

## Пространственная логистика трубопроводного транспорта: многофазовая модель жизненного цикла проекта

Мустафа МАФРАТОГЛУ

аспирант, факультет географии, кафедра экономической географии,  
РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия.  
m.mafratoglu@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0005-5029-5710>

**Аннотация.** Внимание фокусируется на пространственной логистике трубопроводного транспорта в контексте географической науки. Установлено, что существующие инженерные, экологические и геополитические исследования магистральных нефте- и газопроводов остаются фрагментированными и не обеспечивают целостного представления об эволюции инфраструктуры во времени и пространстве, а жизненный цикл трактуется преимущественно как технологическая последовательность стадий. Автором предложена семифазная пространственно-фазовая модель жизненного цикла трубопроводного проекта (ЖЦТ), ориентированная на анализ крупных трансрегиональных энергетических коридоров. Методологически исследование опирается на синтез отечественной общественной географии и региональной экономики, логистических исследований инфраструктурных сетей, подходов жизненного цикла и риск-аналитических моделей. Показано, что их интеграция в единую пространственно-фазовую схему позволяет совместно рассматривать конфигурацию трасс и узлов, распределение выгод и рисков между акторами, типы институциональных режимов, а также показатели пространственной устойчивости и конфликтности. Уточнено содержание семи фаз ЖЦТ: предпроектного ресурсно-географического анализа; маршрутизации и институционального согласования; проектирования и финансово-организационной сборки; строительства и ввода в эксплуатацию; эксплуатация, модернизация и институциональная адаптация; социально-пространственной адаптации и конфликтности, а также трансформации, консервации и демонтажа инфраструктуры. Каждая фаза описывается как специфическое пространственное состояние энергетического коридора. Доказано, что включение социально-пространственной и трансформационной фаз позволяет объединить инженерно-технологические и экологические характеристики трубопроводов с проблемами территориальной связанности, социальной легитимности и сценариями энергетического перехода. Намечена разработка системы количественных индикаторов пространственной устойчивости, конфликтности, институциональной гибкости и плотности участников по фазам и их интеграция с ГИС-инструментарием для оценки пространственной динамики трубопроводных коридоров; в дальнейшем данный подход планируется применить к анализу Черноморско-Каспийского макрорегиона с использованием инструментов сценарного анализа долгосрочного развития.

**Ключевые слова:** пространственная логистика, трубопроводный транспорт, жизненный цикл трубопроводного проекта, энергетические коридоры, пространственная устойчивость

**Для цитирования:** Мафратоглу М. Пространственная логистика трубопроводного транспорта: многофазовая модель жизненного цикла проекта // Тихоокеанская география. 2026. № 2. С. 45–57. [https://doi.org/10.35735/26870509\\_2026\\_26\\_4](https://doi.org/10.35735/26870509_2026_26_4)

# Spatial logistics of pipeline transportation: a multiphase project life-cycle model

Mustafa MAFRATOGLU

postgraduate, Department of Economic Geography, Faculty of Geography  
Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint Petersburg, Russia  
m.mafratoglu@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0005-5029-5710>

**Abstract.** The article addresses the problem that current engineering, environmental, and geopolitical studies of major oil and gas pipelines remain fragmented and do not provide an integrated understanding of how pipeline infrastructure evolves in time and space. Most contributions treat the life cycle mainly as a sequence of technological stages, while the spatial, institutional, and actor-related dimensions of large energy corridors are analyzed separately. In response, the paper develops a theoretical and methodological foundation for the spatial logistics of pipeline transport and proposes a seven-phase spatial life-cycle model of a pipeline project, designed for the analysis of large transregional energy corridors. Methodologically, the study is based on a synthesis of Russian human and social geography which conceptualizes the spatial organization of society, territorial systems, and energy infrastructure as factors of regional development with research on logistics and infrastructure networks, life-cycle approaches, and risk-analytic models of pipeline systems. On this basis, the article distinguishes seven phases from pre-project resource and spatial analysis and routing and institutional alignment, through design, financial and organizational structuring, construction and commissioning, to operation, modernization and institutional adaptation, socio-spatial adaptation and conflict, and finally the transformation, conservation and dismantling of infrastructure. Each phase is interpreted as a specific spatial state of the energy corridor, characterized by a particular configuration of routes and nodes, the distribution of benefits and risks between actors, and the type of institutional regime. The model emphasizes the cascading and partially overlapping nature of these phases, as well as the distinction between the dominant phase and phases that continue to operate in the background. It also accounts for shortened trajectories, in which external shocks such as sanctions, armed conflicts, major accidents, or abrupt changes in energy policy may force a return to earlier stages or lead to the premature termination of projects. The proposed framework integrates logistical–geographical, engineering–risk, and environmental perspectives into a single spatially phased life-cycle scheme and can be used to classify and compare pipeline projects belonging to different “generations” of infrastructure. The conclusion outlines a research agenda for developing quantitative indicators of spatial sustainability, conflict, institutional flexibility, and actor density for each phase, for integrating these indicators with GIS tools and scenario analysis, and for applying this approach to the Black Sea–Caspian macro-region within a long-term framework of scenario-based assessment.

**Keywords:** spatial logistics, pipeline transport, life cycle of a pipeline project, energy corridors, spatial sustainability

**For citation:** Mafratoglu M. Spatial logistics of pipeline transportation: a multiphase project life-cycle model. *Pacific Geography*. 2026;(2):45–57. (In Russ.). [https://doi.org/10.35735/26870509\\_2026\\_26\\_4](https://doi.org/10.35735/26870509_2026_26_4)

## Введение

Во второй половине XX – начале XXI в. в географии транспорта усиливается внимание к инфраструктуре как к пространству потоков, а не только к совокупности территорий и объектов. Логистический поворот, описанный Н. Сое и М. Hesse [1, 2], смещает фокус анализа к конфигурациям материальных и нематериальных потоков, циркулирующих по многоуровневым сетям и коридорам. В этой оптике инфраструктурные системы становятся одной из ключевых форм пространственной организации общества [3, 4]. Российская общественная география акцентирует институциональные и ценностные измере-

ния пространственных структур и тем самым расширяет интерпретацию инфраструктуры за пределы сугубо технических объяснений, позволяя рассматривать логистические сети и транспортно-энергетические коридоры как существенные элементы территориального развития и пространственной связанности [3, 5, 6]. Ю.Н. Гладкий, фиксируя многофункциональность географического знания, его положение на стыке природного, экономического и социального, трактует гуманитарную географию как главный «опылитель» междисциплинарных связей; ее центральным объектом при этом выступают корреляционные отношения (взаимодействия, циркуляция, потоки, системы), локализованные на конкретной пространственной арене [7]. В такой теоретико-методологической рамке инфраструктурные системы и энергетические коридоры интерпретируются как динамические конфигурации потоков и связей, подверженные фазным изменениям во времени и пространстве, что задает исходные основания для дальнейшего анализа их пространственной логистики.

