

Российская академия наук
Уральское отделение
Институт экономики

**БОЛЬШИЕ ИНФРАСТРУКТУРНЫЕ СИСТЕМЫ
СЕРЕДИННОГО МАКРОРЕГИОНА: СОВРЕМЕННАЯ ЭВОЛЮЦИЯ
И СТРАТЕГИЧЕСКАЯ ПЕРСПЕКТИВА**

Екатеринбург
2023

УДК 332.154
ББК 65.049(2Рос)
Б 79

Монография подготовлена в соответствии с планом НИР ИЭ УрО РАН
ГР №121040800109 (№ 0327-2021-0013) «Комплексный механизм макрорегионального
управления пространственным развитием территориально-производственных (макрорегио-
нальных) систем и их инфраструктурным обустройством»

Авторский коллектив

д. т. н. М. Б. Петров, д. геогр. н. В. В. Литовский, д. э. н. А. Ю. Домников,
к. ф.-м. н. Л. А. Серков, к. т. н. К. Б. Кожов, к. ф.-м. н. А. В. Мартыненко,
к. э. н. О. М. Турыгин, М. В. Ивашкин, В. А. Ли, К. А. Завьялова

Ответственный редактор

д. т. н. М. Б. Петров

Рецензенты

О. А. Козлова, доктор экономических наук, профессор
С. А. Мицек, доктор экономических наук, профессор

**Большие инфраструктурные системы срединного макрорегиона: современ-
ная эволюция и стратегическая перспектива** / Под науч. ред. д. т. н. М. Б. Петрова.
Б 79 — Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2023. — 278 с.

ISBN 978-5-94646-684-4

В монографии поставлен комплекс концептуальных, методических и инструментальных вопросов, касающихся места, роли, потенциала воздействия на развитие производительных сил крупных территорий двух ключевых инфраструктур с наиболее высоким уровнем системной организации. Исследования проведены применительно к регионам Большого Урала, рассматриваемого как срединный макрорегион. Именно на макротерриториях такого типа проявляется вся полнота комплексного воздействия транспортно-энергетической инфраструктуры на состояние и функционирование производительных сил. Предложена методология исследования таких воздействий на основе эволюционного, структурного, технико-экономического подходов к проблеме воссоздания адекватных механизмов управления согласованным развитием отраслей специализации и больших инфраструктур. Особое внимание уделено комплексной модельно-методической поддержке обоснования решений по развитию транспортной и электроэнергетической отраслей в современных условиях их воспроизводства.

Коллективная монография является итогом исследований по соответствующей теме Института экономики УрО РАН в рамках государственного задания. Книга адресована научным и практическим работникам в сферах схемного и экономического проектирования, региональной экономики, регионального развития, руководителям органов регионального и муниципального управления, преподавателям, аспирантам и студентам высших учебных заведений.

УДК 332.154
ББК 65.049(2Рос)

ISBN 978-5-94646-684-4

© М. Б. Петров, В. В. Литовский, А. Ю. Домников,
Л. А. Серков, К. Б. Кожов, А. В. Мартыненко,
О. М. Турыгин, М. В. Ивашкин, В. А. Ли, К. А. Завьялова, 2023
© Институт экономики УрО РАН, 2023.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. ИНФРАСТРУКТУРНЫЕ СИСТЕМЫ КАК ОСНОВА РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ СИЛ ТЕРРИТОРИЙ РЕГИОНАЛЬНОГО И МАКРОРЕГИОНАЛЬНОГО УРОВНЯ	7
ГЛАВА 2. ЭНЕРГОПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ЦИКЛЫ В БОЛЬШИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И ИНФРАСТРУКТУРНЫХ СИСТЕМАХ.....	16
ГЛАВА 3. ОСОБЕННОСТИ ИНВЕСТИЦИОННОГО И КАДРОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	44
3.1. Концептуальные основы инвестиционного процесса в энергогенерирующем комплексе	44
3.2. Инвестиционные ресурсы и ценообразование на электрическую энергию	47
3.3. Особенности кадрового обеспечения инфраструктурных отраслей	74
ГЛАВА 4. АСПЕКТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ В ЭНЕРГОГЕНЕРИРУЮЩЕМ КОМПЛЕКСЕ.....	85
4.1. Концепция управления техническим развитием энергогенерирующего комплекса	85
4.2. Аспекты формирования альтернативных вариантов технического перевооружения энергогенерирующих объектов.....	90
4.3. Учет условий неопределенности при исследовании областей эффективности проектов технического перевооружения	101
ГЛАВА 5. ВОПРОСЫ МОДЕЛЬНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ РЕШЕНИЙ ПО РАЗВИТИЮ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ СИСТЕМ	108
5.1. Эконометрический анализ регионального электропотребления отраслями промышленности России, входящими в состав добывающего и обрабатывающего сектора.....	108

5.2 Выравнивание суточного режима спроса на электроэнергию	126
5.3. Применение гравитационных моделей спроса на междугородные пассажирские перевозки	143
5.4 Цифровая поддержка организации взаимодействия с клиентами в (локальных) транспортно-логистических системах	161
ГЛАВА 6. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ ВНЕШНЕТОРГОВЫМ ОБОРОТОМ РЕГИОНОВ УРФО СО СТРАНАМИ ЕАЭС: ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ И ТЕНДЕНЦИЙ	173
6.1. Перспективы развития транспортных потоков регионов УрФО со странами ЕАЭС: компаративная оценка динамики и структуры товарных потоков	173
6.2. Возможности развития внешнеторговых потоков Республики Казахстан с регионами УрФО: оценка динамики, структуры и специализации товарных потоков импорта	194
6.3. Возможности развития внешнеторговых потоков экспорта регионов УрФО с Республикой Казахстан: оценка динамики, структуры и специализации товарных потоков экспорта.....	226
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	260
Список использованных источников	265
Сведения об авторах.....	277

