

# Прогнозирование адаптируемости арктических проектов к изменениям параметров в условиях интервальной неопределённости

Н. В. Трифонова<sup>1</sup>, М. З. Эпштейн<sup>2</sup>

Санкт-Петербургский государственный экономический университет

<sup>1</sup> nvtrifon@mail.ru, <sup>2</sup> m-epstein@yandex.ru

Е. А. Родионова

Санкт-Петербургский политехнический университет

Петра Великого

e\_a\_rodion@mail.ru

О. А. Швецова\*

Korea University of Technology and Education (KOREATECH)

Shv\_olga@rambler.ru

\*Corresponding author

**Аннотация.** Рассмотрены условия принятия стратегических решений в крупных национальных проектах освоения арктических территорий. Показана необходимость использования в системе принятия решений моделей, учитывающих возможность резкого изменения поведения хозяйственных систем. Для принятия управленческих решений предложено моделирование структурных сдвигов на базе теории катастроф в условиях интервальной неопределённости. Рассмотрен случай двухпараметрической модели формирования потребности с параметрами, заданными в интервальном виде.

**Ключевые слова:** стратегические решения; арктические проекты; интервальная неопределённость; теория катастроф; модель структурных сдвигов

## I. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА

Арктика имеет стратегическое значение для глобального экономического развития. Она занимает площадь в 14 миллионов квадратных километров, которая распределена между восьмью «арктическими» государствами: Россией, Канадой, Данией, США, Исландией, Норвегией, Швецией и Финляндией [1]. В ней сосредоточены значительные запасы нефти и газа, определяющие перспективы развития этой отрасли мировой экономики. Арктика является важным районом для авиационного сообщения, кроме того Северный морской путь является транспортным маршрутом, соединяющим страны Азиатско-Тихоокеанского региона, прежде всего Китай, Японию и Корею, с европейскими портами. Арктика также имеет мировое значение как заповедная территория, существенно влияющая на формирование климата на всей планете. Для России данный регион имеет стратегическое значение и его развитие определяется специальной государственной программой, новая редакция которой была принята в 2017 г. [2].

## А. Климатические особенности Арктики

Арктические территории значительно отличаются от других регионов Российской Федерации по природным, экономическим, демографическим и иным показателям, обладают рядом особенностей, определяющих особые условия и риски реализации экономических проектов.

К таким особенностям следует отнести суровый климат, постоянный ледовый покров или дрейфующие льды арктических морей, хрупкость экологического равновесия, систему расселения (очаговый характер, чрезвычайно низкую плотность населения), сочетание традиционных и современных способов организации хозяйства и жизнедеятельности в целом, зависимость от «северного завоза», наличие стратегических запасов сырья, необходимость учёта международных аспектов, в том числе в военно-политической сфере.

Около трети площади всего региона занимает Северный Ледовитый океан, который в течение большей части года покрыт льдами. Арктические территории характеризуются тем, что средняя температура самого теплого месяца – июля – не поднимается выше 10 °С, а большая часть года сопровождается морозной погодой, причем температура может падать до – 50 градусов. Следует также учитывать, что в российском Заполярье более 9 месяцев в году наблюдается выпадение значительных объёмов снега. Уже одно это не позволяет использовать применяемые в других районах технологии.

В последнее время отмечается наличие глобального потепления. Прогнозируется, что процесс изменений в Арктике будет намного интенсивнее, чем в других частях планеты, причем незначительные изменения средней температуры могут вызвать радикальные перемены [3]. С одной стороны, таяние льдов открывает дополнительные перспективы по добыче полезных ископаемых на шельфе,

---

Работа выполнена при финансовой поддержке СПбГЭУ

использовании Северного морского пути, расширение возможностей туристической отрасли. С другой стороны, это меняет ареал обитания, кормовую базу и численность животных, негативно сказывается на населении, ведущим традиционный образ жизни (появление новых живых организмов, переносящих опасные виды вирусов и бактерий, негативное воздействие более высокой температуры на здоровье коренных жителей, разрушение слоя вечной мерзлоты, приводящее к разрушению стоящих на нём строений и т.п.).

Изменение климата увеличивает число опасных природных явлений на море. В акватории арктических морей наблюдаются штормовые ветры, волнение, ограниченная видимость, тяжелые ледовые условия. Причиной аварии транспортного судна может стать сжатие льдов или их интенсивный дрейф, сужение судоходного канала, обледенение корпуса судна.