Особое место в этой проблематике занимает трубопроводный транспорт. Магистральные нефте- и газопроводы формируют относительно жесткую и ограниченно реверсивную конфигурацию энергетических потоков, закрепленную в долгосрочной территориальной структуре и функционирующую как опорный каркас коридорного развития [8]. Они встраивают страны и регионы в глобальные цепочки добычи, транзита и потребления углеводородов, перераспределяя выгоды и издержки между экспортёрами, транзитёрами и потребителями [9]. В работах по геополитике энергетики и трансформации энергетических систем подчеркивается, что смещение к более низкоуглеродным источникам энергии меняет пространственную конфигурацию потоков и переопределяет значение существующих трубопроводных коридоров в средне- и долгосрочной перспективе [10]. Для постсоветского пространства и Евразии в целом трубопроводная сеть выступает ресурсом развития [8], но одновременно — пространством пересечения многосторонних геоэкономических интересов и конкурирующих стратегий, что повышает ее политико-институциональную чувствительность и конфликтный потенциал [9, 10].

В зонах пересечения морских акваторий, сухопутных транзитных осей и добывающих провинций формируется сложная акторно<sup>1</sup>-институциональная мозаика, включающая государства-экспортёры, страны-транзитёры, потребляющие экономики и транснациональные корпорации [11]. Для транзитных государств трубопроводные проекты становятся одновременно источником дополнительных рент и зоной уязвимости, требующей специфической энергетической дипломатии и переговорных механизмов [12, 13]. На макрорегиональном уровне инициативы по увязке транспортных и энергетических коридоров отражают стремление к институциональной интеграции, но сталкиваются с асимметриями власти и сложными конфигурациями интересов, задающими неоднородные режимы управления потоками [8, 11]. Такие конфигурации представляют собой репрезентативный полигон для анализа и типологизации пространственной логистики трубопроводного транспорта.

Инженерно-технические исследования магистральных трубопроводов подробно описывают многофакторную природу аварийности, надежности и эксплуатационных рисков и предлагают развитый инструментарий их количественного моделирования, основанный на анализе вероятности отказов, физических последствий аварий и распределения индивидуального и социального риска [14, 15]. Параллельно в рамках экологической оценки жизненного цикла (Life Cycle Assessment, LCA) формируются подходы к расчету совокупного углеродного следа и экологических воздействий трубопроводной инфраструктуры на различных стадиях ее жизненного цикла — от строительства до эксплуатации и вывода из использования [16]. Эти подходы формируют основу количественной оценки рисков и экологических воздействий трубопроводных систем [14–16].

---

<sup>1</sup> Термин «акторный» здесь и далее употребляется в узком аналитическом смысле и обозначает конфигурацию ключевых участников трубопроводного проекта (государства, компании, регуляторы, локальные сообщества и НКО), а также формы их координации и конфликтного взаимодействия, проявляющиеся в институциональных режимах и пространственных решениях.

Однако в большинстве подобных работ пространство трактуется преимущественно как внешний набор физико-географических и природоохранных ограничений (рельеф, климат, сейсмичность, охранные зоны), тогда как социально-экономическое пространство, территориальная связанность, плотность участников и институциональные режимы функционирования инфраструктуры остаются вторичным аналитическим фоном. Географические и геополитические исследования энергетических коридоров, напротив, акцентируют внимание на конфигурациях акторов, институциональных противоречиях и конфликтах интересов, но, как правило, редко опираются на формализованные модели жизненного цикла инфраструктурных систем и количественные инструменты оценки рисков [8–13].

В ответ на обозначенный разрыв в статье предлагается пространственно-фазовая модель жизненного цикла трубопроводного проекта (ЖЦТ), разработанная в русле современной российской общественной географии. Под жизненным циклом в данном подходе понимается не только очередность инженерно-технологических стадий (проектирование, строительство, эксплуатация, модернизация, вывод из эксплуатации), но и последовательная смена пространственных состояний энергетического коридора, включающая его конфигурацию (трасса, узлы, потоки), распределение выгод и рисков между акторами и параметры институциональной связности. Модель ЖЦТ задает семифазную структуру, в которой каждая фаза описывается через совокупность пространственных параметров, геоэкономических характеристик и индикаторов конфликтности и устойчивости. Это позволяет интерпретировать трубопроводную инфраструктуру как динамический элемент эволюции пространственной организации территориальных систем [3, 4] в более широком контексте современной российской общественной и гуманитарной географии пространства [5–7].

Целью статьи является теоретико-методологическое обоснование пространственной логистики трубопроводного транспорта и формулировка пространственно-фазовой модели жизненного цикла трубопроводного проекта (ЖЦТ) для анализа крупных трансрегиональных энергетических коридоров. Для достижения цели решаются задачи: 1) уточнить место пространственной логистики в системе понятий современной транспортной и гуманитарной географии; 2) обобщить подходы к жизненному циклу трубопроводной инфраструктуры (инженерные, экологические, риск-аналитические) и выделить ключевые геоэкономические и акторно-институциональные параметры развития энергетических коридоров; 3) предложить семифазную модель ЖЦТ и обозначить направления ее дальнейшей операционализации (индикаторы, картографический и сценарный анализ).

