

Торайғыров университетінің
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Торайғыров университета

ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ ХАБАРШЫСЫ

Экономикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА

Экономическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3552

№ 2 (2026)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Торайгыров университета

Экономическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ93VPY00029686

выдано
Министерством информации и коммуникаций
Республики Казахстан

Тематическая направленность
публикация материалов в области экономики, управления,
финансов, бухгалтерского учета и аудита

Подписной индекс – 76133

<https://doi.org/10.48081/BGQF2159>

Бас редакторы – главный редактор
Давиденко Л. М.
доктор PhD

Заместитель главного редактора
Ответственный секретарь

Гребнев Л. С., *д.э.н., профессор*
Шеримова Н. М., *доктор PhD*

Редакция алкасы – Редакционная коллегия

Шмарловская Г. А.,	<i>д.э.н., профессор (Беларусь);</i>
Кунязов Е. К.,	<i>доктор PhD, доцент;</i>
Алмаз Толымбек,	<i>доктор PhD, профессор (США);</i>
Мукина Г. С.,	<i>доктор PhD, ассоц. профессор, доцент;</i>
Дугалова Г. Н.	<i>д.э.н., профессор</i>
Алтайбаева Ж. К.,	<i>к.э.н.</i>
Мусина А. Ж.,	<i>к.э.н., ассоц. профессор, доцент;</i>
Титков А. А.,	<i>к.э.н., доцент;</i>
Искакова З. С.	<i>технический редактор.</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

<https://doi.org/10.48081/BGQF2169>

***Я. Ван¹, Б. Е. Алпысбаева²**

^{1,2}Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Республика Казахстан, г. Алматы.

¹ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-4384-5334>

²ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7383-0708>

*e-mail: wangyadong7789@gmail.com

КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ СЕКТОРЕ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН: SWOT-АНАЛИЗ И СТРАТЕГИЧЕСКАЯ ДОРОЖНАЯ КАРТА

Данное исследование посвящено изучению перспектив коммерциализации нанотехнологий в процессе модернизации энергетического сектора Республики Казахстан. В связи с острой необходимостью трансформации Республики Казахстан из ресурсозависимой в экономику, основанную на знаниях, в исследовании проведен углубленный SWOT-анализ существующей инновационной экосистемы в контексте национальных статистических данных, с использованием модели «тройной спирали» инноваций и теории открытых инноваций. Исследование показывает, что, несмотря на сильную поддержку национальной политики и богатые запасы сырья, такого как кварц и графит, инвестиции в исследования и разработки (НИОКР) составляют всего 0,14 % от ВВП, что явно недостаточно; а слабая связь между научными и промышленными кругами серьезно ограничивает продвижение и практическое применение технологий. Чтобы преодолеть эти ограничения, в исследовании предложены три технологических направления с ближайшим потенциалом коммерциализации: во-первых, использование наножидкостей на основе кремнезема для повышения коэффициента извлечения нефти на старых месторождениях с целью смягчения спада добычи; во-вторых, использование антикоррозийных покрытий, усиленных графеном, для продления срока службы нефтегазовой инфраструктуры в условиях сильной коррозии; в-третьих, внедрение гибких перовскитных

солнечных элементов для создания высокоэффективных автономных энергетических решений для удаленных районов, не подключенных к электросетям. Исходя из этого, в статье предлагается стратегическая дорожная карта для поэтапного внедрения, в которой предлагается использовать возможности технологического сотрудничества в рамках инициативы «Пояс и путь» для создания надежной системы технических стандартов и содействия интеграции децентрализованных демонстрационных проектов в экосистему устойчивых инноваций. Это поможет энергетическому сектору Республики Казахстан перейти к высокотехнологичному и устойчивому развитию.

Ключевые слова: коммерциализация нанотехнологий, энергетический сектор, SWOT-анализ, повышение нефтеотдачи пластов, графеновые покрытия, перовскитные солнечные элементы, открытые инновации, Республика Казахстан.

Введение

Нанотехнологии стали не просто передовым научным понятием, они являются главной движущей силой прогресса в самых разных отраслях – от производства современных материалов до биотехнологий. Рыночные тенденции подтверждают ее доминирующее положение: ожидается, что объем этой области увеличится почти в три раза - с примерно 68 миллиардов долларов в 2023 году до 183,7 миллиарда долларов в 2028 году [1]. Этому росту способствуют огромные капиталовложения: совокупный объем глобальных инвестиций приближается к 250 млрд долларов, а ведущие страны, такие как Китай и США, инвестируют более 2 млрд долларов в год [1]. Это открывает широкие возможности для стран с развивающейся экономикой, но реальная задача заключается в создании инновационных экосистем, способных вывести результаты лабораторных исследований на рынок.

Республика Казахстан пытается перейти от ресурсозависимой экономики к экономике, основанной на знаниях, и эта цель четко отражена в таких стратегиях, как Программа развития высшего образования и науки на 2023–2029 годы, в которой энергетический сектор поставлен во главу угла модернизации [2]. Однако существует значительное противоречие между политическим видением и финансовой реальностью. Несмотря на рост номинального финансирования исследований, постоянная инфляция и колебания курсов валют привели к снижению реальной покупательной способности грантов, а доля расходов на НИОКР в ВВП остается на прежнем уровне – 0,13-0,14 %, что значительно ниже нормы для стран со средним

уровнем дохода, составляющей около 1 %, и среднемирового показателя – около 2,3 % [3; 4].

Существуют неотложные проблемы в области энергетики и инноваций. Данные показывают, что в ближайшее десятилетие потребление электроэнергии в Республике Казахстан вырастет почти на 60 %, в то время как уголь по-прежнему занимает более 70 % в структуре энергопотребления, и такая зависимость не является ни экономически эффективной, ни экологически устойчивой [5; 6].

Нехватка финансовых ресурсов напрямую ведет к «долине смерти» для местных инноваций. Подавляющее большинство нанотехнологических проектов в настоящее время находятся на стадии прототипов (уровень технологической готовности 3-4) и не были запущены в промышленную эксплуатацию. Такая стагнация отражает несостоятельность механизмов передачи технологий: частный сектор инвестирует в исследования и разработки менее 25 %, а участие промышленности крайне незначительно. Разрыв между университетскими лабораториями и производственными площадками усугубляется нехваткой специалистов, обладающих навыками управления ИС.

