

**ОЦЕНКА ПУТЕЙ ДОСТИЖЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА СЫРЬЯ**DOI: <https://doi.org/10.24891/raontw>EDN: <https://elibrary.ru/raontw>**БАЙ Ижась**

ответственный автор, аспирантка факультета государственного управления, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация

e-mail: [fastyiran@gmail.com](mailto:fastyiran@gmail.com)

ORCID: 0000-0003-1695-4776

SPIN: 3355-3642

**Владимир Владимирович ФАСТОВИЧ**

аспирант факультета государственного управления, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация

e-mail: [yanfengkang@gmail.com](mailto:yanfengkang@gmail.com)

ORCID: 0009-0000-9104-2078

SPIN: отсутствует

**История статьи:**

Рег. № 98/2025

Получена 20.02.2025

Одобрена 08.05.2025

Доступна онлайн

15.07.2025

**Специальность:** 5.2.3**УДК** 338.012**JEL:** L71, O32**Ключевые слова:**

математическое моделирование, устойчивое развитие нефтегазовой отрасли, нефтегазовое развитие, водородная энергетика, Китай

**Аннотация****Предмет.** Обеспечение устойчивости нефтегазовой отрасли в государствах, испытывающих дефицит собственных нефтегазовых ресурсов.**Цели.** Исследование оптимальных перспектив устойчивого развития нефтегазовой отрасли Китая, испытывающего дефицит сырья на 10-летнем горизонте планирования.**Методология.** Для оценки перспектив устойчивого развития в нефтегазовой отрасли применялся такой метод математического моделирования, как решающие матрицы Поспелова, для выявления наиболее перспективных путей достижения Правительством Китая устойчивого развития нефтегазовой отрасли с учетом выявленных проблем.**Результаты.** Выявлены перспективные направления устойчивого развития нефтегазовой отрасли на ближайшее десятилетие. С использованием многокритериальной экономико-математической модели спрогнозированы потенциальные последствия и технико-экономическая целесообразность этих направлений. На основе комплексного анализа результатов сформулированы рекомендации по обеспечению устойчивого развития.**Выводы.** Один из прогнозов устойчивого развития нефтегазовой отрасли на ближайшие 10 лет заключается в том, что традиционная нефтегазовая отрасль во взаимодействии с исследовательскими институтами по новым источникам энергии будет развивать разработку и использование новых энергетических технологий. Это позволит повысить эффективность использования энергии, улучшить производительность и снизить производственные затраты. Кроме того, внедрение технологий улавливания и использования углерода поможет сократить выбросы вредных соединений в окружающую среду.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2025

**Для цитирования:** Бай Ижась, Фастович В.В. Оценка путей достижения устойчивого развития нефтегазовой отрасли в условиях дефицита сырья // Экономический анализ: теория и практика. – 2025. – № 7. – С. 39 – 56. DOI: 10.24891/raontw EDN: RAONTW

Математическое моделирование помогает промышленным предприятиям создавать эффективные механизмы распределения ресурсов в нестабильных рыночных условиях [1]. С помощью математического моделирования мы сможем понять практические проблемы яснее и найти наилучший метод для решения проблемы. Создание точной математической модели для прогнозирования лучшего направления трансформации нефтегазовой отрасли в стране с нехваткой нефти на следующие десять лет связано со многими предположениями и неопределенностями и требует учета множества сложных факторов. Тем не менее возможно построение концептуальной модели многокритериальной оптимизации, которая позволит оценить потенциальную ценность различных энергетических проектов и определить комбинацию проектов, способную максимизировать ключевые показатели при заданных ограничениях<sup>1</sup>. Китай в силу масштаба экономики и ограниченности нефтегазовых ресурсов становится наиболее показательным объектом для исследования. Из-за поступательного роста экономики потребность Китая в нефти быстро увеличивается<sup>2</sup>. Вместе с тем отчетливо проявились некоторые проблемы в сфере добычи и разработки нефти. Например, в Китае имеется дефицит нефтяного сырья, отмечается необходимость повышения эффективности нефтегазового производства наряду с решением проблем, связанных с загрязнением окружающей среды, возникающим в процессе добычи и переработки углеводородов. Поэтому цель исследования – проанализировать перспективы устойчивого развития нефтегазовой отрасли в странах с дефицитом сырья на десятилетний период.

*Этап 1. Выявление ключевых проблем в нефтегазовой отрасли Китая.* На подготовительном этапе требуется определить общее положение нефтяной промышленности в Китае, проблемы, которые существуют в импорте, добыче и разработке нефти, чтобы однозначно сформулировать свою задачу и цели. Страна занимает первое место по использованию энергоресурсов и является вторым по величине импортером нефти после США. Запасы нефти на территории Китая уже не могут удовлетворить потребности населения и компаний, в 2024 г. зависимость от импорта составляла 71,9% [2]. Поэтому китайские компании стремятся получить возможность доступа к сырьевым проектам по всему миру и повысить эффективность добычи и разработки нефти. Важно отметить, что представленный в статье опыт оценки путей достижения устойчивого развития нефтегазовой отрасли может быть применен не только к Китаю, на примере которого произведены расчеты, но и к любой отрасли в любой стране, что отражает перспективность применения данного алгоритма оценки для соответствующих исследований.

Нефтегазовая отрасль Китая имеет следующие проблемы в добыче и потреблении сырья: мировые цены на нефть сильно колеблются, а эксплуатация стратегического ресурса нефти становится все более сложной, что не способствует разработке национальной стратегии; запасы сырой нефти ограничены и ее добыча трудна; добыча и разработка нефти в Китае неэффективны; экологические проблемы.

*Этап 2. Сущность метода решающих матриц Поспелова.* Метод решающих матриц Поспелова подразумевает определение наиболее значимых параметров для достижения поставленной цели через попарное сравнение параметров. В нашем исследовании результаты сопоставления параметров по степени значимости представляются в виде мат-

---

<sup>1</sup> Алиев С.Я. Математическое моделирование в производственно-технологической сфере // Материалы Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям. Т. 1. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2019. С. 374–377.

