

УДК 338-9  
ББК 65.9(2P)-30-2  
С 41

Рецензенты:

Доктор экономических наук Новоселов А.С.  
Доктор экономических наук Нехорошков В.П.  
Кандидат физико-математических наук Мурзин Ф.А.

С 41 **Ситуационная комната как элемент организации экспертного сообщества: задачи планирования и прогнозирования** / Малов В.Ю., Тарасова О.В., Бульонков М.А. и др. Под ред. д.э.н. Г.А. Унтуры. – Новосибирск : ИЭОПП СО РАН, 2018. – 260 с.

Коллектив авторов

Бульонков М.А. – гл. 1, п. 2.2, п. 2.4, гл. 4; Воронов Ю.П. – п. 3.7;  
Ершов Ю.С. – п. 3.2; Ионова В.Д. – п. 3.2; Капкайкина О.А. – п. 2.5;  
Малов В.Ю. – введение, заключение, гл. 1, п. 2.1, п. 2.2, п. 2.3, п. 2.5, п. 3.1, п. 3.2;  
Мелентьев Б.В. – п. 2.1, п. 3.1; Микоян А.П. – п. 3.4; Панкова Ю.В. – п. 2.6, п. 2.7;  
Соколова А.А. – п. 3.5; Тарасова О.В. – п. 2.5, п. 2.6, п. 2.7, п. 3.1, п. 3.3, п. 3.4, п. 3.5, п. 3.6;  
Филаткина Н.Н. – п. 2.2, п.2.4, гл. 4.

В данной монографии обобщается опыт применения так называемой «Ситуационной комнаты (СИТКОМ)» – инструментария, позволяющего использовать модельные конструкции как «помощника» в работе экспертного сообщества. Авторами предлагается модельно-информационная картографическая система, позволяющая в оперативном режиме анализировать большие массивы информации по регионам страны, используя возможности их картографического представления. Особое внимание уделяется задачам формирования хозяйства регионов нового освоения в Арктической зоне России, анализу исторического опыта подобных разработок и причин задержки в реализации многих планов, в том числе принятых на уровне правительства.

Книга рассчитана на специалистов в области прогнозирования регионального развития, разработки стратегий экономического развития регионов, магистрантов и аспирантов, обучающихся по экономическим специальностям, а также в области информационных технологий, имеющих прикладное значение в экономике.

Монография подготовлена в рамках выполнения проекта РГНФ № 16-02-00221 «Моделирование процесса освоения северных территорий и акваторий России: игровой подход на основе геоинформационных технологий».

УДК 338.9  
ББК 65.9(2P)-30-2

ISBN 978-5-89665-323-3

© ИЭОПП СО РАН, 2018 г.  
© Коллектив авторов, 2018 г.

## **ГЛАВА 2. ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ СТРАНЫ**

### **2.1. Задачи и модель прогнозирования формирования опорной транспортной сети России**

#### *2.1.1. Основные задачи и методы исследования транспортного пространства*

Сегодня в России на перспективу в качестве доминирующего принят вектор инновационного развития экономики. Это несколько не исключает остроты проблем, обусловленных необходимостью формирования единого транспортного пространства страны, в том числе и с целью продвижения в регионы нового ресурсного освоения. Прогнозирование формирования и развития единого транспортного пространства – это система иерархически связанных задач, что обусловлено спецификой функционирования транспортного комплекса. Выполняя свою главную функцию – осуществление внутри- и межрегионального обмена продуктами – транспорт, в числе других факторов, определяет уровень социально-экономического развития каждой конкретной территории. Для решения таких задач, адекватно учитывающих вызовы XXI века, требуется объединение методов и подходов, наработанных в разных областях научных исследований. Прежде всего это экономико-математическое моделирование, возможности обеспечения информационной и вычислительной составляющих которого существенно расширяются с использованием ГИС-технологий. Геоинформационная поддержка работы с модельным аппаратом заключается в разработке средств и приёмов визуализации не только конечных результатов расчётов. ГИС-технологии позволяют представить в табличном и картографическом виде каждую «цепочку» по каждому варианту расчётов: от постановки задачи и формирования исходной информации (с учётом её неоднозначности и неопределённости) до аналитических выводов и подготовки последующих рекомендаций на базе многовариантных расчётов.

Для согласования вариантов схемы формирования опорной транспортной сети страны и экономических прогнозов развития отдельных регионов авторами разработан инструментарий – группа экономико-математических моделей для составления транспортно-экономических балансов (ТЭБ) [Азиатская часть..., 2008]. Нельзя утверждать, что ТЭБ явились абсолютно новым «атрибутом» становления рыночной экономики в России. По своей природе и использованию в прикладных целях они являются широко используемым и ранее приёмом отражения и анализа межотраслевых и межрегиональных связей. Сохранился тот же принцип определения их конкретной географии и количественных оценок – исходя из требования равенства спроса и предложения транспортных услуг. Однако в новых экономических условиях и с изменением геополитического положения России изменился характер участия транспорта в формировании этих связей.

Виды транспорта выступают теперь субъектами рынка соответствующих услуг. Между ними в пределах конкретных территорий усиливается конкуренция за привлечение потребителей услуг, в том числе и находящихся за пределами своей территории. Прибыль транспортных организаций становится важным показателем для оценки не только их работы, но и инвестиционной привлекательности. Новое транспортное строительство может инициировать не только государство, но и частный капитал. Магистральные транспортные коридоры России становятся привлекательными для осуществления грузоперевозок между третьими странами. Заинтересованность в реализации крупных российских транспортных проектов проявляют и иностранные инвесторы.

Для детализации прогнозных показателей работы транспортной системы и обеспечения последующего их мониторинга необходима многоуровневая схема разработки балансов, которая строится в соответствии с иерархическим представлением территории взаимодействия видов транспорта и потребителей их услуг. Такое представление адекватно отражает уровни территориальной агрегации транспорта – от страны в целом до отдельного субъекта Федерации<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Под территориальной агрегацией транспорта понимается совокупность видов транспорта, обслуживающих потребителей в пределах территории определённого уровня иерархии.

В качестве ключевых посылок при разработке ТЭБ с использованием группы экономико-математических моделей приняты следующие требования:

– приоритетное выполнение социально-экономических задач развития страны в целом и отдельных её регионов;

– согласованное развитие видов транспорта, позволяющее единой транспортной системе не только выполнять запросы экономики и населения регионов России, но и занять достойное место в мировой транспортной системе;

– восстановление и усиление геоэкономических и геополитических позиций России как в международном разделении труда, так и на мировом экономическом пространстве.

При таких посылках «заданиями» для транспортного комплекса являются прогнозы о состоянии реального сектора экономики отдельных регионов страны и взаимодействии последних, выражающемся в объёмах грузоперевозок между ними. Поэтому в качестве «верхней» в группе моделей<sup>2</sup>, используемых для решения задач формирования опорной транспортной сети страны, принята оптимизационная межрегиональная межотраслевая модель

---

<sup>2</sup> Каждая из моделей группы ориентирована на решение определённого круга вопросов. Проблема совместного использования их заключается в том, что модели разных уровней работают в режиме разных количественных измерителей: показателей спроса/предложения транспортных услуг – в стоимостном или натурально-вещественном выражении. Это обусловлено целями решения задач каждого уровня и способами отражения в них объектов исследования, через которые формализуется взаимодействие экономики и транспорта. Например, с использованием межрегиональной межотраслевой модели на верхнем уровне определяются сбалансированные на долгосрочную перспективу темпы развития отраслей экономики и транспорта в разрезе федеральных округов. В качестве потребителей транспортных услуг на этом уровне рассматриваются крупные агрегаты отраслей – «машиностроение», «химическая промышленность» и т.п. Естественно, что при такой агрегации спрос на транспортные услуги и, следовательно, сбалансированное с ним предложение могут быть измерены только в стоимостном выражении. Модели нижестоящих уровней предназначены для выявления, в соответствии с этим спросом, рациональных схем региональных сетей по каждому виду транспорта с учётом выгодных для каждого из вариантов «индивидуальной» и/или совместной работы по обслуживанию потребителей. Для этого требуется материально-вещественная форма измерения показателей спроса/предложения транспортных услуг, что сопряжено с достаточно сложной проблемой дезагрегации.

(ОМММ). Результаты расчётов по этой модели являются входной информацией для расчётов по моделям нижележащих уровней. Здесь цели решения заключаются уже в выявлении предпочтительных вариантов развития на перспективу отдельных элементов транспортной системы (например, перерабатывающих мощностей транспортных узлов, пропускных способностей магистральных участков сети каждого вида транспорта, мощностей и структуры транспортной инфраструктуры и т.д.).

Поскольку каждая модель из группы может независимо генерировать варианты, необходим инструментарий, позволяющий в интерактивном режиме с участием пользователя формировать и анализировать множество различных вариантов комбинаций ожидаемых в перспективе условий для принятия окончательных решений. Традиционная технология работы с оптимизационными моделями требует большого количества «ручной» работы по созданию и анализу результатов этих вариантов, что является одной из причин недостаточного использования этого аппарата в хозяйственной и управленческой практике. Другим немаловажным фактором, препятствующим успешному использованию его для выработки и обоснования управленческих решений, является «характер» работы по построению вариантов. Большого времени требует рутинная работа по просмотру исходных параметров, представленных в виде бумажного листинга, который, как правило, состоит из множества страниц. Не менее затратным по времени является и последующий перенос их на электронные носители.

Устранить отмеченные выше недостатки и ускорить весь процесс расчётов позволяет система геоинформационной поддержки работы с оптимизационными моделями. С ней значительно упрощаются (при максимальном уменьшении технических ошибок): подготовка исходной информации для вариантов расчётов по моделям, анализ её достоверности и корректировка. Авторским коллективом такая система разрабатывается для поддержки группы моделей прогнозирования формирования и развития единого транспортного пространства России.

В данной статье рассматриваются:

- ◆ модель в форме системного описания её объектов исследования;
- ◆ структура аппарата геоинформационной поддержки прикладного использования этой модели, получившего название ПРОСТОР (Прогнозирование Развития Опорной Сети Транспортной Отрасли России).

### ***2.1.2. Оптимизационная модель***

Предлагаемая экономико-математическая модель используется для решения задачи в следующей формулировке: определить вариант развития на перспективу опорной транспортной сети России, обеспечивающий рациональное взаимодействие входящих в неё видов транспорта при предоставлении услуг потребителям в соответствии с прогнозируемыми параметрами развития последних. В качестве территорий, для которых возможно прикладное использование её, могут рассматриваться разные уровни их иерархии:

- ◆ отдельный субъект Федерации – регион с детализированным представлением элементов транспортного комплекса;
- ◆ федеральный округ – макрорегион, как совокупность регионов, последовательно связанных транспортными сетями;
- ◆ группа федеральных округов, как совокупность макрорегионов, имеющих общее транспортное пространство;
- ◆ страна в целом с включением крупных транспортных центров третьих стран, для которых транспортное пространство России может стать связующим звеном в организации грузоперевозок. Такое расширение исследуемой территории позволит:
  - выявить возможности и условия привлечения дополнительных грузопотоков на «российское плечо» международных транспортных коридоров;
  - оценить влияние допустимых в этом случае масштабов грузопотоков на развитие опорной транспортной системы страны без ущемления интересов потребителей в российских регионах.

Перечисленные типы территорий в своей совокупности представляют иерархически связанные системы регионов. От уровня иерархии территории зависит соответствие схемы отражения в

модели сети каждого вида транспорта её реальной конфигурации. Кроме того, он определяет детальность учёта проявлений специфики во взаимодействии разных видов транспорта в пределах разных территорий. Поэтому использование предлагаемой модели в режиме последовательно связанных по разным уровням иерархии расчётов расширяет возможности получения аналитической информации, обосновывающей прогноз, и тем самым повышающей его надёжность.

Для формализованного представления в модели взаимодействия видов транспорта между собой и каждого из них с потребителями услуг принят ряд следующих исходных посылок, справедливых для территории любого из названных выше уровней иерархии.

**1. *Транспортная система макрорегиона рассматривается как агрегат транспортных систем входящих в него регионов.*** Основные требования к формализации структуры такого объединения заключаются в том, чтобы при моделировании обеспечивался адекватный учет особенностей:

- формирования в перспективе потребностей в услугах транспорта в пределах территорий отдельных регионов, т.е. пространственной структуры зарождения и погашения грузопотоков;
- взаимодействия потребителей смежных регионов на рынке транспортных услуг, связанных с осуществлением межрегиональных связей;
- взаимодействия разных видов транспорта при реализации внутренних и внешних транспортно-экономических связей – как отдельного региона, так и групп смежных регионов. Эти виды в зависимости от конкретной структуры, объёмов, дальности и стоимости грузоперевозок будут выступать либо конкурентами, либо дополнять или «подменять» друг друга, что должно выявляться в результате расчётов по модели.

**2. *В качестве территориальных единиц моделирования зарождения и погашения грузопотоков рассматриваются:***

- в явном виде – крупные промышленно-транспортные узлы каждого региона;

- в неявном виде – остальные части территорий смежных регионов, которые по обеспечению соответствующих услуг, не имея собственных крупных транспортных узлов, тяготеют к тому или иному выделенному узлу. Эта «привязка» фиксируется на стадии конкретизации постановки задачи<sup>3</sup>.

Наряду с российскими промышленно-транспортными узлами в модели присутствуют крупные «чисто» транспортные узлы третьих стран, которые расположены на маршруте того или иного международного транспортного коридора, затрагивающего интересы наших регионов с позиций экспортных и импортных поставок. В целом такая схема формализации обеспечивает более полное и адекватное отражение в модели текущего состояния и направлений изменения в перспективе поэлементной структуры транспортного комплекса каждого региона. Конкретный состав и количество узлов, принимаемых для решения прикладных задач, определяются для каждого региона на базе анализа

- густоты и сложности конфигурации региональных сетей по каждому виду транспорта и схемы «пересечения» их с учётом возможной реализации проектов усиления участков или нового строительства;

- масштабов и возможных схем «территориальной привязки» прогнозируемых запросов потребителей на транспортные услуги.

**3. Потребителями транспортных услуг** выступают в модели объекты отраслей хозяйственного комплекса<sup>4</sup> каждого промышленно-транспортного узла. Но они «персонифицируются» только на стадии подготовки исходной информации и в процессе

---

<sup>3</sup> При организации серии прикладных расчётов с разными вариантами состава территорий, тяготеющих к тому или иному узлу, выявляются сравнительные оценки альтернатив «привязки». Такие оценки могут быть использованы при постановке и решении других задач по оптимизации схем грузоперевозок для выявления предпочтительных вариантов «оконтуривания» зон влияния будущих узлов (центров) с логистическими принципами организации перевозочного процесса.

<sup>4</sup> Социальная функция транспорта в явном виде в модели не представлена. Эта нагрузка учитывается через корректировку ограничений на пропускную способность участков сетей в соответствии с прогнозируемыми масштабами и направлениями пассажиропотоков.



последующего анализа результатов расчётов. Здесь каждый из них рассматривается как «грузовладелец» с двумя типами заданных (в соответствии с отраслевыми прогнозами) показателей:

- объёмом выпуска основной продукции, предъявляемым им к перевозке – к вывозу за пределы узла (т.е. выпуск за минусом внутриузлового потребления);

- объёмами тех из учитываемых в задаче видов продукции<sup>5</sup>, которые он ввозит из-за пределов узла для обеспечения основного технологического процесса и других производственных потребностей.

В модели эти показатели включаются в форме заданных ограничений на суммарный «вывоз» или «ввоз», соответственно, одноимённой продукции рассматриваемыми производственными объектами узла. Таким образом, региональная нагрузка на элементы транспорта, распределённая по видам его, будет определяться в процессе расчётов по следующим направлениям оказания услуг, связанным

- с осуществлением собственных внутренних и внешних транспортно-экономических связей самого региона;

- с выполнением им функций по обслуживанию транзитных потоков, обусловленных необходимостью осуществления транспортно-экономического взаимодействия других (не только смежных) российских территорий и связей каждого из них с внешними рынками;

- с участием России в обслуживании связей третьих стран по обмену экспортно-импортной продукцией.

В прикладном использовании модели её структура не ограничивает числа как видов груза, подлежащих перевозке, так и видов транспорта, обеспечивающих этот процесс.

---

<sup>5</sup> Виды продукции отождествляются в модели с укрупнёнными видами груза, принятыми в официальной российской статистике по транспорту. В качестве самостоятельного вида выделяются перевозки грузов в контейнерах, осуществляемые между третьими странами с использованием транспортного пространства России.

**4. Транспортный комплекс региона рассматривается в модели своими точечными и линейными элементами** – как существующими, так и намечаемыми к формированию (созданию) в перспективе.

- Точечные – транспортные узлы, совпадающие с крупными промышленно-транспортными узлами. В каждом из них функционируют один или несколько видов транспорта, конкурирующих за потребителя услуг при зарождении грузопотоков.

- Линейные – участки сети (плечи), которые, последовательно связывая смежные транспортные узлы, описывают в своей совокупности конфигурацию региональной сети каждого вида транспорта и обеспечивают учёт конкуренции этих видов с позиций перемещений грузопотоков.

Для адекватной формализации направлений внешнеэкономических связей регионов по экспорту и импорту продукции в совокупности транспортных узлов выделяется подмножество внешних узлов. Кроме того, фиксируется состав другого подмножества узлов – «стыковых», в которых уже осуществляется или допускается в перспективе возможность перегрузки с одного вида транспорта на другой для продолжения перевозки. Внешние узлы с такой функцией образуют область пересечения названных подмножеств.

Такая схема формализации функциональной структуры транспортной системы обеспечивает при расчётах по модели учёт вариативности объёмных показателей взаимодействия разных видов транспорта в зависимости от конкретных схем размещения поставщиков и потребителей продукции разных видов, т.е. от особенностей пространственного аспекта процессов зарождения и погашения грузопотоков и от множества возможных схем их перемещения. Эти показатели выступают исходной базой для последующей разработки и обоснования структуры транспортно-экономических балансов – как отдельных регионов, так и территорий любого иерархического объединения.

**5. Для каждого вида транспорта каждого узла в модели рассматриваются 4 вида работ**, обусловленных предоставлением услуг потребителям:

- (1) погрузка – зарождение в узле грузопотока;
- (2) выгрузка – погашение в узле грузопотока либо в полном объёме, либо части его;

(3) перегрузка – смена в узле вида транспорта для дальнейшей перевозки груза;

(4) переработка транзита – пропуск грузопотока без выгрузки и смены вида транспорта.

Покомпонентное отражение структуры услуг позволит выявлять в результате расчётов и последующего их анализа предпочтительные схемы взаимодействия непосредственных участников перевозочного процесса – видов транспорта в зависимости от технической и технологической обеспеченности точечных элементов каждого из них. Для этого каждый вид работы каждого вида транспорта в узле представлен в модели вектором потребностей его в трудовых ресурсах, основных фондах, инвестициях в новое строительство и т.п. При таком подходе к формализации появляется дополнительная возможность получения интервальных оценок параметров развития в прогнозный период технической и технологической баз<sup>6</sup>, обеспечивающих в необходимых масштабах усиление пропускной и перерабатывающей способности элементов региональных транспортных комплексов.

***6. Объёмы переработки транзитных грузопотоков определяются в процессе расчётов по модели разными способами для узлов разного типа:***

- для внешнего – исходя из жёстко заданных ограничений на объём груза, ввозимого (вывозимого) из-за пределов (за пределы) исследуемой территории;

- для внутреннего – в соответствии с величиной переменной, которая выступает частью входящего в транспортный узел суммарного объёма грузопотока, выступающего тоже искомой величиной. Эти объёмы определяются в процессе расчётов в зависимости от выбираемых схем реализации любых транспортно-экономических связей – межрегиональных, экспортно-импортных и отвечающих обязательствам, принятым государством в части обслуживания экспортно-импортных операций третьих стран.

---

<sup>6</sup> Эти оценки формируют для частных задач по каждому виду транспорта область поиска допустимых решений, ориентированных на разработку транспортно-технологических балансов.

**7. В качестве обязательных условий выбора допустимых решений в модель включены группы ограничений,** которые по количественному выражению отождествляются с верхними или нижними границами на объёмы грузопотока, перерабатываемого точечными и линейными элементами каждого вида транспорта:

- ожидаемые в перспективе объёмы зарождения и погашения грузопотоков в соответствии с заданной пространственной и товарной структурой их в пределах исследуемой территории;

- мощности элементов транспортной системы на начало прогнозного периода: точечных – по видам работ, выраженных в объёмах переработки грузов; линейных – по пропускной и/или провозной способности, выраженных в объёмах перевозимых грузов;

- допустимые приросты мощностей элементов транспортной системы, которые могут быть обеспечены в прогнозный период независимо от роста внутреннего и внешнего спроса на транспортные услуги.

Кроме этих групп в модель вводятся ограничения по ресурсам, необходимым для развития опорной транспортной системы России, то есть для обеспечения приростов мощностей элементов транспортной системы в разрезе регионов и видов транспорта.

**8. Основным критерием расчётов по модели принят минимум суммарных приведённых затрат<sup>7</sup>, необходимых для развития опорной транспортной системы на конец прогнозного периода.** В обобщённой структуре функционал включает 4 группы слагаемых (в разрезе транспортных узлов и видов транспорта). Каждая из них отражает формирование издержек, связанных с предоставлением услуг в определённой сфере транспортного процесса и учитывающих инвестиционную составляющую в усиление региональных транспортных комплексов:

(1) с переработкой груза непосредственно в узлах;

---

<sup>7</sup> При проведении серии расчётов в целях анализа могут быть приняты и другие критерии. Например, минимум времени, затраченного на доставку определённого вида груза по транспортной сети в целом или по отдельному её маршруту (в комбинации видов транспорта), который в перспективе может стать составным звеном крупного транспортного коридора, в том числе и международного статуса.

(2) с обеспечением перевозок продукции между смежными узлами;

(3) с созданием дополнительных мощностей объектов региональных транспортных комплексов;

(4) с подготовкой других ресурсов, необходимых для усиления элементов региональных транспортных комплексов.

Построенная в соответствии с перечисленными выше посылками экономико-математическая модель является линейно-программной моделью: структурно-функциональной – с позиций исследуемых проблем развития транспортного комплекса, пространственной – по способу отражения размещения потребителей услуг транспорта, статической – по способу учёта фактора времени.

Модель имеет блочную структуру с чётко выраженной группой локальных блоков, каждый из которых соотносится с определённым видом груза. В любом из них по единой схеме формализуются условия взаимодействия разных видов транспорта при выполнении работ в точечных элементах системы – узлах. Условия функционирования и требования к работе линейных элементов транспортной системы – участков сети формализуются в связующем блоке. В этом же блоке представлены как частные ограничения по каждому виду транспорта, так и ограничения по параметрам взаимодействия разных видов транспорта в разрезе транспортных коридоров в целом или отдельных их фрагментов. Функционально в связующем блоке в процессе расчётов проверяется допустимость возможных вариантов схемы межрегионального обмена продукцией. Кроме того, этот блок дополняется переменными и уравнениями, позволяющими получать оценочные показатели необходимого ресурсного обеспечения для развития транспортной системы исследуемой территории. При этом учитывается конкуренция за получение этих ресурсов и разных видов транспорта, и разных транспортных узлов, и, в конечном счёте, разных регионов.