Преодоление этих барьеров требует перехода от линейной модели инноваций («наука → НИОКР → рынок»), которая оказалась неэффективной на практике, к нелинейной динамической модели, как отмечают Клайн и Розенберг, где инновации - это не линейный процесс, а скорее непрерывный цикл обратной связи между исследователем и конечным пользователем [7]. Аналогичным образом, теория открытых инноваций Чесброу подчеркивает, что даже традиционные отрасли, такие как нефтегазовая, должны активно внедрять внешние технологии, чтобы оставаться конкурентоспособными [8; 9]. Это служит основой для модели «тройной спирали», которая по-новому определяет отношения между университетами, промышленностью и правительством – уже не как отдельные единицы, а как взаимозависимые и синергетические единицы [10].

Рисунок 1 иллюстрирует этот структурный сдвиг: от жестких и изолированных «силосов» к гибким и взаимодействующим сетям. В Казахстане, где в научных исследованиях долгое время доминировало правительство, внедрение модели «тройной спирали» требует не только новых правил, но и существенной реконфигурации власти: предоставления операционной автономии высшим учебным заведениям и вливания венчурного капитала в частные предприятия.



Рисунок 1 – Модель «тройной спирали», переработанная с учетом специфики динамики казахстанского энергетического рынка

Диаграмма показывает противоречия между различными участниками экосистемы. В настоящее время правительства несут непропорционально большую долю финансового бремени (80 %), в то время как университеты в основном ограничиваются лабораторными исследованиями, а промышленность представляет неудовлетворенные потребности рынка. Красная линия, обозначенная на диаграмме как «Разрыв связи между наукой и промышленностью», указывает на «Долину смерти» – критическое узкое место, где академические прототипы не могут перейти на стадию коммерческой жизнеспособности. Нижний слой модели подчеркивает физический потенциал Казахстана: зрелые нефтяные месторождения на западе страны и ресурсы кремния/графита, которые могут быть использованы для синтеза наноматериалов в стране.

Исходя из вышеперечисленных структурных вопросов, данное исследование направлено на оценку коммерческой готовности нанотехнологий для энергетического рынка Казахстана. SWOT-анализ используется не только как описательный инструмент, но и как диагностическая схема, основанная на упомянутой выше теории «тройной спирали» и «открытых инноваций». Основная цель – выявить конкретные точки разрыва в инновационной цепочке и разработать стратегии их преодоления. Мы утверждаем, что отрасли следует избегать «распределительных сил» и в первую очередь сосредоточиться на трех высокотехнологичных потенциалах – наножидкостях на основе кремнезема для добычи нефти, графеновых покрытиях и перовскитных солнечных элементах – в качестве точек входа для немедленной коммерциализации. В последующем анализе будет подробно рассмотрен путь реализации этой стратегии.

Материалы и методы

Для того чтобы в полной мере отразить сложность местного рынка, в данном исследовании использована гибридная методология изучения литературы, объединяющая научно-техническую литературу, национальную статистику и политические документы. Цель состоит не только в том, чтобы перечислить факторы, но и определить конкретные движущие силы коммерциализации нанотехнологий в энергетическом секторе, и, в конечном счете, воплотить эти выводы в поэтапную дорожную карту, пригодную для практических действий. Теоретический анализ основан на трех нелинейных моделях: модели инновационной цепи, парадигме открытых инноваций и системе институциональной взаимозависимости «тройной спирали» [7; 8; 10].

Основные данные были собраны путем целенаправленного обзора научной литературы. Мы провели поиск в основных индексируемых базах данных, таких как Scopus, Web of Science и Google Scholar, используя матрицу ключевых слов от общих терминов, таких как «коммерциализация нанотехнологий» до «нанотехнология отталкивания нефти». Используемая матрица ключевых слов охватывает от общих терминов, таких как «коммерциализация нанотехнологий», до таких подобластей, как «технология нанонефтеотталкивания» и «перовскитные солнечные элементы». Временной интервал поиска (2010–2025 гг.) был установлен с учетом эволюции современной инновационной политики в Казахстане. Процесс отбора был строгим: предпочтение отдавалось литературе, содержащей эмпирические исследования энергетической инфраструктуры или критический анализ институциональной среды, а не чисто теоретические абстракции. Впоследствии эти эмпирические данные были обобщены через теоретические линзы «тройной спирали» и «открытых инноваций» [7; 8; 10] для оценки технологической зрелости и системных барьеров.

Помимо обзора литературы, количественные данные о расходах на НИОКР, отраслевом распределении ВРНИОКР и показателях человеческого капитала были получены из Национального бюро статистики (НБС). Для обеспечения достоверности эти местные показатели были подвергнуты перекрестной проверке с международными эталонными данными ЮНЕСКО и Всемирного банка [3; 4]. Там, где позволяли данные, проводился продольный анализ, чтобы проследить исторические перерывы в структуре инвестиций в Казахстане. В то же время в данном исследовании были проанализированы основные политические документы, такие как Программа развития высшего образования и науки на 2023-2029 годы [2] и дорожная карта сектора. Такой аудит политики необходим для определения институциональной иерархии,

выявления существующих механизмов поддержки и подтверждения государственных обязательств по развитию передовых материалов.

На заключительном этапе анализа была проведена структурированная SWOT-оценка, чтобы объединить литературные данные с результатами анализа политики. Мы разделили тематически закодированные факторы на эндогенные детерминанты (сильные/слабые стороны), включая обеспеченность ресурсами, исследовательскую инфраструктуру и финансовую жесткость, и экзогенные силы (возможности/угрозы), такие как развивающиеся сегменты рынка и риски зависимости от технологий. Для обеспечения целостности данных мы объединили избыточные записи и провели строгий отбор: в окончательный анализ были включены только наблюдения, подтвержденные перекрестной валидацией. Такая тщательность обеспечила то, что созданная матрица SWOT не была типовой, а точно отражала структурные реалии, формирующие энергетический ландшафт Казахстана.

