 2021).

В этой связи задержка в развитии радиоэлектронной промышленности сегодня может стать серьезным барьером для эффективного функционирования топливно-энергетической промышленности России уже в ближайшие 3-5 лет.

Химическая промышленность – неметаллические материалы и ЗИП из них, клеи, герметики, краски, смазочные материалы, покрытия и т.д.

Для широкого освоения трудноизвлекаемых запасов, в том числе уже на разрабатываемых месторождениях с развитой инфраструктурой, перспективны различные технологии физико-химического воздействия. Основные сложности в данных проектах связаны с использованием отечественной высокотехнологичной химии – полимеров, пропантов, химических реагентов – для создания высокоэффективных буровых растворов, цементов, жидкостей ГРП и т.д.

Отдельный акцент целесообразно сделать на химических методах увеличения нефтеотдачи (ХМУН) как для увеличения КИН для традиционных запасов, так и для трудноизвлекаемых запасов. Особенностью нефтедобывающей отрасли РФ является то, что основные центры добычи углеводородов распространены практически на всей территории страны, это Урало-Поволжье, Западная и Восточная Сибирь, Кавказ, шельфовые месторождения. Такое распространение месторождений предопределяет большое разнообразие геологических условий залегания и свойств нефти. Именно поэтому необходима гибкая система подбора составов ХМУН с уникальными свойствами для каждого региона. Данный подход диктует необходимость налаживания собственных производств ПАВ и полимерных продуктов для нужд нефтедобычи, а также для формирования целого кластера по разработке и производству требуемых коллоидных и полимерных систем.

Отсутствие в России промышленного производства полиакриламидов, поверхностно-активных веществ второй и третьей генерации является основной проблемой проведения закачек от сотен кубов до большеобъемных, представленных площадными закачками в десятки тысяч кубометров – полимерное заводнение, ПАВ-полимерное и ПАВ-полимер-щелочное заводнение. Требуется развитие производств отечественных полимерных систем с заданными свойствами, позволяющих получать гели в пласте, селективных материалов, химии для ремонтных работ, глушения и т.д., что по отдельным месторождениям может увеличить КИН на 10-20 % и более (Бравков и др., 2020).

Заключение

Перед российским ТЭК стоят сложные задачи по поддержанию объема добычи нефти и газового конденсата на уровне не менее 500 млн т до 2050 г., выход на добычу газа более 850 млрд м³ к 2036 году и др. Без технологического развития внутри страны, без практического участия федеральных органов исполнительной власти в промышленных проектах, начиная от фундаментальной, прикладной науки, заканчивая добычей и переработкой собственного

ценного сырья и производством сквозных высокотехнологичных элементов, данные показатели в условиях сложившейся мировой конъюнктуры недостижимы (Zhdaneev, Frolov, 2024).