<sup>2</sup> Reuters: спрос на нефтепродукты в Китае достиг пика в 2023 г.  
URL: <https://expert.ru/news/reuters-spros-na-nefteprodukty-v-kitae-dostig-pika-v-2023-g/>

рицы для удобства дальнейших вычислений, что позволяет перевести исследование из плоскости качественного анализа в количественный. Нами представлен следующий алгоритм применения метода решающих матриц Поспелова:

- по 10-балльной шкале оценивается важность каждого параметра по сравнению с каждым – от 1/10 до 10, где 10 – значительно важнее, 1 – одинаково важно, 1/10 – в десять раз менее важно;
- для объектов (например, А, В и С) определяется, насколько А1 важнее, чем А2 и так далее, затем, насколько для А1 важнее В1, чем В2 и так далее, после, насколько для В1 важнее С1, чем С2 и так далее. Полученные таким образом три матрицы перемножаются в итоговую нормированную матрицу, демонстрирующую степень значимости С для А.

При этом наиболее значимые критерии в условиях ограниченности ресурсов, к которым относится, в частности, дефицит сырья и перечисленные ранее проблемы, представляют собой направления для дальнейших исследований.

*Этап 3. Анализ значимости выявленных факторов достижения устойчивого развития нефтегазовой отрасли Китая в условиях дефицита сырья методом решающих матриц Поспелова.* На данном этапе нужно определить, какие направления развития должны иметь высший приоритет для Правительства Китая, чтобы приблизиться к устойчивому развитию рассматриваемой отрасли.

*Этап 3.1. Обоснование для сопоставления факторов в матрице Х.* Введем для рассматриваемых факторов соответствующие обозначения (табл. 1):

- М – международное сотрудничество в области нефтегазовых закупок-поставок, политики и экономики;
- Э – эффективная разработка собственных нефтегазовых месторождений;
- Р – разработка альтернативных видов энергии: водородная, ветряная, солнечная, геотермальная, ядерная т.д.;
- С – создание экологически безопасной среды.

Получаем матрицу Х:

$$X = \begin{pmatrix} 0,25 \\ 0,5 \\ 0,125 \\ 0,125 \end{pmatrix}.$$

Таким образом, получаем следующее ранжирование факторов по степени значимости для устойчивого развития рассматриваемой отрасли:

- 1) эффективная разработка собственных нефтегазовых месторождений;
- 2) международное сотрудничество в области нефтегазовых закупок-поставок, политики и экономики;
- 3) разработка альтернативных видов энергии: водородная, ветряная, солнечная, геотермальная, ядерная и так далее и создание экологически безопасной среды.

*Этап 3.2. Обоснование для сопоставления факторов в матрице А. Сопоставление значимости факторов для цели решения проблемы дефицита нефтегазового сырья в нефтеперерабатывающей отрасли.* На данном этапе исследования проанализируем, какие министерства и департаменты правительства должны стать опорой в работе по совершенствованию нефтяной отрасли. По нашему мнению, в рамках решения данного вопроса существует шесть конкретных предположений по решению проблем (факторов), стоящих перед нефтегазовой отраслью Китая.

Фактор 1. Сотрудничество с нефтяными месторождениями, которые отстали, но богаты запасами нефти, чтобы предоставить китайским предприятиям технологии и капитал для совместного использования этих месторождений с местными нефтяными месторождениями.

Фактор 2. Сотрудничество с центральноазиатскими нефтяными странами через инициативу «Один пояс – один путь».

Фактор 3. Использование передовых технологий добычи (например, стратифицированное производство) для разработки нефтегазовых месторождений Южно-Китайского моря, которые имеют огромные запасы, но их сложно разрабатывать.

Фактор 4. Развитие интеграции традиционной и новой энергетики, развитие водородной и других новых видов энергии по модели «нефть и газ + новая энергетика», а также развитие технологий CCUS для сокращения выбросов углерода.

Фактор 5. Учреждение должно установить основные направления местных основных экологических показателей (например, качество подземных вод, качество поверхностных вод, качество воздуха и т.д.). До начала деятельности по развитию необходимо постоянно контролировать их во время разработки.

Фактор 6. Промышленные твердые отходы и безвредная скорость обработки нефтяных и газовых месторождений должны достигать 100%.

Определим значимость каждого предположения (фактора) для достижения целей посредством математического моделирования (табл. 2), в результате получим матрицу А:

$$A = \begin{bmatrix} 0,04 & 0,43 & 0,43 & 0,09 \\ 0,13 & 0,29 & 0,29 & 0,29 \\ 0,57 & 0,11 & 0,18 & 0,1 \\ 0,41 & 0,41 & 0,08 & 0,1 \\ 0,47 & 0,23 & 0,23 & 0,07 \\ 0,24 & 0,24 & 0,47 & 0,05 \end{bmatrix}.$$

*Этап 3.3. Матрица В. Значимость государственных органов, оказывающих влияние на нефтегазовую сферу через законотворчество и курирование деятельности организаций этой сферы, необходимые для приближения к устойчивому развитию нефтегазовой сферы Китая в рамках настоящего исследования.* Для реализации этих разработок министерствам/департаментам Китая тоже нужно участвовать в работе по совершенствованию нефтяной отрасли. Такими министерствами являются: министерство энергетики, министерство иностранных дел, министерство торговли, министерство охраны окружающей среды, министерство развития и реформ. Рассмотрим полномочия и

результаты контроля рассматриваемой отрасли за последние годы для определения степени важности каждого министерства/департамента.

*Министерство энергетики.* За последние три года министерство опубликовало ряд важных законодательных актов и положений, касающихся нефтегазовой отрасли. Вот ключевые моменты.

В 2024 г. министерство определило основные принципы в энергетической сфере: приоритет обеспечению национальной энергетической безопасности, активное и решительное продвижение зеленого и низкоуглеродного энергетического перехода, использование научно-технического инновационного развития для укрепления новых движущих сил роста, глубокая реформа и открытость для стимулирования развития.