Для того чтобы преодолеть разрыв между абстрактным анализом и промышленными реалиями, мы соотнесли результаты SWOT-анализа с конкретными сценариями применения технологий. Отбор технологий для применения основывался на трех требованиях: строгое соответствие промышленным потребностям страны, экспериментальная эффективность в аналогичных геологических или инфраструктурных условиях, а также способность конкретно устранить выявленные слабые стороны экосистемы. Отбор прошли три заявки: нанофлюидная нефтеоталкивающая технология на основе кремнезема, антикоррозийные покрытия на основе графена и перовскитные фотоэлектрические элементы. Эти технологии составляют операционную основу предлагаемой дорожной карты коммерциализации, в которой подробно и с указанием сроков расписаны действия правительств, научных кругов и промышленных игроков.

Результаты и обсуждение

SWOT-анализ национальных инновационных экосистем выявляет явный парадокс: несмотря на амбиции на национальном уровне, реальный прогресс сдерживается глубоко укоренившимися структурными ограничениями. На рисунке 2 (b) показан контраст между внутренним потенциалом и обязательствами и внешними рыночными силами.

Нынешняя экосистема управляется централизованной политикой, а не рынками. Это стремление сверху вниз отражено в Программе развития высшего образования и науки на 2023–2029 годы [2], которая прямо направляет финансирование на прикладные исследования. Помимо политической поддержки, существует и практическая материальная база: более 20 специализированных лабораторий по всей стране оснащены необходимым

оборудованием для синтеза и определения характеристик наноматериалов, составляя основу НИОКР в стране. В то же время зарождающиеся офисы коммерциализации начинают наводить мосты между лабораторией и рынком.

Этот научный потенциал уже приносит ощутимые результаты. Например, исследования по оптомеханике, проведенные Соколовым и другими [11] в Сатбаевском университете, позволили установить ключевые физические параметры для разработки высокоэффективных промышленных покрытий.

Географическое положение дает очевидное логистическое преимущество: обилие дешевого исходного сырья. Казахстан располагает большими запасами кварцевого песка (необходимого для производства кремнезема) и графита (сырье для производства графена). Такая геологическая реальность позволяет перейти от импорта дорогостоящих зарубежных наноматериалов к отечественному синтезу и вертикальной интеграции. Преимущества местного производства двояки: снижение затрат на цепочку поставок и возможность проводить быстрые, итеративные пилотные испытания непосредственно на местных месторождениях.

Несмотря на официальные заявления о росте капитала, экономическая реальность мрачна: интенсивность НИОКР остается на низком уровне - около 0,14 % ВВП. Структура капитала опасно несбалансирована – государство обладает почти монополией на инвестиции, неся почти 80 % всех расходов на НИОКР [3], что является глубоким отражением его неспособности эффективно снизить риски участия частного сектора. Этот финансовый дисбаланс привел к функциональному параличу, часто называемому «разрывом между наукой и промышленностью». В отсутствие правовой и финансовой базы для совместных предприятий перспективные прототипы часто оказываются запертыми в университетских лабораториях, не имея возможности переступить порог промышленных испытаний.



Рисунок 2 – Стратегический диагноз национальной инновационной экосистемы.

Рисунок 2. (а) Интенсивность НИОКР: Республика Казахстан – 0,14 % ВВП против ~2,3 % в среднем по миру; структура финансирования НИОКР: около 80 % – государство. (б) SWOT-матрица инновационной экосистемы: сырьевые ресурсы (кварц, графит) как эндогенный актив и «долина смерти» между наукой и промышленностью как ключевая системная слабость; внешняя возможность – кооперация в рамках инициативы «Пояс и путь» для ускорения трансфера технологий.

Развитие нанотехнологической отрасли в Казахстане сталкивается с главным препятствием – нехваткой человеческого капитала. Инновации ограничиваются не только финансированием, но и двойным дефицитом талантов: нехваткой специализированных наноинженеров и практически полным отсутствием специалистов по управлению передачей технологий. Эта проблема усугубляется продолжающейся «утечкой мозгов», когда ведущие ученые уезжают за границу в поисках стабильной среды. В то же время местные университеты еще не в полной мере включили в свои учебные программы такие бизнес-навыки, как стратегия защиты интеллектуальной собственности и инкубация стартапов, что приводит к разрыву цепочки создания стоимости от результатов лабораторных исследований до выхода на мировой рынок.

Однако глобальный нанотехнологический сектор (с совокупным объемом инвестиций более \$250 млрд [1]) и волна энергетического перехода открывают редкие стратегические возможности для Казахстана в силу его уникального положения. Мы выделили три высокоценные «точки входа»: технология нанопривода для возрождения старых нефтяных месторождений, антикоррозийные покрытия нового поколения для инфраструктуры и распределенные энергетические решения для удаленных районов. Фокусировка на этих сегментах позволит стране выйти за рамки простого импортозамещения и в конечном итоге стать экспортером технологий из Центральной Азии.

Географическое положение является стратегическим преимуществом. Будучи узловым пунктом инициативы «Пояс и путь», Казахстан имеет все возможности для перехвата потока обмена между технологическими лидерами, такими как Китай и ЕС [12]. Такие платформы, как создаваемый Международный инновационный центр «Хан-Тенгри», призваны трансформировать эти потоки в прочные институциональные связи [13]. Логика заключается в том, чтобы обойти медленный органический рост и напрямую подключиться к зрелым глобальным цепочкам создания стоимости. Проект FUNCOAT в рамках программы ЕС «Горизонт 2020» [14]

стал успешным примером интеграции трансграничных НИОКР и ускорения передачи знаний для групп материаловедов в Казахстане.

Однако глобальная конкурентная среда является жесткой. Соединенные Штаты, Китай и Европейский союз занимают доминирующее положение на рынке и имеют высокие барьеры для входа, что вызывает опасения по поводу «технологической зависимости» страны - постоянной зависимости от импортных решений «черного ящика». Зависимость страны от импорта «черных ящиков» и неспособность развивать собственные права интеллектуальной собственности – это не только экономическая проблема. Эта зависимость является не только экономической проблемой, но и представляет собой стратегическую уязвимость, которая подвергает критически важную энергетическую инфраструктуру риску нестабильности международных цепочек поставок.