ВВЕДЕНИЕ

Развитие инфраструктуры на территориях Российской Федерации и усиление связанности территории России включены в число основных приоритетов развития страны. От состояния, организации, технологии и динамики расширения систем транспорта и энергетики во многом зависит развитие производительных сил в целом. Эта взаимообусловленность всегда играла ключевую роль в возможностях, прежде всего, реального сектора экономики и особенно материального производства.

В настоящей монографии предпринята попытка комплексного, многоаспектного рассмотрения процессов формирования систем транспорта и энергетики на территориях преимущественно надрегионального уровня. Макрорегионы — относительно новая категория территориального управления. Они закреплены в действующей ныне Стратегии пространственного развития Российской Федерации до 2025 года. Изучение территорий макрорегионального уровня и соответствующие результаты теоретических, модельно-методических, прикладных исследований проведены и представлены на материалах территорий Большого Урала. В тех случаях, где дается анализ по конкретным регионам РФ, Уральского федерального округа, это прямо указывается в тексте книги. Однако далеко не всегда удастся, говоря о макрорегиональных системах, поставить однозначные географические границы, особенно при рассмотрении больших инфраструктурных систем — объекта настоящего исследования.

Среди больших систем рассматриваются две — транспортная и электроэнергетическая, оказывающие наибольшее воздействие на социально-экономические системы территорий. Одна из задач настоящего исследования — с позиции управления развитием показать и обосновать приоритетность и первичность методологии больших систем в экономике этих инфраструктур. Конкретные проекты по их объектам в той или иной мере включены в большие системы и поэтому могут или должны рассматриваться как элементы больших инфраструктурных систем. Сами системы больших инфраструктур дают соответствующий своему статусу системный эффект при условии, что выступают как объект больших проектов, поскольку в основе развития производительных сил в целом лежат пакеты экономических проектов. Наибольшее позитивное воздействие на экономику они оказывают при взаимной комплементарности

с сильными прямыми и обратными связями с их инфраструктурным окружением.

Начиная с определения базовых понятий и связей инфраструктурных систем территорий, в монографии рассматривается их эволюция в основных организационно-пространственных формах развития на территориях Большого Урала.

В первой главе показано изменение роли и статуса транспорта и энергетики в свете закономерностей их системной организации. Обоснован в качестве приоритетного макрорегиональный уровень управления развитием систем. Очерчены общие и особенные свойства каждой из этих двух инфраструктур.

Вторая глава посвящена историческому генезису систем в регионах Большого Урала и обоснована перспективность выделения опорных базовых крупных территориально-хозяйственных комплексов (ТПК) и гармонизации в них энергопроизводственных цепочек, или циклов (ЭПЦ), создающих в рамках оптимизированных размеров ТПК наиболее востребованную продукцию и общественные блага с должным социально-экономическим эффектом. На территории старопромышленного Урала в соответствии с классификацией ЭПЦ Н.Н. Колосовского и его последователей выделены некоторые характерные для организации производительных сил Урала циклы.

Третья глава посвящена вопросам обеспечения электроэнергетики инвестиционными и кадровыми ресурсами с проблематизацией этих процессов.

Четвертая глава преимущественно методическая, направленная на сравнительную эффективность вариантов техперевооружения энергогенерирующих объектов на территории с учетом многокритериальности решений.

В пятой главе предложены некоторые экономико-математические и инструментальные постановки, значимые для поддержки обоснования решений по развитию объектов транспортной и энергетической инфраструктуры.

И, наконец, в шестой главе дается детальный дескриптивный и компаративный анализ структуры обменных товарных потоков регионов УрФО с государствами ЕАЭС, прежде всего, Казахстаном. Эти товарные внешнеторговые потоки являются основой для прогнозирования транспортных потоков в сечении Урал — Казахстан, поэтому анализ выполнен в натуральных показателях.

Данная книга подготовлена как результат исследований Центра развития и размещения производительных сил Института экономики УрО РАН по государственному заданию на 2023 год.

ГЛАВА 1. ИНФРАСТРУКТУРНЫЕ СИСТЕМЫ КАК ОСНОВА РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ СИЛ ТЕРРИТОРИЙ РЕГИОНАЛЬНОГО И МАКРОРЕГИОНАЛЬНОГО УРОВНЯ

Один из главных итогов реформ 1990-х и 2000-х гг. — это резкое снижение системности и качества управления важнейшими отраслями экономики, обладающими в той или иной степени системной природой.

Настоящее исследование посвящено двум инфраструктурам, которым свойственны системная организация и технологии — транспортной и электроэнергетической. Это крупные территориально распределенные системы всеобщего назначения. Каждая из них создает универсальный и не имеющий рациональной замены продукт, потребляемый каждым субъектом. По характеру технологии и организации им свойственна максимальная системность. Особенно она велика на железнодорожном транспорте и в электроэнергетике. Эти отрасли являются основой соответственно транспортного и энергетического комплексов. Обе они с точки зрения системных теорий относятся к классам сложных систем и больших систем [1–4]. В сложных системах составляющие ее элементы являются подсистемами, т. е. обладают внутренней целостностью структуры. Большие системы есть иерархически построенные человеко-машинные системы, описываемые не только во времени, но и в пространстве; важный признак больших систем — отсутствие однозначной и исчерпывающей количественной определенности, что порождает необходимость управления ею в условиях неполной и противоречивой информации о ее состоянии.