Таким образом, расчёты с использованием предлагаемой модели позволяют определять:

- оптимальные нагрузки на разные виды транспорта при согласованной работе их по обеспечению заданных объёмов внутри- и межрегионального обмена продукцией;

- возможности, условия и масштабы привлечения дополнительных грузопотоков на «российское плечо» международных транспортных коридоров без «ущемления» интересов потребителей в российских регионах.

Для расширения спектра и уточнения информации, обосновывающей эти результаты, необходимо выполнять серию сценарных расчётов по модели. Цели таких расчётов определяются потребностями практического использования полученных результатов для выработки решений по формированию и развитию опорной транспортной сети России. Например,

- ◆ анализа влияния на развитие транспортной сети и транспортного комплекса страны в целом возможных изменений в тарифной политике, в географии зарождения и погашения грузопотоков и т.д.;

- ◆ определения благоприятных интервалов масштабов нагрузки на транспортную сеть России при разных вариантах включения её в систему международных транспортных коридоров (МТК).

Формализованная запись модели приведена в монографии «Азиатская часть России: моделирование экономического развития в контексте опыта истории» 2012 г. Ниже приводится упрощённый вариант, реализованный в системе МИКС–ПРОСТОР.

Для решения задач прогнозирования развития транспортной сети мы пользуемся моделью, оперирующей следующими множествами:  $P$  – множество видов груза;  $T$  – множество всех видов транспорта;  $R$  – множество всех транспортных узлов. Каждое транспортное плечо определяется парой узлов и видом транспорта:  $(t, r, r')$ .

На параметры сети накладываются следующие ограничения:

Ограничения на погрузку и выгрузку. Пусть  $A_r^P$  обозначает объём продукта  $p$ , произведённого в узле  $r$ ;  $X_{tr}^P$  – объём продукта  $p$ , погруженного на транспорт вида  $t$  в узле  $r$ ;  $B_r^P$  – объём

продукта  $p$ , потреблённого в узле  $r$ ;  $Y_{tr}^p$  – объём продукта  $p$ , выгруженного с транспорта  $t$  в узле  $r$ , тогда:

$$\sum_t X_{tr}^p \leq A_r^p, \quad \sum_t Y_{tr}^p \geq B_r^p.$$

Ограничения, связанные с обработкой в узле. Если  $Z_{tr}^p$  обозначает объём продукта  $p$ , провезённого транзитом на транспорте  $t$  через узел  $r$ ;  $V_{t't}^p$  – объём продукта  $p$ , перегруженного с транспорта  $t$  на транспорт  $t'$  в узле  $r$ ;  $W_{tr'r}^p$  – объём продукта  $p$ , привезённого в узел  $r$  по плечу  $(t, r', r)$ ;  $W_{trr'}^p$  – объём продукта  $p$ , вывезенного из узла  $r$  по плечу  $(t, r, r')$ , тогда

$$\sum_{r'} W_{tr'r}^p = Y_{tr}^p + \sum_{t'} V_{t't}^p + Z_{tr}^p;$$

$$X_{tr}^p + \sum_{t'} V_{t't}^p + Z_{tr}^p = \sum_{r'} W_{trr'}^p.$$

Ограничения, связанные с провозными способностями  $P_{trr'}$ , по плечу  $(t, r, r')$ , которые учитывают перевозку по плечу в обоих направлениях:  $P_{trr'} = P_{tr'r}$ ,  $\sum_p (W_{trr'}^p + W_{tr'r}^p) \leq P_{trr'}$ .

Целевая функция модели является суммой издержек, связанных с переработкой грузов в транспортных узлах и с перевозкой грузов по плечам:

$$\begin{aligned} & \sum_{t,r,p} \bar{c}_t^p X_{tr}^p + \sum_{t,r,p} \bar{c}_t^p Y_{tr}^p + \sum_{t,r,p} \bar{c}_t^p Z_{tr}^p + \\ & + \sum_{t,t',r,p} c_{t't}^p V_{t't}^p + \sum_{t,r,r',p} \phi_{trr'}^p l_{trr'}^p W_{trr'}^p \rightarrow \min \end{aligned}$$

где коэффициенты при переменных – удельные (в пересчёте на единицу груза) затраты на погрузку  $\bar{c}_t^P$ , выгрузку  $\bar{c}_t^P$ , обслуживание транзитных грузопотоков  $\bar{c}_t^P$  и перегрузку с одного вида транспорта на другой  $c_{tt'r}^P$  соответственно;  $l_{trr'}^P$  – длина плеча  $(t, r, r')$ ;  $\phi_{trr'}^P$  – стоимость перевозки вдоль плеча единицы объёма продукта на единицу расстояния.

Таким образом, мы имеем упрощённую постановку, где коэффициенты при переменных  $X_{tr}^P, Y_{tr}^P, Z_{tr}^P, V_{tt'r}^P, W_{trr'}^P$  считаются постоянными, и такая задача решается с помощью подходящего пакета линейного программирования [Zabinyako, Kotelnikov, 2002]. Возможностью варьировать тарифы приходится пожертвовать уже на этом этапе, поскольку в нелинейном случае модель получается излишне сложной для решения.

Суммируя описанное выше, решатель определяет что, по каким дорогам и в каком направлении надо везти при заданных местах и объёмах производства и потребления, тарифах и пропускных способностях отдельных плечей (дорог).

Отметим несколько очевидных последствий данной постановки задачи. Как уже говорилось во введении, решение оптимально только в целом, а для перевозки любого отдельного продукта и/или пары узлов производитель-потребитель может существовать и лучшее решение. Решение оптимизирует расходы, связанные с перевозкой товаров, а не доходы перевозчиков.



## **2.2. Ситуационный анализ в системе транспортного прогнозирования МИКС-ПРОСТОР**

### ***2.2.1. Постановка задачи и подходы к её решению***

Прогнозирование развития единого транспортного пространства страны включает в себя рассмотрение проблемы на многих уровнях, по сути, это система иерархически связанных задач. Для решения этих задач требуется объединение методов и подходов, наработанных в разных областях научных исследований. Конечно, ключевую роль здесь играет построение экономико-математических моделей и методов их расчёта, но их практическое использование невозможно без существенной информационной поддержки. В нашем случае необходимо создание автоматизированной информационно-аналитической системы с поддержкой ГИС-технологий и технологий автоматизации процессов научных исследований.

В настоящее время развивается достаточно много программных систем, ориентированных на проблемы развития транспорта и инфраструктуры на уровне города или даже региона. Наиболее крупной такой разработкой, на наш взгляд, является программный комплекс PTV Vision® VISUM, который позволяет заниматься как оперативным, так и стратегическим планированием процесса функционирования транспортной системы в различных условиях [Швецов, Прохоров, Ильин, 2009]. Для того чтобы подчеркнуть теоретическую базу и потенциал системы, разработчики ссылаются на обширные связи компании с фундаментальными исследованиями в области методологии транспортного моделирования. В статье [Швецов, 2009] обсуждаются способы решения задачи моделирования развития транспорта для городской агломерации на основе методов математического моделирования транспортных потоков. Вместе с тем есть работы, которые теоретически обосновывают понятия потенциала различных систем и транспортных систем в частности. Задачи исследования потенциала систем относятся к классу новых задач, решение которых должно улучшить функционирование ряда систем, в состав которых входят взаимодействующие коллективы людей и комплексы технических устройств [Гейда, Лысенко, 2012].

Существуют и работы, посвящённые описанию модели развития транспортной сети на уровне страны. Так, основной особенностью модели в статье<sup>8</sup> является то, что у транспортной системы отсутствует единый управляющий центр, и её динамика является результатом самоорганизации системы, происходящей в результате процессов удовлетворения потребностей в перевозках товаров и развития инфраструктуры узлов сети. Стоит отметить, что когда мы говорим о построении прогнозов на уровне всей страны, то, во многих случаях, удобно оперировать объектами на уровне транспортных коридоров [Сергеев, Гончаренко, Прокофьева, 2011].

В нашем подходе для задания схемы формирования опорной транспортной сети России используется группа экономико-математических моделей составления транспортно-экономических балансов (ТЭБ) [Воробьёва, Малов, Марусин и др., 2011]. Транспортно-экономические балансы позволяют описывать и анализировать межотраслевые и межрегиональные связи в условиях конкуренции разных видов транспорта. В такой постановке получается, что мы задаём прогноз развития параметров, описывающих услуги, которые предоставляют конкурирующие виды транспорта, и нам необходимо построить вариант развития опорной транспортной сети, обеспечивающий рациональное взаимодействие входящих в неё видов транспорта, при условии выполнения этого прогноза. Иными словами, мы решаем задачу прогнозирования путём имитационного моделирования типа «что-если».

Для решения поставленной задачи на основе общей системы МИКС [Бульонков, Карпан, Малов и др., 2011], разработанной совместно ИЭОПП СО РАН, ИСИ СО РАН и Новосибирским госуниверситетом, была создана подсистема МИКС–ПРОСТОР (Прогнозирование Развития Опорной Сети Транспортной Отрасли России – см. п. 1.1 и п. 1.2). Система даёт возможность оперативно строить и проверять различные гипотезы развития опорной транспортной сети, согласованно корректировать исходные данные, работать в режиме интервального задания прогнозов по потенциальным объёмам транспорти-

---

<sup>8</sup> Агапова Г.И., Гавдаева А.В., Степанцов М.Е. Моделирование динамики развития железнодорожных сетей // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. – 2011, № 73, 12 с. URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2011-73>

ровки грузов и разным уровням тарифов. Таким образом, мы имеем задачу оптимальной перевозки от узлов-производителей к узлам-потребителям. Решатель для этой оптимизационной задачи был доступен и использовался в течение многих лет [Забиняко, 1999]. Необходимо было обеспечить интерактивную визуальную и геоинформационную поддержку всего исследовательского процесса.

В данном случае в работе исследователя мы выделили следующие задачи.

**1. Редактирование транспортной сети.** Для этого необходимо задать список перевозимых продуктов, используемые виды транспорта, обозначить актуальные транспортные узлы и их параметры, определяющие производство продуктов и их обработку внутри узла, а также плечи, определяющие направление и пропускную способность, и тарифы перевозки.

**2. Моделирование.** Когда текущее состояние сети уже задано, можно обратиться, собственно, к задачам прогнозирования, отвечающим на вопросы «А что будет, если тарифы на данном участке пути уменьшатся вдвое?» или «Как повлияет на распределение перевозок увеличение производства этого товара в данном узле?» или «Насколько должны измениться тарифы на данном отрезке пути, чтобы он стал участвовать в перевозке выбранного продукта?» Для этого необходимо предоставить исследователю возможность формулировать возможные изменения параметров сети, сохранять наборы этих параметров, а также иметь возможность проводить решение оптимизационной задачи с разными наборами изменений и проводить сравнительный анализ результатов. Для того чтобы оперировать с наборами изменений, мы ввели понятие серии вариантов, которое позволяет задавать не только новые единичные значения для выбранного параметра, но и указывать диапазон, в котором должно изменяться значение и количество шагов изменения. Это даёт возможность исследователю одновременно просчитать целую последовательность задач и получить соответствующую им последовательность решений, просмотреть их, провести сравнительный анализ, выбрать нужный из вариантов, а также на его основе создать новые серии вариантов, включающие в себя дополнительные изменения.

**3. Ситуационная комната.** Специфика задачи не позволяет однозначным образом интерпретировать результаты решения, предоставляемые решателем. Решением является описание сети перевозок между узлами-производителями и узлами-получателями, а интерпретация результатов, выводы об их свойствах и перспективности остаются за исследователем. Более того, результатом исследования в данном случае является правильная постановка вопроса прогнозирования, которую исследователь может сформулировать в процессе моделирования различных вариантов решения. Для того чтобы иметь возможность поделиться интересными вариантами постановки задачи прогнозирования с другими специалистами, не являющимися экспертами в предметной области, было предложено создать ситуационную комнату. Рассмотрим эти задачи более подробно.

### ***2.2.2. Сценарии работы***

В начальной реализации системы МИКС-ПРОСТОР мы ориентировались на 3 группы пользователей:

(1) администратор транспортной сети – человек, задающий основополагающие части транспортной сети, в первую очередь её геометрию, а также общий список используемых продуктов и рассматриваемых видов транспорта;

(2) эксперт в задачах моделирования и прогнозирования – человек, который на основе заданной экономико-математической модели транспортной задачи строит некоторые варианты развития за счёт изменений количественных параметров сети;

(3) лицо, принимающее решения (ЛПР), – человек, который, пользуясь некоторым набором глобальных ситуаций, сможет сделать общие выводы о перспективах развития, а также провести эксперименты с разными сценариями развития, не вникая в количественные параметры задачи.

Однако на практике оказалось, что при рассмотрении задач прогнозирования не имеет смысла разделять первые две роли, поскольку в процессе моделирования возникает потребность менять все части сети, включая геометрию и набор перевозимых грузов, а также добавлять к рассмотрению новые виды транспорта. Следовательно, мы разработали архитектуру, обеспечивающую специализированные интерфейсы для двух видов пользова-

телей. Первым типом является эксперт в области экономико-математических моделей для транспортной задачи, в функции которого входит создание и редактирование транспортной сети, а также создание вариантов развития этой сети и набора интересных ситуаций развития. Этот набор ситуаций является результатом работы эксперта и используется в качестве входных данных для второго типа пользователей – экономистов, не являющихся экспертами в решении транспортных задач, а также лиц, ответственных за принятие решений в области развития транспортной системы. Для них интерфейс должен максимально скрывать математическую составляющую задачи и позволять на макроуровне задавать сценарии развития событий, используя различные сочетания ситуаций. Мы предоставляем такой интерфейс в виде информационно-аналитического комплекса поддержки решений – ситуационной комнаты [Райков, 1999].

### Редактирование сети

Для того чтобы обеспечить информационную поддержку для работы эксперта с транспортными задачами, надо в первую очередь создать среду, которая бы предоставляла удобный интерфейс для создания и редактирования параметров экономико-математической модели транспортной системы.

Настройка производства и потребления ресурса	
<input type="checkbox"/> Показать все города	
Узел	Значение
Ляньюньган	-20
Новосибирск	-5
Франкфурт	+30
Чендзю	-5
<b>Итого</b>	<b>0</b>

Рис. 2.2.1. Редактирование производства и потребления ресурсов

Пример типичной панели редактирования приведён на рисунке 2.2.1. Это интерфейс для редактирования значений производства и потребления для каждого продукта: положительное число означает производство, отрицательное – потребление продукции в данном узле. Последняя строчка позволяет при редактировании следить за соблюдением баланса производства-потребления, -

проверять таким образом корректность введённых значений. Аналогичным образом можно редактировать остальные динамические параметры транспортной сети.

На данный момент система позволяет создавать и редактировать только одну транспортную сеть, но структура хранения данных даёт нам возможность легко перейти к рассмотрению нескольких сетей одновременно.

## Моделирование

Наиболее гибкой частью транспортной сети мы считаем коэффициенты, связанные с тарифами и пропускной способностью. Соответственно, в первую очередь была реализована вариативность в отношении этих коэффициентов. Мы ввели понятие вариатора, символизирующего единицу изменения. Вариатор состоит из трёх значений: *начальное значение*, *конечное значение*, *количество шагов*. Первые два значения определяют диапазон изменения параметра, т.е. задают начальное и конечное значения для варьирования, а третий параметр специфицирует количество промежуточных значений, которое необходимо вычислить. Значением вариатора является последовательность значений параметра, длины равной количеству шагов, представляющих изменение параметра от начального значения до конечного. В приложениях может быть актуально рассмотрение как аддитивного, так и мультипликативного процесса изменения параметра. В качестве начального варианта мы остановились на первом процессе, т.е. параметр принимает значение равномерно расположенное по диапазону, заданному вариатором. Рассматриваются вариаторы трёх типов: вариатор для тарифов на выполнения работ внутри узла, параметризующийся видом транспорта, вариатор для тарифов на выполнение перевозки вдоль выбранного плеча транспортной сети, а также вариатор для значения пропускной способности для плеча. Вариатор задаётся диалогом, представленным



Рис. 2.2.2. Редактирование вариатора

на рисунке 2.2.2. В данном примере задан вариатор, который говорит, что необходимо изменить пропускную

способность на обобщённом железнодорожном транспортном плече между Урумчи и Ташкентом. Значениями данного вариатора будет последовательность 50, 75, 100.

Для описания задачи прогнозирования исследователь создаёт так называемую серию вариантов сети. Серия вариантов – это набор вариаторов, в котором каждый параметр сети может использоваться не более одного раза.

Если значением одного вариатора является последовательность значений параметра, то значением серии вариантов являются многомерная матрица из всевозможных сочетаний значений вариаторов. Таким образом, серия вариантов определяет последовательность оптимизационных задач, каждая из которых использует текущие значения вариаторов для выбранного набора параметров вместо имеющихся умолчательных значений. Исследователь имеет возможность просчитать выбранную серию задач, в результате чего система генерирует пакет оптимизационных задач, просчитывает их с помощью решателя и получает соответствующую последовательность решений. Эта последовательность решений и предоставляется пользователю в качестве решения для варианта.

В реализованной модели вычисления все вариаторы независимы, т.е. множество решений получается перебором всех комбинаций значений. Однако в некоторых случаях возникает желание изменять параметры некоторых элементов транспортной сети синхронно. Например, если мы хотим провести эксперимент, связанный с изменением тарифа перевозки по Транссибирской магистрали, рассматривая её как единое целое, то мы должны обеспечить согласованное изменение параметров плеч, представляющих их в нашей модели. Для задания такого изменения мы должны иметь возможность создать виртуальный объект, агрегирующий однотипные объекты модели, и варьировать параметры для всего этого объекта.

Поскольку на данный момент основным приложением системы являются задачи глобального прогнозирования, то следует учитывать, что в описании прогнозируемого варианта развития сети, как правило, участвует не одна точка этой сети, а некоторая цепочка связанных участков. Так, например, для описания ситуации со снижением тарифов на Северном морском пути нам необ-

ходимо выделить все участки, задающие этот путь, и указать согласованные изменения коэффициентов. Наиболее удобным и наглядным в этом случае является использование картографического представления. Пользователь может непосредственно на карте выбрать интересующие его участки дороги (плеча) и узлы транспортной сети и задать параметры для выбранных узлов, при этом на карте подсвечиваются элементы сети, участвующие в текущем варианте.

Для нахождения интересных вариантов прогнозирования исследователю нужен широкий спектр операций над сериями вариантов. Система предоставляет возможность группировки серий и создания иерархии, копирование серий вариантов и их содержимого, добавления содержимого одной серии к другой. Формат хранения позволяет обмениваться сериями вариантов в случае групповой работы.

### ***2.2.3. Визуальные возможности для изображения результатов решения***

Для отображения решения мы используем два визуальных представления: картографическое и табличное. Картографическое представление является наиболее естественным, поскольку мы имеем дело с реальными географическими объектами [Турлапов, 2007]. Но с другой стороны, для сравнительного анализа числовой информации оказываются более уместными средства бизнес-графики.

В начальный момент на карте и в таблице отображено решение, объединяющее все типы продуктов. Это позволяет оценить общую картину: посмотреть загруженность сети, выявить «узкие» места. Отфильтровав результаты по типу продукта, можно увидеть конкретные численные значения для перевозок этого продукта в рамках общей постановки задачи. Эти значения доступны пользователю в виде таблицы, в которой собраны все плечи, которые по результатам решения целесообразно использовать для перевозок данного продукта: указаны начальный и конечный пункт плеча, вид транспорта, объём перевозки и процент загруженности участка. Таблица предоставляет возможность отсортировать содержимое по любому из параметров, а также выделить цветом те участки, на которых загруженность превышает



заданный уровень. Кроме того, объём перевозки можно посмотреть, выделив соответствующий транспортный узел на карте.

Для оценки перспективности полученного решения или необходимости более радикального изменения начальных параметров часто используется изучение степени загруженности дорожных участков. Система предоставляет специальный режим отображения, позволяющий выделять загруженность цветом. При изображении транспортной сети на карте цвет участка меняется градиентно – от синего до красного, где синий соответствует нулевой загруженности дороги, а красный – 100%. Это позволяет быстро и наглядно отобразить проблемные места. Так, например, на рисунке 2.2.3 видно, что в сложившейся сети перевозок «узким» местом для дальнейшего увеличения мощностей является цепочка связанных участков – от Екатеринбурга до Новосибирска.

Второй режим отображения картографической компоненты меняет ширину участка дорог, пропорционально объёмам перевозок выбранного продукта. Таким образом, тот же вариант решения будет отображён, как показано на рисунке 2.2.4, наглядно демонстрирующим, что основной объём перевозок приходится на морские пути через Суэцкий канал, а Трансказахстанская магистраль используется совсем незначительно.

Информативность отображения может быть значительно улучшена, если отобразить оба этих показателя одновременно, что для тех же входных данных даёт изображение, приведённое на рисунке 2.2.5. Этот рисунок показывает, что при дальнейшем увеличении объёмов перевозки или включении в рассмотрение дополнительных продуктов перевозки Транссибирская магистраль перестанет справляться с нагрузкой (на ней есть участки пути со 100% загруженности, изображаемые красным цветом) и Трансказахстанская магистраль является реальным конкурентом в данной постановке задачи, причём видно, что проблемным является не весь Транссиб, а несколько его отрезков.