Кроме того, финансирование инноваций тесно связано с циклами цен на сырьевые товары. Волатильность цен на нефть мечом висит над бюджетным планированием: когда государственные доходы сокращаются, долгосрочные инвестиции в НИОКР часто становятся первой жертвой поддержания краткосрочной социальной стабильности. Эта нестабильность перетекает в корпоративный мир, где крупные энергетические компании во время экономического спада переходят в режим выживания, часто прекращая совместные пилотные проекты и прерывая непрерывность, необходимую для многолетних научных и технологических прорывов.

Чтобы перевести абстрактный SWOT-анализ в конкретные действия, требуется целенаправленная проверка. Мы сосредоточились на трех сценариях пилотного применения, выбранных не только с учетом их технологической зрелости, но и эффективного использования местных геологических ресурсов, таких как кремний и графит. Благодаря соответствию поставок отечественного сырья и наиболее актуальных «болевых точек» отрасли, а именно быстро снижающейся добычи сырой нефти и стареющей инфраструктуры, эти технологии предлагают наиболее жизнеспособный путь к немедленному промышленному применению.

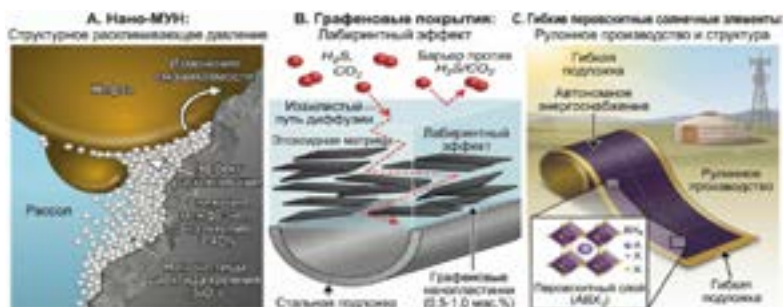


Рисунок 3 – Микроскопические механизмы и структуры высокоэффективных нанотехнологических приложений.

Рисунок 3. (А) Nano-EOR: SiO₂-наночастицы вызывают «эффект клина», снижая межфазное натяжение и изменяя смачиваемость. (В) Графен: «лабиринтный эффект» увеличивает диффузионный путь H₂S/CO₂ и замедляет коррозию. (С) Перовскит: масштабирование гибких модулей (roll-to-roll) на основе решётки ABX₃.

Технология нанофлюидов для повышения нефтеотдачи на зрелых нефтяных месторождениях. Основные нефтяные месторождения Казахстана находятся на грани истощения из-за снижения пластового давления, высокого содержания воды, вязкой сырой нефти и высокой температуры окружающей среды, а традиционные методы вторичной добычи и химического воздействия не работают из-за высокой температуры и высоких солевых условий. Наножидкости на основе диоксида кремния (SiO₂) способны сохранять коллоидную стабильность в высокосолевых средах, превышающих 80 °С, благодаря присущей им термостойкости [15]. Механизм действия в основном заключается в «расклинивающем эффекте», который изменяет смачиваемость породы, превращая смачиваемые нефтью поверхности в смачиваемые водой и снижая межфазное натяжение более чем на 40 % [16], а лабораторные испытания показали, что дополнительно может быть извлечено 5–10 % сырой нефти [17]. Богатые запасы кварцевого песка в Казахстане позволяют локализовать всю цепочку от сырья до готового продукта, что, как ожидается, увеличит коэффициент извлечения с нынешних 30–40 % до более 50 %. Следующим шагом должно стать пилотное полевое испытание в сотрудничестве с оператором для оптимизации стабильности флюида в соответствии с химическим составом местного пластового рассола.

Антикоррозионные покрытия с усиленным графеном для защиты трубопроводов. Трубопроводы в регионе Каспийского моря подвержены

сильной коррозии под воздействием H_2S , CO_2 и хлоридов, а обычные эпоксидные или полиэтиленовые покрытия склонны к растрескиванию и разрушению при сильных перепадах температур. Добавление небольшого количества графеновых наноллистов (0,5–1,0 масс. %) может сформировать зигзагообразную барьерную дорожку внутри покрытия, что значительно увеличивает время проникновения агрессивных сред [18]. Введение графена повышает механическую прочность и устойчивость покрытия к царапинам, а его проводящие свойства также позволяют проводить мониторинг состояния конструкции в режиме реального времени. В Казахстане есть графитовое сырье, которое может избавить его от зависимости от импортных добавок. Высокосернистая среда нефтяного месторождения Кашаган служит ключевым испытательным полигоном для проверки защитных свойств покрытий на таком оборудовании, как клапаны и теплообменники. Промышленность должна использовать преимущества канала сотрудничества «Пояс и путь» [12] для быстрого внедрения технологий диспергирования и применения графена, избегая дублирования исследований и разработок.

Гибкие перовскитные солнечные элементы для автономного энергоснабжения. Горнодобывающая и сельскохозяйственная промышленность в отдаленных районах Казахстана работает на дизельных генераторах, которые являются дорогостоящими и загрязняют окружающую среду. Обычные модули из кристаллического кремния громоздки, их трудно транспортировать, а при высоких летних температурах их эффективность сильно снижается. Эффективность перовскитных (ABX_3) ячеек превысила 26% [19], а их основное преимущество заключается в том, что они позволяют производить легкие и гибкие модули с помощью низкотемпературного процесса печати с рулона на рулон, с высоким отношением мощности к весу и отличными температурными коэффициентами, что делает их работу стабильной в условиях высоких температур. При слабой чувствительности к влаге технология инкапсуляции нового поколения значительно повысила долговечность. Местные исследования подтвердили, что гибкие перовскитные фотоэлектрические модули могут обеспечивать автономное питание для такого оборудования, как сельскохозяйственные водяные насосы [20]. Инвестиционный порог линии по производству перовскитных фотоэлектрических модулей гораздо ниже, чем у кристаллического кремния, что делает технологию подходящей для локализации производства. В ближайшем будущем пилотные проекты должны быть сосредоточены на сценариях с низким уровнем риска, таких как удаленные сенсорные сети и пограничные пункты мониторинга, чтобы проверить их надежность в экстремальных климатических условиях.