Именно системная природа транспортной и энергетической инфраструктур обуславливают их теснейшее взаимодействие со всеми производственно-экономическими комплексами и неразрывные прямые и обратные связи с ними. Тем самым такие инфраструктуры становятся движущими силами всей экономической сферы жизни общества, одним из ключей к развитию производительных сил, включая их технико-технологическое развитие.

Системность инфраструктур определяет и связанность территорий. В первую очередь, через обслуживаемые большими инфраструктурами территориальные и межтерриториальные производственные комплексы, а также сети технологического сопряжения

специализированных производств в процессах создания всей массы конечных благ [5, с. 349–361]. Это обстоятельство диктует необходимость выбирать «основной территориальный уровень» при исследованиях инфраструктурных систем в их единстве с территориальными производительными силами. В связи с особенностями технологии и управления в самих этих системах, а также с более высокой на макрорегиональном уровне, по сравнению с региональным, степенью завершенности конечного экономического продукта, с большей представленностью полных производственных циклов в качестве такого уровня целесообразно иметь в виду макрорегиональный уровень.

Наконец, существенные особенности в характер инфраструктурных систем и их построение вносит фактор «серединности» территорий. Она обеспечивает территории возможностью более широкой диверсификации и транзита транспортных и энергетических потоков. Серединные макрорегионы находятся в более вариативных условиях с точки зрения формирования энергетического и транспортного балансов, возможностей линейной инфраструктуры, поскольку они могут быть мостом между окружающими их регионами, разными частями страны и через них может осуществляться транзит грузов и электроэнергии.

Необходимость структурно-функционального и процессного исследований технологических структур, рассмотрение их в качестве объекта управления, адекватного тенденциям научно-технического прогресса, усиливается следующим противоречием. С одной стороны, развитие производства сопровождается увеличением технологической связности, с другой же, в результате реформ произошла глубокая дезинтеграция материального производства в связи с доминированием в процессе реформирования неэкономических критериев обособления хозяйствующих субъектов.

Основы теории больших систем заложены соответствующими концепциями развития систем, их типологиями и общими закономерностями функционирования. Методологические основания их рассмотрения представлены системным подходом. И теория, и методология систем являются предметом и объектом изучения широкой гаммы фундаментальных и прикладных наук — от философии и прикладной математики до оптимизации развития энергетики и транспорта.

В принципах системного подхода наиболее существенным для изучения систем транспорта и энергетики являются:

1) необходимость рассмотрения системной целостности, а не просто совокупности составляющих систему элементов;

2) приоритетность иерархии независимо от структуры организации системы, которая при этом может быть преимущественно сетевой;

3) внимание к интересам, общим и частным задачам субъектов, управляющих и принимающих решения относительно отдельных частей системы;

4) полноценность в отображении функциональных (как внешних, так и внутренних) связей системы при ее моделировании;

5) последствие как важнейшее системное свойство, что означает инерционность при необходимости долгосрочного целеполагания даже при этапных решениях, поскольку видение отдаленного будущего в существенной мере определяет смысл среднесрочных и даже краткосрочных решений. Текущие решения по системному развитию приходится периодически корректировать и дополнять, в этой цикличности управления развитием проявляется свойство адаптивности больших инфраструктурных систем.

Строение, свойства и современная эволюция транспортных систем регионов и макрорегионов

Транспортные системы регионов Большого Урала обладают мощным потенциалом взаимодополнения. Системные принципы технологии и организации транспорта предопределяют системообразующую роль транспортных комплексов, в силу которой они в процессе развития создают опережающие предпосылки обеспечения единства и для самих обслуживаемых территорий, для непрерывности транспортно-экономического пространства.

В территориальной организации производительных сил транспорт играет двоякую роль. С одной стороны, это отрасль с выраженной макросистемной природой, т. е. наиболее полный эффект магистральный транспорт дает при условии его развития как единой транспортной системы (ЕТС), а следовательно, приоритетен надрегиональный аспект в его развитии [6]. С другой стороны, развитие транспортной сети обусловлено региональными транспортными потребностями. При этом существенны как прямые, так и обратные связи транспорта с региональными системами: транспорт зависит от региональных потребностей в перевозках грузов и пассажиров, но в то же время становится важным фактором размещения и развития производств. Такая двойственность требует изучения проблемы региональной организации транспортной системы, включающей в себя взаимосвязанный иерархический комплекс задач:

— сценарный прогноз транспортных потребностей по объему, структуре и кластерному размещению, в т. ч. отнесение этих потребностей к региональному, надрегиональному и субрегиональному уровням;

— динамическую оценку располагаемых ресурсов для функционирования и развития региональной транспортной системы, включая анализ и прогноз развития транспортной техники и технологии;

— определение взаимного влияния показателей состояния транспортных систем и социально-экономической системы обслуживаемого региона и построение адекватной модели межотраслевых и межсубъектных экономико-технологических и организационно-технических отношений между составляющими этих систем.

Такие задачи нередко воспринимаются как региональные, однако они требуют оценки затрат и результатов в надрегиональной, т. е. макрорегиональной системе отсчета.