Рис. 2.2.3. Отображение относительной загруженности

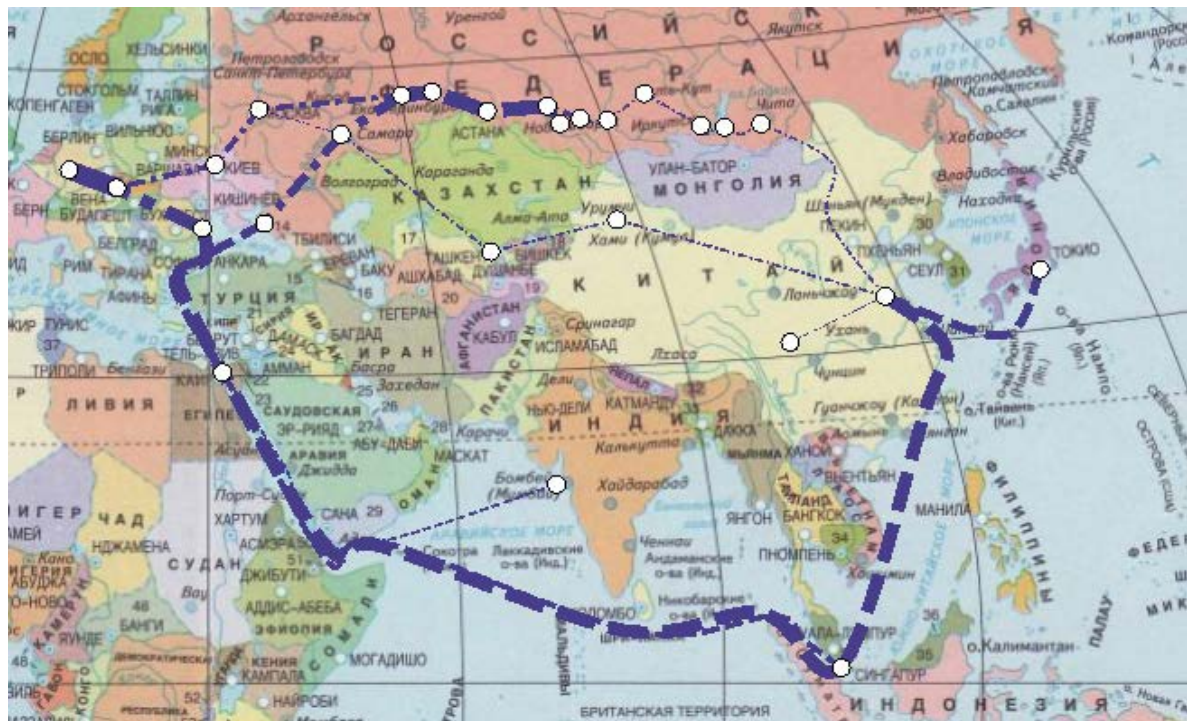


Рис. 2.2.4. Отображение объёмов перевозки

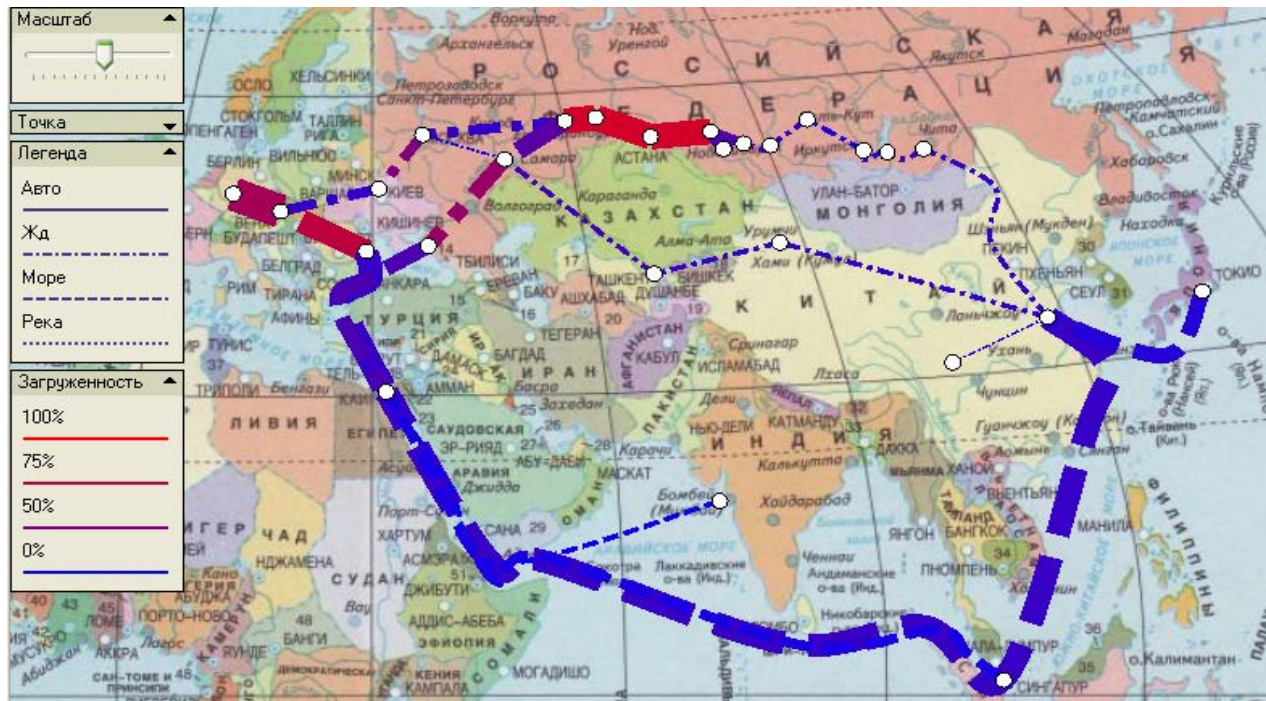


Рис. 2.2.5. Совместное отображение

#### ***2.2.4. Ситуационная комната***

При работе над глобальными прогнозами развития у эксперта возникает желание понизить уровень детализации. Первый раз мы сделали это на уровне логической модели транспортной сети, выделив обобщенные транспортные узлы и плечи, которые интересны с точки зрения международных транспортных потоков. Далее, после проведения экспериментов с этой моделью, эксперт создаёт варианты изменений, которые определяют некоторую «элементарную ситуацию» с точки зрения глобальных изменений. Например, эксперт выделяет все участки Транссибирской магистрали в один вариант и ставит согласованные изменения на всех этих участках, задавая таким образом ситуацию, которая характеризуется общим снижением тарифов на Транссибирской магистрали и позволяет использовать эту ситуацию как единое целое, сочетая его в прогнозах с изменениями в других частях мировой транспортной системы. Таким образом, эксперт может создать вариант сети и сказать, что этот вариант является элементарной ситуацией. Задав набор элементарных ситуаций, мы получим ситуационную комнату. Такая комната позволит оперировать изменениями на более глобальном логическом уровне. Например, рассматривать транспортные коридоры как единое целое. При этом различные сочетания ситуаций позволяют оценить структуру перевозок при синхронных согласованных изменениях во всех составляющих транспортного коридора.

Для создания ситуационной комнаты эксперт подбирает интересные элементарные ситуации и задаёт к ним подробное словесное описание, характеризующее экономический смысл количественных изменений скрытых внутри соответствующего варианта транспортной сети. Ситуационная комната позволяет эксперту задавать всевозможные комбинации ситуаций, задавая таким образом некоторый глобальный прогноз развития, и получать решение транспортной задачи при условии исполнения всех элементарных прогнозов, описывающих изменения в различных частях общей международной транспортной сети.

В задачу эксперта входит проработать и подобрать согласованный набор ситуаций, чтобы соответствующие прогнозы были актуальны и интересны. Под «согласованностью» здесь

понимается то, что множество параметров, на которых основываются ситуации, не пересекаются и, следовательно, каждый параметр задан однозначно. Если же такой конфликт всё же возникает, то по умолчанию он разрешается в пользу ситуации, которая появляется в списке позже.

Некоторые ситуации могут содержательно отличаться тем, что задают разные значения одного и того же параметра. В этом случае мы позволяем оформить эти ситуации как альтернативные так, чтобы пользователь мог выбрать не более одной из них. Например, мы можем рассмотреть три варианта изменения тарифов провоза по Северному морскому пути: сильное снижение – 50%, среднее снижение – 30% и небольшое снижение – 10%. Неявно мы имеем и четвертый вариант, оставляющий уровень тарифов неизменным. В этом случае разумно будет рассматривать эти ситуации не как независимые «элементарные» ситуации, а как альтернативы одного прогноза.

Для отображения таких альтернатив мы расширили язык описания ситуационной комнаты и способы визуального представления. Пример таких альтернативных ситуаций можно увидеть на рисунке 2.2.6.

2. Ситуация с Северным морским путем: льготный тарифный режим без ледовых сборов.

В настоящее время здесь практически нет сквозного плавания. В 1989 г. перевозки составили около 6 млн.т. в основном на западном плече Мурманск - Дудинка (Норильск). Поставлена задача возродить этот вариант международных транзитных перевозок, воссоздать базы береговой поддержки. По сравнению с вариантом через Суэцкий канал, этот маршрут на 7 тыс.км короче, но, естественно труднее (льды даже в летнюю навигацию). П\_Р\_И\_М\_Е\_Ч\_А\_Н\_И\_Е: СМП потенциально конкурентноспособен, но требует серьезной модернизации. Может быть доходы от транзита - не главная цель?

Понижение провозных тарифов на 50%

Понижение провозных тарифов на 30%

Понижение провозных тарифов на 10%

Рис. 2.2.6. Альтернативные варианты ситуаций

Диалог ситуационной комнаты (рис. 2.2.7) строится динамически по файлу описания, который создаётся экспертом в процессе моделирования. Динамическая генерация даёт возможность легко расширять ситуационную комнату и контролировать внесённые изменения. Таким образом, можно говорить о гибкости

и настраиваемости разработанных средств: система может быть достаточно просто перенастроена на любую другую (в том числе и прогнозируемую, а не реально существующую) транспортную сеть и другой набор базовых ситуаций.

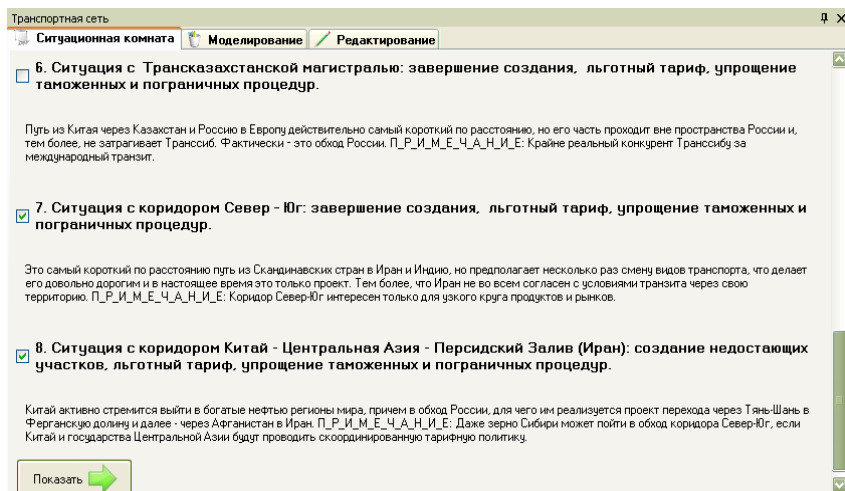


Рис. 2.2.7. Ситуационная комната

Существенным для успешного использования этой системы является использование адаптивного интерфейса, ориентированного на конкретную категорию пользователей. В частности, концепция ситуационной комнаты повышает понятийный уровень и, как следствие, позволяет проводить содержательные эксперименты лицам, не обладающим экспертными знаниями в области экономико-математического моделирования. Дальнейшее развитие системы нам видится, во-первых, в реализации методов сравнения различных вариантов прогнозов на основе использования общего подхода принятого в системе МИКС-ПРОСТОР, при котором существенную роль в процессе анализа играют директивы эксперта. Во-вторых, в расширении контекста, учитывающего не только развитие транспортной системы, но и тенденции соответствующего ему экономического развития регионов России и их взаимодействия.

## **2.3. Монгольский транзит: оценка конкурентоспособности вариантов «Степного пути»**

### ***2.3.1. Постановка задачи***

Каждая страна хотела бы видеть (предварительно, конечно, сделав определённые усилия для этого) свою территорию привлекательной для международных транспортных коридоров. Это должно бы принести стране определённые дивиденды от использования своих транзитных функций, активизировать международную торговлю, включиться в интенсификацию инвестиционного процесса в сопутствующие отрасли экономики. Необходимость и целесообразность скорейшего налаживания транзитных, в основном контейнерных, перевозок между странами Юго-Восточной Азии и Западной Европой уже давно не подвергается сомнению<sup>9</sup>. Сегодня эта потребность только нарастает. Более того, указывается на опасность запаздывания в деле создания такого «транспортного моста». Значительная часть этого потока будет осуществляться с задействованием территорий Китая и России. Причем как в Китае, так и в России предполагаются создания и производственных объектов для взаимно выгодной торговли. Несмотря на то что между Китаем и Россией есть возможность создания прямых, т.е. без участия третьих стран, пограничных переходов<sup>10</sup>, вариант создания транспортного маршрута через Монголию может оказаться интересным для всех участников. Требуется только оценить объективные возможности этого направления международных связей с позиций транспортно-логистических критериев эффективности. С этой целью была составлена и решена соответствующая транспортная задача с использованием экономико-математической модели оптимизации транспортных связей для несколь-

---

<sup>9</sup> Достаточно назвать, например, материалы «Круглого стола – Коммуникационные и транспортные системы: Россия как транспортный мост между Европой, Азией и Америкой», проведённого в рамках 2-го Байкальского экономического форума в Иркутске. Минтранс РФ, 2002.

<sup>10</sup> Рассматривается вариант создания автомобильного (и не только) соединения российских и китайских транспортных коммуникаций через перевал Канас (Республика Алтай), как альтернатива связей через территорию Казахстана.



ких видов транспорта и перегрузочных комплексов [Моделирование..., 2011]. Анализировались объективные возможности каждого из вариантов международных транспортных коридоров с учётом разнообразных «политик» на их отдельных участках, принадлежащих разным государствам, и сравнивались их «потенциалы» в деле реализации конкурентных преимуществ<sup>11</sup>.

Не считая плодотворным спор о величине будущих доходов от транспортировки контейнеров, мы готовы согласиться с тем, что необходимость создания такого коридора по территории Монголии – «Степной путь» – важна уже сама по себе, в геополитическом аспекте (а не только чисто в коммерческом). Коридор, в принципе, может функционировать и не будучи самокупаемым, если приносит «дивиденды» в других областях – в социальном, военном, экологическом и других аспектах (что не всегда можно оценить количественно в денежном эквиваленте).

Для оценки конкурентоспособности перспективных коридоров «Азия – Европа» с самого начала был сделан акцент на использование аппарата нечётких множеств, позволяющего «работать» в условиях неопределённости большинства из используемых показателей. Основное его достоинство в том, что с его помощью мы можем осуществлять расчёты, ориентируясь на интервал вероятных значений данного числа (параметра) с заданным законом распределения. Причём задать закон распределения – это значит предположить некоторую «политику» того, кто «владеет» данным участком транспортного маршрута (или портом), кто имеет право назначать тариф. Именно в оценке этих «политик» и будет определяться стоимостная, «коммерческая» основа для превращения **маршрута** транспортировки в полноценный **коридор**, с едиными правилами провоза грузов, с единой тарифной политикой и обеспечением отслеживания движения груза по всему маршруту [Проблемные..., 2005].

---

<sup>11</sup> Так, например, оказывается, что «Экспорт транспортных услуг приносит валюты России в три раза больше, чем продажа, например, леса за рубеж». Б. Зильбершехт, В. Подольская. Транзит за валюту. Морской флот. № 5–6, 1998, с. 3. В работе А.А. Стрельника и Р.Г. Леонтьева приводится очень подробное исследование конкурентных преимуществ Транссиба.

Трудно дать какие-либо точные оценки затрат на строительство/эксплуатацию (тем более прогнозные) того или иного участка транспортной сети и, соответственно, будущих тарифов, обеспечивающих рентабельную работу транспорта. Также не существует однозначно определённых объёмов предполагаемых перевозок. Соответственно, в качестве результата расчётов предлагается считать **вероятностную** оценку нагрузок на отдельные участки транспортных маршрутов при принятых схемах распределения вероятности конкретных значений исходных параметров. В качестве последних выступали минимально и максимально возможные границы тарифов на отдельных участках<sup>12</sup>.

### ***2.3.2. Формирование маршрутов***

На территории Китая выделим три пункта формирования грузового потока (контейнеров с разнообразными грузами), условно представляющие три макрорегиона страны: Харбин – Северо-Восточный Китай, Пекин – агрегировано представляющий часть Юго-Восточного и Центрального регионов Китая и Ченду – как представителя Юго-Западного Китая. Эти же пункты (города) являются агрегированными пунктами потребления грузов из России: угля, порожних контейнеров, зерна и лесных грузов. Контейнерные поставки по сухопутным маршрутам из Китая в Россию и, возможно, далее в Европейские страны, могут составить не более 10% от общего объёма, поскольку основной поток контейнеров идёт водным маршрутом через Ляньюньган, Шанхай, Гонконг и другие порты морей Тихого океана. Потребление грузов из России более дифференцировано по территории Китая, но в данной постановке мы ограничимся в качестве агрегированных конечных пунктов потребления только городами Харбин, Пекин и Ченду. Города Урумчи и Баотоу выделяем как транзитные пункты с возможной перегрузкой на другой вид транспорта.

---

<sup>12</sup> Авторы понимают, что такое представление является не совсем корректным, поскольку правила формирования тарифов включают, например, условие сокращения удельных показателей (на 1 т·км) при росте расстояния транспортировки. Также тариф зависит и от объёмов перевозимых грузов, типа грузов, особенности используемой тары, подвижного состава и т.п. Интервальное представление «числа» для последующих расчётов и призвано «сгладить» многие из этих погрешностей. Более того, само понятие «тариф» здесь понимается упрощённо.

На территории Монголии выделим только город Улан-Батор – как основной транзитный пункт и, возможно, пункт перевалок с автомобильного транспорта на железнодорожный (и обратно), а также город Алтай (Монголия), как условный пункт соединения Чуйского тракта и перспективной дорогой (возможно, железной) из города Кызыла (рис. 2.3.1).

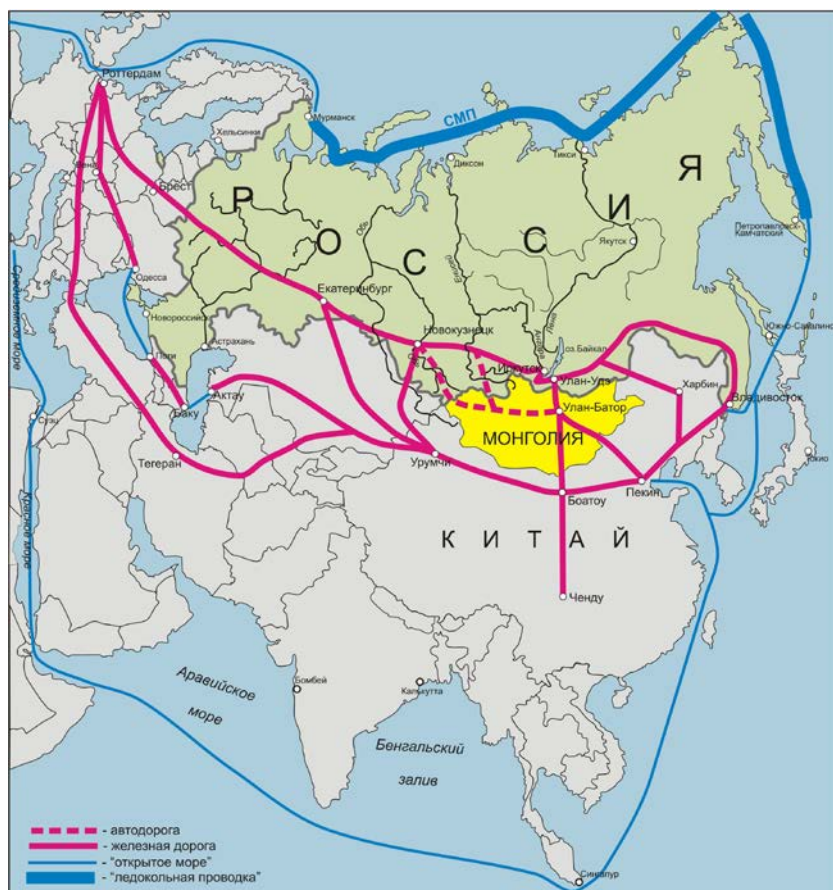


Рис. 2.3.1. Существующие и перспективные транспортные коридоры Евразии

На территории России выделяем город Екатеринбург – в качестве конечной точки соединения всех маршрутов из Китая – в западном направлении. А также города Новосибирск, Барнаул, Абакан, Тайшет, Улан-Удэ, Кызыл и Чита – пунктов возможных перевалочных логистических центров и агрегированных «представителей» грузообразующих ареалов для экспорта в Китай таких грузов, как уголь, зерно, лесные, а также потребления части контейнерных грузов из Китая.

На территории Казахстана, как страны одного из возможных маршрутов по направлению Китай – Россия – Европа, выделим Талды-Курган, как ближайший крупный город на пересечении дороги из Урумчи в западном направлении (на Екатеринбург) и дороги на юг Западной Сибири – в Барнаул и Новосибирск.

Для каждого участка любого из маршрутов были определены интервалы возможных значений тарифов – минимальное и максимальное значения<sup>13</sup>. Внутри этого интервала экспертно задаётся функция распределения вероятности, что отражает определённую «политику владельца» данного участка маршрута. Последствия вариаций этих «политик» на выбор того или иного маршрута и будут основным предметом нашего исследования.

### ***2.3.3. Формирование «политик» на отдельных участках***

Полагаем, что «владельцем» участка маршрута может быть как некоторая транспортная компания, так и государство. Доходы этих владельцев в явном виде не рассматриваются. В данном случае нас интересует только конечное значение тарифа на всём маршруте, что определяет предпочтительность (при прочих равных условиях) для грузоотправителя данного маршрута. Такие показатели, как время нахождения в пути или риски в данной постановке, считались включёнными в тариф<sup>14</sup>. Большой риск – большая составляющая страховых сборов, меньшее время нахождения в пути – больше оснований для увеличения тарифа. В задаче не рассматривался и эффект «налаженности» маршрута для грузоотправителя: переход на более дешёвый маршрут вызывает,

---

<sup>13</sup> Подробнее о способах представления нечётких чисел см. [Проблемные..., 2005, гл. 13].

<sup>14</sup> В общем случае, параметр «время в пути» можно считать целевой функцией и сопоставлять с показателями стоимости маршрута.

по крайней мере на первоначальном этапе, определённые транзакционные издержки, что зачастую оказывается более значимым фактором и сохраняет прежний, возможно, более затратный вариант транспортировки.

Значение целевой функции – нечёткое число – тариф на перевозку по маршруту в целом как сумма нечётких тарифов на отдельных участках маршрута. Конкретные значения целевой функции для каждого из экспериментов по модели являлись случайной величиной и определялись в соответствии с задаваемыми функциями распределения по отдельным участкам.

Каждый эксперимент по модели – это определение наиболее дешёвого (т.е. потенциально предпочтительного) маршрута для грузоотправителя. Поскольку каждое конкретное значение тарифа на всём маршруте есть случайная величина, то только множество последовательных экспериментов может дать значимый результат. В этом случае и интерпретация полученного множества будет отличаться от той, которая обычно использовалась при анализе результатов транспортной задачи в детерминистской постановке.

Каждый из маршрутов получает некоторое значение – частоту (процент) «попаданий» в число оптимальных вариантов. Это означает, что каждый из маршрутов, в принципе, при определённом сочетании исходных параметров, может оказаться наиболее дешёвым, но если частота появления таких условий незначительна, то в качестве основного такой маршрут рассматриваться не может. Ограничения на провозную способность учитывались в рамках модели, но возможности ликвидации возникающих узких мест в данной постановке не рассматриваются. Существенным упрощением являлось и то, что объём перевозки не влиял на величину тарифа.

Под понятием «политика» в данном исследовании подразумевается целенаправленное изменение тарифов на отдельных участках и/или изменение тарифов на перегрузку в потенциальных логистических центрах. Последнее включает в себя политику снижения таможенных тарифов, что имитирует стимулирование использования участка транспорта, пересекающего границы государств. Например, снижение тарифа на участке Улан-Батор – Пекин, включающий таможенную пошлину, имитирует политику

привлечения большего потока на «Монгольский транзит». В этом случае даже поток в (или из) город Харбин может пойти не через Читу, а через Улан-Батор. А поток из города Екатеринбурга в Ченду может пойти не через Урумчи (что предполагает задействование территории Казахстана), а с использованием Транссибирской магистрали с ответвлением в Улан-Удэ на Монголию.

Понятно, что таких вариантов «политик» может быть множество и все их в данной задаче представить невозможно. Однако инструментарий, описанный в данной работе, предоставляет возможность исследователю самому формировать любые варианты таких «политик» и оценивать их результативность. Конечно, в рамках «возможных» событий и вероятных политик, принимаемых на альтернативных маршрутах. В общем случае, при снижении тарифов на отдельных участках полезно оценивать и доходы (убытки) транспортных организаций: тарифы могут оказаться меньше себестоимости транспортировки.