Основные цели: укрепление способности обеспечивать энергоснабжение; постоянная оптимизация энергетической структуры; усиление безопасности ископаемых источников энергии; повышение региональной координации по обеспечению безопасности; комплексные меры для увеличения доли нетрадиционных источников энергии, оптимизация и совершенствование политики развития отрасли с ориентацией на зеленое развитие энергетики и постоянное совершенствование системы политики зеленого и низкоуглеродного перехода; содействие инновациям в энергетических технологиях; создание и совершенствование энергетического законодательства, усиление регулирования энергетического рынка; развитие международного сотрудничества в энергетике.

Закон об энергетике требует увеличения разведки и добычи нефти и газа на суше и на море для повышения внутренней энергетической безопасности; поощряется масштабная разработка нетрадиционных ресурсов, таких как сланцевый газ и метан угольных пластов; предусматривается создание единого национального рынка торговли энергоресурсами, включая нефть и газ; устанавливается механизм формирования рыночных цен на энергоресурсы<sup>3</sup>. Новое законодательство оказывает значительное влияние на нефтегазовый сектор Китая: стимулирует увеличение внутренней добычи нефти и газа для повышения энергетической безопасности; способствует развитию рыночных механизмов и конкуренции в отрасли; усиливает надзор и регулирование, особенно в сфере ценообразования и безопасности; поощряет инновации и технологическое развитие в нефтегазовом секторе<sup>4</sup>. Новое законодательство направлено на модернизацию нефтегазовой отрасли, повышение ее эффективности и обеспечение энергобезопасности страны в долгосрочной перспективе.

*Министерство иностранных дел.* Китай активно развивает энергетическую дипломатию для обеспечения стабильных поставок нефти и газа из-за рубежа. Можно выделить несколько ключевых аспектов роли МИД Китая в развитии нефтегазовой отрасли:

- поддержка энергетической дипломатии, МИД Китая активно поддерживает энергетическую дипломатию страны, направленную на обеспечение стабильных поставок нефти и газа из-за рубежа [3]. Это включает развитие двусторонних и многосторонних отношений с богатыми энергоресурсами странами;

<sup>3</sup> 章建华. 全面贯彻实施能源法 推动能源法治再上新台阶 URL: [https://www.nea.gov.cn/2024-11/27/c\\_1310787369.htm](https://www.nea.gov.cn/2024-11/27/c_1310787369.htm) (Чжан Цзяньхуа. Всесторонне реализовать Закон об энергетике и вывести верховенство права в энергетике на новый уровень // Жэньминь жибао. 2024. № 11).

<sup>4</sup> 李超. 浅析《能源法》出台对天然气行业的影响. URL: <https://www.chinacqpgx.com/nbnews/shownews?id=12703> (Ли Чао. Краткий анализ влияния Закона об энергетике на газовую промышленность. Чунцинский центр торговли нефтью и природным газом. 2024 г.).

- создание благоприятной среды для инвестиций. Министерство работает над созданием благоприятных условий для инвестиций китайских нефтяных компаний в зарубежные проекты;
- дипломатическая поддержка. В случае международных конфликтов или санкций, затрагивающих интересы китайских нефтегазовых компаний МИД Китая оказывает дипломатическую поддержку.

Таким образом, роль МИД Китая в развитии нефтегазовой отрасли в основном заключается в дипломатической поддержке, создании благоприятных условий для международного сотрудничества и инвестиций, а также в продвижении энергетических интересов Китая на глобальном уровне.

*Министерство торговли Китая.* Можно выделить несколько ключевых аспектов роли министерства в нефтегазовой отрасли страны:

- регулирование импорта нефти. Минторг Китая играет важную роль в управлении импортом нефти в Китай. В частности, министерство выдает разрешения на импорт нефти для негосударственных компаний, устанавливает квоты на импорт нефти для частных предприятий;
- либерализация рынка. Минторг постепенно открывает нефтегазовый рынок для частных компаний;
- реформирование рынка нефтепродуктов. В 2020 г. министерство отменило меры по управлению рынком нефтепродуктов и меры по управлению рынком сырой нефти, что способствовало дальнейшей либерализации деятельности по продаже, оптовой торговле и хранению сырой нефти и нефтепродуктов;
- содействие развитию торговых центров. Министерство работает над созданием многоуровневого рынка торговли нефтью, включая спотовый, форвардный и фьючерсный рынки, для повышения влияния Китая на ценообразование нефти;
- поддержка энергетической безопасности. Минторг участвует в реализации государственной политики по обеспечению энергетической безопасности, в том числе путем диверсификации источников импорта нефти и газа.

Таким образом, министерство играет важную роль в регулировании, либерализации и развитии нефтегазовой отрасли страны, способствуя ее открытости, конкурентоспособности и энергетической безопасности.

*Министерство экологии и окружающей среды.* Министерство играет важную роль в регулировании и контроле нефтегазовой отрасли страны. Основные аспекты его деятельности включают:

- нормативно-правовое регулирование. Разработка и внедрение экологических стандартов и норм для нефтегазовой отрасли, совершенствование системы оценки воздействия на окружающую среду, включая стратегическую экологическую оценку, оценку планирования и динамическую оценку проектов разведки, транспортировки, хранения и распределения нефти и газа [4];
- контроль и мониторинг. Усиление контроля за всем процессом разработки нефти и газа на этапах до, во время и после реализации проектов. Требование к компаниям проводить постоянный мониторинг ключевых экологических показателей (качество под-

земных и поверхностных вод, качество воздуха и т.д.). Оценка долгосрочных экологических рисков после завершения нефтегазовых проектов;

- регулирование выбросов метана;
- экологическое управление. Внедрение механизма экологического управления в нефтегазовой промышленности. Разделение районов нефтяных месторождений на запрещенные для разработки, с ограниченной разработкой и разрешенные для разработки зоны в соответствии с требованиями охраны окружающей среды [5];
- совершенствование законодательства. В декабре 2019 г. министерство выпустило уведомление о дальнейшем усилении управления оценкой воздействия на окружающую среду в нефтегазовой отрасли;
- поощрение нефтегазовых компаний к одновременной разработке отчетов об оценке воздействия на окружающую среду при составлении внутренних планов разработки нефти и газа.