## **Материалы и методы**

Исследование носит теоретико-методологический характер и направлено на постановку пространственно-фазовой модели жизненного цикла трубопроводного проекта. В качестве эмпирической и понятийной базы использованы публикации, отражающие эволюцию представлений о трубопроводном транспорте в общественной географии, логистических исследованиях и инженерно-экологических работах.

Теоретико-методологическая основа работы, с одной стороны, опирается на труды российской общественной и гуманитарной географии, в рамках которых пространственная организация общества, территориальные системы и корреляционные отношения трактуются как ключевые объекты географического анализа [3–8]; с другой – на исследования по логистике, транспортным и инфраструктурным сетям, рассматривающие магистральные трубопроводы как элементы коридоров потоков и инструменты «делания территорий» [1, 2, 9, 17–19]. При этом включение работ по логистической географии в турецкой традиции позволяет расширить межъязыковой корпус и сопоставить дисциплинарные акценты в трактовке пространственных эффектов потоков и коридоров [19]. Дополнительно учитывались работы по энергетической геополитике и глобальному энергетическому переходу,

описывающие трансформацию маршрутов и режимов использования углеводородных ресурсов [10–13].

Отбор источников осуществлялся по трем основным критериям. Анализируются работы, прямо или опосредованно посвященные магистральному трубопроводному транспорту и энергетическим коридорам; исследования, использующие риск-ориентированную оптику, а также оптику надежности или устойчивости, позволяющую реконструировать стадии развития инфраструктуры; публикации, допускающие пространственно-географическую интерпретацию через категории территориальной связанности, конфигураций участников и институциональных режимов. Приоритет отдавался исследованиям постсоветского периода, фиксирующим трансформацию конфигурации энергетических сетей и повестки энергетического перехода [8, 10, 17, 18].

Для упорядочения и сопоставления выделенных подходов применялись системно-структурная и сравнительно-типологическая интерпретации, позволяющие выявлять различия в фазовом членении и его связке с пространственной структурой коридора. На первом этапе была реконструирована логика жизненного цикла трубопроводных проектов: от инженерных моделей надежности и экологических оценок жизненного цикла до исследований по энергетической геополитике. На втором этапе для каждой выделяемой стадии фиксировались типичные конфигурации маршрутов и узлов, ключевые участники и институциональные механизмы, а также упоминаемые пространственные эффекты. На третьем этапе проведено сопоставление того, в какой мере различные авторы и школы дифференцируют фазы жизненного цикла, увязывают их с пространственной структурой коридора и учитывают институционально-субъектное измерение.

На основе этой процедуры была выполнена сравнительно-типологическая систематизация представлений о жизненных циклах. Были выделены четыре группы: 1) экологические модели жизненного цикла, фокусирующиеся на выбросах, воздействиях и процедурах вывода из эксплуатации инфраструктуры [16, 20]; 2) инженерные модели надежности и отказов, описывающие процессы деградации элементов системы и режимы поддержания требуемого уровня безопасности [15, 21, 22]; 3) риск-ориентированные модели, опирающиеся на анализ факторов аварийности, типологии инцидентов и количественные показатели индивидуального и социального риска [14, 23, 24]; 4) фрагментарные попытки включить в жизненный цикл институциональную и акторную составляющие – договорные режимы, регуляторные изменения и конфликты [3, 11–13]. Сравнение осуществлялось по глубине фазового членения, увязке фаз с пространственной структурой и учету институциональных параметров состава участников.

## **Результаты и их обсуждение**

### *Теоретические предпосылки пространственно-фазовой модели ЖЦТ*

Предлагаемая пространственно-фазовая модель жизненного цикла трубопроводного проекта (ЖЦТ) опирается на синтез трех групп подходов: 1) концепций пространственной организации общества и территориальных систем в российской общественной географии, 2) логистических и инфраструктурных исследований, трактующих трубопроводы как элементы сетей и коридоров потоков, 3) инженерно-экономических, экологических и риск-аналитических моделей жизненного цикла трубопроводного транспорта.

В рамках первой группы ключевым является представление о социально-экономическом пространстве как иерархической системе, развивающейся во времени через смену конфигураций территориальных структур [3–6]. Концепция пространственно-временной парадигмы Е.Г. Анимиды и работы П.Я. Бакланова демонстрируют, что устойчивость и уязвимость инфраструктур укоренены в специфике территориальных систем и их фазной эволюции [3, 4]. Для настоящего исследования важно, что инфраструктура трактуется как

элемент территориального комплекса с узлами, осями и коридорами, а ее развитие воспринимается как последовательность фаз – от интенсивного освоения и расширения до стабилизации, модернизации или деградации.

Вторая группа источников связана с логистическими и инфраструктурными исследованиями, где фиксируется переход от классического понимания логистики к анализу «логистических географий» и пространств потоков [1, 2]. В зарубежной литературе инфраструктура все чаще описывается как механизм формирования экономических и политических территорий [9, 17, 18]. Работы S. Bouzarovski и соавторов на материале газотранспортных коридоров Восточной и Центральной Европы показывают, что трубопроводы выступают инструментом «делания территорий» [17], а исследования G. Bridge и M. Bradshaw раскрывают трансформацию географии энергетической взаимозависимости под воздействием инфраструктуры [9, 18]. Вместе с тем логистическая перспектива, как правило, фиксирует преимущественно статические параметры – плотность объектов, конфигурацию узлов и коридоров – и лишь частично затрагивает вопрос об этапности развития инфраструктур.

Третья группа объединяет инженерно-экономические, экологические и риск-аналитические исследования, в которых термин «жизненный цикл» используется преимущественно в технологическом смысле. Экологические работы, опирающиеся на методологию LCA, оценивают совокупные выбросы и экологический ущерб трубопроводной инфраструктуры на различных стадиях ее существования [16, 20], а также подчеркивают различие воздействий на окружающую среду на этапах строительства и эксплуатации магистральных газопроводов [25]. Риск-аналитическая литература рассматривает жизненный цикл через призму надежности, аварийности и безопасности, используя количественные методы оценки риска и анализ факторов аварийности в нефте-газопроводном транспорте [14, 15, 21–23]. Эти исследования глубоко прорабатывают частные аспекты (экологические эффекты, индивидуальный и социальный риск), но редко выходят на уровень интегральной пространственной модели, учитывающей геоэкономические, институциональные и акторные измерения.