В первом приближении в качестве тарифов были взяты доходные ставки на отдельных видах транспорта и *экспертно* скорректированы на экономико-географические условия разных участков, учитывая их грузонапряжённость, техническое состояние и другие факторы, трудно поддающиеся строгой количественной оценке<sup>15</sup>. На начальном этапе предлагается определить тариф, как равномерно распределённую случайную величину между его нижними и верхними границами. Целенаправленная «политика» имитируется либо изменением этих границ, либо изменением функции распределения – «сдвигая» возможную вероятность в ту или иную сторону. Например, политика активизации Монгольского транзита будет имитироваться «сдвигом влево» функции распределения тарифов на всех участках, проходящих по территории Монголии. То есть в экспериментах, предполагающих случайный набор этих значений, чаще будут выбираться именно меньшие значения тарифов на монгольских участках транспортной сети. Ещё раз подчеркнём, что в данной постановке не предполагается оценка коммерческой эффективности, собственно, транспортных компаний, осуществляющих эти перевозки.

---

<sup>15</sup> Подчеркнём, что предлагаемый инструментарий предполагает, что экспертом могут стать сами исследователи.

#### 2.3.4. Результаты решения и их анализ

Несмотря на то что данная модель (и, соответственно, задача, сформированная на основе модели) является оптимизационной, её предполагается использовать в имитационном режиме. Получение «абсолютно лучшего» варианта перевозок не является конечной целью анализа результатов расчётов. Стоит задача выявления тенденций в *желательных* направлениях поставок с позиций всей транспортной системы, всех грузоотправителей и в условиях интервальных значений исходных данных. Поэтому более важно сформировать множество различных ситуаций, в которых грузоотправители *могут* принимать то или иное решение, ориентируясь на минимизацию своих собственных издержек при выборе маршрута<sup>16</sup>. Объединение всех таких индивидуальных желательных маршрутов (т.е. формирование объединённой целевой функции на минимум издержек) и их последующее сопоставление с возможностями отдельных участков призвано отразить интересы структуры более высокого уровня – государства. В данной постановке не учитываются интересы, собственно, транспортных компаний в максимизации своей прибыли. В качестве среднего значения тарифа была взята доходная ставка, которая, как минимум, обеспечивает среднюю норму прибыли транспортным компаниям. Менялись тарифы как на линейных участках (вне зависимости от объёмов перевозок), так и в узлах возможных перевалок грузов на другой вид транспорта.

Базовый вариант (сценарий) рассчитывался на основе средних значений тарифов и показал, что перспективы транзита через территорию Монголии крайне ограничены: в основном лесные грузы, сформированные на территории Республики Бурятия. Основная часть грузопотока (уголь, зерно и контейнеры) проходят либо по Транссибу до города Читы и далее на город Харбин, либо направляются через Казахстан на Урумчи и далее по различным пунктам на территории Китая. Даже перспективный поток контейнерных грузов из КНР в город Кызыл ориентируется

---

<sup>16</sup> Поскольку задача решается на некоторый будущий период, то перспективные участки транспортной сети считаются существующими, но с повышенным коэффициентом затрат, что имитирует включение «инвестиционной» составляющей в тариф. Конкретное значение такой составляющей определяется стратегией государства, что является предметом специального исследования.

на Читу и/или на Урумчи с последующей перевалкой на автотранспорт в городе Абакане. Такой вариант «обхода Монголии» в значительной степени объясняется тем, что в тариф на перевозку и перевалку были включены инвестиционные составляющие, связанные либо со строительством новых участков транспорта на территории Монголии, либо с необходимостью коренной реконструкции существующих участков, но имеющих крайне низкий уровень провозных способностей и качества услуг. Поэтому следующий вариант был сформирован в предположении об активной целенаправленной политике правительства Монголии в привлечении на свои коммуникации международного транзита. Такая политика имитировалась путём сокращения тарифов как на отдельных участках (даже вновь создаваемых), так и в возможных пунктах перевалок.

Для начала были снижены тарифы только на одном участке новой перспективной железной дороги – Улан-Батор – Баотоу. В результате оказалось, что некоторая часть поставок угля в КНР может быть переориентирована на Монгольские линии, в частности та часть угля Бурятии, которая предназначена для Южных регионов КНР (агрегированный узел – Ченду). Следующий вариант связан уже с активизацией автомобильного транспорта по территории Монголии в западном направлении (участок Улан-Батор – Алтай (монгольский) и перевалочного процесса в самом Улан-Баторе.

Результат также получился ожидаемый: через Монголию целесообразно перевозить не только лес и уголь, но и часть контейнерных грузов. В частности, предназначенных для потребителей в городе Кызыле. Причём перевалку целесообразно осуществлять в Улан-Баторе, если, конечно, там будет организован современный логистический терминал, что имитировалось снижением издержек на перегрузку (с железной дороги на автомобильный транспорт, и обратно). Снижение тарифов должно быть значительным. Так, например, на участке железной дороги Улан-Батор – Баотоу (или Улан-Батор – Пекин) снижение должно быть не менее чем в 3 раза, а на участках Улан-Батор – Алтай (монгольский) – Кызыл – не менее чем в 5 раз. Здесь в тарифы не должны быть включены не только инвестиционные составляющие, но и, возможно, часть текущих издержек. Последние



должны покрываться из специальных фондов, нацеленных на реализацию целей более «высокого» порядка (например геополитических), чем просто получение прибыли от транзита.

В результате цикла решений с интервальным представлением данных (тарифов) по участкам, затрагивающим территорию Монголии, были сформированы следующие «области возможных изменений тарифов», при которых транзит через Монголию может стать реальностью. Так, например, если тариф на автотранспорт по территории Монголии принять за 1 руб./т-км, то предельной величиной для перевалок (перегрузок с железной дороги на автотранспорт) в Улан-Баторе является 60 руб./т-км, не БОЛЕЕ! И это в условиях сохранения тарифов на железную дорогу в 0,5 руб./т-км. Сокращение последнего может «закрыть» вопрос о создании в Улан-Баторе логистического центра по перевалке контейнеров, предназначенных в районы Тувы (город Кызыл), так как по железной дороге транзитом через Монголию контейнеры могут быть перевезены до Абакана и далее – уже по существующей автодороге до города Кызыла. Масштабы «ответного» сокращения тарифов на перевалку в Улан-Баторе (ниже 60 руб./т-км) определяется требованием сохранения рентабельности работы перегрузочного комплекса в Улан-Баторе. Возможно, что такого требования и не будет, но это уже решения специальных органов, уполномоченных в деле перераспределения бюджетных средств ради поддержания конкурентоспособности не только транзита, но и функционирования логистического центра в Улан-Баторе. Понятно, что рынок перегрузочной работы для обслуживания международного транзита крайне ограничен, что и показал цикл решений по нашей задаче. Более реально ориентироваться на обслуживание транзита – будь то железная дорога или автотранспорт в «связке» с транспортными операторами Китая и России.

Следует отметить, что в данной постановке не ставилась задача оценки величины тарифов с точки зрения максимизации коммерческого эффекта от задействования отдельных маршрутов. Не ставилась также задача оценки транзакционных издержек по привлечению грузов на «монгольские» маршруты. Понятно, что для смены уже отлаженных направлений и маршрутов транспортировок требуется не только предложить меньший тариф, но

и провести серьёзную рекламную кампанию, обеспечить более низкие показатели рисков сохранности грузов, повысить быстроту обработки документов при пересечении государственных границ и т.п. Зачастую именно эти показатели (а не собственно тариф на перевозку на отдельных участках) имеют решающее значение. Тем более при использовании участков транспорта нескольких стран. Свою задачу мы видели только в «оконтуривании» той области значений тарифов, в которой, в принципе, может начаться процесс изменений уже сложившихся или становления новых транспортных коридоров.

## **2.4. Оценка перспектив развития транспортной сети на базе статистического анализа в системе МИКС-ПРОСТОР**

### ***2.4.1. Особенности постановки задачи и инструментария её решения***

Данная постановка нацелена на решение транспортной задачи, которая может иметь достаточно большое количество различных «воплощений» в зависимости от уровня рассмотрения и целей. Так, весьма активны исследования в оптимизации потоков движения городского транспорта в рамках городского планирования, в которых значительное внимание уделяется динамике загрузки дорог, обоснованию необходимости строительства новых дорог/развязок, введению ограничений для определённых видов транспорта и т.п. [Швецов, 2003; Шамрай, 2012].

На корпоративном уровне транспортная задача предполагает неизменной транспортную сеть, и большее внимание уделяется вопросам складирования, своевременности доставки и т.п. В данной работе уровень рассмотрения находится на государственном, межкорпоративном уровне, и целью является определение таких условий (развития транспортной сети и тарифной политики), которые бы обеспечивали оптимальные перевозки от узлов-производителей к узлам-потребителям в целом.

Мы рассматриваем оптимальность только с точки зрения минимизации совокупных издержек по перевозкам продуктов. Естественно, что оптимальность можно оценивать и с учётом

других соображений, не обязательно даже экономического характера (см., например, [Прохоров, Ильин, 2010]). Кроме того, используемая нами модель ограничивается статическим анализом, считая, например, фиксированными объёмы производства, потребления. Прогнозирование и варьирование таких параметров выполняется экспертом. Динамика развития транспортной сети рассмотрена в работе [Степанцов, 2013], где для каждого узла рассматривается его потенциал, понимаемый как избыток или недостаток данного товара.

В предыдущих работах [Воробьева, Малов, Марусин и др., 2011; Бульонков, Карпан, Малов и др., 2011; Bulyonkov, Filatkina, 2015] была описана система автоматизации экономических исследований МИКС-ПРОСТОР, которая, по-существу, создавала окружение для решателя транспортной задачи. Решаемая на тот момент проблема состояла в том, что как описание входных данных, так и получаемый результат представляет собой весьма объёмные и сложно устроенные объекты. Система МИКС-ПРОСТОР, с одной стороны, предоставляет удобный пользовательский интерфейс для определения всех параметров транспортной сети, таких как топология, длина дорог, тарифы на провоз и обработку, объёмы производства и потребления конкретных продуктов в узлах и т.п. А с другой – позволяет вывести результаты моделирования «прямо на карте», причём, по необходимости, выделить отдельные аспекты, такие как загруженность дорог, перевозку отдельного продукта и т.п. Типичный снимок работы в системе МИКС-ПРОСТОР показан на рисунке 2.4.1.

После решения этой первоочередной задачи, поскольку проведение одного эксперимента сократилось, и появилась возможность проводить их в большом количестве, – появилась необходимость систематизировать проведённые эксперименты: хранить и сортировать по различным параметрам, входные и выходные данные, сравнивать результаты моделирования и т.п. Теперь, обеспечив достаточную автоматизацию для рутинной и чисто технической работы, мы вышли на новый уровень проблематики: пониманию того, что же пытается найти экспериментатор с помощью предоставленного инструментария и как в этом ему помочь [Бульонков, Филаткина, 2013].

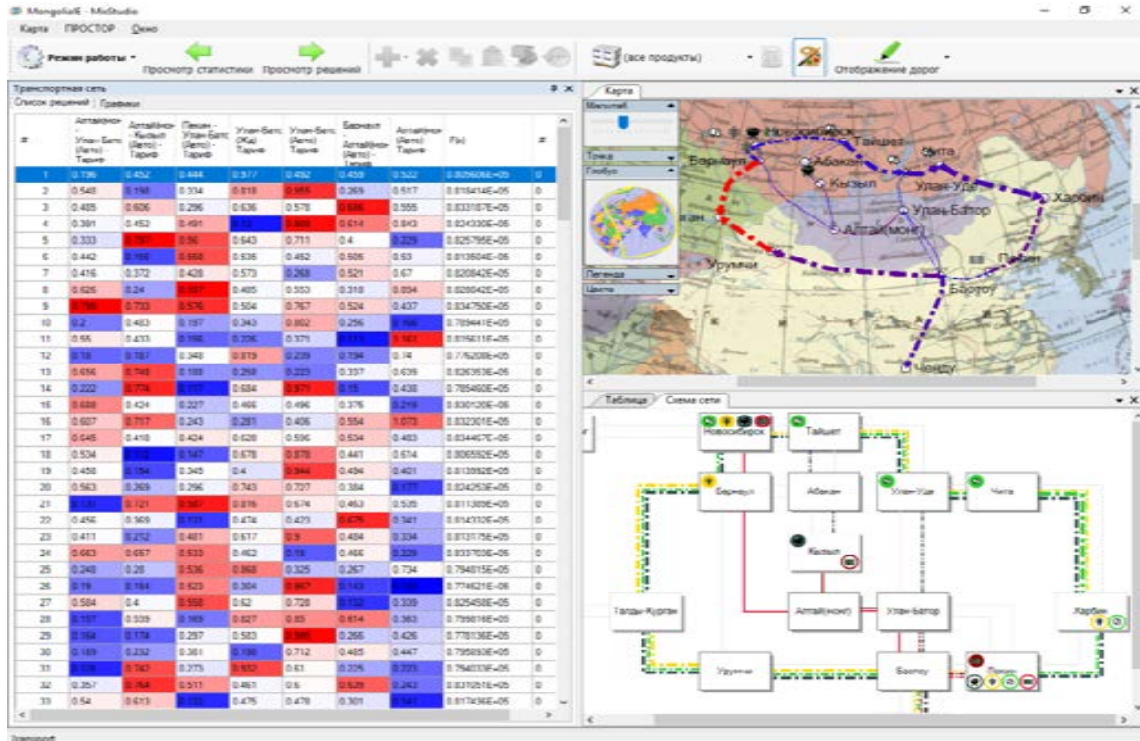


Рис. 2.4.1. Система МИКС-ПРОСТОР

Задача исследователя, которого мы здесь будем отождествлять с *лицом, принимающим решение* (ЛПР), заключается в том, чтобы выяснить – каким образом входные параметры влияют на выходные для того, чтобы в конечном итоге дать ответ на содержательный вопрос, типа

1. Насколько надо снизить тариф для данного плеча, чтобы по нему хоть что-нибудь повезли? А может быть это зависит от чего-то другого? Если да, то от чего?

2. Насколько имеет смысл повышать пропускную способность данного плеча?

3. Есть ли смысл в организации в этой точке сети транспортного логистического центра, снижающего расходы на перегрузку товаров?

Характер вопроса существенно зависит от интересов и полномочий ЛПР: возможности каким-то образом влиять только на ограниченный набор параметров. Например, представим ситуацию, когда мы можем менять тарифы провоза по Транссибу или построить логистический центр в городе Кызыле, но никак не можем напрямую влиять на тарифную политику властей КНР.

Наивный подход, состоящий в том, чтобы сделать варьируемые параметры переменными в описанной выше системе неравенств, очевидно, не даст желаемого результата. Даже с содержательной точки зрения понятно, что минимизация суммарных затрат будет достигаться при установлении тарифов в минимум, а пропускной способности – в максимум. Кроме того, такой подход делает описанную выше задачу нелинейной.

На самом деле, задача носит, по существу, двухфазный характер:

(1) для каждого набора значений варьируемых параметров решатель выдаёт одну точку в многомерном пространстве параметров и результирующих переменных;

(2) в полученном геометрическом месте точек необходимо выбрать и проанализировать подобласть, соответствующую интересующему нас вопросу. Например, ограничение полученной области дополнительными неравенствами  $W_{irr}^p > 0$  &  $\phi_{irr}^p \in [k_1, k_2]$ : ненулевой объём по заданному плечу  $(t, r, r')$  при ограничениях на тариф по этому же плечу.

### ***2.4.2. Подход к выявлению области возможных решений***

Конечно, идеальным решением поставленной задачи было бы аналитическое описание интересующей эксперта области. Сложность такого описания заставила нас искать приближённые методы анализа.

Система МИКС-ПРОСТОР позволяет эксперту выделить набор интересующих его входных параметров и для каждого из них задать диапазон возможных значений. После этого предоставляется два метода формирования тестовых наборов параметров:

*равномерный метод* позволяет задать для каждого параметра шаг изменений – множество тестовых наборов представляет собой многомерный прямоугольник с равномерной сеткой;

*вероятностный метод* случайным образом выбирает в указанном многомерном прямоугольнике множество точек. Преимуществом такого подхода является большее количество точек для каждого измерения.

Далее для каждого тестового набора решается задача оптимизации, определяющая значения переменных. На основе собранной информации мы пытаемся дать ответы на вопросы эксперта, некоторые из которых приведены далее.

### ***2.4.3. Необходимые условия целесообразности плечей***

*Вопрос эксперта: при каких диапазонах значений параметров данное плечо будет использовано хотя бы в 75% решений?*

Постановка вопроса позволяет классифицировать каждое решение в зависимости от объёма перевозки по данному плечу. В простейшем случае мы разбиваем всё множество решений на две группы: плечо не используется (бледная точка) и используется (яркая точка).

Мы пытаемся дать представление о полученном множестве точек путём рассмотрения его проекций.

*Одномерная проекция* показывает зависимость значения переменной от значения параметра. Примеры таких проекций приведены на рисунке 2.4.2, где в качестве переменной выступает объём перевозки по автомобильной дороге Алтай – Кызыл. Можно заметить, что большая часть значений равна либо мак-

симуму, либо нулю. Это отражает тот факт, что либо по дороге везут максимум возможного, либо не используют её совсем. Если на первых двух графиках присутствуют области значения параметров, где большая часть значений переменной одинакова, то на третьем графике такого не наблюдается. Это говорит о том, что значение переменной не зависит от рассматриваемого параметра. Для ответа на поставленный выше вопрос мы автоматически выделяем диапазон максимальной ширины, где количество ненулевых значений составляет более 75%. Аналогичный диапазон выделяется для нулевых значений и порога 95%.

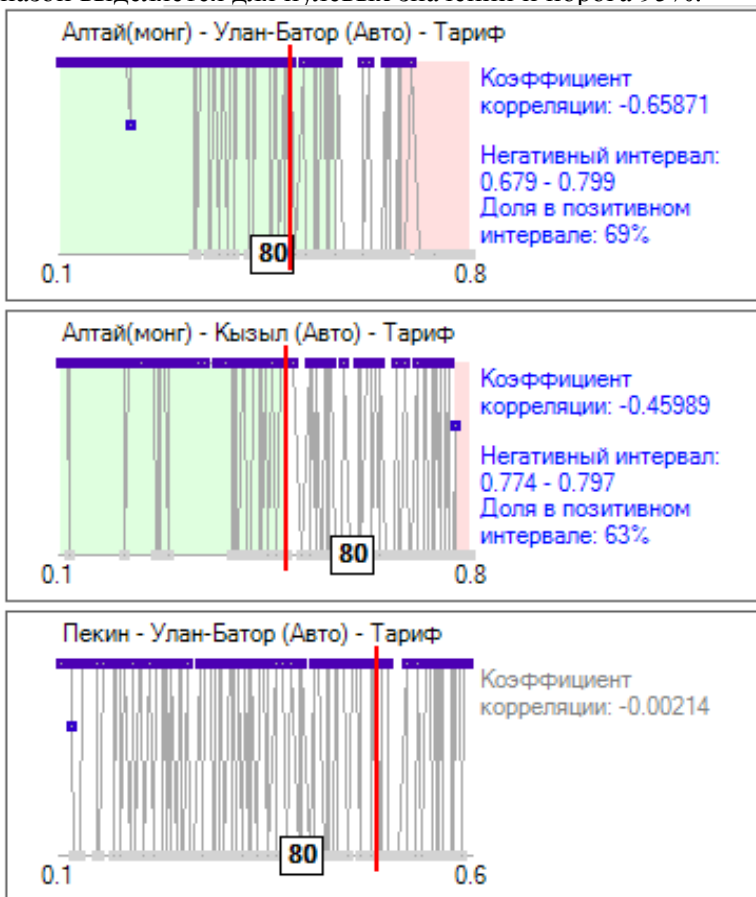


Рис. 2.4.2. Одномерные проекции зависимости от параметров

Двумерная проекция позволяет отразить тот случай, когда значение переменной зависит от двух параметров. Типичным примером являются два «последовательных» плеча –  $(t, r_1, r_2)$  и  $(t, r_2, r_3)$ , суммарная стоимость перевозки по которым описывается формулой:

$$\phi_{tr_1 r_2}^p \cdot l_{tr_1 r_2}^p \cdot W_{tr_1 r_2}^p + Z_{tr_2}^p + \phi_{tr_2 r_3}^p \cdot l_{tr_2 r_3}^p \cdot W_{tr_2 r_3}^p.$$

Если из промежуточного узла  $r_2$  нет никаких других дорог, подходящих для данного продукта, и в  $r_2$  данный продукт не производится и не потребляется, то оба плеча либо одновременно используются, либо не используются в решении. Тогда условие использования выглядит как константное ограничение описанной выше суммарной стоимости, из которого нельзя получить диапазоны для каждого параметра отдельно. Аналогично можно рассмотреть вариант «альтернативных» плечей.

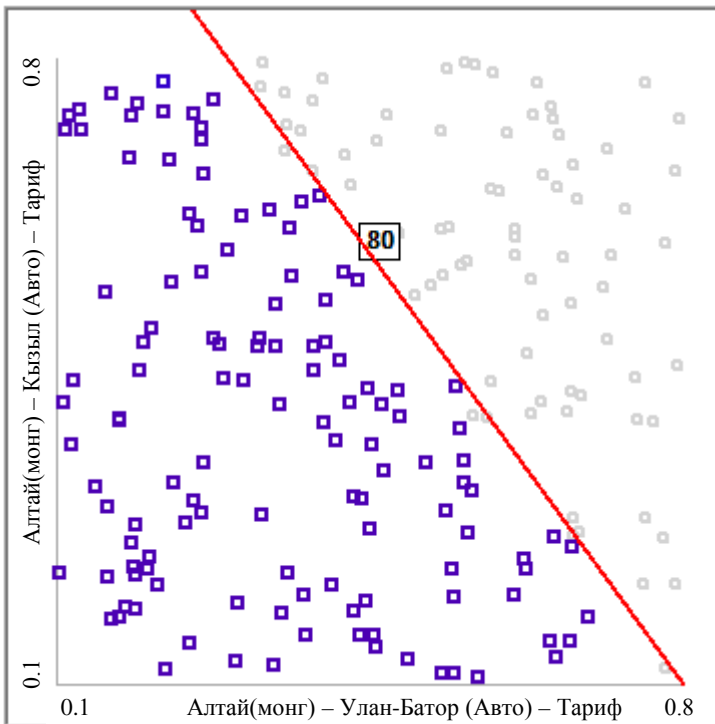


Рис. 2.4.3. Двумерные проекции зависимости от параметров



Сложность задачи заключается в том, что в транспортной сети редко можно выделить описанный выше случай дорог, а «последовательность» и «альтернативность» дорог проявляется по факту в каждом решении независимо. Поэтому фактически задача состоит в определении классификатора для облака точек [Вьюгин, 2014]. Учитывая характер транспортной задачи, мы использовали линейный классификатор и, соответственно, пытаемся графически разделить множество точек прямой линией. Пример двумерной проекции представлен на рисунке 2.4.3.

Понятно, что если значение переменной прямо или обратно зависит более чем от двух параметров, то граница области будет нечёткой, а плотность точек каждого класса в двумерной проекции будет линейно изменяться.

#### ***2.4.4. Корреляции: что определяет выбор данного плеча***

*Вопрос эксперта: что влияет на объём перевозок по данной дороге?*

Ответ на этот вопрос очевиден только в весьма простых случаях, например, зависимости объёма перевозок по плечу от тарифа для этого же плеча. Хотя даже в этом случае зависимость может отсутствовать, если перевозка по данному плечу «блокируется» другими параметрами.