#### *В. Экономическое значение развития Арктики*

Северный морской путь в несколько раз позволяет сократить путь из портов Восточной Азии в Европу, но интенсификация его использования связана с развитием специфических технологий и инфраструктуры, позволяющих учесть и преодолеть опасности навигации в арктическом бассейне. К таким технологиям относится строительство кораблей ледового класса, развитие ледокольного флота и арктической авиации, создание системы метеонаблюдений. Спутниковые средства наблюдения, сообщая данные о погоде над океанами и состоянии арктического ледяного покрова, повышают безопасность плавания судов.

Добыча углеводородов на шельфе в Арктике сложна и опасна. Дополнительными факторами риска являются суровый климат, шторма с высокими волнами, туманы и многометровые льды, возможность столкновения с айсбергами, что увеличивает угрозу аварий.

Вероятность разлива нефти при аварии представляет серьезную экологическую угрозу в принципе. Её последствия становятся ещё более тяжёлыми, если, например, авария случится в условиях полярной ночи. Тогда ликвидировать её последствия придётся в темноте. Кроме того, из-за повышения температуры в регионе, увеличивается скорость выброса на поверхность метана – газа более опасного, чем углекислый газ.

Серьезным проблемой для материковой зоны Арктики является овражная эрозия и склоновое перемещение, которые нарушают тундровый покров. Даже разовый проезд гусеничного транспорта грозит образованием провалов, оврагов, а затем болот. Тысячи километров нефте- и газопроводов подвергаются риску деформации и разрушения [4].

Экологические риски на арктических территориях требуют применения особых технологий. Например, на введённой в строй в 2013 г. в Печорском море «Газпром нефтью» платформе «Приразломная» действует система «нулевого сброса». Отходы, в том числе буровые, закачиваются в специальную поглощающую скважину.

Кроме поглощающей скважины, внутри основания платформы находятся 19 добывающих и 16 нагнетательных скважин. Они окружены 3-х метровыми бетонными стенами, покрытыми сверхпрочной плакированной сталью [5].

Экономическое значение Арктики приводит к изменению её международного статуса. Всё большая площадь подпадает под юрисдикцию национальных государств, где закрепляются их права на экономическую деятельность. В этой связи, а также из-за развития средств доставки ядерного оружия увеличивается роль Арктики как военно-стратегического направления, требующего создания сети военных баз и соответствующей инфраструктуры.

Арктические проекты особенно чувствительны к реализации концепции устойчивого развития, согласно которой использование ресурсов, инвестиции, направления технологического развития, а также институциональные изменения должны соответствовать потребностям настоящих и будущих поколений. Устойчивое развитие означает, что обеспечивается не снижающийся со временем уровень благосостояния населения при динамическом равновесии экономической системы и окружающей среды.

Успех реализации концепции устойчивого развития связан с комплексным учётом экономической, социальной и экологической составляющей. Для Кольской опорной зоны экономический вектор развития означает функционирование АО «Кольская Горно-металлургическая компания» в качестве ведущего производственного комплекса Мурманской области. В социальной сфере упор делается на реализацию региональных инициатив благодаря деятельности некоммерческих организаций, а в экологической сфере – на поддержку заповедников Кольского полуострова.

## **II. МОДЕЛЬ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА**

### *А. Условия применения модели*

Рассмотренные особенности арктических территорий определяют необходимость использования в системах поддержки принятия управленческих решений прогнозных моделей, учитывающих неопределённость среды хозяйственных систем. Для принятия стратегических решений особенно важно предвидеть зоны возможного резкого изменения условий функционирования управляемой системы. Модели теории катастроф позволяют предвидеть зоны, в которых возможны бифуркации.

Поведение сложных хозяйственных систем определяется значительным числом факторов. Одним из важнейших является потребность в её продукции. Особенно чувствительным этот параметр становится в условиях резких колебаний, характерных для сырьевых отраслей, образующих экономический фундамент экономики арктических территорий. Адаптируемость динамического процесса принято определять, как меру возможности для системы сохранять неизменность динамического поведения (устойчивость развития) при

воздействию внешних возмущающих воздействий или изменения внешних параметров [6]. Конкретные показатели, используемые для измерения адаптируемости, зависят от формы представления системы и выбранного критерия оценки. Следует отметить, что на практике исследуемые показатели задаются с некоторой ошибкой или вообще являются не полностью определёнными (недетерминированными). По этой причине представляется естественным задание параметров в виде интервала, с указанием верхней и нижней границы значений. В работе [7] предложен алгоритм исследования динамики поведенческой переменной в модели структурных сдвигов для прогнозирования потребности. Показано, что решающим является фактор изменения внутренних параметров, поэтому следует рассматривать их влияние на множество отображения катастроф. В настоящей работе предлагается исследовать случай не полностью определённых параметров и задать их в интервальном виде.