Литература

1. Аврушкин Е.В., Бахолдин М.И., Бравков П.В., Жданев О.В., Ковшов И.В., Корса-Вавилова Е.В., Сейфудинов А.П., Спиринов А.А., Фролов К.Н. Практические результаты опытной эксплуатации первого отечественного комплекса ГРП // Известия Томского политехнического университета. 2025. Т. 336, № 12. С. 204-219. DOI: 10.18799/24131830/2025/12/5425.
2. Байдюков К.Н., Бравков П.В., Жданев О.В., Кононенко В.А. О приоритетных направлениях развития технологий ГРП в России // Разведка и охрана недр. 2020. № 11. С. 49-57. EDN: NAZLDC.
3. Бравков П.В., Дурдыева А.А., Жданев О.В., Зуев С.С., Корнев В.В., Фролов К.Н., Чубоксаров В.С. Вопросы технической политики отраслей ТЭК Российской Федерации. М.: ФГУП «Издательство», 2020. 304 с. DOI: 10.7868/9785020408241.
4. Жданев О.В. Оценка уровня локализации продукции при импортозамещении в отраслях ТЭК // Экономика региона. 2022. Т. 18, № 3. С. 770-786. DOI: 10.17059/ekon.reg.2022-3-11.
5. Жданев О.В., Зайцев А.В., Лобанков В.М., Фролов К.Н. Концепция проведения испытаний скважинного оборудования // Недропользование XXI век. 2021а. № 1-2(90). С. 4-15. EDN: FIAJU.
6. Жданев О.В., Зайцев А.В., Продан Т.Т. О возможностях создания российской высокотехнологичной компоновки низа буровой колонны // Записки Горного института. 2021. Т. 252. С. 872-884. DOI: 10.31897/PMI.2021b.6.9.
7. Жданев О.В., Фролов К.Н. О приоритетных направлениях развития буровых технологий в России // Нефтяное хозяйство. 2020. № 5. С. 42-48. DOI: 10.24887/0028-2448-2020-5-42-48.
8. Жданев О.В., Фролов К.Н., Коньгин А.Е., Гехаев М.Р. Разведочное бурение на арктическом и дальневосточном шельфе России // Арктика: экология и экономика. 2020. № 3(39). С. 112-125. DOI: 10.25283/2223-4594-2020-3-112-125.
9. Жданев О.В., Фролов К.Н. Научно-технологические приоритеты топливно-энергетического комплекса Российской Федерации до 2050 года // Нефтяное хозяйство. 2023. № 10. С. 6-13. DOI: 10.24887/0028-2448-2023-10-6-13.
10. Крюков В.А., Жданев О.В., Яценко В.А., Фролов К.Н. Постоянные неодимовые магниты в российской ветроэнергетике // Вестник Российской Академии наук. 2023. Т. 93, № 5. С. 428-438. DOI: 10.31857/S0869587323050067.
11. Шмаль Г.И., Симонов К.В., Жданев О.В., Фролов К.Н., Замрий А.В., Черных С.П., Котикова

Е.Д., Кондрашова А.С., Папушкина А.А. Перспективы российского нефтесервиса в дружественных странах // Территория Нефтегаз. 2024. № 11-12. С. 49-57.

12. Argastsev A.Y., Zhdanev O.V., Stavtsev A.V., Frolov K.N., Chupin E.S. Inverters for Technological Development of Russia's Energy Sector and Industry // Power Technology and Engineering. 2022. Vol. 56. P. 309-318. DOI: 10.1007/s10749-023-01511-1.
13. Chupin E.S., Frolov K.N., Korzhavin M., Zhdanev O.V. Energy storage systems for drilling rigs // Journal of Petroleum Exploration and Production Technology. 2022. Vol. 12. P. 341-350. DOI: 10.1007/s13202-021-01248-5.
14. Félix G., Djimasbe R., Varfolomeev M.A., Al-Muntaser A., Tirado A., Suwaid M., Prochukhan K.Y., Bochkov A.S., Frolov K.N., Zhdanev O.V., Galiullin E.A., Shamanov I.N., Morozova E.V., Gareev B.I., Ancheyta J. Kinetic modeling of oil shale upgrading at sub- and supercritical water conditions using Ni- and Fe-based oil-soluble catalysts // The Journal of Supercritical Fluids. 2024. Vol. 207. Art. 106193. DOI: 10.1016/j.supflu.2024.106193.
15. Zhdanev O.V., Frolov K.N., Petrakov Y.A. Predictive Systems for the Well Drilling Operations // Cyber-Physical Systems: Design and Application for Industry 4.0. Studies in Systems, Decision and Control. Vol. 342. Cham: Springer, 2021. DOI: 10.1007/978-3-030-66081-9_28.
16. Rakhimov R.R., Zhdanev O.V., Frolov K.N., Babich M.P. Stuck Pipe Early Detection on Extended Reach Wells Using Ensemble Method of Machine Learning // SPE Russian Petroleum Technology Conference. Virtual, October 2021. DOI: 10.2118/206516-MS.
17. Zhdanev O.V., Frolov K.N. Technological and institutional priorities of the oil and gas complex of the Russian Federation in the term of the world energy transition // International Journal of Hydrogen Energy. 2024. Vol. 58. P. 1418-1428. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2024.01.285.