Макрорегиональная транспортная система Большого Урала охватывает территорию нескольких субъектов РФ. Ведущим критерием ее выделения является замыкание внутри нее существенной части материальных потоков ресурсов и промежуточных продуктов в процессе создания конечного целевого продукта. На территориях Уральского макрорегиона концентрируются технологические совокупности производств по переработке исходных ресурсов в продукт высокой степени обработки, реализуются экономические преимущества, связанные с принципами размещения крупных производств, создаются соответствующие производственная и социальная инфраструктуры, достигается определенная степень однородности экономической структуры и уклада жизни населения. Структура и объем потребности в перевозках грузов в значительной степени определяются сопряженностью производств в технологических цепочках (технологических совокупностях) по переработке исходных ресурсов в конечные продукты.

Внутри региона Большого Урала замыкаются весьма крупные грузопотоки, обслуживающие материальные ресурсно-продуктовые потоки технологически сопряженных производств черной и цветной металлургии, химии и нефтехимии, ряда других грузобразующих комплексов [7]. На основе технологически сопряженных потоков сформировались (восстановились в последние годы) интегрированные производственно-хозяйственные структуры. В состав таких структур входят предприятия ряда городов, между которыми осуществляются постоянные и объемные внутрикомплексные перевозки. На очереди формирование новых технологических

цепочек — марганцевой, никелевой, хромовой и др. Перспективны в регионе также лесопромышленный и агропромышленный комплексы, комплексы по производству стройматериалов (на основе мраморов, известняка, асбеста, цементного сырья, фаянсово-стекляного сырья и ряда других).

Именно внутри макрорегиона транспорт обслуживает наибольшее число видов перевозок, т. к. в пределах макрорегиона замыкается большинство потоков промежуточных продуктов, а между макрорегионами и в международных сообщениях складываются обменные транспортные потоки конечных продуктов. Расширение макрорегиональной транспортной системы Большого Урала в направлении Уральской Арктики позволит обеспечить как потоки промежуточных продуктов (в основном, сырья из Арктики), так и потоки конечных продуктов (инвестиционные товары для реализации проектов в Арктике и экспортно-импортные товары, подлежащие перевалке в портах Арктики).

Срединное расположение Уральского региона на стыке хозяйственных интересов, в узлах формирующихся крупных потоков (в т. ч. транзитных международных) товаров, сырья, людей, энергии, концентрация магистральной технически передовой транспортной инфраструктуры, в т. ч. крупных транспортно-логистических центров по направлениям запад — восток и север — юг, способствовали созданию мощной транспортной составляющей геоэкономического положения Урала.

В структуре грузооборота по территориям УрФО абсолютно преобладает Тюменская область с округами — более 76 %, Свердловская область занимает 16 %. По видам транспорта 75 % занимает трубопроводный транспорт и 24 % — железнодорожный транспорт. Однако в отправлении грузов железнодорожный транспорт уже на протяжении длительного времени уступает автомобильному, растет и средняя дальность автомобильных перевозок.

Наиболее крупный грузообмен по железной дороге между регионами, входящими в УрФО, имеет место по сечению Свердловская область — Тюменская область (регион ЗСНГК). В ХМАО и ЯНАО со Среднего Урала поступают главным образом минеральные строительные материалы, строительные конструкции и детали, трубы, оборудование, металл и прочие грузы, в обратном направлении прибывают нефтяные и лесные грузы. Учитывая также значительное увеличение потоков сжиженного газа по железной дороге, можно предполагать проявление положительной тенденции увеличения комплексности и глубины переработки. За счет освоения

Крайнего Севера УрФО происходит наращивание меридиональных грузовых потоков в дополнение традиционно преобладающим широтным потокам.

С принятием Стратегии развития железнодорожного транспорта Российской Федерации до 2030 г., Генеральной схемы развития железных дорог на период до 2030 г. с перспективой до 2035 г. возобновились проектирование и строительство новых железнодорожных линий, включая крупномасштабные транспортные проекты. Стратегия развития транспортной системы должна гарантированно удовлетворять перспективные транспортные потребности, определяемые в конечном счете генеральной стратегией экономического развития, выступая по отношению к ней как стратегия второго уровня. Поэтому на развитие транспортных систем должны проецироваться сценарии, закладываемые в социально-экономическую стратегию России. Основным диапазоном стратегического выбора здесь — от инерционно-сырьевого к модернизационному. При том, что большие транспортные проекты весьма инерционны, важно, чтобы сфера транспорта не была лимитирующей в реально осуществляемой национальной стратегии.

Системы энергетики в макрорегиональном экономическом развитии

Системы энергетики также являются большими инфраструктурными системами [1, 8–13]. Необходимо отметить, что если в экономике энергетики и в экономике развития отраслей топливно-энергетического комплекса (ТЭК) системный подход всегда реально представлен в науке и практике [14–18], то в чисто экономических исследованиях это не всегда понимается и тем более не всегда применяется, потому что энергетика чаще всего здесь рассматривается как один из видов разнообразных инфраструктур, а ее системные возможности, включая богатый потенциал воздействия на экономическую систему, не учитываются.

ТЭК состоит из топливных отраслей промышленности и электроэнергетики. В состав ТЭК входят топливная (газовая, нефтяная, угольная, а также сланцевая и торфяная), химическая переработка топлив. Особое место с инфраструктурной точки зрения занимает электроэнергетика, к которой относят производство, передачу и распределение электрической и тепловой энергии. В сферу деятельности ТЭК входит добыча и производство первичных энергоресурсов, их переработка в другие виды топлива, передача и распределение потребителям, включая трубопроводный транспорт углеводородов.