Таким образом, министерство играет ключевую роль в обеспечении экологической безопасности и устойчивого развития нефтегазовой отрасли страны.

*Министерство развития и реформ.* Основные аспекты деятельности министерства:

- стратегическое планирование и регулирование (разработка и реализация политики и законодательства в нефтегазовой отрасли; формирование стратегий развития отрасли, включая пятилетние планы и долгосрочные стратегии; координация деятельности различных государственных органов в сфере управления нефтегазовым сектором);
- ценовое регулирование (управление ценообразованием на природный газ, включая регулирование цен на входе в систему и тарифов на транспортировку по магистральным трубопроводам; проведение реформы ценообразования в отрасли, направленной на либерализацию рынка и повышение эффективности распределения ресурсов);
- развитие инфраструктуры (разработка правил строительства и эксплуатации объектов нефтегазовой инфраструктуры; содействие справедливому доступу к инфраструктуре для различных участников рынка);
- управление использованием природного газа (издание и обновление «Политики использования природного газа», определяющей приоритетные направления его применения; разработка мер по повышению эффективности использования природного газа и обеспечению стабильности поставок);
- реформирование отрасли (иницирование и проведение реформ в нефтегазовом секторе, направленных на повышение конкуренции и привлечение частных инвестиций; содействие развитию рыночных механизмов в отрасли, включая создание газовых хабов и биржевой торговли).

Таким образом, министерство играет центральную роль в формировании политики, регулировании и стратегическом развитии нефтегазовой отрасли страны, обеспечивая ее устойчивое развитие и интеграцию в общую энергетическую стратегию Китая.

Определим значимость каждого министерства для реализации разработок (табл. 3). Таким образом, получаем матрицу  $B$ :

$$B = \begin{bmatrix} 0,18 & 0,18 & 0,25 & 0,03 & 0,18 & 0,18 \\ 0,07 & 0,03 & 0,14 & 0,14 & 0,31 & 0,31 \\ 0,17 & 0,08 & 0,08 & 0,17 & 0,17 & 0,33 \\ 0,32 & 0,32 & 0,16 & 0,08 & 0,06 & 0,06 \\ 0,31 & 0,15 & 0,15 & 0,09 & 0,15 & 0,15 \end{bmatrix}.$$

*Этап 3.4. Матрица С. Значимость фундаментальных исследований. Список отраслевых научно-исследовательских организаций, осуществляющих прикладные исследования, необходимые для приближения к устойчивому развитию нефтегазовой сферы Китая. Рассмотрим ключевые научно-исследовательские организации:*

- Нефтехимический научно-исследовательский институт: технология переработки нефти для разработки и применения основного внимания к сочетанию нефтехимической продукции с учетом соответствующих исследований и разработок нефтехимической технологии. В последние годы он активизировал свои инновации в альтернативных видах топлива и новых источниках энергии и теперь превращается во всеобъемлющую нефтегазовую научно-техническую организацию;
- Научно-исследовательский институт нефтяной инженерии и технологий: научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки на базе технологий буровых скважин, разработка высокотехнологичных научно-исследовательских и опытно-конструкторских центров нефтегазодобывающей промышленности, отечественный и зарубежный центр технической инженерии и технической поддержки;
- Научно-исследовательский институт разведки и разработки нефти: комплексный исследовательский институт по разведке и разработке нефти и природного газа;
- Научно-исследовательский институт новой энергетики Синьсин: исследования в области нового энергетического бизнеса включают разработки новых технологий использования энергии, таких как геотермальная, фотоэлектрическая, ветроэнергетика, водородная энергетика, а также комплексное применение результатов исследований, предоставление услуг по разведке ресурсов, исследованию и разработке технологий, а также поддержке производства для развития нового энергетического бизнеса;
- Институт мониторинга окружающей среды: мониторинг экологии прибрежного района, мониторинг зоны красного прилива, динамический мониторинг использования морских районов, мониторинг основных морских функциональных зон и т.д. Институт проводит фундаментальные научные исследования и разработку связанных технологий в таких областях, как морская охрана окружающей среды и управление использованием морских районов;
- Китайский научно-исследовательский институт технологии безопасности нефти и охраны окружающей среды в основных областях бизнеса: включает безопасность, охрану окружающей среды, охрану труда, исследования энергосберегающих технологий, технологии охраны здоровья, безопасности и окружающей среды, службы охраны здоровья, безопасности и окружающей среды, разработка химикатов нефтепромысловых месторождений, технические консультации, передача технологий и т.д.



Определим, во сколько важнее вклад каждого научно-исследовательского института в сравнении с другими для целей правительства (табл. 4). Таким образом, получим матрицу  $C$ :

$$C = \begin{bmatrix} 0,18 & 0,18 & 0,09 & 0,33 & 0,18 \\ 0,29 & 0,14 & 0,14 & 0,29 & 0,14 \\ 0,25 & 0,27 & 0,27 & 0,15 & 0,15 \\ 0,14 & 0,33 & 0,33 & 0,13 & 0,27 \\ 0,12 & 0,23 & 0,57 & 0,02 & 0,06 \\ 0,18 & 0,33 & 0,33 & 0,08 & 0,08 \end{bmatrix}.$$

*Этап 4. Нормированная решающая матрица и анализ результатов проведенного методом решающих матриц исследования.* Итоговая матрица вычисляется путем перемножения всех полученных ранее матриц:

$$X \cdot A \cdot B \cdot C = (1)(2)(3)(4) = \begin{pmatrix} 0,26 \\ 0,27 \\ 0,03 \\ 0,32 \\ 0,26 \\ 0,26 \end{pmatrix} = 1,4.$$

Результатом данного этапа исследования является ранжирование научно-исследовательских институтов Китая по степени значимости для обеспечения устойчивого развития отрасли в текущих условиях, рассмотренных в шести предположениях, соответственно потенциальным исследовательским возможностям и перспективам обновления законодательства, в том числе установления правительством штрафов и льгот.