Сведения об авторах

Жданев Олег Валерьевич – доктор технических наук, руководитель центра компетенций технологического развития ТЭК при Минэнерго России, профессор Казанского (Приволжского) федерального университета, эксперт ПИНС, Альметьевский государственный технологический университет «Высшая школа нефти»

e-mail: zhdanev@rosenergo.gov.ru

References

1. Avrushkin E.V., Bakholdin M.I., Bravkov P.V., Zhdanev O.V., Kovshov I.V., Kors-Vavilova E.V., Seyfudinov A.P., Spirin A.A., Frolov K.N. Practical results of trial operation of the first domestic hydraulic

fracturing complex//News of Tomsk Polytechnic University. 2025. T. 336, NO. 12. P. 204-219. DOI: 10.18799/24131830/2025/12/5425.

2. Baidyukov K.N., Bravkov P.V., Zhdaneev O.V., Kononenko V.A. On priority areas for the development of hydraulic fracturing technologies in Russia//Exploration and protection of subsoil. 2020. № 11. P. 49-57. EDN: NAZLDC.

3. Bravkov P.V., Durdyeva A.A., Zhdaneev O.V., Zuev S.S., Korenev V.V., Frolov K.N., Chuboksarov V.S. Issues of technical policy of the fuel and energy sectors of the Russian Federation. M.: FSUE "Publishing House," 2020. 304 p. DOI: 10.7868/9785020408241.

4. O.V. Zhdaneev. Assessment of the level of product localization during import substitution in the fuel and energy sector//Regional economy. 2022. T. 18, NO. 3. P. 770-786. DOI: 10.17059/ekon.reg.2022-3-11.

5. Zhdaneev O.V., Zaitsev A.V., Lobankov V.M., Frolov K.N. Concept of testing downhole equipment//Subsoil use XXI century. 2021a. № 1-2(90). P. 4-15. EDN: FIAJU.

6. Zhdaneev O.V., Zaitsev A.V., Prodan T.T. On the possibilities of creating a Russian high-tech bottom hole assembly//Notes of the Mining Institute. 2021. T. 252. P. 872-884. DOI: 10.31897/PMI.2021b.6.9.

7. O.V. Zhdaneev, K.N. Frolov. On priority areas for the development of drilling technologies in Russia//Oil industry. 2020. № 5. P. 42-48. DOI: 10.24887/0028-2448-2020-5-42-48.

8. Zhdaneev O.V., Frolov K.N., Konygin A.E., Gekhaev M.R. Exploratory drilling on the Arctic and Far Eastern shelf of Russia//Arctic: ecology and economics. 2020. № 3(39). P. 112-125. DOI: 10.25283/2223-4594-2020-3-112-125.

9. Zhdaneev O.V., Frolov K.N. Scientific and technological priorities of the fuel and energy complex of the Russian Federation until 2050//Oil industry. 2023. № 10. P. 6-13. DOI: 10.24887/0028-2448-2023-10-6-13.

10. Kryukov V.A., Zhdaneev O.V., Yatsenko V.A., Frolov K.N. Permanent neodymium magnets in Russian wind energy//Bulletin of the Russian Academy of Sciences. 2023. VOL. 93, NO. 5. P. 428-438. DOI: 10.31857/S0869587323050067.

11. Shmal G.I., Simonov K.V., Zhdaneev O.V., Frolov K.N., Zamriy A.V., Chernykh S.P., Kotikova E.D., Kondrashova A.S., Papushkina A.A. Prospects for Russian oilfield service in friendly countries//Territory of Neftegaz. 2024. № 11-12. P. 49-57.

Kazan (Volga) Federal University, APES expert, Almet'yevsk State Technological University Higher School of Petroleum

e-mail: zhdaneev@rosenergo.gov.ru

Статья поступила в редакцию 16.03.2026

Принята к публикации 01.04.26;

Опубликована 30.04.2026

About the Authors

Oleg V. Zhdaneev – Doctor of Technical Sciences, Head of the Center for Competence of Technological Development of the Fuel and Energy Complex under the Ministry of Energy of Russia, Professor of