Накопленная статистика позволяет нам определить такого рода зависимости на основе вычисления коэффициента корреляции Пирсона [Суслов, 2005], рассматривая значения параметра тарифа и объёмы перевозок по выбранному плечу, как два набора случайных величин. Положительные значения коэффициента указывают на прямую зависимость, а отрицательные – на обратную.

Результаты можно компактно представить в виде матрицы, где строки соответствуют плечам, а столбцы – параметрам. Ячейки матрицы окрашиваются красным при положительной корреляции, синим – при отрицательной, и остаются не раскрашенными при отсутствии корреляции.

Полученная матрица может быть довольно пёстрой. Для того чтобы улучшить отображение, строки и столбцы матрицы можно переупорядочить, с тем чтобы добиться следующего условия: два плеча должны стоять рядом, если они (приблизительно) одинаково зависят от одних и тех же параметров, и, аналогично, два параметра должны стоять рядом, если они (приблизительно) одинаково влияют на одни и те же параметры.

Для решения этой задачи мы используем эвристический алгоритм, который итеративно переставляет две строки, если их расположение не соответствует расположению барицентров связанных с ним параметров. Перестановка строк чередуется с аналогичной перестановкой столбцов. Результаты работы этого метода показаны на рисунке 2.4.4.

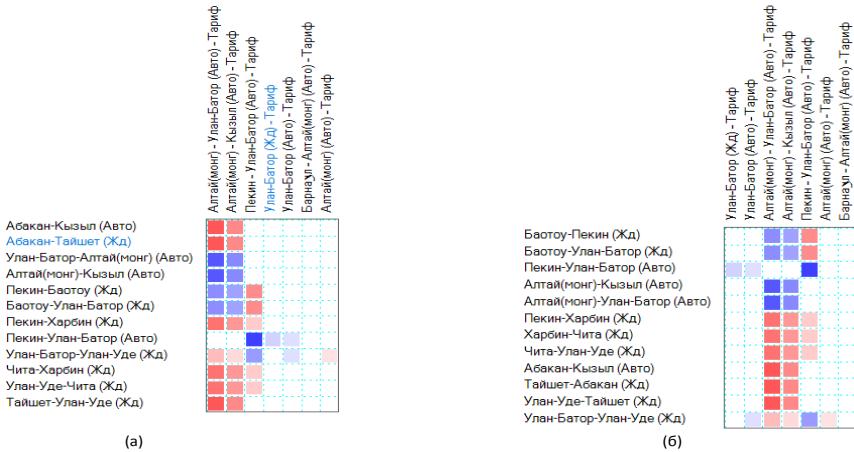


Рис. 2.4.4. Матрица корреляции:  
(а) до переупорядочения, (б) после переупорядочения

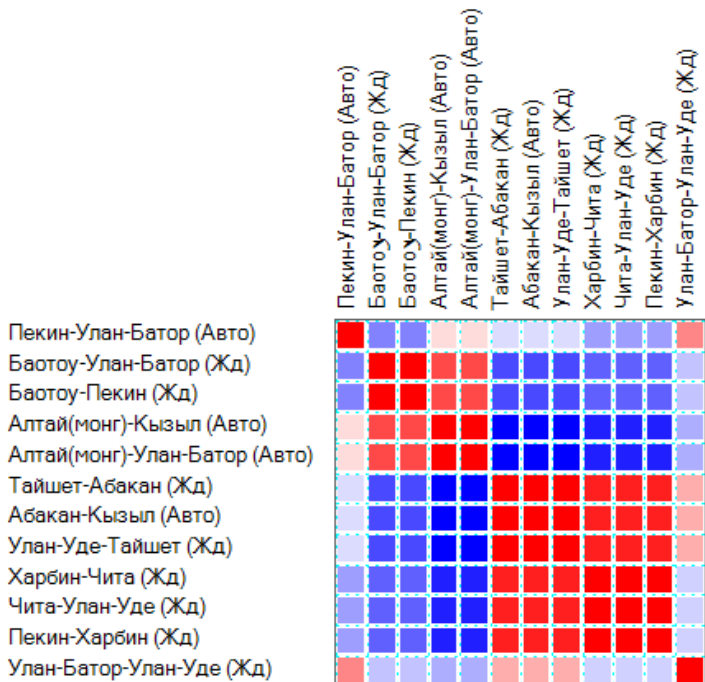


Рис. 2.4.5. Матрица корреляции объёмов перевозки

Аналогичную матрицу можно построить и между плечами транспортной сети, вычисляя корреляцию объёмов перевозки для каждой пары плеч. Пример такой матрицы корреляции приведён на рисунке 2.4.5.

К этой матрице также можно применить описанный выше метод перестановки строк и столбцов, в результате чего достаточно явно выделяются группы взаимозависимых плеч. Так, в данном примере выделяются два конкурирующих между собой маршрута перевозки выбранного продукта: Кызыл – Улан-Батор – Баотоу – Пекин и Кызыл – Абакан – Тайшет – Улан-Удэ – Чита – Харбин – Пекин. Такая информация подсказывает эксперту, что тарифы внутри маршрута должны меняться синхронно.

### 2.4.5. Поточковый анализ

*Вопрос эксперта: Возможно ли путём снижения тарифов перевозки на данном плече увеличить его использование в решениях?*

Этот вопрос обычно возникает после серии экспериментов, в ходе которых тарифы перевозки для данного плеча постоянно снижались, а плечо оставалось неиспользуемым. Конечно, причиной этого может быть топология транспортной сети: до данного плеча вообще невозможно «добраться» от производителя к потребителю. Возможно также, что использование плеча обусловлено слишком высоким тарифом на другом плече из общего маршрута, либо слишком низким – из конкурирующего.

Полезной вспомогательной информацией для ответа на данный вопрос будет минимальное значение стоимости провоза единицы данного продукта из пункта производства  $r_A$  в пункт потребления  $r_B$  по всем путям, проходящим через данное плечо  $e_0 = (t, r_0, r'_0)$ . Нахождение этого значения может быть сведено к решению задачи глобального анализа [Котов, 1991].

Мы размечаем транспортную сеть, приписывая каждому плечу  $e$  пару значений:  $w_e$  – текущую минимальную стоимость перевозки из пункта  $r_A$  до плеча  $e$  и  $w'_e$  – текущую минимальную стоимость перевозки по путям, проходящим через плечо  $e_0$ . Начальная разметка определяется для продукта  $p$  следующим образом:

$$w_e = \begin{cases} \vec{c}_t^p + \phi_{tr_A r'}^p l_{tr_A r'}^p, & \text{для плеча } (t, r_A, r') \\ +\infty, & \text{во всех остальных случаях} \end{cases};$$

$$w'_e = \begin{cases} w'_e, & \text{для плеча } e = e_0 \\ +\infty, & \text{во всех остальных случаях} \end{cases}.$$

Пронесение пометки с плеча  $e' = (t', r', r_1)$  на  $e = (t, r_1, r_2)$  определяется функцией  $f_{e'e}(x)$ :

$$f_{e'e}(x) = \left( \begin{array}{l} x + \bar{c}_i^p \cdot \text{sgn}(X_{tr_1}^p) + \bar{c}_i^p \cdot \text{sgn}(Y_{tr_1}^p) + c_{tr_1}^p \cdot \text{sgn}(V_{tr_1}^p) + \\ + \bar{c}_i^p \cdot \text{sgn}(Z_{tr_1}^p) + \phi_{tr_1 r_2}^p l_{tr_1 r_2}^p \cdot \text{sgn}(W_{tr_1 r_2}^p) \end{array} \right)$$

Использование  $\text{sgn}$  здесь объясняется тем, что мы рассматриваем перевозку единичного объема продукта.

Пересечением  $\cap$  для двух значений является их минимум, а шаг итеративного процесса определяется следующим образом:

$$w_e = w_e \cap f_{e'e}(w_{e'});$$

$$w'_e = \left( \begin{array}{l} w'_e \cap f_{e'e}(w'_{e'}) \cap f_{e'e}(w_{e'}), \text{ для плеча } e=e_0 \\ w'_e \cap f_{e'e}(w'_{e'}), \text{ во всех остальных случаях} \end{array} \right).$$

Очевидно, что определённая полурешётка ограничена снизу нулевой стоимостью и, следовательно, итеративный процесс разметки останавливается. Несложно расширить полурешётку (не нарушая свойств сходимости) таким образом, чтобы с каждым значением суммарной стоимости ассоциировался реализующий его маршрут.

Аналогичную задачу можно сформулировать и для полученного решения, отбрасывая те плечи, по которым рассматриваемый продукт не перевозится. Таким образом, для каждого плеча мы получаем два значения:

- (1) максимальная стоимость в решении;
- (2) минимальная стоимость без учёта других продуктов.

Оба экстремума вычисляются по всем путям для фиксированной пары производитель-потребитель. Примеры таких сравнений показаны на рисунке 2.4.6, где строки таблицы показывают путь, реализующий эти значения, а выбранное плечо подсвечивается.

Барнаул – Пекин				Барнаул – Ченду			
Максимальный в решении	875	Минимальный через выбранное плечо	1263.977	Максимальный в решении	855	Минимальный через выбранное плечо	1304.977
Барнаул (погрузка)	1	Барнаул (погрузка)	10	Барнаул (погрузка)	1	Барнаул (погрузка)	10
Жд	270	Авто	400	Жд	270	Авто	400
Талды-Курган (транзит)	1	Абакан (перезгрузка)	10	Талды-Курган (транзит)	1	Абакан (перезгрузка)	10
Жд	240	Жд	160	Жд	240	Жд	160
Урумчи (транзит)	1	Тайшет (транзит)	1	Урумчи (транзит)	1	Тайшет (транзит)	1
Жд	200	Жд	300	Жд	200	Жд	300
Баотоу (транзит)	1	Улан-Уде (транзит)	1	Баотоу (транзит)	1	Улан-Уде (транзит)	1
Жд	160	Жд	120	Жд	140	Жд	120
		Улан-Батор (транзит)	0.977			Улан-Батор (транзит)	0.977
		Жд	260			Жд	160
Пекин (разгрузка)	1	Пекин (разгрузка)	1			Баотоу (транзит)	1
						Жд	140
				Ченду (разгрузка)	1	Ченду (разгрузка)	1

Рис. 2.4.6. Сравнение оптимальных путей с решением

Далее мы перебираем все возможные продукты, которые можно перевозить по данному плечу и все возможные пары пунктов производства/потребления данного продукта, находя тот продукт и тот маршрут, который требует минимального изменения суммарной стоимости, приводящей к тому, чтобы задействовать данное плечо. Очевидно, что представленная в таком виде информация сразу даёт эксперту наглядность о критических параметрах. Так, например, не рассматривая перевозку из Барнаула в Пекин (см. рис. 2.4.6), можно сделать вывод, что обеспечить задействованность плеча Барнаул – Абакан, имея возможность влиять только на тариф перевозки по этому плечу, можно только снизив этот тариф практически до нуля.

#### ***2.4.6. Сводные результаты работы экспертов***

Суммируя описанные ранее результаты, часть из которых получается как статистический анализ множества решений, а часть – как результат массивного применения потокового анализа, мы получаем следующую таблицу (рис. 2.4.7.), которая характеризует каждое плечо транспортной сети следующими данными:

- (1) процент использования – насколько часто данное плечо было задействовано в решениях;
- (2) перспективность – если плечо нигде не использовалось, то насколько велики минимальные затраты, приводящие к его задействованности;
- (3) максимальная загруженность;
- (4) максимальный объём.

Итак, были рассмотрены некоторые возможности статистического анализа множества решений транспортной задачи. Практическое использование системы показало, что этот подход существенно облегчает выполняемый экспертом анализ перспектив развития транспортной сети и позволяет вынести обоснованные заключения для ЛПР.

Многоаспектность проблемы требует специализированных методов визуализации.

В перспективе стоит задача усиления интеграции с другими компонентами системы МИКС, учитывающие помимо транспортной сети и другие параметры экономического развития регионов.

Плечо	Вид транспо	% использов	Перспек вариант	Макс. загрузки	Ср. загруженнос	Макс. объём	Ср. объём
Алтай(монг)-Кызыл	Авто	61.50		30.00	18.40	3.00	1.84
Алтай(монг)-Улан-Б...	Авто	61.50		30.00	18.40	3.00	1.84
Баотоу-Улан-Батор	Жд	44.50		3.00	1.34	3.00	1.34
Баотоу-Пекин	Жд	44.50		2.00	0.89	3.00	1.34
Тайшет-Улан-Уде	Жд	39.00		1.50	0.58	3.00	1.16
Абакан-Тайшет	Жд	39.00		5.00	1.93	3.00	1.16
Абакан-Кызыл	Авто	39.00		30.00	11.60	3.00	1.16
Пекин-Харбин	Жд	32.50		5.00	1.63	3.00	0.98
Улан-Уде-Чита	Жд	32.50		2.00	0.65	3.00	0.98
Чита-Харбин	Жд	32.50		2.00	0.65	3.00	0.98
Пекин-Улан-Батор	Авто	23.00		30.00	6.90	3.00	0.69
Улан-Батор-Улан-Уде	Жд	6.50		7.50	0.46	3.00	0.19
Абакан-Барнаул	Жд	0.00	14	0.00	0.00	0.00	0.00
Барнаул-Алтай(монг)	Авто	0.00	14	0.00	0.00	0.00	0.00
Барнаул-Новосибирск	Авто	0.00	14	0.00	0.00	0.00	0.00
Екатеринбург-Ново...	Жд	0.00	14	0.00	0.00	0.00	0.00
Урумчи-Талды-Курган	Жд	0.00	159	0.00	0.00	0.00	0.00
Екатеринбург-Ново...	Авто	0.00	14	0.00	0.00	0.00	0.00
Чита-Харбин	Авто	0.00	3	0.00	0.00	0.00	0.00
Улан-Уде-Чита	Авто	0.00	3	0.00	0.00	0.00	0.00
Пекин-Харбин	Авто	0.00	3	0.00	0.00	0.00	0.00
Абакан-Кызыл	Жд	0.00	148	0.00	0.00	0.00	0.00
Улан-Батор-Улан-Уде	Авто	0.00	156	0.00	0.00	0.00	0.00
Екатеринбург-Талд...	Жд	0.00	159	0.00	0.00	0.00	0.00
Новосибирск-Тайшет	Авто	0.00	159	0.00	0.00	0.00	0.00
Екатеринбург-Талд...	Авто	0.00	159	0.00	0.00	0.00	0.00
Чита-Харбин	Жд	0.00	159	0.00	0.00	0.00	0.00

Рис. 2.4.7. Сводная таблица статистики (фрагмент)



## **2.5. Российский транзит: оценка перспектив конкуренции за евроазиатский контейнерный поток<sup>17</sup>**

### ***2.5.1. Варианты транспортных коридоров: возможное место российского пространства***

В современных условиях, когда экономика переходит на инновационный путь развития, транспортная система рассматривается как основной фактор социально-экономического развития России, обеспечивающий: совершенствование международных и межрегиональных транспортно-экономических связей; целостность экономического пространства страны; более эффективное использование природных ресурсов и социально-экономического потенциала регионов страны; рационализацию размещения производительных сил; вхождение России в качестве равноправного партнёра в мировую экономику.

Имея систему морских портов на Северном, Балтийском, Азово-Черноморском, Дальневосточном и Каспийском бассейнах, развитые и разветвленные сети железных и автомобильных дорог, сеть внутренних судоходных путей, Россия располагает значительным транспортным потенциалом для реализации евроазиатских связей, используя разные виды транспорта.

Основой существующего транспортного коридора между Европой и Азией является Транссибирская магистраль. Транссиб проходит через всю Россию и предоставляет на западе выход в Европейские страны через российские порты, а на востоке – на сеть железных дорог Китая, Корейской Народно-Демократической Республики, Республики Кореи, Казахстана и Монголии, морские порты стран АТР.

Общий объём международных перевозок по Транссибирской магистрали постоянно растёт. Так, в 2015 г. этот показатель составил более 113 млн т, что на 3,9% выше уровня 2014 г. и на 11% выше уровня 2010 г. При этом объём контейнерных перево-

---

<sup>17</sup> Материал подготовлен в рамках выполнения проекта РФФИ-РГО № 17-05-41018 «Комплексная оценка вариантов формирования опорной транспортной сети Азиатской части России: ресурсные и социально-экономические возможности».

зок вырос за последние 5 лет на 57% и составил почти 504 тыс. единиц в двадцатифутовом эквиваленте<sup>18</sup>. Около 45% от перевозок, осуществляемых внутри государства с участием железнодорожного транспорта, приходится на перевозки грузов с использованием Транссибирской магистрали.

Второй основной грузопоток из Азии в Европу проходит по международному транспортному коридору «Север–Юг». Он объединяет железные дороги, морские пути, проходящие через Каспийское море, и автомагистрали. Протяжённость транспортного коридора составляет более 7200 км. Объём перевозок по нему в 2015 г. составили 7,3 млн т, что на 4% больше уровня 2014 г.<sup>19</sup>

Ещё одним важным транспортным коридором является Северный морской путь (СМП). Он связывает Европу и страны Азиатско-Тихоокеанского региона и является альтернативой путям, проходящим через Панамский и Суэцкий каналы. Если путь из Йокогамы в Мурманск через СМП составляет менее 11 тыс. км, то через Суэцкий канал – 24 тыс. км. Также путь из порта Роттердам до порта Йокогама сокращается на 34%, до порта Шанхай – на 23%, до порта Ванкувер – на 22%. При этом главным недостатком данного пути является холодный климат и суровые погодные условия: навигация длится от двух до четырёх месяцев в году. В оставшееся время его можно пройти только в сопровождении ледокола. При значительном протяжении СМП его инфраструктура на настоящий момент не развита, аварийно-спасательная система не рассчитана на большой поток грузовых караванов, ледокольный флот представлен одним атомным судном – 50 лет Победы спущен на воду в 2009 г., а остальные выработали свой ресурс.

Тем не менее с каждым годом количество перевозимых грузов по СМП увеличивается. Почти восстановлен объём перевозок, достигнутый в 1987 г. – в 2015 г. Он достиг 5,2 млн т. Однако в евроазиатских транзитных перевозках он уступает место морскому пу-

---

<sup>18</sup> Информационные ресурсы сайта РЖД международные отношения // Мировая транспортная система // ОАО «РЖД» // [Электронный ресурс] – URL: <http://inter.rzd.ru/> (дата обращения: 17.03.2017 г.).

<sup>19</sup> Информационные ресурсы сайта РЖД партнер.ру // Обзор. Объем международных железнодорожных контейнерных перевозок // Trade Russia: foreign investment // [Электронный ресурс] – URL: <http://www.rzd-partner.ru/> (дата обращения: 17.03.2017 г.).

ти, проходящему через Суэцкий канал, через который сейчас перевозят около 80% евроазиатских грузов.

Северный морской путь, который по мере развития технологий увеличивает свою привлекательность, имеет все перспективы стать по объёму перевозимых грузов сравнимым с Транссибом. Эксперты прогнозируют увеличение арктического судоходства: так, к 2030 г. по СМП прогнозируют перевозить 25% всего объёма международной торговли между странами Европы и Азии [Подберезкина, 2015]. Развитие СМП также целесообразно с точки зрения развития Арктической зоны России, которая обладает огромным ресурсным потенциалом [Траектории..., 2011]. Создание и развитие коридоров должны упрочить геополитическое положение России.

Значимой проблемой для развития российских евроазиатских транспортных коридоров является наличие конкурентов, таких как «Новый шёлковый путь» и морские пути через Суэцкий и Панамский модернизируемые каналы. В связи с этим в настоящем исследовании была поставлена цель – оценить потенциальную конкурентоспособность новых вариантов евроазиатских транспортных коридоров, проходящих через территорию России, и наметить пути повышения их привлекательности для международных перевозок. Количественных оценок конкурентоспособности международных коридоров во взаимосвязи с развитием отечественной экономики в научной литературе крайне мало.

### ***2.5.2. Проекты строительства и развития портов, значимых для евроазиатских транспортных коридоров***

Морские порты играют существенную роль в создании и развитии транспортных коридоров. Сейчас под современным морским портом понимают большой транспортный узел, связывающий разные виды транспорта. Работа портов имеет стратегическое значение для развития экономики страны и является одной из основных областей функционирования системы транспорта. Порты имеют первостепенное значение в обеспечении обороноспособности, транспортной независимости, внешней торговли и реализации транспортного потенциала РФ.

Одним из наиболее важных портов для евроазиатского транспортного коридора является порт, находящийся в городе

Владивосток. Он соединяет Транссибирскую магистраль с тихоокеанскими морскими путями. Его грузооборот в 2016 г. составил 14,3 млн т, включая оборот стивидорных компаний. Через порт Владивосток Россия осуществляет внешнеэкономическую деятельность со 104 странами, включая Японию, Китай, Германию, Республику Корею и Тайвань. 12 октября 2015 г. стал действовать ФЗ-212 «О Свободном порте Владивосток». Целью этого проекта является социально-экономическое развитие Дальневосточного региона. Сегодня под свободным портом понимают один из видов свободных экономических зон, который представляет собой отдельные территории порта, где действуют льготные налоговые, таможенные, валютные режимы, способствующие притоку иностранного капитала, развитию экспортно-импортных операций и т.д. В результате создания и действия свободного порта должны развиваться территории, прилегающие к нему, благодаря использованию стремительно возрастающего инвестиционного и внешнеторгового потенциалов [Красова, Ма Инсинь, 2015]. 24 июня 2016 г. был принят законопроект «О внесении изменений в ФЗ-212 «О Свободном порте Владивосток» и ФЗ-473 «О территориях опережающего социально-экономического развития в Российской Федерации». Он предусматривает расширение на основные гавани Дальнего Востока режима Свободного порта. Данный режим теперь действует в Сахалинской области (Корсаковский городской округ), Хабаровском крае (Ванинский муниципальный район), Приморском крае (Лазовский муниципальный район), Чукотском автономном округе (Певек) и Камчатском крае (Петропавловск-Камчатский).

Резидентам Свободного порта предоставляют значительные льготы. Таким образом, сниженная налоговая ставка на прибыль применяется в первые пять лет работы – максимально 5%, в дальнейшие пять лет – максимально 12%. Также для них понижены общие отчисления во внебюджетные фонды – до 7,6% с 30%. Резиденты порта не платят земельный налог и налог на имущество организаций, и при определённых условиях они могут ускорить возврат НДС. Также они могут пользоваться режимом свободной таможенной зоны.

Второй после Владивостока по величине порт, находящийся в Дальневосточном бассейне, – это порт Ванино. В 2015 г. его

грузооборот составил 26,8 млн т. Порт используется для поставки грузов в Южную Корею, США, Японию, Австралию, Китай, северо-восточные регионы России и остальные страны Азиатско-Тихоокеанского региона. Выгодное географическое размещение порта предоставляет выход к морю грузам, которые перевозят с Запада по Транссибирской и Байкало-Амурской железнодорожным магистралям.

Ещё одним значимым портом для евроазиатских коридоров является Петропавловск-Камчатский порт. Он расположен в Авачинской губе на юго-восточном побережье полуострова Камчатка. Он действует круглогодично, но частые туманы затрудняют навигацию. Петропавловск-Камчатский порт – это самый большой порт Камчатского края. В 2015 г. грузооборот порта составил 987,4 тыс. т. В рамках ТОСЭР «Камчатка» должен быть осуществлён проект по формированию на базе Петропавловск-Камчатского порта береговой инфраструктуры и порта-хаба, ориентированного на транзитные контейнерные перевозки. В результате реализации этого проекта грузооборот Петропавловск-Камчатского порта возрастёт до 8 млн т в год. Данный порт станет современным транспортным узлом, способствующим развитию транзитных и транснациональных перевозок по Северному морскому пути между Канадой, Европой, США и странами Азиатско-Тихоокеанского региона<sup>20</sup>.