Таким образом, научно-исследовательским институтам присваиваются следующие значения:

- доля Нефтехимического научно-исследовательского института – 0,18;
- доля Научно-исследовательского института нефтяной инженерии и технологий – 0,19;
- доля Научно-исследовательского института разведки и разработки нефти – 0,03;
- доля Научно-исследовательского института новой энергетики Синьсин – 0,24;
- доля Института мониторинга окружающей среды – 0,18;
- доля Китайского научно-исследовательского института технологии безопасности нефти и охраны окружающей среды – 0,18.

*Этап 5. Итог проведенной работы в сопоставлении с выводами авторов публикаций по рассматриваемой теме.* По результатам, полученным нами, научно-исследовательский институт новой энергетики Синьсин получил самую большую значимость. Это значит, чтобы развивать производство в энергетической отрасли, КНР следует уделять больше внимания работе по развитию новой энергии. Стратегической задачей развития энергетического сектора является интеграция экологических императивов. Обеспечение гармоничного баланса между прогрессом и охраной окружающей среды представляется необходимым условием достижения поставленных целей. Результаты исследования подтверждают стратегию трансформации нефтегазовой отрасли Китая, ориентированную на созда-

ние интегрированной энергетической системы, сочетающей углеводородные и возобновляемые источники. Совершенствование политики в области водородной, ветровой и солнечной энергетики является ключевым фактором устойчивого развития<sup>5</sup>. Крупнейшие китайские нефтегазовые компании (CNPC, Sinopec, CNOOC) активно внедряют модели интеграции (например, «нефть + газ + геотермальная энергия»), что указывает на перспективность углубления сотрудничества между традиционной и возобновляемой энергетикой в ближайшие 10 лет. Водород, рассматриваемый в качестве одного из важнейших элементов будущей энергетической системы государства, призван сыграть ключевую роль в декарбонизации секторов экономики, наиболее зависимых от ископаемого топлива, включая транспорт, промышленность и жилищно-коммунальное хозяйство<sup>6</sup>.

Нефтегазовые компании, обладая значительным опытом в области разведки и разработки подземных ресурсов, а также технологическими и рыночными преимуществами, имеют потенциал для масштабного развития геотермальной энергетики, опираясь на свою экспертизу в освоении подземных ресурсов. Идентификация и разработка геотермальных резервуаров требует использования зрелых технологий глубокого бурения и сейсмического анализа, применяемых в нефтегазовой отрасли<sup>7</sup>. Сотрудничество с научными организациями способствует ускорению перехода традиционной нефтегазовой промышленности и сектора возобновляемой энергетики к коммерческим моделям взаимодействия<sup>8</sup>. Опыт и масштаб профессиональных нефтегазовых буровых компаний позволяют снизить зависимость от государственных субсидий и минимизировать риски, связанные с бурением, что способствует ускорению выхода крупных геотермальных проектов на уровень рентабельности<sup>9</sup>. Учитывая географическое совпадение зон нефтегазовой добычи с территориями, обладающими высоким потенциалом ветровой и солнечной энергии, нефтегазовые предприятия могут активно развивать масштабное производство электроэнергии на основе возобновляемых источников в районах разработки месторождений и на прилегающих территориях. Это позволит обеспечить замещение традиционных источников энергии при производственных процессах и снизить углеродный след предприятий. Инфраструктура нефтеперерабатывающих и сбытовых предприятий может служить надежной основой для развития производства, транспортировки и использования водорода. Очистка водорода, являющегося побочным продуктом нефтепереработки, и производство водорода из природного газа (соответствующее критериям низкоуглеродного водорода) способны удовлетворить первоначальный спрос в транспортном секторе и стимулировать развитие водородной энергетики<sup>10</sup>. Нефтегазовые компании в полной мере используют интегрированные преимущества своих промышленных комплексов, направленных на улавливание и перера-

<sup>5</sup> 氢能产业发展中长期规划 (2021–2035 年). URL: <https://www.qsq.gov.cn/qbjzc/84744.html> (О развитии рынка нефти, газа и новой энергии Китая. 2024).

<sup>6</sup> 氢能产业发展中长期规划 (2021–2035). URL: <https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghwb/202203/P020220323314396580505.pdf> (О среднесрочном и долгосрочном плане развития водородной энергетики (2021–2035 гг.). Национальная комиссия развития и реформ Китая. 2023.)

<sup>7</sup> Geothermal Innovation and the Oil and Gas Industry Go Hand in Hand. URL: <https://emerald-sp.com/geothermal-innovation-and-the-oil-and-gas-industry-go-hand-in-hand/>

<sup>8</sup> Kazmi R. Geothermal – A Perfect Fit for Oil and Gas Players in the Energy Transition. URL: <https://jpt.spe.org/twa/geothermal-a-perfect-fit-for-oil-and-gas-players-in-the-energy-transition>

<sup>9</sup> Von Zanthier H. How Europe can lead the way in transitioning oil and gas to geothermal. URL: <https://www.thinkgeoenergy.com/how-europe-can-lead-the-way-in-transitioning-oil-and-gas-to-geothermal/>

<sup>10</sup> 中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要. URL: [https://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content\\_5592681.htm](https://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content_5592681.htm) (О программе четырнадцатой пятилетки народнохозяйственного и социального развития Китайской Народной Республики и перспективные цели на 2035 год. Комиссия национального развития и реформ Китая).