Стратегическая дорожная карта коммерциализации нанотехнологий. Эта дорожная карта разработана для систематического устранения барьеров, выявленных в ходе SWOT-анализа, и намеренно составлена таким образом, чтобы обойти традиционный путь опоры на крупные первоначальные инвестиции. На первом этапе приоритет отдается малозатратным и хорошо заметным пилотным проектам, позволяющим получить достоверные данные об эффективности и снизить риск, воспринимаемый частными инвесторами. На втором этапе эти пилотные проекты превращаются в платформы для промышленного сотрудничества, использующие совместный импульс инициативы «Пояс и путь». На третьем этапе создается инновационная экосистема в виде «тройной спирали» с тесным сотрудничеством между правительством, промышленностью и университетами. Рисунок 4 иллюстрирует этот путь трансформации от добычи ресурсов к созданию стоимости.



Рисунок 4 – Поэтапная стратегическая дорожная карта коммерциализации нанотехнологий (2025–2030+).

На этой схеме показан критически важный путь развития от пилотных проектов до зрелой экосистемы. Его суть заключается в продвижении трех этапов структурной эволюции посредством устойчивых реформ в области талантов и политики.

Первый этап (0–2 года) сосредоточен на создании основ и практической проверке. Основная задача – достичь финансовой «изоляции» путем установления законодательного минимального порога в размере не менее 0,2 % ВВП для расходов на НИОКР, тем самым обеспечив стабильные бюджетные гарантии для научных исследований. Одновременно с этим необходимо запустить целевые пилотные проекты (например, по наноулучшенной добыче и графеновым покрытиям) на существующих промышленных платформах (таких как инфраструктура KazMunayGas) для получения проверяемых данных

о местных показателях и укрепления доверия инвесторов. Что касается талантов, то следует немедленно запустить программу стипендий с быстрой реакцией, направляя основных исследователей на краткосрочные интенсивные стажировки в партнерские центры в Китае и ЕС для обеспечения быстрого импорта знаний и их внутреннего распространения.

Вторая фаза (2–5 лет) направлена на достижение систематической институционализации. На этом этапе успешный опыт пилотных проектов преобразуется в масштабируемую промышленную систему. Ключевой инициативой является создание Национального центра стандартов наноматериалов, соответствующего международным стандартам (ISO/TC 229), который будет выдавать «паспорт» для коммерциализации продукции и доступа к мировому рынку. Одновременно с этим государственно-частный консорциум создаст локализованные производственные линии для обеспечения цепочки поставок важнейших материалов (например, кремнезема, перовскита) от лаборатории до массового производства. Кроме того, инновационный центр «Хан-Тенгри» должен быть реализован от концепции до физического объекта, служа в качестве ключевой платформы для участия в инициативе «Пояс и путь», координации трансграничных НИОКР и привлечения международного венчурного капитала в местные стартапы [12; 13].

Третий этап (5+ лет) направлен на создание зрелой, самодостаточной инновационной экосистемы «тройной спирали». Университеты завершат свою трансформацию в предпринимательские учреждения, активно участвуя в коммерциализации патентов и инкубации через надежные офисы по трансферу технологий, тем самым превращая кампусы в питательную почву для стартапов. Стратегическое позиционирование страны должно измениться с чистого импортера технологий на регионального лидера по экспорту. Консолидировав свой опыт в Центральноазиатском центре нанотехнологий, она станет региональным центром экспорта высокотехнологичных энергетических продуктов, таких как решения для повышения нефтеотдачи и автономные солнечные технологии [15–17; 19]. В конечном итоге, промышленность должна принять на себя ответственность за циркулярную экономику, внедрив передовые системы охраны окружающей среды, здоровья и безопасности, уделяя приоритетное внимание зеленой химии и биоразлагаемым наноматериалам, чтобы обеспечить одновременный рост и устойчивость.

Выводы

Данное исследование позволяет сделать четкий диагноз: модернизация энергетического сектора Казахстана в настоящее время заторможена из-за сбоев «программного обеспечения». Хотя страна обладает необходимым «аппаратным обеспечением» – богатыми запасами сырья и высокой

политической волей – механизм коммерциализации не работает. Зависимость от линейных, доминируемых государством моделей НИОКР привела к образованию «узкого места», когда капитал не преобразуется в промышленный потенциал.

В нашей оценке выделены три конкретные нанотехнологии, выбранные не только из-за их научной новизны, но и из-за их точного соответствия местным операционным реалиям. Во-первых, нано-EOR определена как критически важная спасительная линия для стареющих промышленных зон, таких как Узень. Данные подтверждают, что наножидкости на основе кремнезема могут противостоять солености пластов, что позволяет раскрыть дополнительные 5–10 % запасов, эффективно продлевая срок службы основных доходных активов страны. Во-вторых, покрытия, армированные графеном, представляют собой необходимую эволюцию в области целостности активов. Локализация этого производства является наиболее жизнеспособным путем для смягчения агрессивной «кислой» коррозии, характерной для Каспийского бассейна. В-третьих, гибкие перовскитные солнечные элементы предлагают прорыв в области логистики. Их легкость и возможность печати делают их единственным масштабируемым решением для электрификации удаленных, не подключенных к сети территорий без непомерных затрат на расширение сети.

В конечном итоге, для реализации этого потенциала требуется фундаментальный переход от «расходов на науку» к «инвестициям в экосистемы». Предлагаемая дорожная карта «Тройной спирали» не является факультативной; она является структурным предварительным условием для преодоления «парадокса финансирования». Осуществляя поэтапный переход – проверяя пилотные проекты, внедряя стандарты и используя сети инициативы «Пояс и путь» (BRI), Республика Казахстан может избежать ловушки технологической зависимости, обеспечив себе позицию суверенного инноватора в глобальном энергетическом переходе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 BCC Research. Global Nanotechnology Market Poised to Reach \$183.7 Billion by 2028 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bccresearch.com/pressroom/nan/global-nanotechnology-market-poised-to-reach-1837-billion-by-2028> (Дата обращения: 29.12.2025).