Задачами ТЭК является покрытие всех потребностей в энергии населения и экономики страны, а также пополнение бюджета страны валютными поступлениями от экспорта нефти, газа и угля. Таким образом, ТЭК выступает крупнейшей межотраслевой системой страны и важным фактором индустриального развития России.

При рассмотрении структурных составляющих электроэнергетики можно отметить, что в настоящее время мировыми лидерами по производству электроэнергии являются тепловые электростанции (ТЭС), но их большим недостатком стало значительное загрязнение окружающей среды. Наиболее прогрессивный способ генерации электроэнергии с применением высоких технологий осуществляется на атомных электростанциях (АЭС). Также большую долю при производстве электрической энергии в балансе занимают гидроэлектростанции (ГЭС). В России в сфере электроэнергетики большое внимание уделяется развитию альтернативных способов производства электроэнергии с применением возобновляемых источников энергии (ВИЭ), которые используют неисчерпаемые источники энергии (энергия Солнца, ветропотенциал, энергия морских приливов и геотермальные источники). В последнее время большое влияние на развитие электроэнергетики оказывают факторы, связанные с активным ростом комплексной автоматизации и информатизации, а также внедрением цифровизации и искусственного интеллекта.

Электроэнергетика — это отрасль двойственной природы: с одной стороны, это одна из отраслей промышленности, с другой — это универсальная инфраструктура общего назначения. Разнообразие ее конечных продуктов невелико — тепло и электроэнергия. Но их важность в том, что они потребляются везде в каждой точке и в каждом субъекте хозяйствования. Углубленные энергоэкономические исследования должны быть возобновлены в современной России, расширены, конкретизированы и доведены до управленческой стадии, связанной с управлением развитием, т. к. после всех реформ и периодов длительного спада нет уверенности в том, что мы имеем надежную систему управления развитием, гарантирующую своевременный ввод объектов энергетики под будущие потребности, прогноз которых затруднен сценарными развилками. Приходится констатировать, что мы все еще во многом опираемся на производственный аппарат отрасли, созданный в СССР. Задача в том, чтобы экономика современной России обеспечивала расширенное воспроизводство этой базовой отрасли, в т. ч. с учетом возможного опережения.

В составе электроэнергетических систем выделяются два сегмента. Основной сегмент — системная, или сетевая энергетика,

дающая свыше 95 % электроэнергии и распределенная, представленная энергоисточниками, не выведенными через единую электросетевую инфраструктуру в большую энергосистему. Надежная, безопасная, эффективная работа единой энергосистемы страны и энергосистем восточных ее регионов — фундамент энергообеспечения и энергобезопасности. Именно он обладает всей полнотой системных свойств: единый режим, частота, жесткая зависимость рабочей мощности электростанций от мощности работающих в текущий момент приемников энергии. Совокупность электростанций и электрических сетей каждого региона РФ считается региональной энергосистемой, которая является подсистемой, входящей в системы более высоких уровней — объединенная энергосистема (ОЭС) и в конечном счете Единой энергосистемы России (ЕЭС России). Системные отраслевые свойства обуславливают проявление общесистемных свойств [2, 19].

Экономические последствия действия системных закономерностей заключаются в следующем:

1) энергетика жестко зависима в объеме своей продукции от текущего ее потребления. К тому же это публичная отрасль, обязанная обеспечить по утвержденным ценам и тарифам всю наличную потребность в энергии;

2) энергетика — капиталоемкая отрасль с необходимостью содержать огромные резервы мощностей и все более разветвленные сети;

3) объекты энергетики имеют длительный лаг развития, часто превышающий инвестиционные лаги своих потребителей;

4) энергетика — технически сложная отрасль, для воспроизводства которой необходима эффективная работа ее фондообразующих отраслей, производящих машины, оборудование, материалы, а также работа строительного-инвестиционного комплекса.

Развитие энергетики обеспечивается многими отраслями реального сектора экономики, а реализуемость проектов ее развития зависит от экономических отношений. Даже когда господствующий в обществе тип экономических отношений приводит к доминированию краткосрочно окупаемых и обязательно высокодоходных проектов, энергетике необходимы специальные организационно-экономические механизмы, обеспечивающие развитие, своеобразная экономика развития. Такая экономика станет в итоге элементом новой экономики, где не только организационно-экономические, но и производственные, социально-экономические отношения станут ориентированы на развитие человека и производительных сил в целом.

На энергетической системе большого региона как раз и может быть отработана методология крупных проектов. Такую методологию необходимо специально развивать, т. к. проекты с чисто коммерческим обоснованием не отвечают системной природе энергетической инфраструктуры, где важнее не обеспечить окупаемость самого энергообъекта, а создать условия для обеспечения энергией при адекватной экономической нагрузке для потребляющих экономических систем и объектов. Проект в энергетике не будет эффективным, надежным и способствующим развитию производительных сил всего народного хозяйства, если он ориентирован только на окупаемость. Для этого требуется соответствие системы отчета затрат и результатов сущности системы и ее уровня. Как правило, система отчета здесь должна быть шире границ самого проекта. Иными словами, системный подход — единственная надежная базовая методология для управления функционированием и развитием энергетики, для оценки проектов которой чистый «экономизм» опасен угрозами энергетической безопасности и не сочетается с сущностной стратегичностью этих проектов.