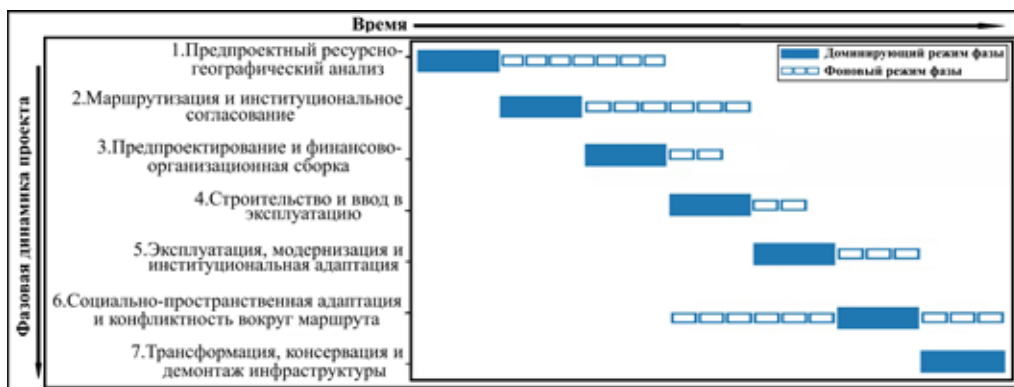
Наконец, работы по энергетическим коридорам и транзитной роли государств подчеркивают, что трубопроводные проекты в Черноморско-Каспийском и смежных регионах развиваются в условиях высокой геополитической плотности и конкуренции альтернативных маршрутов [8–13, 17, 18]. Жизненный цикл здесь чаще подразумевается как последовательность политико-экономических фаз, но не формализуется как пространственная модель. В этом контексте ЖЦТ можно рассматривать как попытку интегрировать фазную эволюцию территориальных систем, логистические коридоры и инженерно-экологические жизненные циклы в единую семифазную концепцию, связывающую развитие трубопроводной инфраструктуры с изменениями пространственной организации региона.

### ***Структура семи фаз пространственного жизненного цикла трубопроводного проекта***

Исходя из проведенного анализа, жизненный цикл трубопроводного проекта представляется последовательностью семи фаз, каждая из которых фиксирует определенное сочетание пространственных, геоэкономических и институциональных параметров и конфигурации участников. В отличие от инженерных схем, ограничивающихся этапами проектирования, строительства, эксплуатации и вывода из эксплуатации, в предлагаемой модели дополнительно выделяются предпроектная ресурсно-географическая фаза, социально-пространственная фаза адаптации и конфликтности, а также фаза трансформации инфраструктуры. Тем самым жизненный цикл трактуется как смена пространственных состояний энергетического коридора в системе регионального развития.

Важно подчеркнуть, что семифазная структура ЖЦТ не предполагает жестко дискретной и необратимой последовательности этапов. Переход от одной фазы к другой ин-

терпретируется как смена доминирующей логики развития проекта, тогда как элементы предыдущей фазы частично сохраняются и переопределяются на последующих этапах. Новая фаза начинается в тот момент, когда соответствующие ей процессы и управленческие решения выходят на первый план, в то время как процессы предыдущей фазы продолжают протекать в фоновом режиме. Это придает жизненному циклу каскадный характер и обуславливает частичное временное перекрытие фаз. Каскадный характер фаз ЖЦТ и различие между доминирующей фазой и фазой в фоновом режиме схематически показаны на рисунке.



**Рисунок.** Семифазная структура пространственного жизненного цикла трубопроводного проекта (ЖЦТ) и каскадное перекрытие фаз

**Figure.** Seven-phase structure of the spatial life cycle of a pipeline project and the cascading overlap of phases

**Примечание.** Сплошные отрезки показывают периоды, когда соответствующая фаза ЖЦТ доминирует в логике развития проекта; пунктирные — продолжение влияния этой фазы в фоновом режиме параллельно с последующими этапами. По вертикали стрелка «Эволюция проекта» отражает логическую последовательность фаз ЖЦТ от предпроектного ресурсно-географического анализа (1) до трансформации, консервации и демонтажа инфраструктуры (7). По горизонтали отложено календарное время, в пределах которого отдельные фазы последовательно разворачиваются и частично перекрываются друг с другом. Составлено автором

**Первая фаза — предпроектный ресурсно-географический анализ.** На этом этапе определяется конфигурация ресурсной базы, рынков сбыта и существующих транспортно-энергетических коридоров, оцениваются природно-географические ограничения и территориальная связанность потенциального маршрута [3, 4, 8, 9]. Формируется предварительная карта потенциальных рынков и экспортных векторов, оценивается их относительная привлекательность и риски без детальной финансово-коммерческой проработки. В логике общественной географии данная фаза соответствует диагностике структуры пространственной организации общества и выявлению связей, которые могут быть усилены или, напротив, нарушены проектом [5, 6].

**Вторая фаза — маршрутизация и институциональное согласование.** Здесь формируется набор альтернативных трасс, выбираются узлы подключения к существующей инфраструктуре и согласуются интересы ключевых акторов — государств-экспортеров, стран-транзитеров, потребляющих экономик и корпораций [1, 2, 8, 11–13]. Предварительные ресурсно-рыночные оценки переводятся в язык сопоставления альтернативных коридоров и распределения транзитной ренты между участниками. Одновременно складывается институциональная архитектура проекта — меморандумы, рамочные соглашения, договоренности о доступе к мощностям и режимах регулирования, которые задают поле допустимых конфигураций маршрута [12, 13, 17, 18].