Порт Мурманск расположен на побережье Баренцева моря на Кольском полуострове. Он замерзает только в самые суровые зимы. В таких ситуациях для прохождения судов используют ледоколы и портовые буксиры. Грузооборот порта Мурманск в 2016 г. составил 33,4 млн т. Рассматриваемый порт имеет множество преимуществ, из-за своего близкого расположения к американскому и европейскому рынку и предоставления возможности использования Транссиба, СМП и транспортного коридора «Север – Юг» в качестве подводящих путей.

Ещё одним значимым портом для Арктики является порт Архангельск. Он находится в 50 км от Двинской губы Белого моря в устье реки Северная Двина. Эта река связывает Архангельск

---

<sup>20</sup> Территория опережающего социально-экономического развития «Камчатка» // [Электронный ресурс] – URL: [http:// port.kamchatka.ru/about/kamchatka\\_t.shtml](http://port.kamchatka.ru/about/kamchatka_t.shtml) (дата обращения: 29.03.2017 г.).

с внутренними районами России, которые расположены далеко от моря. Зимой река Северная Двина замерзает на период с конца октября до начала мая. В этот период суда могут передвигаться только в сопровождении ледоколов. В 2016 г. грузооборот порта Архангельск составил 2,6 млн т. В настоящее время в Архангельске реализуется проект строительства глубоководного порта. Прогнозные значения грузооборота порта Архангельск к 2030 г. оцениваются примерно в 30 млн т<sup>21</sup>. Новый порт даст возможность создать альтернативный более перспективный маршрут для импортных и экспортных грузоперевозок в страны АТР, Северной Америки и Европы и создаст новый путь, выходящий в Мировой океан для крупнотоннажных судов.

И последний порт – это Индига. Данный порт ещё не построен, но проект по строительству глубоководного порта принят к реализации. Береговая линия Баренцева моря и реки Индиги подходит для строительства порта любой мощности. Он может стать одной из важнейших маломерзающих гаваней СМП. Естественная глубина бухты составляет 18 м, что позволит крупнотоннажным судам грузоподъёмностью до 350 тыс. т останавливаться в порту. Немаловажным преимуществом расположения Индиги является его близость к месторождениям газа в Ненецком автономном округе.

Согласно проекту<sup>22</sup>, порт Индига должен развиваться поэтапно.

**Первый этап** заключается в строительстве порта, который будут использовать для обеспечения движения по Северному морскому пути, ремонта и отстоя судов, строительства завода СПГ и развития транспортной инфраструктуры для вывоза с месторождений полезных ископаемых.

**Второй этап** заключается в строительстве нефтеперерабатывающего завода и нефтяного терминала.

**Третий этап** заключается в строительстве терминала для генеральных грузов и контейнерного терминала.

---

<sup>21</sup> Проект строительства глубоководного порта в Архангельске нашёл инвестора // [Электронный ресурс] – URL: <https://regnum.ru/news/economy/2194185.html> (дата обращения: 15.04.2017 г.).

<sup>22</sup> Порт Индига – потенциальная «точка роста» для всей страны // [Электронный ресурс] – URL: [http://www.arctic-info.ru/opinions/comments/port-indiga---potencial\\_naa--tocka-rosta--dla-vsei-strani/](http://www.arctic-info.ru/opinions/comments/port-indiga---potencial_naa--tocka-rosta--dla-vsei-strani/) (дата обращения: 15.04.2017 г.).

Планируемый грузооборот порта Индига составляет 30 млн т углеводородов. Для строительства порта Индига нужно провести меньше дноуглубительных работ, чем для Архангельска. От порта Индиги возможно движение судов без сопровождения ледоколов в восточном направлении в течение 4–5 месяцев, в западном направлении – 7–8 месяцев в году.

Получение количественных оценок эффективности создания (развития) портов потребовало формирование и решение соответствующей задачи. Классическая транспортная задача является задачей линейного программирования о поиске оптимального плана транспортировки грузов из мест отправления в места потребления, с наименьшими издержками на перевозки. Однако для оценки конкурентоспособности международных транспортных коридоров эта модель требует модификации, так как не учитывает существование различных видов транспорта, а следовательно, и перегрузку с одного вида на другой.

Модель, представленная в п. 2.1 настоящей книги и специально разработанная для решения проблем взаимосвязанности разных видов транспорта, в большей степени соответствует решению следующей задачи: установить план на перспективу развития опорной транспортной сети страны, который гарантирует рациональное взаимодействие различных видов транспорта, входящих в неё. Сравнительный анализ результатов расчётов даёт возможность определить предпочтительные варианты развития и создания опорной транспортной сети Российской Федерации.

Авторами предлагается ввести в модель элементы аппарата нечётких множеств. Это позволит решать транспортную задачу, в которой значения ряда учитываемых показателей чётко не определены. Основное достоинство данного аппарата заключается в том, что при его использовании можно делать расчёты, ориентируясь на интервал вероятных значений каждого параметра с заданным распределением. В свою очередь, задать распределение на интервале означает предположить образ действия владельца рассматриваемого пункта перевалки, который назначает тарифы. Так, оценка поведения владельца определяет коммерческую основу для преобразования маршрута транспортировки в транспортный транзитный коридор, на всём пути которого действуют единые тарифы, единые правила перевозки груза.

### 2.5.3. Оценка вариантов возможных будущих коридоров

Ниже предлагается рассмотреть несколько наиболее обсуждаемых в настоящее время вариантов евроазиатских транспортных коридоров, проходящих через территорию России.

В таблице 2.5.1 приведены варианты рассматриваемых маршрутов и их составляющие.

Таблица 2.5.1

#### Варианты маршрутов и их составляющие

Маршрут	Составляющие
«Суэц»	Погрузка в порту Нагоя, Нагоя – Роттердам (море, через Суэцкий канал)
«Архангельск» (через порт Архангельск)	Погрузка в порту Нагоя, Нагоя – Владивосток (море), Владивосток – Пермь (ж/д), Пермь – Архангельск (ж/д), Архангельск – Роттердам (море)
«Индига» (через порт Индига)	Погрузка в порту Нагоя, Нагоя – Ванино (море), Ванино – Усть-Илимск (ж/д), Усть-Илимск – Индига (ж/д), Индига – Роттердам (море)
«Петропавловск-Камчатский» (через порты Петропавловск-Камчатский и Мурманск)	Погрузка в порту Нагоя, Нагоя – Петропавловск-Камчатский (море), Петропавловск-Камчатский – Мурманск (море), Мурманск – Роттердам (море)
«Северный морской путь» (без перегрузок)	Погрузка в порту Нагоя, Нагоя – Роттердам (море, по Северному морскому пути).

На рисунке 2.5.1. изображены варианты этих маршрутов.





Рис.2.5.1. Рассматриваемые варианты маршрутов

Первый транспортный путь – это *путь транспортировки груза из порта Владивосток в порт Архангельск*. Из Азии груз транспортируют морским судном до порта Владивосток, затем груз перевозят по Транссибирской железнодорожной магистрали до города Пермь, где его перегружают на железнодорожную магистраль Белкомур и доставляют в порт Архангельск, после чего перевозят по морю в Европу.

Белкомур (Белое море – Коми – Урал) – это планируемая железная дорога, соединяющая регионы Урала и Сибири с Северо-Западным федеральным округом. Ее протяжённость составляет 1161 км, из них 715 км – это новое строительство, а остальные 446 км уже существующие участки, которые нуждаются в модернизации. Новая железнодорожная магистраль вместе с проектом строительства глубоководного района Архангельского порта приобретает особое значение для грузоотправителей, так как будет создана транспортно-логистическая схема, способствующая развитию торговых связей России со странами Южной и Северной Америки, Европы и Центральной и Юго-Восточной Азии.

Следующим рассматриваемым вариантом транспортного коридора является *путь из порта Ванино в порт Индига*. Из Азии груз транспортируют морским судном до порта Ванино, затем груз перевозят по Байкало-Амурской железнодорожной магистрали до города Усть-Илимск, где его перегружают на железнодорожную магистраль Баренцкомур и доставляют в порт Индига, после чего перевозят по морю в Европу.

Баренцкомур – это проект по строительству железной дороги, соединяющей Сургут, Полуночное, Троицко-Печорск, Сосногорск и Индигу. Данный проект включён в «Стратегию развития железнодорожного транспорта России до 2030 года». Протяжённость Баренцкомура составляет около 1200 км. Реализация данного проекта должна начаться в 2020 г. Железнодорожная магистраль Баренцкомур будет проходить вблизи месторождений нефти и газа. Таким образом, компании, ориентирующиеся на нефтедобычу, станут основными получателями и грузоотправителями. Сегодня компании осваивают месторождения нефти в Тимано-Печорской провинции, включая Ухта-Ижемский нефтегазоносный район и Ижма-Печорскую нефтегазоносную область, и именно им в первую очередь нужна железнодорожная магистраль Баренцкомур.

Также планируется, что по Баренцкомуру, вместо используемого маршрута через порты Украины и Прибалтики, будут провозить экспортную продукцию промышленных предприятий Пермского края, Республики Коми, Сибирского федерального округа, Уральского федерального округа, Приволжского федерального округа и Дальневосточного федерального округа.

Проекты Баренцкомура и Белкомура конкурируют за государственное финансирование. Однако, по нашему мнению, их следует реализовать одновременно в целях опережающего развития инфраструктуры, используемой для освоения природных ресурсов, а также реализации транзитного потенциала России.

И последний рассматриваемый вариант транспортного коридора – это *путь из Азии в Европу по Северному морскому пути* в зимнее время с перегрузкой на танкеры ледового класса. Из Азии груз перевозят до Петропавловск-Камчатского порта, где происходит перевалка груза на танкеры ледового класса и далее с ледокольным сопровождением груз доставляют в порт Мурманск, чтобы произвести перегрузку на обычные суда, после чего груз транспортируют по морю в порты Западной Европы.

Для каждого из пунктов перевалки груза на маршрутах были определены интервалы для значений тарифов на перегрузку, т.е. максимальные и минимальные значения. Внутри интервала задается функция равномерного распределения, которая отражает поведение владельца перевалочного пункта. В таблице 2.5.2 представлены средние тарифы на перегрузку в рассматриваемых пунктах перевалки и построенные для них интервалы. Равномерное распределение задается с целью формализации ситуации с максимальной неопределенностью тарифных ставок для зарубежных грузоотправителей.

Таблица 2.5.2

**Средние тарифы на перегрузку и построенные интервалы**

Порт	Расстояние, км	Интервал, руб./т	
Архангельск	500	400	600
Ванино	900	775	1000
Владивосток	800	700	900
Инди́га	460	335	560
Мурманск	500	375	600
Петропавловск-Камчатский	500	375	600

Каждый эксперимент по модели развития опорной транспортной сети определяет вариант маршрута, являющийся наиболее дешёвым для транспортировки груза (табл. 2.5.3).

Таблица 2.5.3

**Расстояния между пунктами рассматриваемых вариантов и тарифы на перевозку\***

Маршрут	Расстояние, км	Тарифы на перевозку, руб./т·км
Владивосток – Пермь	7864	0,25
Пермь – Архангельск	1649	0,25
Ванино – Усть-Илимск	3919	0,3
Усть-Илимск – Индига	3202	0,33
Япония – Владивосток	1849	0,19
Япония – Ванино	2354	0,15
Архангельск – Роттердам	3750	0,25
Индига – Роттердам	3520	0,3
Япония – Роттердам по СМП	13418	0,37
Япония – Роттердам через Суэц	20530	0,24
Япония – Петропавловск-Камчатский	3016	0,22
Петропавловск-Камчатский – Мурманск	7687	0,35
Мурманск – Роттердам	3010	0,25

\* **Источник:** Составлено по ОАО «Российские Железные Дороги» – расчет провозной платы // [Электронный ресурс] – URL: <http://rpp.rzd.ru/Rzd/> (дата обращения: 8.05.2017 г.); Расчет международных перевозок, тарифы, стоимости [Электронный ресурс] – URL: <http://unotrans.com/stoimost-perevozki.html> (дата обращения: 21.03.2017 г.).

Было сгенерировано 100 экспериментов, т.е. 100 вариантов сочетаний тарифов на перегрузку в шести перевалочных пунктах: порт Владивосток, порт Ванино, порт Индига, порт Архангельск, порт Мурманск и порт Петропавловск-Камчатский.

#### 2.5.4. Обобщённые результаты расчётов

Чаще всего при решении транспортных задач оптимальным путём являлся вариант «Суэц», он стал решением 41 раз (табл. 2.5.4). Вариант «Индига» стал основным конкурентом варианту «Архангельск», но последний всё же его опережает. Варианты же «Северный морской путь» и «Петропавловск-Камчатский» вовсе оказались неконкурентоспособными. Вариант «Северный морской путь» принимается как единый маршрут без пунктов перевалок, и он изначально по затратам на транспортировку уступает варианту «Суэц» в силу суровых условий навигации. Как итог он не является оптимальным ни в одном из 100 вариантов решений задачи. Однако вариант «Петропавловск-Камчатский» включает отрезок СМП, учитывает необходимость ледовой проводки на нём и установление соответствующих тарифов на перевозку. Поэтому можно считать, что 4% грузов в сценарии 1 пойдут по СМП.

Таблица 2.5.4

Результаты проведения опытов, сценарий 1

Показатель	Вариант маршрута				
	«Северный морской путь»	«Суэц»	«Архангельск»	«Индига»	«Петропавловск-Камчатский»
Количество «результативных» опытов	0	41	29	26	4

Далее рассмотрим сценарий 2, в соответствии с которым выдвигается предположение о проведении «Суэцом» активной политики по снижению тарифа на перевозку всего на 2%. В результате маршрут «Суэц» становится выгоднее в 2 раза, и остальные рассматриваемые варианты транспортных коридоров становятся менее конкурентоспособными (табл. 2.5.5). Это показывает, что при появлении новых вариантов МТК «Суэц» может легко вернуть свои конкурентные преимущества. В этом варианте расчётов «Архангельск» выбирается значительно меньше раз, по сравнению с расчётами, соответствующими сценарию 1. Вариант «Ин-

Таблица 2.5.5

**Результаты проведения опытов, сценарий 2**

Показатель	Вариант маршрута			
	«Суэц»	«Архангельск»	«Индига»	«Петропавловск-Камчатский», «СМП»
Количество «результативных» опытов	89	4	7	0

дига» выбирается почти в 3 раза меньше, чем в предыдущей серии расчётов. Вариант же «Петропавловск-Камчатский» вовсе не является оптимальным ни в одном из 100 решений.

Россия для увеличения конкурентоспособности своих транспортных коридоров могла бы снизить средние тарифы на перегрузку во всех перевалочных пунктах на 5–10%. Изменив интервалы для тарифов, получаем следующий набор решений (табл. 2.5.6).

«Суэц» по-прежнему остаётся на первом месте, а «Архангельск» и «Индига» конкурируют между собой. Несмотря на то что «Петропавловск-Камчатский» в данной задаче не составляет конкуренцию другим маршрутам, всё же совсем отказываться от него нельзя: 3% грузов может пойти через данный коридор.

Таблица 2.5.6

**Результаты проведения опытов, сценарий 3**

Показатель	Вариант маршрута			
	«Суэц»	«Архангельск»	«Индига»	«Петропавловск-Камчатский», «СМП»
Количество «результативных» опытов	56	22	19	3

Можем заключить, что для привлечения транзита нужны серьёзные усилия государства по снижению тарифов, что, вероятно, не всегда будет соответствовать интересам частных перевозчиков и стивидорных компаний. Эти снижения тарифов на перегрузку приведут к определённым потерям в доходах, но они, возможно, компенсируются за счёт доходов от привлечённой части транзита.

Проведённые расчёты показывают, что рассматриваемые варианты транспортных коридоров могут рассчитывать на свою долю транзитных перевозок, если:

(1) будет осуществляться активная государственная единая тарифная политика на всём протяжении российской части маршрутов;

(2) часть грузов с Транссибирской магистрали будет переведена на параллельные линии (используется коридор Индига наравне с Архангельском).

Одним из важных выводов по результатам расчётов является заключение о том, что при появлении новых конкурентов «Суэц», по которому в настоящее время перевозят большинство евроазиатских грузов, может легко вернуть свои конкурентные преимущества, путём незначительного снижения тарифа на перевозку. Тем не менее рассмотренные варианты транспортных коридоров могут рассчитывать на свою долю транзитных перевозок.

## **2.6. Оценка перспектив развития новых портовых комплексов**

В работе Д.В. Кораблев [Кораблев, 2013] основывает перспективы развития Дальнего Востока РФ на следующих видах потенциала: природно-ресурсном, транспортно-географическом, электроэнергетическом и обрабатывающем, научно-образовательном, туристско-рекреационном и экологическом, а также особо выделяет высокий потенциал добывающего комплекса, рыболовства и рыбоводства. Однако экономический потенциал не только самого Дальнего Востока, но и всей российской экономики на тихоокеанском направлении не может быть полноценно реализован без адекватного сопровождения со стороны морского

транспорта. Вместе с тем сложилась тенденция к сокращению объёмов перевозок грузов, выполняемых российскими пароходствами, что приводит к усилению зависимости России от мирового фрахтового рынка, к увеличению импорта транспортных услуг, сдерживанию развития отечественного судостроения, что создаёт угрозу национальной безопасности страны. Одновременно развитие транспортно-логистических узлов ограничивается проблемами, связанными с низким уровнем развития складской инфраструктуры на территории портов; несоответствием технологических возможностей портов, железнодорожного и автомобильного транспорта; дисгармонией в развитии портов и их транспортно-логистической инфраструктуры, расположенной в городской черте; отсутствием специализации причалов [Синтез..., 2011].

Изменение ситуации на перспективу до 2030–2035 гг. требует значительного объёма инвестиций. Следует также учитывать, что Дальний Восток РФ – это исторически и экономически особая часть государства. Особенность её заключается в том, что политически, духовно, институционально эта территория есть неотрывная часть России и европейской культуры, но физически и экономически она в значительной степени является частью восточно-азиатского и северотихоокеанского субрегионов мира. В связи с принятием Правительством РФ ряда решений об ускоренном социально-экономическом развитии Сибири и Дальнего Востока, в том числе госпрограммы «Социально-экономическое развитие Дальнего Востока и Байкальского региона на период до 2025 года», А.И. Фисенко и Е.А. Кулешова [Фисенко, Кулешова, 2013] отмечают, что грузопотоки страны всё больше будут смещаться в восточном направлении. Этому способствует укрепление внешнеэкономических связей России со странами Азиатско-Тихоокеанского региона. Данное утверждение основывается на прогнозе Минэкономразвития РФ<sup>23</sup>, в котором говорится об экономическом росте за счёт развивающихся стран (преимущественно Китая и Индии) и росте объёма перевалки морских российских портов Тихоокеанской России на 30% к 2020 г. и на 50% к 2030 г.

---

<sup>23</sup> Стратегия развития морской портовой инфраструктуры России до 2030 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.rosморпорт.ru/media/File/State-Private\\_Partnership/strategy2030.pdf](http://www.rosморпорт.ru/media/File/State-Private_Partnership/strategy2030.pdf) (дата обращения: 5.03.2017 г.).



(в сравнении с 2011 г.). В работе [Фисенко, Кулешова, 2013] указана возможность не только решения ряда экономических, социальных и иных проблем, но и повышения привлекательности и конкурентоспособности морских портов страны для внутри- и внешнеэкономических партнёров.

В связи с вышесказанным сценарное моделирование развития Дальнего Востока и России в целом в зависимости от вариантов развития инфраструктуры, а также интенсивности внешне-торговых связей со странами АТР является актуальным направлением исследований.

Осуществляя экономический анализ районов Сибири и Дальнего Востока, Т.Ю. Ксенофонтова<sup>24</sup> отмечает, что многие внутренние факторы для определения категорий «конкурентоспособность страны» и «обороноспособность страны» совпадают, что отражает их непосредственную зависимость. В работе В.С. Селина [Селин, 2016], посвящённой Арктической акватории, показано, что наращивание оборонной составляющей должно происходить во взаимодействии с развитием хозяйственной деятельности. Их координация, в том числе по объектам двойного назначения, позволяет получить дополнительные эффекты и обеспечить национальную безопасность. Таким образом, отмечается необходимость сопряжения оборонных и хозяйственных целей. Количественная оценка эффектов сопряжения оборонных и хозяйственных целей при реализации проектов развития представлена в работе [Малов, Тарасова, 2013] в привязке к инфраструктурному обустройству Северного морского пути. Однако говорить об устоявшейся методике оценки преждевременно. Настоящая работа призвана сделать шаг в развитии народно-хозяйственного подхода к оценке через формализацию моделирования внешнеторговых связей приграничного региона.

Целью являлось получение комплексной оценки возможностей совмещения оборонных и внешнеторговых интересов на

---

<sup>24</sup> Ксенофонтова Т.Ю. Экономический анализ районов Сибири и Дальнего Востока с точки зрения перспективы развития // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2013. – № 4 (52). – С. 27. – Режим доступа: [http://uecs.ru/index.php?option=com\\_flexicontent&view=items&id=2097](http://uecs.ru/index.php?option=com_flexicontent&view=items&id=2097) (дата обращения: 5.03.2017 г.).

Дальнем Востоке РФ на основе развития портового комплекса территории. Для её достижения необходимо было решить следующие задачи:

1) изучить текущее состояние дальневосточных портов, грузоочно-разгрузочного комплекса, провести мониторинг инвестиционных проектов, касающихся развития прибрежной инфраструктуры в ДФО;

2) проанализировать статистику внешнеторговых связей ДФО;

3) разработать рабочие гипотезы и формализовать содержательные сценарии развития портового хозяйства Дальнего Востока и экономики России в целом;

4) осуществить пространственный прогноз основных показателей развития экономики в рамках сформированных сценариев с помощью динамической оптимизационной межотраслевой межрегиональной модели (ОМММ);

5) провести интерпретацию полученных результатов, сделать содержательные выводы.

На данный момент на побережье Дальнего Востока РФ находятся 33 морских порта, причём большая их часть является международными, а три – составными частями крупнейших транспортных узлов ДФО (Владивостокского, Находкинского и Ванинского). За относительно короткий период 2013–2016 гг. товарооборот в Дальневосточном бассейне вырос на 28,1%, что больше общего по России темпа прироста на 5,5%<sup>25</sup>. Из них сухогрузы увеличились на 33,1%, наливные грузы – на 21,3%. Одним из главных экспортных продуктов портов Дальнего Востока в 2016 г. стал уголь. Например, порт Ванино (Хабаровский край) за первые девять месяцев прошлого года увеличил перевалку угля на экспорт почти в полтора раза, а порт Посъет (Приморский

---

<sup>25</sup> Рассчитано по: Грузооборот морских портов России за 2013 г.: Ассоциация морских торговых портов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.morport.com/rus/news/document1487.shtml> (дата обращения: 5.03.2017 г.); Грузооборот морских портов России за январь-декабрь 2016 г.: Ассоциация морских торговых портов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.morport.com/rus/news/document1842.shtml> (дата обращения: 5.03.2017 г.).