ботку углекислого газа, полученного в ходе процесса нефтепереработки. Улавливание и транспортировка CO<sub>2</sub> от нефтеперерабатывающих предприятий к нефтяным месторождениям позволяет повысить коэффициент извлечения нефти и одновременно снизить выбросы парниковых газов в атмосферу. Технология улавливания, использования и хранения углекислого газа (CCUS) предполагает отведение CO<sub>2</sub> от источников промышленной и энергетической деятельности, его транспортировку в специализированные объекты хранения и длительную изоляцию от атмосферы. В отличие от традиционных подходов, CCUS представляет собой комплексный процесс, включающий не только улавливание и хранение, но и использование углекислого газа в качестве ценного ресурса в различных промышленных процессах. При помощи CCUS-технологий уловленный CO<sub>2</sub> может быть переработан и вовлечен в новые производственные циклы, что позволяет не только минимизировать выбросы углекислого газа, но и сгенерировать дополнительную экономическую выгоду (табл. 5).

Основными результатами данного исследования являются анализ текущей ситуации в нефтегазовой отрасли Китая и выявление ключевых проблем, осложняющих устойчивое развитие отрасли; оценка методом решающих матриц Поспелова направлений развития, находящихся в ведении ключевых для нефтегазовой отрасли министерств/департаментов при поддержке различных научно-исследовательских институтов Китая для ранжирования их по степени значимости для достижения поставленной цели – приближения к устойчивому развитию нефтегазовой отрасли Китая. Данные результаты помогут ответить на следующие вопросы: во-первых, какие проблемы являются основными препятствиями для достижения устойчивого развития нефтегазовой отрасли, во-вторых, каким образом распределять финансирование между некоторыми министерствами/департаментами с учетом их возможностей способствовать разрешению изложенных проблем, тем самым осуществив вклад в приближение к устойчивому развитию нефтегазовой отрасли; в-третьих, развитие каких технологий является наиболее перспективным для нефтегазовой отрасли с учетом выявленных проблем и полномочий рассмотренных министерств/департаментов. Так, для нефтегазовой отрасли одним из наиболее значимых направлений устойчивого развития в условиях нехватки углеводородного сырья в ближайшие десять лет является интеграция традиционной энергетики и возобновляемых источников. В рамках модели «нефть и газ + новые источники энергии» предполагается развитие таких технологий водородной и геотермальной энергии, а также использование технологий улавливания и хранения углерода для снижения выбросов и достижения устойчивого развития отрасли.

**Таблица 1**

**Матрица X: сопоставление значимости факторов для достижения устойчивого развития нефтегазовой отрасли Китая в условиях дефицита сырья**

**Table 1**

**Matrix X: Comparing the importance of factors to achieve sustainable development of China's oil and gas industry in the context of raw materials shortage**

Фактор	М	Э	Р	С	Сумма	Доля
М	1	0,5	2	2	5,5	0,25
Э	2	1	4	4	11	0,5
Р	0,5	0,25	1	1	2,75	0,125
С	0,5	0,25	1	1	2,75	0,125
-	-	-	-	-	22	-

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Таблица 2**

**Матрица А: сопоставление значимости факторов для решения проблемы дефицита нефтегазового сырья в нефтеперерабатывающей отрасли**

**Table 2**

**Matrix A: Comparing of the importance of factors for solving the problem of shortage of oil and gas raw materials in the oil refining industry**

<b>Фактор</b>	<b>М</b>	<b>Э</b>	<b>Р</b>	<b>С</b>	<b>Сумма</b>	<b>Доля</b>
<b>Фактор 1</b>						
М	1	0,1	0,1	0,5	1,7	0,04
Э	10	1	1	1	17	0,43
Р	10	1	1	5	17	0,43
С	2	0,2	0,2	1	3,4	0,09
-	-	-	-	-	39,1	-
<b>Фактор 2</b>						
М	1	0,5	0,5	0,5	2,5	0,13
Э	2	1	1	1	5	0,29
Р	2	1	1	1	5	0,29
С	2	1	1	1	5	0,29
-	-	-	-	-	17,5	-
<b>Фактор 3</b>						
М	1	5	2	4	12	0,57
Э	0,2	1	0,4	0,8	2,4	0,11
Р	0,5	2,5	1	2	3,75	0,08
С	0,25	1,25	0,5	1	3	0,14
-	-	-	-	-	21,5	-
<b>Фактор 4</b>						
М	1	1	5	4	11	0,41
Э	1	1	5	4	11	0,41
Р	0,2	0,2	1	0,8	2,2	0,08
С	0,25	0,25	1,25	1	2,75	0,1
-	-	-	-	-	26,95	-
<b>Фактор 5</b>						
М	1	2	2	5	10	0,47
Э	0,5	1	1	2,5	5	0,23
Р	0,5	1	1	2,5	5	0,23
С	0,2	0,4	0,4	0,4	1,4	0,07
-	-	-	-	-	21,4	-
<b>Фактор 6</b>						
М	1	1	0,5	5	7,5	0,24
Э	1	1	0,5	5	7,5	0,24
Р	2	2	1	10	15	0,47
С	0,2	0,2	0,1	1	1,5	0,05
-	-	-	-	-	31,5	-