### В. Описание модели

Рассмотрим двухпараметрическую модель структурных сдвигов и два управляющих параметра  $\Delta C$ ,  $\Delta K$  – изменение цены и показателей качества продукции, соответственно. Для прогнозирования резких скачков изменения потребности воспользуемся двухпараметрической катастрофой – сборкой Уитни [8]. Известно, что резкое изменение объёма потребности происходит при пересечении траекторией изменения параметров бифуркационной кривой, задаваемой уравнением

$$4m\Delta C^3 + 27n\Delta K^2 = 0 \quad (1)$$

Примем, что параметры  $m$  и  $n$  задаются не точно, а представляются интервальными значениями  $m=[m1, m2]$ ,  $n=[n1, n2]$ , где  $m1, n1$  – нижние интервальные значения,  $m2, n2$  – верхние интервальные значения. Пусть состояние системы характеризуется вектором параметров управления

$$f = (\Delta C, \Delta K)^T, f \in R^2 \quad (2)$$

на бифуркационном множестве. Поставим задачу определения величины и направления изменения  $f$ , необходимого для достижения бифуркационной кривой (1). В [7] показано, что для случая точного задания параметров системы проблема сводится к задаче на условный экстремум поиска точки бифуркационной кривой, ближайшей к точке текущего положения.

Следуя [9, 10], используем идею детерминации, позволяющую решить задачу условной оптимизации при интервальной неопределённости параметров сведением к

двум полностью определённым задачам оптимизации того же типа – верхней граничной и нижней граничной, полученным при замене интервальных значений коэффициентов верхним и нижним значением, соответственно. Полученные решения двух детерминированных задач позволяют построить интервальные значения для компонент вектора параметров положения хозяйственной системы, которые в ближайшем будущем могут привести к скачкам потребности.

### III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наличие в системе принятия решений аналитических инструментов, учитывающих неопределённость внешней и внутренней среды хозяйственной системы, являющейся объектом управления, создаёт возможность принятия оптимальных для данных условий решений.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Особенности климата Арктики. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://atlasprirodirossii.ru/arktika-osobennosti-klimata-arkitiki/> (дата обращения 15.02.2018).
- [2] Постановление Правительства РФ от 31 августа 2017 г. N 1064 "О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2014 г. N 366". [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71662010/> (дата обращения 30.03.2018).
- [3] Особенности Арктики. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://biofile.ru/his/13481.html> (дата обращения 15.03.2018).
- [4] Особенности климата Арктики. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://atlasprirodirossii.ru/arktika-osobennosti-klimata-arkitiki/> (дата обращения 15.02.2018).
- [5] Психологическая готовность оператора к работе в Арктическом регионе: учебно-методическое пособие по изучению учебной дисциплины «Инженерная (транспортная) психология» для студентов технических направлений подготовки очной и заочной формы / сост. Полетаева О.В.; Тюменский индустриальный университет. Тюмень: Издательский центр БИК ТИУ, 2016, 60 с.
- [6] Негойце К. Применение теории систем к проблемам управления [Текст] / К. Негойце М.: Мир, 1981.
- [7] Родионова Е.А., Эпштейн М.З. Оценка адаптируемости хозяйственной системы к изменениям внутренних факторов [Текст] // Е.А. Родионова, М.З. Эпштейн // Труды Санкт-Петербургского Государственного Технического Университета. Прикладная математика. -1999, №477. С.104-110.
- [8] Гилмор Р. Прикладная теория катастроф [Текст] /Р.Гилмор. М.: Мир, 1984. В двух книгах.
- [9] Левин В.И. Оптимизация в условиях интервальной неопределённости методом детерминации. [Текст] / В.И. Левин // Вестник Тамбовского Государственного Университета. Серия: Естественные и технические науки. 2014, т.19, вып.3. С. 844-851.
- [10] Rodyonova Elena A., Shvetsova Olga A., Epstein Michael Z. Multicriterial Approach to Investment Projects: Estimation under Risk Conditions/ Revista Espacios, Vol.39 (7) 2018, pp. 28-44.