2 Республика Казахстан. Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 марта 2023 года № 248 «Об утверждении Концепции развития высшего образования и науки в Республике Казахстан на 2023–2029

Торайгыров университетінің Хабаршысы, ISSN 2710-3552 Экономикалық серия. № 2. 2026
годы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2300000248> (Дата обращения: 29.12.2025).

3 Бюро национальной статистики Республики Казахстан. Наука и инновационная деятельность Казахстана. 2019–2023. Статистический сборник. Астана, 2024 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://stat.gov.kz/publication/collections/?year=&name=16307&period=> (Дата обращения: 29.12.2025).

4 World Bank. Research and development expenditure (% of GDP) – Kazakhstan [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?locations=KZ> (Дата обращения: 29.12.2025).

5 UNECE. Energy policy brief: Kazakhstan [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://unece.org/sites/default/files/2024-09/kazakhstans-policy-brief%20\(7\).pdf](https://unece.org/sites/default/files/2024-09/kazakhstans-policy-brief%20(7).pdf) (Дата обращения: 29.12.2025).

6 UNCTAD. Kazakhstan’s energy sector for green transitioning (Project Paper No. 23) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://unctad.org/system/files/information-document/unda2030d23-kazakhstan-energy-sector_en.pdf (Дата обращения: 29.12.2025).

7 **Kline, S. J., Rosenberg, N.** An overview of innovation [Text] // The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth / Ed. by R. Landau, N. Rosenberg. – Washington, DC: National Academy Press, 1986. – P. 275–305.

8 **Chesbrough, H. W.** Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology [Text]. – Boston : Harvard Business School Press, 2003.

9 **Chesbrough, H. W., Crowther, A. K.** Beyond high-tech: Early adopters of open innovation in low-tech industries [Text] // R&D Management. – 2006. – Vol. 36. – No. 3. – P. 229–236. – <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2006.00428.x>

10 **Etzkowitz, H., Leydesdorff, L.** The dynamics of innovation: From national systems and «Mode 2» to a Triple Helix of university–industry–government relations [Text] // Research Policy. – 2000. – Vol. 29. – No. 2. – P. 109–123. – [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4)

11 **Sokolov, D., Korshikov, E., Nurmukan, A., Yerezhep, D.** Optical studies of thin films of cryocondensed mixtures of water with carbon dioxide [Text] // Journal of Energy, Mechanical Engineering and Transport. – 2024. – Vol. 1. – № 2. – P. 26–31. – <https://doi.org/10.51301/jemet.2024.i2.05>

12 **Liu, W.** Inclusive globalization: New philosophy of China’s Belt and Road Initiative [Text] // Bulletin of Chinese Academy of Sciences. – 2017. – Vol. 32. – № 4. – P. 331–339. – <https://doi.org/10.16418/j.issn.1000-3045.2017.04.001>

13 **Sakenova, S.** Kazakhstan opens innovation hub in Shanghai to boost tech ties with China [Электронный ресурс] // The Astana Times. – 2025. – Режим

доступа: <https://astanatimes.com/2025/07/kazakhstan-opens-innovation-hub-in-shanghai-to-boost-tech-ties-with-china/> (Дата обращения: 29.12.2025).

14 European Commission. Development and design of novel multiFUNctional PEO COATings (FUNCOAT) (Horizon 2020 Project No. 823942) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cordis.europa.eu/project/id/823942> (Дата обращения: 29.12.2025).

15 **Hadia, N. J., Ng, Y. H., Stubbs, L. P., Torsæter, O.** High Salinity and High Temperature Stable Colloidal Silica Nanoparticles with Wettability Alteration Ability for EOR Applications [Text] // *Nanomaterials*. – 2021. – Vol. 11. – № 3. – Art. 707. – <https://doi.org/10.3390/nano11030707>

16 **Hosny, R., Zahran, A., Abotaleb, A., Ramzi, M., Mubarak, M. F., Zayed, M. A., El Shahawy, A., Hussein, M. F.** Nanotechnology Impact on Chemical-Enhanced Oil Recovery: A Review and Bibliometric Analysis of Recent Developments [Text] // *ACS Omega*. – 2023. – Vol. 8. – № 49. – P. 46325–46345. – <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c06206>

17 **Mansouri Zadeh, M., Amiri, F., Hossemi, S., Ghamarpoor, R.** Synthesis of colloidal silica nanofluid and assessment of its impact on interfacial tension (IFT) and wettability for enhanced oil recovery (EOR) [Text] // *Scientific Reports*. – 2024. – Vol. 14. – Art. 325. – <https://doi.org/10.1038/s41598-023-51038-8>

18 **Aman, M. M., Mohammed, B. S., Al-Yacouby, A. M.** Hydrogen permeation resistance of PVDF–graphene nanocomposite coatings for metallic pipelines [Text] // *Polymers*. – 2025. – Vol. 17. – № 16. – Art. 2262. – <https://doi.org/10.3390/polym17162262>

19 **Nawaz, M. H., Mai, T.-H., Seok, S. I. I., Chuang, F.-C., Pham, P. V., Park, N.-G.** Flexible perovskite solar cells: advancements in materials, fabrication techniques, and future prospects [Text] // *Nano Convergence*. – 2025. – Vol. 12. – Art. 58. – <https://doi.org/10.1186/s40580-025-00524-y>

20 **Matalipova, U., Bekbaev, A.** A water pump powered by hybrid solar and wind energy [Text] // *Journal of Energy, Mechanical Engineering and Transport*. – 2024. – Vol. 1. – № 2. – P. 32–36. – <https://doi.org/10.51301/jemet.2024.i2.06>

REFERENCES

1 BCC Research. Global Nanotechnology Market Poised to Reach \$183.7 Billion by 2028, According to BCC Research Analysis [Electronic resource]. – URL: <https://www.bccresearch.com/pressroom/nan/global-nanotechnology-market-poised-to-reach-1837-billion-by-2028> (Accessed: 29.12.2025).