*Источник:* авторская разработка

*Source:* Authoring

**Таблица 3**  
**Матрица значимости государственных органов**

**Table 3**  
**Matrix of importance of government agencies**

№ п/п	1	2	3	4	5	6	Сумма	Доля
<b>Министерство энергетики</b>								
1	1	1	0,5	5	1	1	9,5	0,18
2	1	1	0,5	5	1	1	9,5	0,18
3	2	2	1	5	2	2	14	0,25
4	0,2	0,2	0,1	1	0,2	0,2	1,9	0,03
5	1	1	0,5	5	1	1	9,5	0,18
6	1	1	0,5	5	1	1	9,5	0,18
-	-	-	-	-	-	-	53,9	-
<b>Министерство иностранных дел</b>								
1	1	2	0,5	0,5	0,2	0,2	4,4	0,07
2	0,5	1	0,25	0,25	0,1	0,1	2,2	0,03
3	2	4	1	1	0,4	0,4	8,8	0,14
4	2	4	1	1	0,4	0,4	8,8	0,14
5	5	10	1,25	1,25	1	1	19,5	0,31
6	5	10	1,25	1,25	1	1	19,5	0,31
-	-	-	-	-	-	-	63,2	-
<b>Министерство торговли</b>								
1	1	2	2	1	1	0,5	7,5	0,17
2	0,5	1	1	0,5	0,5	0,25	3,75	0,08
3	0,5	1	1	0,5	0,5	0,25	3,75	0,08
4	1	2	2	1	1	0,5	7,5	0,17
5	1	2	2	1	1	0,5	7,5	0,17
6	2	4	4	2	2	1	15	0,33
-	-	-	-	-	-	-	45	-
<b>Министерство охраны окружающей среды</b>								
1	1	1	2	4	5	5	19	0,32
2	1	1	2	4	5	5	19	0,32
3	0,5	0,5	1	2	2,5	2,5	9	0,16
4	0,25	0,25	0,5	1	1,25	1,25	4,5	0,08
5	0,2	0,2	0,4	0,8	1	1	3,6	0,06
6	0,2	0,2	0,4	0,8	1	1	3,6	0,06
-	-	-	-	-	-	-	58,7	-
<b>Министерство развития и реформ</b>								
1	1	2	2	4	2	2	13	0,31
2	0,5	1	1	2	1	1	6,5	0,15
3	0,5	1	1	2	1	1	6,5	0,15
4	0,25	0,5	0,5	1	0,5	0,5	3,25	0,09
5	0,5	1	1	2	1	1	6,5	0,15
6	0,5	1	1	2	1	1	6,5	0,15
-	-	-	-	-	-	-	42,25	-

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Таблица 4**  
**Матрица значимости научно-исследовательских институтов**

**Table 4**  
**Matrix of importance of research institutes**

Фактор	Э	И	Т	О	Р	Сумма	Доля
<i>Нефтехимический научно-исследовательский институт</i>							
Э	1	1	2	0,5	1	5,5	0,18
И	1	1	2	0,5	1	5,5	0,18
Т	0,5	0,5	1	0,25	0,5	2,75	0,09
О	2	2	4	1	2	11	0,37
Р	1	1	2	0,5	1	5,5	0,18
-	-	-	-	-	-	30,25	-
<i>Научно-исследовательский институт нефтяной инженерии и технологий</i>							
Э	1	2	2	1	2	8	0,29
И	0,5	1	1	0,5	1	4	0,14
Т	0,5	1	1	0,5	1	4	0,14
О	1	2	2	1	2	8	0,29
Р	0,5	1	1	0,5	1	4	0,14
-	-	-	-	-	-	28	-
<i>Научно-исследовательский институт разведки и разработки нефти</i>							
Э	1	0,5	0,5	1	1	4	0,15
И	2	1	1	2	1	7	0,275
Т	2	1	1	2	1	7	0,275
О	1	0,5	0,5	1	1	4	0,15
Р	1	0,5	0,5	1	1	4	0,15
-	-	-	-	-	-	26	-
<i>Научно-исследовательский институт новой энергетики Синьсин</i>							
Э	1	0,4	0,4	1	2	4,8	0,14
И	2,5	1	1	2,5	5	12	0,33
Т	2,5	1	1	2,5	5	12	0,33
О	1	0,4	0,4	1	2	4,8	0,14
Р	0,5	0,2	0,2	0,5	1	2,4	0,17
-	-	-	-	-	-	36	-
<i>Институт мониторинга окружающей среды</i>							
Э	1	0,5	0,2	5	2	8,7	0,12
И	2	1	0,4	10	4	17,4	0,23
Т	5	2,5	1	25	10	43,5	0,57
О	0,2	0,1	0,04	1	0,4	1,74	0,02
Р	0,5	0,25	0,1	2,5	1	4,35	0,06
-	-	-	-	-	-	75,69	-
<i>Научно-исследовательский институт технологии безопасности нефти и охраны окружающей среды</i>							
Э	1	0,5	0,5	2	2	6	0,18
И	2	1	1	4	4	12	0,33
Т	2	1	1	4	4	12	0,33
О	0,5	0,25	0,25	1	1	3	0,08
Р	0,5	0,25	0,25	1	1	3	0,08
-	-	-	-	-	-	36	-

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Таблица 5**  
**Использование технологий CCUS**

**Table 5**  
**Using the CCUS technologies**

Оptionальные технологии	Этап исследования	Демонстрационный этап	Экономическая целесообразность в определенных условиях	Коммерческое применение
<b>Улавливание CO<sub>2</sub></b>				
Предварительное улавливание CO <sub>2</sub>	-	-	+	-
Кислородное сжигание	-	+	-	-
Последующее улавливание CO <sub>2</sub>	-	-	-	+
Химически-петлевое сжигание	+	-	-	-
Технология многоступенчатой газификации угля	+	-	-	-
<b>Транспортировка CO<sub>2</sub></b>				
Трубопровод	-	-	-	+
Цистерна автомобильная	-	-	-	+
Танкер для перевозки CO <sub>2</sub>	-	-	-	+
<b>Утилизация и хранение CO<sub>2</sub></b>				
<i>Использование в качестве ресурса</i>				
Использование на основе физических процессов	-	-	+	+
Биологическая утилизация	-	-	-	+
Биологическая утилизация	-	+	-	-
<i>Химическая утилизация</i>				
Технология повышения нефтеотдачи пластов с использованием CO <sub>2</sub>	-	-	-	-
Технология вытеснения метана из угольных пластов	-	+	-	-
Технология интенсификации извлечения природного газа	+	-	-	-
Технология повышения извлечения сланцевого газа	+	-	-	-
Усовершенствованные геотермальные системы	+	-	-	-
Метод подземного извлечения урановой руды	-	-	-	+