**Третья фаза — проектирование и финансово-организационная сборка.** На этом этапе технические решения увязываются с геоэкономическими параметрами и параметрами состава участников: выбираются диаметр и пропускная способность, точки входа и выхода, технические стандарты и режимы эксплуатации [12, 13, 17, 18]. Предварительные

представления о рынках и направлениях экспорта переводятся в язык детальных финансово-экономических моделей — объемно-ценовых сценариев, структуры долгосрочных контрактов, показателей окупаемости и банковской приемлемости проекта. Формируется финансовая модель, распределяющая риски и доходы между участниками, а также определяется степень мультимодальности и масштабируемость коридора, его встраивание в более широкие инфраструктурные конфигурации [9, 18].

**Четвертая фаза — строительство и ввод в эксплуатацию.** На данной стадии пространственная логистика проявляется в организации строительных потоков, размещении временных баз, выборе технологий пересечения природных и пограничных барьеров, а также учете зон повышенной опасности вдоль трассы [14, 25]. Ошибки и задержки на этой фазе имеют кумулятивный эффект, поскольку формируют материальный «каркас» коридора и задают исходный уровень надежности, резервирования и экологической уязвимости [8, 9, 14]. Уже на этапе строительства могут возникать первые очаги социальной напряженности, связанные с отчуждением земель, экологическими рисками и локальными конфликтами, которые в дальнейшем развиваются в рамках шестой фазы ЖЦТ [9, 10, 12, 13, 17, 18].

**Пятая фаза — эксплуатация, модернизация и институциональная адаптация.** На этом этапе происходят перераспределение потоков, оптимизация загрузки, модернизация станций и линейной инфраструктуры, внедрение технологий мониторинга и управления, поддерживающих требуемый уровень надежности системы [14, 15, 22, 25]. Одновременно меняются институциональные режимы: заключаются новые контракты, пересматриваются тарифы и правила доступа, усиливается давление климатической повестки, что может существенно изменить пространственную роль энергетического коридора.

**Шестая фаза — социально-пространственная адаптация и конфликтность вокруг маршрута.** Здесь на первый план выходят реакции локальных сообществ, региональных элит, экологических и гражданских организаций [9, 10, 12, 13, 17, 18]. В общественной географии подобные процессы интерпретируются как столкновение представлений о справедливом распределении выгод и рисков и борьба за символическое и материальное освоение пространства, напрямую влияющая на степень социальной легитимности проекта [5, 6]. При этом многие элементы данной фазы — протесты, судебные иски, кампании солидарности — могут зарождаться еще в фазах 2–4, но именно на шестой фазе они становятся структурным фактором воспроизводства энергетического коридора.

**Седьмая фаза — трансформация, консервация и демонтаж инфраструктуры.** По мере исчерпания ресурсной базы, смены рынков сбыта или усиления климатических ограничений трубопровод может быть законсервирован, перепрофилирован или демонтирован [9, 10, 20]. Встанут вопросы перераспределения транспортных функций, рекультивации территорий, использования высвобождающихся коридоров для новых видов инфраструктуры и переупаковки территориальной связанности региона [8, 11].

Каждая из выделенных фаз ЖЦТ завершается достижением определенного ключевого результата, который служит порогом перехода к следующей фазе и меняет доминирующую логику развития проекта. На предпроектном этапе таким результатом выступает закрепление трубопроводного коридора в стратегических и корпоративных документах как самостоятельной инфраструктурной инициативы; на фазе маршрутизации — выбор базового коридора и конфигурации транзитных стран, оформленный в виде межправительственных соглашений; на стадии проектирования — согласованная технико-экономическая и финансовая схема, зафиксированная в окончательном инвестиционном решении; на этапе строительства — ввод магистрали в устойчивый режим промышленной эксплуатации.

Под воздействием внешних шоков — санкций, вооруженных конфликтов, крупных аварий, радикальных изменений энергетической политики — возможны возвраты к более ранним фазам и досрочное прекращение проектов. В предлагаемой модели такие случаи трактуются не как отдельные фазы, а как укороченные траектории ЖЦТ, обрывающиеся

на фазах 1–4 или 5–6. Семифазная схема, таким образом, описывает полный жизненный цикл реализованных инфраструктурных проектов, тогда как нереализованные или не доведенные до стадии трансформации трубопроводы рассматриваются как неполные реализации ЖЦТ.

Таким образом, семифазная структура ЖЦТ фиксирует не только технологическую последовательность стадий трубопроводного проекта, но и смену пространственных состояний энергетического коридора — от первоначального встраивания в территориальную структуру до трансформации и возможной утраты инфраструктурной функции. Это создает основу для последующей операционализации модели в виде системы количественных индикаторов и сценарных карт, сопоставляющих различные фазы жизненного цикла в единой пространственно-логистической оптике.

### ***Отличие модели ЖЦТ от существующих подходов к жизненному циклу инфраструктур***

Сопоставление предлагаемой схемы с существующими моделями жизненного цикла показывает, что ЖЦТ ориентирована не на воспроизведение инженерно-проектной логики, а на интеграцию пространственного, институционального и субъектного измерений. Классические модели экологического анализа жизненного цикла (LCA) [16, 20] концентрируются на оценке совокупных выбросов и экологических воздействий по стадиям жизненного цикла трубопроводной инфраструктуры. При их адаптации к трубопроводному транспорту пространство, как правило, присутствует в виде параметров маршрута и природно-ландшафтного контекста (длина трассы, типы ландшафтов, природоохранные зоны), тогда как институциональные режимы, договорные конфигурации и структура участников проекта остаются за пределами аналитического фокуса.

Риск-ориентированные подходы и подходы к обеспечению надежности к жизненному циклу, развиваемые в рамках вероятностного анализа риска и моделей отказов, уделяют основное внимание идентификации опасностей, расчету индивидуального и социального риска и оценке эффективности защитных мероприятий [14, 15, 21–24]. Инфраструктура в таких работах трактуется прежде всего как техническая система, слабо связанная с геоэкономическими и социально-политическими контекстами ее функционирования. Пространственная неоднородность рисков, включая концентрацию инцидентов в приграничных зонах, территориях с высокой конфликтностью или слабой управляемостью, может фиксироваться эмпирически, однако редко интерпретируется как следствие структурных характеристик энергетических коридоров и институциональной фрагментации управления.