2 Pravitel'stvo Respubliki Kazakhstan. Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Kazakhstan ot 28 marta 2023 goda № 248 «Ob utverzhdenii Konceptii razvitiia

vysshego obrazovaniâ i nauki v Respublike Kazakhstan na 2023–2029 gody» [Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan No. 248 of March 28, 2023 «On approving the Concept for the Development of Higher Education and Science in the Republic of Kazakhstan for 2023–2029»] [Electronic resource]. – Adilet Legal Information System, 2023. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2300000248> (Accessed: 29.12.2025).

3 Бұро nacional'noj statistiki Respubliki Kazakhstan. Nauka i innovacionnaâ dejatel'nost' Kazakhstana. 2019–2023. Statističeskij sbornik [Science and innovation activity of Kazakhstan. 2019–2023. Statistical compilation] [Electronic resource]. – Astana, 2024. – URL: <https://stat.gov.kz/publication/collections/?name=16307&period=&year=> (Accessed: 29.12.2025).

4 World Bank. Research and development expenditure (% of GDP) – Kazakhstan [Electronic resource]. – URL: <https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?locations=KZ> (Accessed: 29.12.2025).

5 United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). Energy policy brief: Kazakhstan [Electronic resource]. – UNECE, 2024. – URL: [https://unece.org/sites/default/files/2024-09/kazakhstans-policy-brief%20\(7\).pdf](https://unece.org/sites/default/files/2024-09/kazakhstans-policy-brief%20(7).pdf) (Accessed: 29.12.2025).

6 United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). Kazakhstan's energy sector for green transitioning (Project Paper No. 23) [Electronic resource]. – UNCTAD, 2024. – URL: https://unctad.org/system/files/information-document/unda2030d23-kazakhstan-energy-sector_en.pdf (Accessed: 29.12.2025).

7 **Kline, S. J., Rosenberg, N.** An overview of innovation [Text] // The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth / Ed. by R. Landau, N. Rosenberg. – Washington, DC : National Academy Press, 1986. – P. 275–305.

8 **Chesbrough, H. W.** Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology [Text]. – Boston : Harvard Business School Press, 2003.

9 **Chesbrough, H. W., Crowther, A. K.** Beyond high-tech: Early adopters of open innovation in low-tech industries [Text] // R&D Management. – 2006. – Vol. 36. – No. 3. – P. 229–236. – <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2006.00428.x>.

10 **Etzkowitz, H., Leydesdorff, L.** The dynamics of innovation: From national systems and «Mode 2» to a Triple Helix of university–industry–government relations [Text] // Research Policy. – 2000. – Vol. 29. – № 2. – P. 109–123. – [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4) (Accessed: 29.12.2025).

11 **Sokolov, D., Korshikov, E., Nurmukan, A., Yerezhep, D.** Optical studies of thin films of cryocondensed mixtures of water with carbon dioxide [Text] // Journal of Energy, Mechanical Engineering and Transport. – 2024. – Vol. 1. –

№ 2. – P. 26–31. – <https://doi.org/10.51301/jemet.2024.i2.05> (Accessed: 29.12.2025)

12 **Liu, W.** Inclusive globalization: New philosophy of China's Belt and Road Initiative [Text] // Bulletin of Chinese Academy of Sciences. – 2017. – Vol. 32. – No. 4. – P. 331–339. – <https://doi.org/10.16418/j.issn.1000-3045.2017.04.001> (Accessed: 29.12.2025).

13 **Sakenova, S.** Kazakhstan opens innovation hub in Shanghai to boost tech ties with China [Electronic resource]. – The Astana Times, 2025. – URL: <https://astanatimes.com/2025/07/kazakhstan-opens-innovation-hub-in-shanghai-to-boost-tech-ties-with-china/> (Accessed: 29.12.2025).

14 European Commission. Development and design of novel multiFUNctional PEO COATings (FUNCOAT) (Grant agreement ID: 823942) [Electronic resource]. – CORDIS. – URL: <https://cordis.europa.eu/project/id/823942> (Accessed: 29.12.2025).

15 **Hadia, N. J., Ng, Y. H., Stubbs, L. P., Torsæter, O.** High Salinity and High Temperature Stable Colloidal Silica Nanoparticles with Wettability Alteration Ability for EOR Applications [Text] // Nanomaterials. – 2021. – Vol. 11. – № 3. – Art. 707. – <https://doi.org/10.3390/nano11030707> (Accessed: 29.12.2025).

16 **Hosny, R., Zahran, A., Abotaleb, A., Ramzi, M., Mubarak, M. F., Zayed, M. A., El Shahawy, A., Hussein, M. F.** Nanotechnology Impact on Chemical-Enhanced Oil Recovery: A Review and Bibliometric Analysis of Recent Developments [Text] // ACS Omega. – 2023. – Vol. 8. – № 49. – P. 46325–46345. – <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c06206> (Accessed: 29.12.2025).

17 **Mansouri Zadeh, M., Amiri, F., Hosseni, S., Ghamarpoor, R.** Synthesis of colloidal silica nanofluid and assessment of its impact on interfacial tension (IFT) and wettability for enhanced oil recovery (EOR) [Text] // Scientific Reports. – 2024. – Vol. 14. – Art. 325. – <https://doi.org/10.1038/s41598-023-51038-8> (Accessed: 29.12.2025).

18 **Aman, M. M., Mohammed, B. S., Al-Yacoubi, A. M.** Hydrogen permeation resistance of PVDF–graphene nanocomposite coatings for metallic pipelines [Text] // Polymers. – 2025. – Vol. 17. – № 16. – Art. 2262. – <https://doi.org/10.3390/polym17162262> (Accessed: 29.12.2025).

19 **Nawaz, M. H., Mai, T.-H., Seok, S. I. I., Chuang, F.-C., Pham, P. V., Park, N.-G.** Flexible perovskite solar cells: advancements in materials, fabrication techniques, and future prospects [Text] // Nano Convergence. – 2025. – Vol. 12. – Art. 58. – <https://doi.org/10.1186/s40580-025-00524-y> (Accessed: 29.12.2025).