Под стратегичностью понимается способность увидеть конечную цель и определить пути ее достижения, просчитывать различные варианты возможной реализации событий на несколько шагов вперед. Стратегичность предполагает приоритетность больших проектов по развитию энергетики крупной территории.

Энергетика Урала закладывалась в современном ее виде в периоды интенсивного или экстенсивного развития промышленности. Опорная энергетическая сеть на основе тепловых электростанций и сетей высокого напряжения формировалась вместе с основными территориально-производственными комплексами базовых отраслей уральской промышленности. Возобновление развития тяжелой промышленности, которой всегда отличался Урал в связи с размещением здесь предприятий по переработке ресурсов, многие из которых добывались также на Урале, создает как острую потребность в усилении уральских энергосистем, так и дает комплементарные эффекты интеграции территориально-межотраслевых проектов в концепции «Большого проекта». Исторические предпосылки и аналогии широко представлены в истории формирования, размещения и развития производительных сил макрорегиона Большого Урала. Подробно такого рода эволюционный путь одной из самых энергоемких отраслей описан в следующей главе.

ГЛАВА 2. ЭНЕРГОПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ЦИКЛЫ В БОЛЬШИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И ИНФРАСТРУКТУРНЫХ СИСТЕМАХ

Изменение геостратегического статуса России в быстро меняющихся условиях XXI в. потребовало от страны такого же резкого изменения ее хозяйственной парадигмы развития, а именно: перейти от приоритетов глобализации к приоритетам суверенизации экономики. Соответственно, более приоритетным стало и соподчинение ее крупных проектов целям национального и регионального развития и защиты.

Такое развитие снова потребует введения в широкий оборот опорных базовых крупных территориально-хозяйственных комплексов, традиционно именовавшихся территориально-производственными комплексами (ТПК)¹, и гармонизации их энергопроизводственных цепочек, или циклов (ЭПЦ)², создающих в рамках

¹ Понятие территориально-производственных комплексов (ТПК) было введено Н. Н. Колосовским в 1940-х гг. для типологического изучения и моделирования оптимально организованного в территориальном и структурном отношении хозяйства. Под ТПК он понимал такие пространственные блоки хозяйства, которые, будучи объединенными производственными связями по сырью и энергии на выделенной территории в совокупности за счет использования общей инфраструктуры, кадровой базы, энергетических мощностей, позволяют наиболее рационально использовать их потенциал и обеспечивать дополнительный экономический эффект. Более детально см.: Колосовский Н. Н. Теория экономического районирования. М.: Мысль, 1969. 336 с.

² Под энергопроизводственным циклом (ЭПЦ) Н. Н. Колосовский (1947 г.) понимал всю совокупность производственных процессов, развертывающихся в избранном экономическом районе на основе сочетания данного вида энергии и сырья от первичных форм добычи и подготовки сырья до получения всех видов готовой продукции, которую можно получить на месте, исходя из требования приближения производства к источникам сырья и комплексного использования всех компонентов сырьевых и энергетических ресурсов данного типа. Чтобы в идеале сделать ЭПЦ в совокупности безотходными и получать от них дополнительные экономические эффекты за счет оптимизации их сочетания и пространственного фактора, было предложено объединять их в ТПК. Для этого Н. Н. Колосовский начал выделять реальные ЭПЦ в регионах, выделив 8 ведущих. К 1980-м гг. их число возросло до 14: 1) пирометаллургический цикл черных металлов; 2) пирометаллургический цикл цветных металлов; 3) редкометаллохимический; 4) нефтеэнергохимический; 5) газоэнергохимический, 6) атомно-энергпромышленный; 7) горнохимический; 8) лесоэнергопромышленный; 9) электропромышленный; 10) машиностроительный; 11) текстильнопромышленный; 12) рыбопромышленный; 13) индустриально-аграрный;

оптимизированных размеров ТПК конечные для них продукты. Естественно, это предполагает и развитие более адаптированной для ТПК транспортно-энергетической инфраструктуры, позволяющей наиболее рационально использовать потенциал производительных сил на выделенных территориях и обеспечивающей большую экономическую эффективность.

К сожалению, по причине разрушения плановой экономики с 1990-х гг. комплексным подходом в развитии региональных хозяйственных систем пришлось пожертвовать в угоду приоритетам встраивания в глобальную экономику, причем преимущественно на условиях поставщика, сырья и формирования международных транспортных коридоров, чаще всего отвечающих в регионах интересам отдельных отраслей.

Лишь в 2020-х гг. к проблеме стали снова возвращаться — и в рамках предшествующего этапа данного исследования это привело к выработке подходов и упрощенных критериев для оценки статуса ЭПЦ в их комплексном развитии для выстраивания соответствующей иерархии [21, 22]. Важно это потому, что позволяет выделять в них не только лидеров, но и перспективные и проблемные технико-технологические, а также инфраструктурные звенья для модернизации и развития региональных и межрегиональных ТПК.

Оказалось, что применительно к Уралу для описания эволюции его региональных ЭПЦ в иерархическом рассмотрении и привязки к ним должной транспортно-энергетической инфраструктуры достаточно охарактеризовать Уральский экономический район набором шести–семи ЭПЦ Н.Н. Колосовского, а при учете и сопряженных территорий, отнесенных в 2000 г. к Уральскому федеральному округу, — набором из девяти–десяти циклов [22].