Литература по энергетической геополитике и «политике трубопроводов» описывает эволюцию проектов через последовательность политических и экономических фаз — от выдвижения инициативы до заключения долгосрочных контрактов и возможного пересмотра условий [9–13, 17, 18]. В центре внимания находятся игры акторов, режимы регулирования и конфигурации власти, тогда как пространственная логика маршрута и ее трансформация во времени нередко остаются периферийной темой. Модель ЖЦТ, напротив, исходит из того, что изменения структуры участников и институциональных режимов неизбежно имеют пространственное измерение: перераспределяются потоки, меняются узлы концентрации, формируются новые и деградируют старые коридоры.

В этом смысле ЖЦТ может быть интерпретирована как концептуальная «надстройка» над инженерно-экологическими и риск-аналитическими схемами, придающая им пространственно-географическую глубину. Она не конкурирует с LCA или специализированными моделями надежности, а задает рамку для их фазовой интеграции, связывая экологические, экономические и социальные эффекты с динамикой пространственной организации трубопроводных коридоров. Такое понимание жизненного цикла инфраструктуры позволяет одновременно работать с категориями устойчивости (надежность, безопасность, экологический след) и конфликтности (акторы, интересы, территориальная

справедливость), не ограничивая анализ трубопроводного проекта его инженерно-техническими параметрами.

### ***Потенциал применения модели ЖЦТ к анализу магистральных энергетических коридоров***

Крупные трансрегиональные магистральные трубопроводные системы формируют сложные узлы и коридоры в евразийском энергетическом пространстве. В пределах таких конфигураций пересекаются и конкурируют несколько «поколений» инфраструктуры, ориентированных на разные рынки и геополитические режимы, что последовательно подчеркивается в работах по энергетической геополитике и политике инфраструктур [8–13, 17, 18]. Высокая акторная и институциональная насыщенность, а также совмещение экспортных, транзитных и потребительских интересов делают подобные системы репрезентативным полигоном для апробации пространственно-фазовой модели ЖЦТ, в том числе в Черноморско-Каспийском макрорегионе.

Применение ЖЦТ к анализу магистральных энергетических коридоров позволяет, во-первых, реструктурировать разнородный эмпирический материал по фазам жизненного цикла: выделять проекты, находящиеся на стадиях предпроектного обсуждения, активной маршрутизации и институционального согласования, строительства и ввода в эксплуатацию, эксплуатации, модернизации и институциональной адаптации, а также трансформации, консервации и демонтажа. Во-вторых, становится возможным сопоставлять между собой проекты, относящиеся к разным историческим «поколениям» инфраструктуры, но находящиеся в близких фазах развития (например, магистрали, входящие в фазу трансформации, и новые проекты, испытывающие рост социально-пространственной конфликтности) [8, 11–13]. В-третьих, фазовая оптика открывает путь к построению сценарных траекторий развития, в рамках которых пространство крупных энергетических коридоров рассматривается как система перекрывающихся жизненных циклов, а не как набор статичных маршрутов.

Тем самым ЖЦТ задает универсальный пространственно-аналитический каркас, позволяющий одновременно типологизировать трубопроводные проекты по фазам, сопоставлять их институциональные конфигурации участников и анализировать динамику развития энергетических коридоров в долгосрочной перспективе.

### **Заключение и выводы**

Проведенное исследование было ориентировано на теоретико-методологическое обоснование пространственной логистики трубопроводного транспорта и формулировку пространственно-фазовой модели жизненного цикла трубопроводного проекта (ЖЦТ) для анализа крупных трансрегиональных энергетических коридоров. Показано, что существующие географические, инженерно-технические и экологические подходы к трубопроводной инфраструктуре во многом остаются фрагментированными и, как правило, не предлагают целостной схемы ее эволюции во времени и пространстве.

Ключевым результатом работы стала формализация семифазной структуры ЖЦТ, в которой жизненный цикл трактуется не только как последовательность инженерно-технологических стадий, но и как смена пространственных состояний энергетического коридора. От предпроектного ресурсно-географического анализа и маршрутизации до эксплуатации, социально-пространственной адаптации и завершающей трансформации, консервации и демонтажа инфраструктуры прослеживается последовательность фаз, сопровождающаяся изменением конфигурации трассы и узлов, перераспределением выгод и рисков между акторами и трансформацией режимов институциональной связности. Тем самым трубопроводная инфраструктура интерпретируется как элемент эволюции пространственной

организации территориальных систем, а не исключительно как инженерный объект.

Содержательная новизна предложенной модели заключается в интеграции логистической и географической перспектив, инженерного анализа рисков и экологического подхода в единую пространственно-фазовую аналитическую рамку. ЖЦТ позволяет совместно рассматривать надежность и безопасность трубопроводов, их экологические воздействия и уязвимость, а также акторную структуру, конфликтность и территориальную связанность энергетических коридоров. Это делает модель инструментом классификации и сопоставления инфраструктурных проектов и задает основу для сценарного анализа пространственной динамики энергетических коридоров.

С методологической точки зрения важно подчеркнуть, что в рамках настоящей статьи ЖЦТ представлена преимущественно в концептуальном виде, без детальной операционализации через систему индикаторов и картографическое моделирование. Следующим шагом является разработка набора количественных показателей пространственной устойчивости, конфликтности, институциональной гибкости и плотности участников по каждой фазе, их интеграция в ГИС-инструментарий и применение к анализу магистральных энергетических коридоров в различных макрорегионах. Реализация этих направлений позволит уточнить пороговые значения устойчивости и конфликтности и встроить модель ЖЦТ в инструментарий общественной географии, энергетической дипломатии и регионального планирования.

**Благодарности.** Исследование выполнено при поддержке Министерства национального образования Турецкой Республики в рамках стипендиальной программы YLSY (Закон № 1416). Автор выражает благодарность научному руководителю доктору географических наук, профессору Ю.Н. Гладкому за научные консультации и ценные замечания.