Опциональные технологии	Этап исследования	Демонстрационный этап	Экономическая целесообразность в определенных условиях	Коммерческое применение
Технология интенсификации извлечения глубинных соленых вод	-	+	-	-
<i>Геологическое хранение</i>				
Глубокие непригодные для разработки угольные пласты	-	+	-	-
Глубоко залегающие водоносные горизонты с высокой минерализацией	-	+	-	-
Выработанные нефтегазовые месторождения	-	+	-	-
Захоронение в глубоководных зонах	+	-	-	-
Захоронение CO <sub>2</sub> в форме минералов	+	-	-	-

*Источник:* авторская разработка

*Source:* Authoring

### Список литературы

1. Кулясова А.С., Есина А.Р., Свирчевский В.Д. Экономико-математическое моделирование как эффективный инструмент анализа экономических процессов в промышленности // Экономика промышленности. 2019. Т. 12. № 3. С. 316–322. DOI: 10.17073/2072-1633-2019-3-316-322 EDN: LIAHWQ
2. 樊大磊, 王宗礼, 李剑, 等. 2023 年国内外油气资源形势分析及展望[J]. 中国矿业, 2024, 33(1): 30–37. DOI: 10.12075/j.issn.1004-4051.20240076
3. 伍福佐. 中国能源外交与国际责任. 阿拉伯世界研究. 2010, (3). URL: [https://mideast.shisu.edu.cn/\\_upload/article/85/7f/b43cfada4212805536bfb0a02998/5583aa58-4147-4838-9364-558e09cedd40.pdf](https://mideast.shisu.edu.cn/_upload/article/85/7f/b43cfada4212805536bfb0a02998/5583aa58-4147-4838-9364-558e09cedd40.pdf)
4. 武旭. 我国油气行业监管体系目标设计思考. 西南石油大学学报(社会科学版) 2015, 17(3): 1-11. URL: <https://html.rhhz.net/XNSYDXXBSKB/HTML/2015-3-1.htm>
5. 张文浩, 苗苗青, 姜鲲鹏, 刘卫彬. 中国油气资源勘探开发特点、趋势及生态管理. 地质与资源, 2019, 28(5):454–459. URL: <https://html.rhhz.net/DZYZY/html/2019-5-454.htm>

### Информация о конфликте интересов

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.



## ASSESSING THE WAYS TO ACHIEVE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE OIL AND GAS INDUSTRY IN CONDITIONS OF RAW MATERIALS SHORTAGE

DOI: <https://doi.org/10.24891/raontw>

EDN: <https://elibrary.ru/raontw>

### BAI Yiran

Corresponding author, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

e-mail: [fastyiran@gmail.com](mailto:fastyiran@gmail.com)

ORCID: 0000-0003-1695-4776

### Vladimir V. FASTOVICH

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

e-mail: [yanfengkang@gmail.com](mailto:yanfengkang@gmail.com)

ORCID: 0009-0000-9104-2078

#### Article history:

Article No. 98/2025

Received 20 Feb 2025

Accepted 8 May 2025

Available online

15 Jul 2025

#### JEL Classification:

L71, O32

**Keywords:** mathematical modeling, sustainable development, oil and gas industry, oil and gas development, hydrogen energy

#### Abstract

**Subject.** The article investigates ensuring the sustainability of the oil and gas industry in countries experiencing a shortage of their own oil and gas resources.

**Objectives.** The study examines optimal prospects for sustainable development of China's oil and gas industry, facing raw materials scarcity for a 10-year planning horizon.

**Methods.** The study employs mathematical modeling method, like Pospelov solving matrices, to identify the most promising ways for the Chinese Government to achieve sustainable development of the oil and gas industry, taking into account the identified problems.

**Results.** The paper unveiled promising areas of sustainable development of the oil and gas industry for the next decade. It predicted potential consequences and feasibility of these areas, using a multi-criteria economic and mathematical model. The comprehensive analysis of the results enabled to formulate recommendations for sustainable development.

**Conclusions.** One of the forecasts for sustainable development of the oil and gas industry for the next 10 years is that the traditional oil and gas industry, in cooperation with research institutes on new energy sources, will develop new energy technologies. This will increase the energy efficiency, improve productivity, and reduce production costs. In addition, the introduction of carbon capture and utilization technologies will help reduce emissions of harmful compounds into the environment.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2025

**Please cite this article as:** Bai Yiran, Fastovich V.V. Assessing the ways to achieve sustainable development of the oil and gas industry in conditions of raw materials shortage. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2025, iss. 7, pp. 39–56. DOI: 10.24891/raontw EDN: RAONTW

#### References

1. Kulyasova A.S., Esina A.R., Svirchevskii V.D. [Economic and mathematical modeling as an effective tool of the analysis of economic processes in industry]. *Ekonomika promyshlennosti*, 2019, vol. 12, no. 3, pp. 316–322. (In Russ.) DOI: 10.17073/2072-1633-2019-3-316-322 EDN: LIAHWQ

2. 樊大磊, 王宗礼, 李剑, 等. 2023 年国内外油气资源形势分析及展望[J]. 中国矿业, 2024, 33(1): 30-37. DOI: 10.12075/j.issn.1004-4051.20240076
3. 伍福佐. 中国能源外交与国际责任. 阿拉伯世界研究. 2010, (3).  
URL: [https://mideast.shisu.edu.cn/\\_upload/article/85/7f/b43cfada4212805536bfb0a02998/5583aa58-4147-4838-9364-558e09cedd40.pdf](https://mideast.shisu.edu.cn/_upload/article/85/7f/b43cfada4212805536bfb0a02998/5583aa58-4147-4838-9364-558e09cedd40.pdf)
4. 武旭.我国油气行业监管体系目标设计思考. 西南石油大学学报(社会科学版) 2015, 17(3): 1-11.  
URL: <https://html.rhhz.net/XNSYDXXBSKB/HTML/2015-3-1.htm>
5. 张文浩, 苗苗青, 姜鲲鹏, 刘卫彬. 中国油气资源勘探开发特点、趋势及生态管理. 地质与资源, 2019, 28(5):454-459.URL: <https://html.rhhz.net/DZYZY/html/2019-5-454.htm>

#### **Conflict-of-interest notification**

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.