край) – на 37,2%<sup>26</sup>. После завершения строительства ряда новых угольных терминалов, реконструкции старых и улучшения иных технических характеристик портов, связанных с транспортно-погрузочным комплексом для перевалки угля, – появится дополнительная возможность роста в данном направлении. Так, в 2018 г. планируется запустить первую очередь угольного терминала «Север» (порт Восточный, Приморский край) мощностью до 20 млн т в год, возводимого в рамках соглашения об инвестировании в проект между Российским фондом прямых инвестиций и группой «Сумма» и оцениваемого в 24 млрд руб. без учёта государственных инвестиций<sup>27</sup>. Угольный терминал «Порт «Вера» такой же мощностью будет размещён в районе мыса Открытый (Приморский край) в незамерзающей акватории, сумма инвестиций оценивается в 36,9 млрд руб.<sup>28</sup>. Кроме того, осуществляется реализация проекта «Строительство в морском порту Ванино на северном берегу бухты Мучке транспортно-перегрузочного комплекса для перевалки угля» (Хабаровский край), инициатором которого выступила ООО «Сахатранс». Мощность комплекса оценивается в 12 млн т (с возможностью расширения до 24 млн т к 2020 г.), а общий объём инвестиций – более 30 млрд руб.<sup>29</sup> Есть и другие проекты по развитию портовой инфраструктуры Дальнего Востока РФ (рис. 2.6.1).

---

<sup>26</sup> Российские порты вышли на рекорд: Деловая газета «Взгляд» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vz.ru/economy/2017/1/20/853967.html> (дата обращения: 5.03.2017 г.).

<sup>27</sup> Перспективы строительства угольных терминалов: международный экологический фонд «Чистые моря» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cleanseas.ru/perspektivy-stroitelstva-ugolnykh-terminalov> (дата обращения: 5.03.2017 г.).

<sup>28</sup> Проект «Угольный морской терминал «Порт Вера»: Инвестиционная карта Дальневосточного федерального округа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://map.minvr.ru/#projects/13> (дата обращения: 5.03.2017 г.).

<sup>29</sup> Больше угля в Ванино: информационно-аналитическое агентство SeaNews [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.seanews.ru/news/news.asp?newsID=1024298> (дата обращения: 5.03.2017 г.).

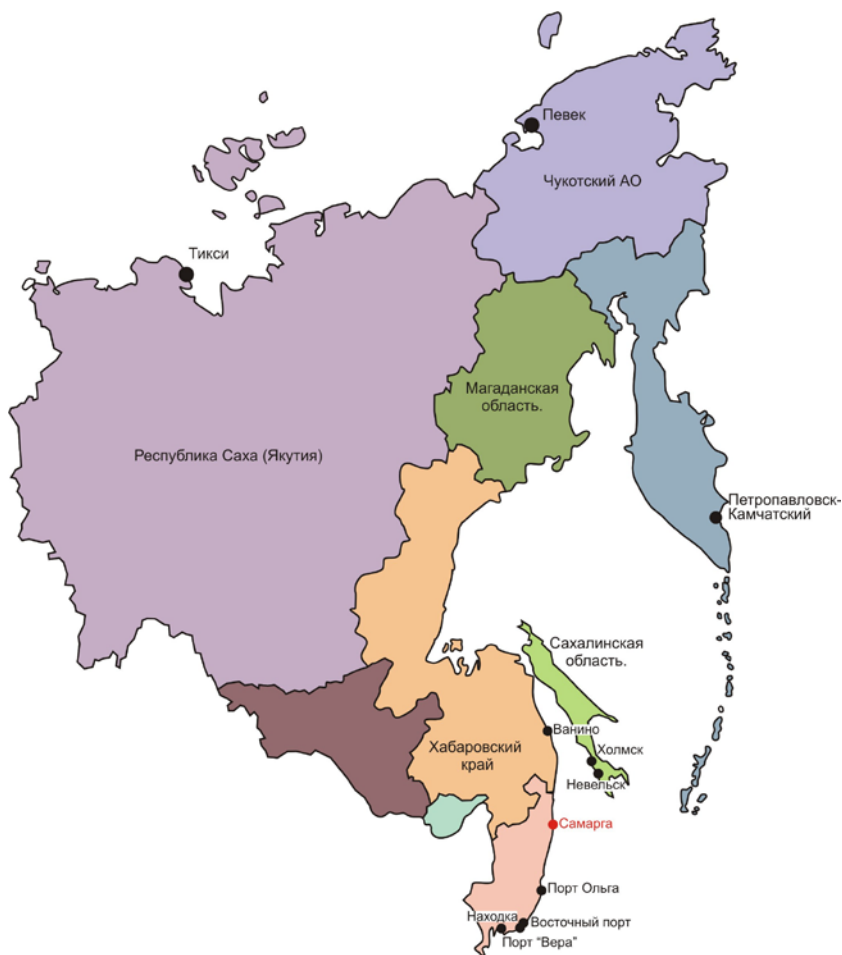


Рис. 2.6.1. Портовые проекты Дальнего Востока РФ

Отметим планируемое к 2026 г. создание транспортно-логистического центра по инициативе ООО «Самарга-холдинг» в Хабаровском крае (рис. 2.6.2). В проекте закладывается строительство терминально-логистического центра «Ракитное», железнодорожной ветки «Хабаровск – Самарга» и универсальный



Рисунок 2.6.2. Проект МТК Самарга

морской порт «Самарга». Последний будет иметь контейнерный (мощность перевалки до 1 млн TEU), угольный (20 млн т) и универсальный (10 млн т) терминалы, комплексы по перевалке нефтепродуктов (10 млн т) и обработке паромных грузовых судов (10 млн т). Общий объем требуемых инвестиций – 416 млрд руб. Большую часть инвестиций планируется привлечь из частных

источников<sup>30</sup>. Конечная цель реализации проекта – минимизация логистических издержек и увеличение торгово-транспортного потока между РФ и странами АТР. Именно данные о необходимом объёме инвестиций для строительства «Самарги» использовались нами при составлении сценарных вариантов, чтобы имитировать создание новых морских портов и портовых сооружений.

Оценке влияния уровня развития инфраструктуры на темпы регионального экономического роста посвящён ряд работ отечественных и зарубежных учёных. В статье Е.А. Коломак [Коломак, 2011] отмечает, что в целом в литературе бытует широко разделяемое мнение, согласно которому физическая и институциональная инфраструктура должна снижать транзакционные издержки (коммуникационные, транспортные, информационные) и способствовать развитию, росту производительности и эффективности экономики. Так, например, И. Надири и Т. Мамунес [Nadiri, Mamuneas, 1994], К. Моррисон и А.-Э. Шварц [Morrison, Schwartz, 1996] подтвердили наличие значимого эффекта на увеличение производительности труда в промышленности в результате роста инфраструктурного капитала, а Д. Ошауер [Aushauer, 1989] выяснил, что транспортная инфраструктура имеет значимый положительный эффект на среднюю производительность факторов производства в США. К схожим выводам пришли О.С. Пчелинцев и М.М. Минченко [Пчелинцев, Минченко, 2004]: проанализировав состояние экономики РФ в 2002–2004 гг., они сделали вывод о том, что инфраструктурные проблемы являются одним из главных ограничителей экономического роста. И.А. Зайцева и Ю.Е. Острякова [Зайцева, Острякова, 2016] приходят к заключению, что региональная инфраструктура становится решающим фактором успешного развития как территории в целом, так и производственной сферы в частности, кроме того авторы связывают стабильность экономики региона и уровень развитости его инфраструктуры. В.Б. Кондратьев [Кондратьев, 2010] выделил пять направлений влияния инфра-

---

<sup>30</sup> «Самарга Холдинг» к 2026 году построит логистический терминал, порт и железнодорожную ветку в Приморском крае: Издательский Дом «Гудок» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gudok.ru/infrastructure/?ID=1348377> (дата обращения: 5.03.2017 г.).

структуры на долговременный экономический рост, а также показал положительное влияние экономического роста на развитие инфраструктуры.

В работе П.В. Дружинина [Дружинин, 2015] рассматривается механизм влияния внешнеэкономической деятельности на экономику приграничных районов. Автор рассматривает период с 1990 по 2013 год и обозначает некоторое положительное влияние экспортоориентированности на темпы экономического роста. Нам представляется необходимым проверить гипотезу о положительном влиянии открытости экономики в целом, выражающейся в интенсификации как экспортных, так и импортных операций. Для Дальнего Востока важно также, что регион зачастую не является производителем экспортируемой и потребителем импортируемой продукции. Следовательно, нам нужно иметь представление о межрегиональных транспортных потоках и возможностях их трансформации. Используемый ОМММ-инструментарий как раз такую возможность нам и предоставляет.

Особое внимание нами было уделено работам по оценке инфраструктурных проектов. Четыре основных метода (CEA, CUA, WCEA, CBA), принятых в настоящее время в ряде зарубежных стран, сравниваются группой авторов [Алаев, Козлова и др., 2015], это: анализ «затраты-результативность» (cost-effectiveness analysis, CEA), анализ «затраты-полезность» (cost-utility analysis, CUA), анализ «затраты-взвешенная результативность» (weighted cost-effectiveness analysis, WCEA), анализ «затраты-выгоды» (cost-benefit analysis, CBA). Наиболее распространённым подходом к оценке проектов с участием государства является метод CBA. Определённые сложности возникают при количественной оценке экономических потоков за период (общественных выгод на уровне региона или страны, в частности). Также нет единого мнения по поводу методики определения социальной ставки дисконтирования. В ряде методик предлагается использование качественных показателей наряду с количественными.

В ходе сравнения наиболее распространенных практических методик, применяемых для оценки инвестиционных инфраструктурных проектов в России, А.М. Покровский [Покровский, 2011] делает заключение об эффективности в целом применения подходов ЮНИДО и Министерства финансов РФ. По нашему мне-

нию, однако, оценка межрегиональных и мегапроектов на данных методах основываться не может. В качестве оценки общественного эффекта в ИЭОПП СО РАН предлагается использовать разницу в объёме конечного потребления населения между двумя сценариями развития экономики страны в целом: с включением проекта в экономику и без [см. Малов, Мелентьев, Алешина, 2009; Проектная..., 2013]. При этом исследователи пользуются моделью типа «затраты-выпуск» народно-хозяйственного уровня. Настоящее исследование находится в рамках той же методологии. При этом апробируется методика оценки инфраструктурных проектов приграничного региона, для экономики которого внешнеторговые отношения играют большую роль.

Обратимся теперь непосредственно к сценарным вариантам, на основе которых с использованием динамической оптимизационной межотраслевой межрегиональной модели (ОМММ) [Мелентьев, Ершов, Алимпиева, 2010] в разрезе 53 отраслей и 20 регионов нами были построены три пространственных прогноза на 2020–2035 гг. Отметим, что прогнозы сбалансированного по отраслям и регионам плана развития экономики являются выработкой желательных, с точки зрения страны в целом по показателю потребления, направлений как для государственных, так и для частных компаний. При этом в ОМММ нет никаких рекомендаций по механизмам достижения этих желательных направлений развития, а выявляется только потенциальная возможность таких изменения, которые должны совпадать и с интересами частных компаний. По этой причине анализ различных вариантов решений по этой модели проводится в режиме «возможного, допустимого и желательного», но не обязательного к исполнению оптимального плана производственной и пространственной структуры.

Первый **«Базовый»** сценарий имитирует инерционное развитие экономики страны и не предусматривает «взрывное» наращивание развития ДФО в связи с необходимостью создания там новых объектов обороны, в числе которых, прежде всего, портовые сооружения, базы береговой поддержки на всём протяжении побережий Северного ледовитого и Тихого океанов. Его пространственное решение взято в качестве «эталонного» и необходимо для сравнения с другими вариантами по основным обобщающим



показателям, например, таким как конечное потребление населения, объём валового выпуска (в основных ценах), темпы роста отраслей, уровень занятости в территориальном разрезе и др. Ограничимся только первыми двумя показателями для 2030 г., несмотря на то что модель позволяет оценить их динамику за 2015, 2020, 2025, 2030 и 2035 гг. Валовой выпуск по РФ составляет 117734 млрд руб., конечное потребление – 66257 млрд руб., по ДФО – 6018 и 3250 млрд руб. соответственно (здесь и далее оценки приведены в ценах на 2010 г., для которого составлена базовая таблица МОБ).

В Морской доктрине РФ в числе долгосрочных задач на Тихоокеанском региональном направлении обозначены: создание условий, в том числе с привлечением возможностей региона, для базирования и использования составляющих морского потенциала, обеспечивающих защиту суверенитета, суверенных и международных прав РФ; развитие прибрежно-портовой инфраструктуры и российского флота на Дальнем Востоке, особенно на Сахалине и Курильских островах [Морская доктрина..., 2001]. Также в программе «Социально-экономического развития Дальнего Востока и Байкальского региона» отмечается необходимость укрепления оборонных возможностей ДФО<sup>31</sup>. Выполнение военно-стратегической функции государства на Дальнем Востоке РФ имитируется нами построением и оценкой «**Оборонного**» сценария. Формализация сценария осуществляется следующим образом: начиная с 2016 г., осуществляются инвестиции в отрасли машиностроение и строительство по 20 млрд руб. ежегодно вплоть до 2035 г. Причём эти значения добавлены в так называемые «правые части» ОМММ, т.е. показывают дополнительную, непроеизводительную нагрузку на экономику:

$$-k_r * x_r + y_r \geq K_r,$$

---

<sup>31</sup> Государственная программа Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Дальнего Востока и Байкальского региона»: утверждена распоряжением Правительства РФ от 29 марта 2013 № 466-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://primorsky.ru/authorities/executiveagencies/departments/economics/Социально-экономическое%20развитие%20Дальнего%20Востока%20и%20Байкальского%20региона.a.doc> (дата обращения: 5.03.2017 г.).

где  $K_r = (K_{ir})$  – объём незавершенных вложений, а также другие вложения данного года, осуществляемые сверх сумм возмещения основных фондов (амортизации);

$x_r = (x_{jr})$  – векторы-столбцы производства валовой продукции по отраслям;

$y_r = (y_{ir})$  – капитальные вложения (инвестиции в основной капитал)  $i$ -го вида в районе  $r$  в данном году, для некапиталообразующих отраслей ( $y_{ir} = 0$ );

$k_r = (k_{ijr})$  – коэффициенты ежегодных капитальных вложений в части амортизации  $i$ -го вида в районе  $r$  на единицу выпуска отрасли  $j$ , для некапиталообразующих отраслей ( $k_{ijr} = 0$ ).

Фактически это чистый отток от потребительского комплекса, что сокращает перспективное потребление населением. Поэтому результат, в целом, достаточно ожидаем: валовая продукция – 117637 млрд руб., конечное потребление – 66053 млрд руб. – по РФ; 6004 и 3240 млрд руб. – по ДФО соответственно. Потеря совокупного потребления в 204 млрд руб. связана с необходимостью отвлечения значительных материальных ресурсов на оборонные нужды (создание дополнительных портовых мощностей), т.е. отрасли строительство и машиностроение работают на непосредственные нужды населения в меньшей степени. Сокращение валовой продукции более скромное – 97 млрд руб. В плане изменения пространственной структуры это означает, что нет необходимости, например, развивать строительный комплекс в том же объёме, что в «базовом» варианте (среднегодовые темпы пророста за период 2015–2030 гг. в «оборонном» варианте оцениваются в 1,89% против 1,91% в «базовом» сценарии). Причём это не касается Сибирских регионов, поскольку в них сохраняется потребность в продукции этой отрасли, а строительство в Северо-Западном (2,55% против 2,68% в базовом варианте) и Приволжском округах (3,03% против 3,06% в базовом варианте) можно развивать более скромными темпами, переориентировать вектор развития на другие отрасли – целлюлозно-бумажное производство, машиностроение (3,15% против 3,1%), производство готовых металлических изделий. Дальний Восток в основном ввозит продукцию машиностроения, а строительные работы вахтовым методом выполняют строители из Сибири и Урала. Очень замет-

на дополнительная потребность в трудовых ресурсах на Дальнем Востоке: оценки ограничений значительно превышают значения оценок ограниченности мощностей всех других отраслей.

Формирование следующего, «**Внешнеторгового**» сценария, связано с комплексным подходом к формированию новой структуры хозяйства Дальнего Востока РФ, исходя из гипотезы о возможном совместном использовании портовых сооружений – как для нужд обороны, так и для хозяйственных целей. Реальными примерами такого успешного сосуществования могут служить порты Балаклава, Мурманск, Петропавловск-Камчатский и др. По нашему предположению, такой вариант потребует, в том числе, ввода дополнительных энергетических мощностей на Дальнем Востоке и в Сибири. На данный момент существуют проекты по развитию энергетики на Дальнем Востоке РФ. Например, уже 3 августа 2017 г. произведён запуск Нижне-Бурейской ГЭС (Амурская область), строительство которой ведётся с 2010 г., а также запуск Якутской ГРЭС-2<sup>32</sup>. На 2018 г. намечен пуск первой очереди Сахалинской ГРЭС-2, а также ТЭЦ в городе Советская Гавань (Хабаровский край)<sup>33</sup>. В связи с этим мы включили во «внешнеторговый» сценарий возможность дальневосточной и сибирской энергетики расти более высокими темпами, изменяя ограничение

$$x_r \leq D_r,$$

где  $D_r = (D_{jr})$  – максимально возможные объёмы производства в отрасли  $j$ , определяемые ограничениями по инфраструктуре, ресурсам, наличию кадров, экологии и другими условиями района  $r$ .

---

<sup>32</sup> В «Русгидро» назвали сроки запуска Нижне-Бурейской ГЭС: РИА Новости [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ria.ru/economy/20170126/1486582284.html> (дата обращения: 5.03.2017 г.); «Русгидро» не успела достроить станции на Дальнем Востоке: газета «Ведомости» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vedomosti.ru/business/articles/2016/12/23/670866-rusgidro-ne-dostroit> (дата обращения: 5.03.2017 г.).

<sup>33</sup> Дальневосточные таможенники подвели итоги работы в 2016 году: Дальневосточное таможенное управление [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://dvtu.customs.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=20866:-----2016-&catid=49:press-cat&Itemid=107](http://dvtu.customs.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=20866:-----2016-&catid=49:press-cat&Itemid=107) (дата обращения: 5.03.2017 г.).

Создание новых инфраструктурных объектов (отрасли транспорт и энергетика) потребует привлечения дополнительных трудовых ресурсов, поэтому мы увеличили баланс трудовых ресурсов для Дальнего Востока РФ на 200 тыс. человек:

$$l_r * x_r \leq L_r + 200,$$

где  $l_r = (l_{jr})$  – коэффициенты затрат трудовых (природных и др.) ресурсов на единицу выпуска отрасли  $j$ ;

$L_r$ , – численность активного населения в регионе, которое может быть использовано в сфере производства.

Данные изменения повлекут, в свою очередь, необходимость нового гражданского строительства, т.е. дополнительных инвестиций по отрасли строительство по сравнению с «оборонным» сценарием (+2 млрд ежегодно). Кроме того, рост трудовых ресурсов в регионе даёт право изменить пространственную структуру потребления, увеличивая долю Дальнего Востока  $z_r$ .

Также закладываются дополнительные инвестиции в перегрузочно-разгрузочные мощности созданных портов и предполагаемые к использованию для коммерческих нужд (+10 млрд ежегодно).

Однако ключевым моментом для моделирования и оценки инфраструктурных проектов в приграничном регионе было изменение объёмов экспортно-импортных операций, которые становятся возможными в результате совместного использования новых портовых мощностей. Так, изменяются задания на экспорт и импорт  $E_r$  и  $J_r$  (соответственно, максимальными и минимальными объёмами экспорта и импорта):

$$V_r \geq E_r, \quad W_r \leq J_r.$$

Баланс внешней торговли –

$$\sum_r P_r (V_r - W_r) \geq S,$$

где  $S$  – сальдо внешнеторгового баланса;

$P_r = (p_{ir})$  – ожидаемые индексы цен внешнего рынка, прилегающего к району  $r$ , по отношению к внутренним ценам;

$V_r = (v_{jr})$  и  $W_r = (\omega_{jr})$  – объёмы экспорта и импорта из района-производителя и в район-потребитель  $r$ .

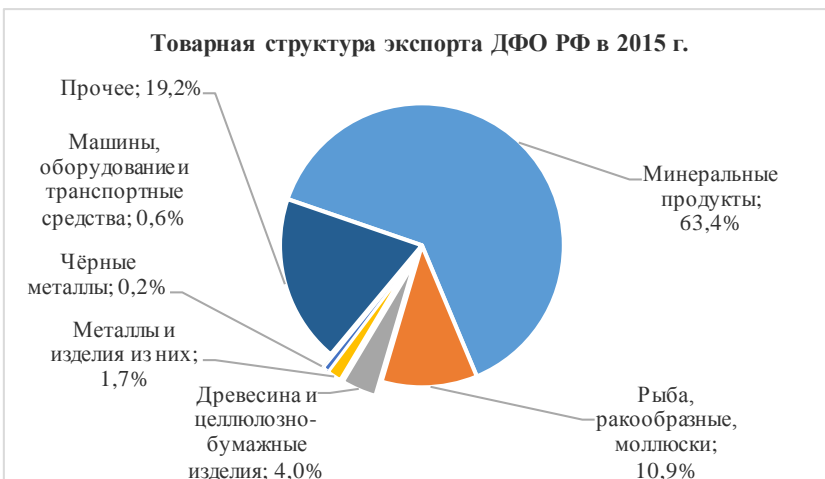
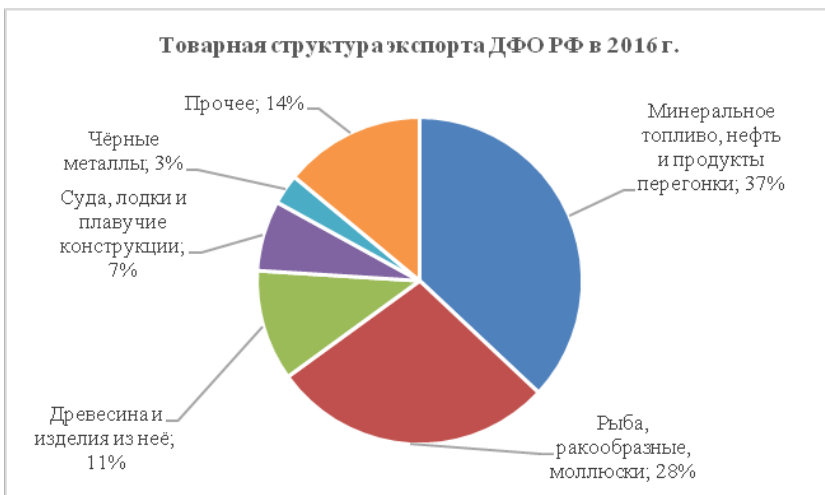
Выбор товарной и пространственной структуры «дополнительного» экспорта и импорта осуществлялся с учётом информации о перспективах усиления внешнеэкономического взаимодействия со странами АТР, а также о товарной структуре экспорта и импорта. Так, по сообщению Дальневосточного таможенного управления<sup>45</sup> в 2016 г. внешнеторговая деятельность ДФО преимущественно осуществлялась с тремя странами – это Китай (37,4% от стоимости объёма товарооборота), Япония (22,1%), Республика Корея (21,2%). При этом стоит отметить изменения в географической направленности по сравнению с 2015 г.: товарооборот с Японией сократился на 28%, а с КНР и Республикой Корея возрос на 6 и 8,5% соответственно. Однако по прогнозу банка HSBC в Японии нефтепродукты составят 11% от общего роста импорта товаров в период с 2020 по 2030 год, продовольствие и сырьё – 10%<sup>34</sup>, что может быть стимулом для восстановления и увеличения товарооборота между Японией и РФ.