**Acknowledgments.** This research was supported by the Ministry of National Education of the Republic of Türkiye within the framework of the YLSY scholarship program (Law No. 1416). The author expresses sincere gratitude to his academic supervisor, Doctor of Geographical Sciences, Professor Yu.N. Gladkiy, for scientific guidance and valuable comments.

## Литература

1. Coe N.M. Logistical geographies // *Geography Compass*. 2020. Vol. 14. e12506. DOI: 10.1111/gec3.12506
2. Hesse M. Logistics: Situating flows in a spatial context // *Geography Compass*. 2020. Vol. 14. e12492. DOI: 10.1111/gec3.12492
3. Анимца Е.Г. Пространственная организация общества: постановка проблемы и концептуальные установки // *Известия Уральского государственного экономического университета*. 2007. № 2 (19). С. 82–85. EDN: MWACCB.
4. Бакланов П.Я. Пространственные структуры и территориальные системы в региональном развитии: Избранное. Владивосток: Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, 2024. 464 с. ISBN 978-5-6049683-5-2. DOI: 10.35735/9785604968352
5. Гладкий Ю.Н. Географическая праксиология и модернизация страны // *Общество. Среда. Развитие*. 2023. № 4 (69). С. 53–61. DOI: 10.53115/19975996\_2023\_04\_053\_061.
6. Гладкий Ю.Н. Гуманитарная география: понятийный статус и институционализация // *Гуманитарный вектор*. Серия: Философия, культурология. 2014. № 2 (38). С. 158–164.
7. Гладкий Ю.Н. Ответ на вопрос: «Социально-экономическая география и региональные науки: конкуренция или взаимодействие?» // *Теория социально-экономической географии: спектр современных взглядов* / ред. и сост. А. Г. Дружинин, В. Е. Шувалов. Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета, 2010. С. 69–72.
8. Бушуев В.В. Транспортно-энергетическая инфраструктура Евразии как основа ее устойчивого развития // *Экономика региона*. 2013. № 4 (36). С. 142–150.
9. Bridge G., Özkaynak B., Turhan E. Energy infrastructure and the fate of the nation: Introduction to special issue // *Energy Research & Social Science*. 2018. Vol. 41. P. 1–11. DOI: 10.1016/j.erss.2018.04.029
10. Blondeel M., Bradshaw M.J., Bridge G., Kuzemko C. The geopolitics of energy system transformation: A review // *Geography Compass*. 2021. Vol. 15. e12580. DOI: 10.1111/gec3.12580
11. Маркелов К.А., Усманов Р.Х., Головин В.Г. Черноморско-Каспийский регион: от геополитики к геоэкономике транспортных систем // *Каспийский регион: политика, экономика, культура*. 2019. № 1 (58). С. 74–88.

12. Öge K. Understanding Pipeline Politics in Eurasia: Turkey's Transit Security in Natural Gas // *Geopolitics*. 2019. Vol. 26. P. 1–23. DOI: 10.1080/14650045.2019.1687447
13. Omonbude E.J. The transit oil and gas pipeline and the role of bargaining: A non-technical discussion // *Energy Policy*. 2007. Vol. 35 (12). P. 6188–6194. DOI: 10.1016/j.enpol.2007.06.001
14. Jo Y.-D., Ahn B.J. Analysis of hazard areas associated with high-pressure natural-gas pipelines // *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2002. Vol. 15 (3). P. 179–188. DOI: 10.1016/S0950-4230(02)00007-4
15. Han Z.Y., Weng W.G. An integrated quantitative risk analysis method for natural gas pipeline network // *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2010. Vol. 23 (3). P. 428–436. DOI: 10.1016/j.jlp.2010.02.003
16. Rebitzer G., Ekvall T., Frischknecht R., Hunkeler D., Norris G., Rydberg T., et al. Life cycle assessment: Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications // *Environment International*. 2004. Vol. 30 (5). P. 701–720. DOI: 10.1016/j.envint.2003.11.005
17. Bouzarovski S., Bradshaw M., Wochnik A. Making territory through infrastructure: The governance of natural gas transit in Europe // *Geoforum*. 2015. Vol. 64. P. 217–228. DOI: 10.1016/j.geoforum.2015.06.022
18. Bridge G., Bradshaw M. Making a Global Gas Market: Territoriality and Production Networks in Liquefied Natural Gas // *Economic Geography*. 2017. Vol. 93 (3). P. 215–240. DOI: 10.1080/00130095.2017.1283212
19. Şahin V. Lojistik coğrafyası üzerine bir değerlendirme // *Marmara Coğrafya Dergisi*. 2014. Sayı 29. DOI: 10.14781/mcd.90671
20. Xu S., Wang J., Sun H., Huang L., Xu N., Liang Y. Life cycle assessment of carbon emission from natural gas pipelines // *Chemical Engineering Research and Design*. 2022. Vol. 185. P. 267–280. DOI: 10.1016/j.cherd.2022.07.018
21. Прахова Т.Н., Сатаева Д.М. Управление качеством на этапах жизненного цикла объектов газоснабжения: монография. Нижний Новгород: ННГАСУ, 2014. 147 с.
22. Сухарев М.Г., Карасевич А.М. Модели надежности газоснабжающих систем // *Автоматика и телемеханика*. 2010. № 7. С. 149–159. (Англ. версия: *Automation and Remote Control*. 2010. Vol. 71 (7). P. 1415–1424. DOI: 10.1134/S0005117910070155
23. Gaurina-Medimurec N., Novak Mavar K., Simon K., Djerdji F. Accidents in oil and gas pipeline transportation systems // *Energies*. 2025. Vol. 18. 4056. DOI: 10.3390/en18154056
24. Chen C., Li C., Reniers G., Yang F. Safety and security of oil and gas pipeline transportation: A systematic analysis of research trends and future needs using WoS // *Journal of Cleaner Production*. 2021. Vol. 279. 123583. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.123583
25. Мичурин О.Ю., Дубинина Н.А. Влияние строительства и эксплуатации систем магистральных газопроводов на окружающую среду // *Инженерно-строительный вестник Прикаспия*. 2023. № 4 (46). С. 53–58. DOI: 10.52684/2312-3702-2023-46-4-53-58