В частности, на территории старопромышленного Урала в соответствии с классификацией ЭПЦ Н. Н. Колосовского и его последователей следовало бы выделить: пирометаллургические циклы черных и цветных металлов, машиностроительный, электропромышленный, редкометаллохимический, а также атомно-энергетический ЭПЦ.

В Прикамье с учетом важности ресурсной базы Верхнекамского месторождения солей не только для производства минеральных удобрений, но и легких металлов с прочими материалами для предприятий Урала, в состав его базовых ЭПЦ следовало бы включить

14) индустриально-строительный. В ходе научно-технического прогресса, согласно его концепции, могут возникать и другие ЭПЦ. Ныне их уже более 20.

горнохимический ЭПЦ. А для лучшего сопряжения с хозяйством Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (Тюменской области с ХМАО и ЯНАО), ныне отнесенной к УрФО, с традиционными уральскими ЭПЦ — также нефте- и газоэнергохимические энергопроизводственные циклы, с которыми в настоящее время во многом связано развитие северных и арктических территорий.

Можно отметить, что для анализа приоритетов формирования такого макрорегионального ТПК и его инфраструктурного развития в качестве исходного удобно взять пирометаллургический цикл цветных металлов, поскольку с ним в наибольшей мере ныне связаны другие макрорегиональные ЭПЦ, что позволяет обогащать и методики обоснования вариантов развития региональной инфраструктуры. Ниже такая попытка актуализации инфраструктуры макрорегионального ТПК предпринята на базе анализа эволюции и трендов медной отрасли Урала.

В естественно-историческом аспекте приоритетное значение меди, как и золота, в формировании уральских региональных специализаций обусловлено тем, что в природе она встречается как в свободном состоянии (самородная медь), так и в относительно легкодоступном для ее выделения связанном состоянии (в виде бронзы), что и предопределило ее приоритет в производстве орудий труда и оружия, обеспечив социально-экономический переход от эпохи камня к меди (бронзе). Технологически это стало возможным в связи с тем, что уже при температурах порядка 200 °С исходная порода начинает разлагаться, превращаясь в порошок оксида меди, из которого можно получить чистую медь.

В современную эпоху дополнительную ценность ресурсам меди придает их взаимосвязанность с залежами железа и золота, других химических элементов (никеля, кобальта, титана и др.). Так, нередко под железорудной «шапкой», или «кепроком» (англ.) обнаруживаются залежи сульфидного железа (железный колчедан) и меди (медный колчедан), содержащей также и золото с серебром, что делает такие руды интересными и для добычи черных и цветных металлов, источником добычи благородных и полиметаллов в целом. Известны также залежи меди в сопряжении с золотоурановыми минерализациями и с железомарганцевыми конкрециями.

Таким образом, сейчас для комплексной добычи меди и сопутствующих металлов из полиметаллических руд идеальной была бы некая универсальная технология, сочетающая в себе как простейшие механические методы отделения, например, гравитационного разделения, так и методы более высокого уровня: химического,

электрохимического, электромагнитного (масс-спектрометрического) и даже ядерного разделения — с соответственно выстроенной цепочкой основных и вспомогательных предприятий, замкнутых в энергопроизводственный цикл.

На момент же зарождения горно-металлургического комплекса на Урале в XVIII в., когда в металлургии доминировали пирометаллургические технологии, медная промышленность развивалась в лоне этой технологии, сопряженной, прежде всего, с эволюцией печей чугуно- и сталелитейного производства. Причем тогда зачастую железоделательные, чугунолитейные и медеплавильные заводы были совмещенными, а их перепрофилирование нередко происходило в связи с отработкой на базовом месторождении одного вида руды и разработкой другой, предпочтительной для производства железа или меди.

Исторически первыми стали разрабатываться вторичные месторождения оксидных и смешанных минералов — медистых песчаников и конгломератов на западном склоне Урала и сопряженных территориях, а затем и коренные или первичные месторождения сульфидных минералов [23]. При этом вследствие смешивания в печах медь- и железосодержащих минералов с углем и флюсами, а также преобладания удельного веса меди над другими компонентами шихты в результате плавки окисленных руд в плавильной печи в нижних слоях горна получали черновую медь с содержанием основного компонента более 85 %, в верхних — медистый чугун с содержанием меди до 30 %, а железа с примесями — свыше 70 %. Далее эту черновую медь рафинировали, переплавляя в очистительном (гармахерском) горне на гаркупфер, который еще раз переплавляли в гармахерском или в отдельном штыковом горне, получая конечный продукт — чистую, или «красную» медь. Именно такие многостадийные технологии использовались с 1720 гг., как на Екатеринбургском, Егошихинском, Пыскорском, так и на других заводах Урала.

Медистый чугун пережигали на тех же горнах, а с середины 1750-х гг. для большей эффективности в качестве промежуточного звена в цикле рафинирования меди стали использовать также отражательные печи (шплейзофены), первая из которых появилась в 1756 г. на Полевском медеплавильном заводе [23].

Схема пространственного распределения залежей медных руд различных формаций представлена на рисунке.

Из рисунка 2.1 видно, что коренные медные залежи сконцентрированы в зоне наименее разрушенных горных пород уральского

Меденосные рудопроявления в Приуралье с восточными границами распространения их геологических формаций (ярусов):

- 1 — уфимского (272–274 млн лет);
- 2 — казанского (269–272 млн лет);
- 3 — татарского (252–268 млн лет).