Стоимость экспорта в 2016 г. составила 43% (в 2015 г. 77,8%) товарооборота, сократившись в стоимостном объёме по сравнению с предыдущим годом на 16%, что объясняется снижением стоимости сжиженного природного газа (при сокращении стоимости в 1,6 раза, рост объёма на 13%), чёрных металлов, уменьшением поставок руды, шлака и золы. Товарная структура экспорта представлена на рисунке 2.6.3. Товарная структура импорта представлена на рисунке 2.6.4.

В соответствии с вышесказанным, нами существенно расширены возможности экспорта по отраслям: угольная (на Дальнем Востоке, в Кемеровской области, Республике Бурятия), продукты нефтедобычи (на Дальнем Востоке, в Красноярском крае, Тюменской области), продукты газовой промышленности (в Тюменской области, Иркутской области, на Дальнем Востоке). Возможности импорта расширены по отраслям машиностроение, пищевая и лёгкая промышленность, древесина и изделия из неё.

---

<sup>34</sup> Trade report: Japan. HSBC Global Connection [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://globalconnections.hsbc.com/downloads/trade\\_forecasts/jp.pdf](https://globalconnections.hsbc.com/downloads/trade_forecasts/jp.pdf) (дата обращения: 5.03.2017 г.).



*Рис. 2.6.3. Товарная структура экспорта ДФО РФ в 2015–2016 гг.\* [Обзор..., 2016]*

\* Составлено по: Дальневосточные таможенники подвели итоги работы в 2016 году: Дальневосточное таможенное управление [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://dvtu.customs.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=20866:-----2016-&catid=49:press-cat&Itemid=107](http://dvtu.customs.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=20866:-----2016-&catid=49:press-cat&Itemid=107) (дата обращения: 5.03.2017 г.).



*Рис. 2.6.3. Товарная структура импорта ДФО РФ в 2015–2016 гг.\* [Обзор..., 2016]*

\* Составлено по: Дальневосточные таможенники подвели итоги работы в 2016 году: Дальневосточное таможенное управление [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://dvtu.customs.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=20866:-----2016-&catid=49:press-cat&Itemid=107](http://dvtu.customs.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=20866:-----2016-&catid=49:press-cat&Itemid=107) (дата обращения: 5.03.2017 г.).

Для того чтобы увеличение грузооборота достигалось именно за счёт использования новых портовых мощностей на Дальнем Востоке, произведена имитация регистрации перевозчиков в ДФО: введены ограничения по оказанию услуг морского транспорта в Мурманске и Красноярске, на Дальнем Востоке.

В итоге валовая продукция сценария оценена в 117610 млрд руб., конечное потребление – 66164 млрд руб. по РФ; 6311 и 3246 млрд руб. по ДФО соответственно. То есть с увеличением внешнеторгового оборота и при выполнении указанных выше условий получена положительная динамика в отраслях экономики страны в целом (табл. 2.6.1). В результате можно заключить, что сочетание оборонных и хозяйственных целей является необходимым условием для получения положительного народно-хозяйственного эффекта: внешнеторговый сценарий имеет народно-хозяйственную оценку в терминах конечного потребления выше на 111 млрд руб. в 2030 г.

*Таблица 2.6.1*

**Сравнение народно-хозяйственных сценариев, млрд руб.**

Сценарий	2020	2025	2030	2035
<b>Валовая продукция РФ</b>				
Базовый	78944	94123	117734	134221
Оборонный	78966	94141	117637	134033
Внешнеторговый	78951	94152	117610	134268
<b>Валовая продукция на Дальнем Востоке РФ</b>				
Базовый	4331	5050	6018	6889
Оборонный	4336	5074	6004	6881
Внешнеторговый	4337	5197	6311	7248
<b>Конечное потребление РФ</b>				
Базовый	30719	45909	<b>66257</b>	76131
Оборонный	30741	45942	<b>66053</b>	75844
Внешнеторговый	30717	45927	<b>66164</b>	76198



Покажем на примерах, к каким изменениям в регионах приводит реализация различных приоритетов государственной политики на Дальнем Востоке РФ. При реализации «внешнеторгового» сценария среднегодовой темп прироста угледобывающей отрасли в Красноярском крае за период 2015–2030 гг. составит 0,41%, в то время как в «базовом» – 0,59%, что отвечает посылу об увеличении экспорта продуктов данной отрасли и означает наращивание добычи более быстрыми темпами. Аналогичное различие можно наблюдать в Кемеровской области, где прирост по «внешнеторговому» сценарию составил 2,21% в год, а по «базовому» – 2,09% в год. Более интенсивно в условиях «внешнеторгового» сценария должна развиваться энергетика в Республике Бурятия: в частности 5,2% против 4,69% в «базовом» варианте. Для этого строительная отрасль в регионе должна также расти с более высокими темпами прироста: 0,62% против 0,19%. Также для обеспечения нужд комплексного развития Дальнего Востока интенсифицируется развитие электроэнергетики Забайкальского края: темпом прироста 2,7% против 1,96%. Что касается Дальнего Востока, то здесь среднегодовой прирост услуг морского транспорта существенно увеличился: 7,4% против 2,22%, также для обеспечения возросшего грузооборота вырос и показатель по деятельности погрузочно-разгрузочных работ: 6,6% против 6,4%. Кроме того, наблюдается развитие более быстрыми темпами производства нефтепродуктов: 4,84% и 4,74% в год. Можно отметить, что на Дальнем Востоке отрицательные темпы прироста по отрасли растениеводство сменились на небольшие, но положительные (0,4% против 5,1%). Перераспределение трудовых ресурсов, материальных затрат в экономике привело к тому, что собственное производство вытеснило поставки по данной отрасли из Северокавказского региона. Он также теряет в темпах роста по отрасли животноводство, переориентируясь на производство готовых металлических изделий. Развивается транспортный комплекс: железнодорожный – темпом прироста 1,99% против 1,91% в «базовом» варианте; трубопроводный – темпом прироста 4,11% против 4,02%, морской – темпом прироста 1,71% против 0,12%. На Дальнем Востоке развиваются также автоперевозки – темпом прироста 4,83% против 3,93%.

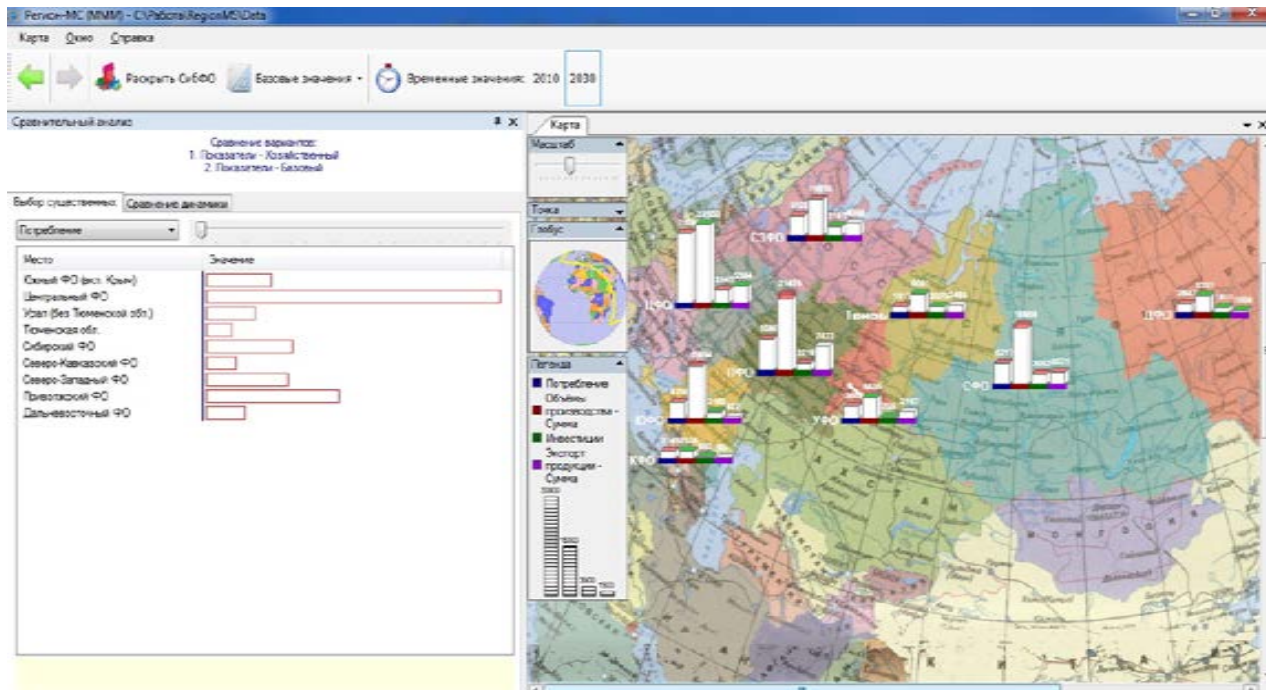


Рис. 2.6.5. Интерфейс системы «МИКС-ОММ сравнение»

Для удобства сравнения вариантов и анализа направлений изменений хозяйственной структуры экономики в различных сценариях использования инфраструктурных объектов создана геоинформационная система, которая позволяет любому пользователю посредством графиков, диаграмм, таблиц и иных средств визуализации данных сравнивать полученные прогнозы и анализировать направления изменений пространственной структуры экономики (рис. 2.6.5). Это даёт возможность использовать результаты работы, в том числе, в образовательном процессе: результаты расчётов, используемая методика работы с ОМММ при работе над поставленной задачей, могут быть представлены студентам 3–4 курса экономических специальностей. Совместно со студентами планируется проводить анализ структурных изменений, требуемых для достижения положительного системного эффекта, а также построение гипотез относительно вероятности их реализации.

Таким образом, авторами предложен подход и проведена оценка комплексного инвестиционного проекта «Развитие портовых мощностей и погрузочно-разгрузочного комплекса Дальнего Востока РФ» при учёте двойного назначения входящих в него проектов.

Преимуществом применяемого подхода является возможность отследить направления требуемых структурных изменений в экономике по цепочкам межотраслевых межрегиональных связей, которые может (при соответствующей политике государства) и должна повлечь (иначе системный эффект будет меньше) реализация исследуемых проектов по развитию портовой инфраструктуры.

Проектное наполнение «дополнительных приростов» будет являться следующим этапом исследования. Определение институциональных условий их реализации будет прорабатываться на имитационных моделях. Кроме того, часть инфраструктурных проектов, осуществляемых на данный момент на Дальнем Востоке, реализуется с привлечением инвестиций из других стран, в том числе АТР. В связи с этим в дальнейшем планируется оценить влияние иностранных инвестиций, привлекаемых при реализации проектов портовой инфраструктуры, на обобщающие показатели по РФ, а также на пространственный прогноз.

## 2.7. Двухуровневое моделирование иностранного участия в крупных транспортных проектах Дальнего Востока

После объявления Президентом РФ подъема Сибири и Дальнего Востока «национальным приоритетом на весь XXI век»<sup>35</sup> и принятия майского Указа «О мерах по реализации внешнеполитического курса»<sup>36</sup>, в котором обозначено активное участие России в интеграционных процессах в Азиатско-Тихоокеанском регионе (АТР), СМИ с новым рвением заговорили о «развороте на Восток». Последний показывает необходимость усиления восточного геополитического и геоэкономического вектора в условиях, когда исчерпан потенциал экстенсивного наращивания экспортных доходов на европейских рынках, а новых возможностей для извлечения внешнеторговой ренты так и не появилось [Минакир, Прокапало, 2017].

Одно из проявлений разворота – интенсификация внешнеэкономического сотрудничества со странами Азии, которая отражается в изменении структуры внешнеторгового оборота РФ (по странам) и увеличении объемов грузопотока на восточном направлении. Для сравнения: доля группы стран Азиатско-Тихоокеанского экономического сотрудничества в общем внешнеторговом обороте в 2012 г. составила 23,79%, в 2016 г. – 29,95%. Доля стран ЕС в эти же годы составила 48,65 и 42,86% соответственно<sup>37</sup>. А уже к концу текущего года Аналитическим кредитным рейтинговым агентством прогнозируется рост внешнеторгового оборота России со странами Азии на 7,2%<sup>38</sup>.

Если же говорить исключительно о Дальневосточном федеральном округе, то наличие избыточных для внутреннего потреб-

---

<sup>35</sup> Послание Президента РФ Федеральному Собранию от 12.12.2013 "Послание Президента РФ Владимира Путина Федеральному Собранию".

<sup>36</sup> Указ Президента РФ от 07.05.2012 № 605 "О мерах по реализации внешнеполитического курса Российской Федерации".

<sup>37</sup> Рассчитано по: Таможенная статистика внешней торговли: Федеральная таможенная служба [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stat.customs.ru/apex/f?p=201:7:2258681969251809::NO>

<sup>38</sup> Внешняя торговля России разворачивается на восток: Аналитическое кредитное рейтинговое агентство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.acra-ratings.ru/documents/213>

ления природных ресурсов, значительное расстояние до европейской части России и близость рынков азиатских стран, предъявляющих высокий спрос на сырьё, наличие транспортной инфраструктуры и иные факторы исторически обусловили специализацию дальневосточной экономики и основных внешнеторговых партнёров, которыми стали страны АТР. По итогам 2016 г. на их долю пришлось более 75% стоимости товарооборота ДФО<sup>39</sup>.

Увеличивающиеся в материальном выражении объёмы экспортно-импортных операций естественным образом требуют развития и обновления транспортной инфраструктуры. Особенно важным для ДФО, выступающего лидером страны по числу морских портов, является морской транспорт, который в ближайшем будущем не только сохранит, но и усилит свои позиции в качестве основы для обслуживания международной торговли<sup>40</sup>. Наравне с этим дефицит финансирования, слабое участие частного сектора в инвестиционных проектах отрасли стали причинами недостаточного уровня и качества развития транспортного сектора ДФО, не соответствующего задаче интеграции в международное пространство (например, [Лаврентьев, 2016; Заостровских, 2015]). А потому актуальной остаётся инвестиционная потребность транспортной отрасли макрорегиона, вложения в которую способны принести положительные изменения. Согласно расчётам Газпромбанка, с 2016 по 2020 год внутренние инвестиции в транспортную инфраструктуру останутся на сопоставимом с предыдущей пятилеткой уровне, но в портовую инфраструктуру вырастут на 45%. Также специалистами прогнозируется рост вложений китайских инвесторов<sup>41</sup>.

---

<sup>39</sup> Статистическая информация о внешней торговле по итогам 2016 года: Дальневосточное таможенное управление [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://dvtu.customs.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=21181:-2016-&catid=304:-2016-&Itemid=316](http://dvtu.customs.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=21181:-2016-&catid=304:-2016-&Itemid=316)

<sup>40</sup> The Global Transport System of the Future: 2010 Summit Highlights: Transport & Innovation – Unleashing the Potential [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/10highlights.pdf>

<sup>41</sup> Инфраструктура России: инвестиции сократить нельзя увеличить: «Газпромбанк» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.gazprombank.ru/upload/iblock/482/GPB\\_Infrastructure\\_update\\_250615.pdf](http://www.gazprombank.ru/upload/iblock/482/GPB_Infrastructure_update_250615.pdf)

По словам Ю.П. Трутнева на III Восточном экономическом форуме, новая модель инвестиционной привлекательности Дальнего Востока является одной из лучших в АТР, о чём говорят оценки создателей 837 инвестиционных проектов, среди которых инвесторы из Японии, Республики Корея, КНДР и других стран<sup>42</sup>. Зарубежные инвесторы проявляют интерес в частности к развитию портовой инфраструктуры в России. Один из таких примеров – строительство перегрузочных комплексов в порту «Зарубино» с привлечением средств из Китая. По оценке В.В. Путина, в ближайшие годы в модернизации дальневосточных портов и верфей перспективно участие южнокорейских компаний<sup>43</sup>. В данном контексте возникает необходимость учёта влияния участия иностранного капитала при реализации крупных инфраструктурных проектов на Дальнем Востоке и анализе развития макрорегиона.

Единого мнения относительно эффектов, оказываемых иностранными инвестициями на экономику страны-реципиента, нет. Если рассматривать исключительно прямое влияние, то иностранные инвестиции способствуют экономическому росту. Косвенные эффекты более сложны, а кроме того, могут перевешивать преимущество прямых. Согласно зарубежным исследованиям, в одних странах влияние прямых иностранных инвестиций положительно, в других – отрицательно, в третьих зависимость не выявлена [Lipsey, Sjöholm, 2005]. Касательно российской экономики, взгляды учёных также различны – иностранные инвестиции могут оказывать как положительное, так и отрицательное влияние [Федорова, Коркмазова, Муратов, 2016]; в некоторых случаях взаимосвязь с показателями развития экономики отсутствует [Клевцов, Стукан, 2014]. Отдельные работы в этом направлении посвящены Дальнему Востоку<sup>44</sup>.

---

<sup>42</sup> Во Владивостоке состоялось открытие III Восточного экономического форума [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://forumvostok.ru/vovladivostoke-sostoyalos-otkrytie-tretego-vostochnogo-ekonomicheskogo-foruma/>

<sup>43</sup> Триллион за два дня: итоги III Восточного экономического форума: Канал “RT TV” [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://russian.rt.com/business/article/427453-vef-2017-koreya-investicii>

<sup>44</sup> Например: Влияние прямых иностранных инвестиций на социально-экономическое развитие Дальнего Востока: аналитический отчет ЦЭФИР [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.fiac.ru/pdf/WP2\\_KINROSS\\_Rus\\_Oct\\_2013.pdf](http://www.fiac.ru/pdf/WP2_KINROSS_Rus_Oct_2013.pdf)

Сказанное выше определяет актуальность оценки реализации крупных транспортных проектов на территории Дальнего Востока с учётом участия иностранного капитала, что требует использования экономико-математического аппарата и в том числе моделей различного уровня. Поясним, что оценка инвестиционных проектов, основанная на расчёте денежных потоков, которые характеризуют финансовые показатели проекта в каждый год предполагаемого периода реализации и за весь период в целом, показывает эффективность только с точки зрения участников проектов. Иначе говоря, производится оценка исключительно прямого эффекта, который отражается в получении прибыли инвестором, с возможностью расчёта бюджетно-налогового эффекта, состоящего в получении налоговых отчислений бюджетами различного уровня. В то же время крупные инвестиционные проекты оказывают влияние на экономическое развитие региона, на территории которого осуществляются, а также на другие субъекты, имеющие тесные хозяйственные связи с указанным регионом. Кроме того, крупные проекты обладают межотраслевым комплексным характером, вовлекая сопряжённые отрасли, обеспечивающие их реализацию. Таким образом, возникает необходимость учёта эффектов народно-хозяйственного уровня – межотраслевого и межрегионального.

Оценки обозначенных эффектов производились с помощью моделей народно-хозяйственного и проектного уровней – оптимизационной межотраслевой межрегиональной модели (ОМММ) и модифицированной имитационной модели согласования интересов (ИМСИ), – что позволило учесть интересы различных экономических агентов (инвесторов, регионов, государства).

Необходимость внесения изменений в ИМСИ [Тарасова, 2013] порождается тем, что её авторская постановка ориентирована на инвестиционные проекты в горно-добывающей отрасли, имеющей собственную специфику. ИМСИ включает в себя финансово-экономический блок отдельных предприятий и ситуационную комнату, отражающую основные управляющие параметры проекта, а также и результаты по коммерческому и бюджетно-налоговому эффектам от его реализации (приводятся сальдированные результаты для регионального и федерального бюджетов, иностранных инвесторов и инвесторов-резидентов РФ).

Поскольку для использования ИМСИ требуется объёмная информационная база, касающаяся как самого проекта, так и отрасли, рынка, где он реализуется, расчётам предшествовал анализ эталонных предприятий – уже существующих и успешно развивающихся портов Дальнего Востока. Расчёты основаны на проектных данных ООО «Самарга холдинг», планирующего к реализации ряд инфраструктурных проектов, формирующих единый комплекс крупнейшего на территории ДФО международного транспортного коридора «Самарга». Этот же проект взят нами за основу в расчётах с помощью ОМММ.

Для ИМСИ сформирован «внутренний» сценарий, который имитирует реализацию проекта за счёт средств инвесторов-резидентов РФ, а также «иностранный» с привлечением капитала из-за рубежа. По результатам расчётов получено, что чистый дисконтированный доход (ЧДД) частного инвестора на 2030 г. при реализации «внутреннего» сценария оценивается в 33 млрд руб., суммарный выигрыш страны с учётом ЧДД федерального и регионального бюджетов – в 48 млрд руб. При привлечении финансовых ресурсов иностранных инвесторов коммерческий эффект сохраняется на том же уровне, но общий выигрыш страны от проекта на результирующий год в «иностранный» сценарии выше на 54 млрд руб., поскольку вплоть до 2030 г. зарубежный инвестор берёт на себя часть инвестиционных и текущих затрат.

Здесь была использована ОМММ в разрезе 53 отраслей и 20 регионов с детализированным транспортным блоком [Мелентьев, Ершов, Алимпиева, 2010]. Следуя логике сценарного моделирования, проведённого на проектном уровне, сформированы сценарные варианты и построены пространственные прогнозы на 2020–2035 гг.

«Базовый» сценарий имитирует инерционное развитие экономики страны, не предусматривает осуществление инфраструктурных проектов в ДФО и необходим для сопоставления с другими сценариями. Сравнение ведётся по следующим расчётным показателям: конечное потребление населения (в основных ценах 2010 г.), объём валового выпуска, темпы роста отраслей и др.

«Хозяйственный-внутренний» сценарий строится при предположении о реализации проекта по строительству мор-



ского порта, причём включающего в себя как оборонную, так и хозяйственную составляющую. Другими словами, увеличивается оборонная нагрузка и в то же время внешнеторговый оборот с использованием новых мощностей погрузочно-разгрузочного комплекса. Народно-хозяйственный эффект проекта на результирующий 2030 г. (разница суммарного конечного потребления по стране) отрицателен и оценивается в 93 млрд руб.

«Хозяйственный-иностраный» сценарий является модификацией предыдущего сценария и имитирует увеличение привлечённого для создания порта (непортфельного) иностранного капитала, а также возврат зарубежному инвестору долга с процентами. Отрицательный прирост конечного потребления оценивается в 60 млрд руб.

Таким образом, проведённые расчёты показали разнонаправленность эффектов на народно-хозяйственном и проектном уровнях при привлечении иностранных инвестиций на результирующий показатель 2030 г. Это означает, что при осуществлении «иностранного» сценария, являющегося наиболее реалистичным, из-за нехватки кредитных ресурсов на российском финансовом рынке, и доступного предложения со стороны азиатских партнёров, – необходима разработка подходящего институционального механизма реализации проекта.

Посредством двухуровневого сценарного моделирования получены количественные оценки эффектов от реализации крупных инфраструктурных проектов на Дальнем Востоке, однако они не являются сопоставимыми из-за различия цен, в которых оценены. Для сравнения абсолютных значений необходимо использование межрегиональной межотраслевой финансовой модели [Мелентьев, Ершов, Алимбиева, 2010].