## References

1. Coe, N.M. Logistical geographies. *Geography Compass*. 2020;(14):e12506. DOI: 10.1111/gec3.12506
2. Hesse, M. Logistics: Situating flows in a spatial context. *Geography Compass*. 2020;(14):e12492. DOI: 10.1111/gec3.12492
3. Animitsa, E.G. Spatial organization of society: problem statement and conceptual guidelines. *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta*. 2007;2(19):82–85. (In Russian)
4. Baklanov, P.Ya. *Spatial structures and territorial systems in regional development: Selected works*. Pacific Geographical Institute FEB RAS: Vladivostok, Russia. 2024; 464 p. DOI: 10.35735/9785604968352 (In Russian)
5. Gladkiy, Yu.N. Geographical praxeology and modernization of the country. *Society. Environment. Development*. 2023;4(69):53–61. DOI: 10.53115/19975996\_2023\_04\_053\_061 (In Russian)
6. Gladkiy, Yu.N. Humanitarian geography: conceptual status and institutionalization. *Gumanitarnyi vektor. Seriya: Filosofiya, kul'turologiya*. 2014;2(38):158–164. (In Russian)
7. Gladkiy, Yu.N. Response to the question: “Socio-economic geography and regional sciences: competition or interaction?”. In *Theory of Socio-Economic Geography: A Spectrum of Contemporary Views*. Southern Federal University Press: Rostov-on-Don, Russia. 2010, 69–72. (In Russian)
8. Bushuev, V.V. Transport and energy infrastructure of Eurasia as the basis of its sustainable development. *Economy of Regions*. 2013;4(36):142–150. (In Russian)
9. Bridge, G.; Özkaynak, B.; Turhan, E. Energy infrastructure and the fate of the nation: Introduction to special issue. *Energy Research & Social Science*. 2018;(41):1–11. DOI: 10.1016/j.erss.2018.04.029
10. Blondeel, M.; Bradshaw, M.J.; Bridge, G.; Kuzemko, C. The geopolitics of energy system transformation: A review. *Geography Compass*. 2021;(15):e12580. DOI: 10.1111/gec3.12580
11. Markelov, K.A.; Usmanov, R.Kh.; Golovin, V.G. The Black Sea–Caspian region: from geopolitics to geoeconomics of transport systems. *The Caspian Region: Politics, Economics, Culture*. 2019;1(58):74–88. (In Russian)
12. Öge, K. Understanding Pipeline Politics in Eurasia: Turkey's Transit Security in Natural Gas. *Geopolitics*. 2019;(26):1–23. DOI: 10.1080/14650045.2019.1687447
13. Omonbude, E.J. The transit oil and gas pipeline and the role of bargaining: A non-technical discussion. *Energy Policy*. 2007;35(12):6188–6194. DOI: 10.1016/j.enpol.2007.06.001

14. Jo, Y.-D.; Ahn, B.J. Analysis of hazard areas associated with high-pressure natural-gas pipelines. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2002;15(3):179–188. DOI: /10.1016/S0950-4230(02)00007-4
15. Han, Z.Y.; Weng, W.G. An integrated quantitative risk analysis method for natural gas pipeline network. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2010;23(3):428–436. DOI: 10.1016/j.jlp.2010.02.003
16. Rebitzer, G.; Ekvall, T.; Frischknecht, R.; Hunkeler, D.; Norris, G.; Rydberg, T.; et al. Life cycle assessment: Part I: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. *Environment International*. 2004;30(5):701–720. DOI: 10.1016/j.envint.2003.11.005
17. Bouzarovski, S.; Bradshaw, M.; Wochnik, A. Making territory through infrastructure: The governance of natural gas transit in Europe. *Geoforum*. 2015;(64):217–228. DOI: 10.1016/j.geoforum.2015.06.022
18. Bridge, G.; Bradshaw, M. Making a Global Gas Market: Territoriality and Production Networks in Liquefied Natural Gas. *Economic Geography*. 2017;93(3):215–240. DOI: 10.1080/00130095.2017.1283212
19. Sahin, V. An evaluation on logistics geography. *Marmara Cogرافya Dergisi*. 2014; 29. DOI: 10.14781/mcd.90671 (In Turkish)
20. Xu, S.; Wang, J.; Sun, H.; Huang, L.; Xu, N.; Liang, Y. Life cycle assessment of carbon emission from natural gas pipelines. *Chemical Engineering Research and Design*. 2022;(185):267–280. DOI: 10.1016/j.cherd.2022.07.018
21. Prakhova, T.N.; Sataeva, D.M. *Quality management at the stages of the life cycle of gas supply facilities*. NN-GASU: Nizhny Novgorod, Russia. 2014; 147 p. (In Russian)
22. Sukharev, M.G.; Karasevich, A.M. Reliability models of gas supply systems. *Automation and Remote Control*. 2010;71(7):1415–1424. (In Russian). DOI: 10.1134/S0005117910070155
23. Gaurina-Medimurec, N.; Novak Mavar, K.; Simon, K.; Djerdji, F. Accidents in oil and gas pipeline transportation systems. *Energies*. 2025;(18):4056. DOI: 10.3390/en18154056
24. Chen, C.; Li, C.; Reniers, G.; Yang, F. Safety and security of oil and gas pipeline transportation: A systematic analysis of research trends and future needs using WoS. *Journal of Cleaner Production*. 2021;(279):123583. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.123583
25. Michurina, O.Yu.; Dubinina, N.A. The impact of construction and operation of main gas pipeline systems on the environment. *Inzhenerno-stroitel'nyi vestnik Prikaspiya*. 2023;4(46):53–58. (In Russian). DOI: 10.52684/2312-3702-2023-46-4-53-58

Статья поступила в редакцию 17.01.2026; одобрена после рецензирования 6.02.2026; принята к публикации 16.02.2026.

The article was submitted 17.01.2026; approved after reviewing 6.02.2026; accepted for publication 16.02.2026.