20 **Matalipova, U., Bekbaev, A.** A water pump powered by hybrid solar and wind energy [Text] // Journal of Energy, Mechanical Engineering and Transport.

Поступило в редакцию 30.12.25.

Поступило с исправлениями 12.02.26.

Принято в печать 16.04.26.

*Я. Ван¹, Б. Е. Алпысбаева²

^{1,2}Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,

Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

30.12.25 ж. баспаға түсті.

12.02.26 ж. түзетулерімен түсті.

16.04.26 ж. басып шығаруға қабылданды.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ СЕКТОРЫНДА НАНОТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ КОММЕРЦИЯЛАНДЫРУ: SWOT-ТАЛДАУ ЖӘНЕ СТРАТЕГИЯЛЫҚ ЖОЛ КАРТАСЫ

Бұл зерттеу Қазақстан Республикасындағы энергетика саласын жаңғырту процесінде нанотехнологияларды коммерцияландыру перспективаларын зерттеуге бағытталған. Қазақстан Республикасының ресурстарға тәуелді экономикадан білімге негізделген экономикаға өтуінің аса маңызды қажеттілігін ескере отырып, бұл зерттеу ұлттық статистикалық деректерге сүйене отырып, Triple Helix инновациялық моделі мен ашық инновация теориясын қолдана отырып, қазіргі инновациялық экожүйенің терең SWOT-талдауын жүргізеді. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, мемлекеттік саясаттың мықты қолдауына және қварц пен графит сияқты шикізат қорларының молдығына қарамастан, ғылым мен техниканы дамытуға инвестициялар ЖІӨ-нің небәрі 0,14 %-ын құрайды – бұл айқын түрде жеткіліксіз деңгей. Сонымен қатар, академия мен өнеркәсіп арасындағы әлсіз байланыстар технологиялық таралымдылықты және практикалық қолдануды айтарлықтай шектейді. Осы шектеулерді еңсеру үшін зерттеу жақын мерзімде коммерцияландыру әлеуеті бар үш технологиялық бағытты ұсынады: біріншіден, жетілген мұнай кен орындарында қалпына келтіру көрсеткішін арттыру және өндірудің төмендеуін азайту үшін кремний негізіндегі нанофлюидтерді қолдану; екіншіден,

жоғары коррозиялық ортада мұнай-газ инфрақұрылымының қызмет ету мерзімін ұзарту үшін графенмен күшейтілген коррозияға қарсы жабындарды пайдалану; үшіншіден, шалғай, желіден тыс аймақтарға тиімді, автономды энергия шешімдерін қамтамасыз ету үшін икемді перовскитті фотозлектрлік элементтерін енгізу. Осыған сәйкес, мақала «Белдеу және жол» бастамасы аясында технологиялық ынтымақтастық мүмкіндіктерін пайдалануды ұсынатын кезеңдік стратегиялық жол картасын ұсынады. Оған мықты техникалық стандарттар жүйесін құру және орталықтандырылмаған демонстрациялық жобаларды тұрақты инновациялық экожүйелерге интеграциялауды ілгерілету кіреді. Мұндай шаралар Қазақстан Республикасының энергетика саласын жоғары технологиялық дамуға және тұрақты өркендеуге жетелейді.

Кілтті сөздер: нанотехнологияларды коммерцияландыру, энергетикалық сектор, SWOT-талдау, мұнай бергіштігін арттыру, графенді жабындар, перовскитті күн элементтері, ашық инновациялар, Қазақстан Республикасы.

*Y. Wang¹, B. E. Alpysbayeva²

^{1,2}Al-Farabi Kazakh National University,
Republic of Kazakhstan, Almaty.

Received 30. 12.25.

Received in revised form 12.02.26.

Accepted for publication 16.04.26.

COMMERCIALIZATION OF NANOTECHNOLOGIES IN THE ENERGY SECTOR OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN: SWOT ANALYSIS AND STRATEGIC ROADMAP

The present study is devoted to exploring the prospects for the commercialization of nanotechnology in the process of modernization of the energy sector in the Republic of Kazakhstan. In view of the urgent need to transform the Republic of Kazakhstan from a resource-dependent to a knowledge-based economy, the study provides an in-depth SWOT analysis of the existing innovation ecosystem in the context of national statistical data and through the Triple Helix model of innovation and open innovation theory. The study finds that despite the strong support of national policies and abundant reserves of raw materials such as quartz and graphite, the investment in R&D accounts for only 0.14% of GDP, which

is obviously insufficient; and the weak connection between academia and industry seriously restricts the popularization and practical application of technologies. To break through these constraints, the study proposes three technological directions with near-term commercialization potential: first, the use of silica-based nanofluids to enhance the recovery rate of old oilfields to mitigate production declines; second, the use of corrosion-resistant coatings reinforced with graphene to prolong the service life of oil and gas infrastructures in highly corrosive environments; and third, the introduction of flexible perovskite solar cells to provide highly efficient autonomous energy solutions for remote areas not connected to the power grid. Based on this, the paper proposes a strategic roadmap for phased implementation, suggesting that the opportunities for technical cooperation under the Belt and Road Initiative should be utilized to establish a reliable system of technical standards and to promote the integration of decentralized demonstration projects into the sustainable innovation ecosystem. This will help the energy sector of the Republic of Kazakhstan to move towards high-tech and sustainable development.

Keywords: commercialization of nanotechnology, energy sector, SWOT analysis, enhanced oil recovery, graphene coatings, perovskite solar cells, open innovation, Republic of Kazakhstan.

Теруге 10.06.2026 ж. жіберілді. Басуға 30.06.2026 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

4,71 Mb RAM

Шартты баспа табағы 46,5

Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: З. С. Исакова

Корректоры: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 4567

Сдано в набор 10.06.2026 г. Подписано в печать 30.06.2026 г.

Электронное издание

4,71 Mb RAM

Усл.п.л. 46,5 Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: З. С. Исакова

Корректорлар: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4567

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

8 (7182) 67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik.tou.edu.kz

www.vestnik-economic.tou.edu.kz