Меденосные площади:

- 4 — по М. И. Липовскому и др.;
- 5 — площади зеленокаменных комплексов Урала (сульфидных орудений Магнитогорско-Тазильского синклиналя)

Стрелками указаны направления сноса уральского горного вещества.

В 1925 г. М. И. Липовский изложил полученные им результаты в статье «Медные руды западного склона Урала» (Горный журнал, 1925, №8). Там он одним из первых в СССР предложил добывать медь из песчаников Западного Урала способом выщелачивания.

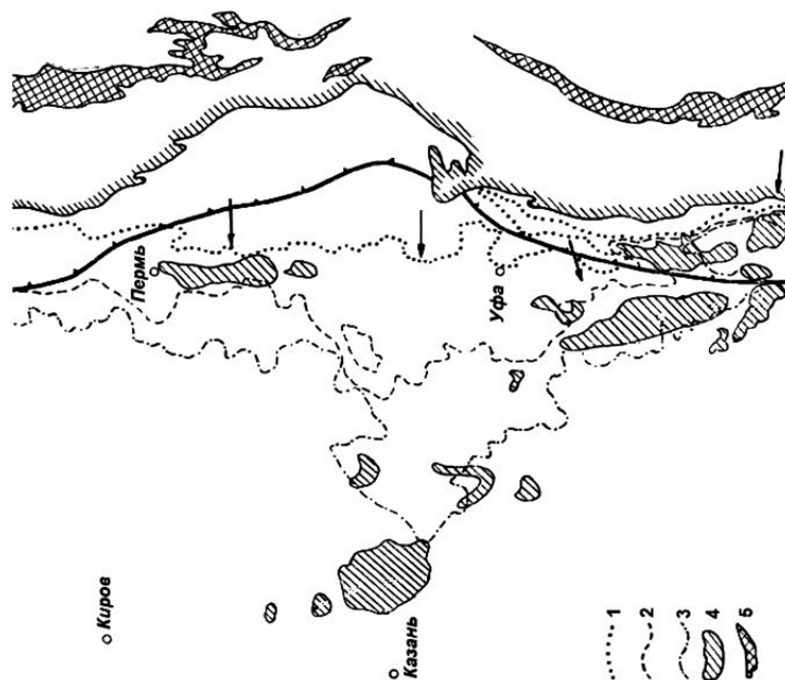


Рис 2.1. Схема расположения рудопроявлений меди в Приуралье и на восточном склоне Урала (источник: Лурье А. М. Меденосность осадочного чехла Русской платформ. В кн.: Рудоносность Русской платформы. М., Наука, 1965. С. 156–165)

горного массива. Именно на такие сульфидные медные руды ныне приходится свыше 90 % мировых запасов и добычи меди, что предопределяет к ним интерес для совершенствования технологий.

Вторичные же медные месторождения являются продуктом физико-химической трансформации (окисления поверхностных пород с образованием оксидных минералов и поверхностной эрозии горного вещества уральского водораздельного массива).

Перечень заводов, разрабатывавших медистые песчаники, с объемами их произведенной продукции за время эксплуатации, а также накопленных в отвалах отработанных пород [25] представлен в таблице 2.1.

Согласно¹ [25], за срок эксплуатации медеплавильных заводов Приуралья ими оценочно было выплавлено примерно 220 тыс. т меди, что при ее осредненном содержании в рудах 2 % предполагало проплавление 11 млн т руды. С учетом средней мощности рудного слоя в 17,6 см и горной массы в 20,6 т, приходящейся на 1 кубическую сажень (9,7 м³) оценки дают в медистых песчаниках 1,7 т руды и 18,9 т пустой породы, идущей в отвал. Таким образом, отношение веса «руда / пустая порода» в пермских медистых песчаниках составило 1:11. Откуда при 11 млн т обработанной в печах руды масса пустой породы в отвалах оценивается в 120 млн т.

Для более определенной пространственной привязки на перспективу к таким отработанным отвалам отметим, что из таблицы 2.1 следует: руды Пермской меденосной полосы в период с 1630 по 1902 гг. использовали 32 завода, давших 97449 т меди при средней их годовой производительности в 1010 т/год. 15 медеплавильных заводов, действовавших с 1732 по 1913 гг. на территории современной Республики Башкортостан, вырабатывали руды Уфимско-Оренбургской меденосной полосы (башкирских и Каргалинских месторождений Оренбуржья), дав за это время 111043 т меди при среднегодовой производительности 841 т.

В целом, согласно [23], в ходе освоения медных ресурсов в Приуралье можно выделить два периода: дореволюционный (XVIII–XIX вв.) и советский, который был прерван войной и поэтому состоит из двух этапов: первый (1929–1941 гг.) и второй

¹ Харитонов Т. В. Заводы Приуралья XVIII–XIX вв., работавшие на рудах пермских медистых песчаников. отвалы их рудников / Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П. Н. Чирвинского: сборник научных статей. ПГНИУ. Пермь, 2022. Вып. 25. С. 278–286. Пермская медь: обзор литературы [Электронный ресурс]: аннот. библиогр. указ. / сост. Т. В. Харитонов; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Электрон. дан. Пермь, 2016. 1100 с.

Таблица 2.1

Металлургические заводы Пермской и Уфимско-Оренбургской
полос медистых песчаников

Название завода	Основание, год	Закрытие, год	Срок работы, лет	Выплавил меди, пуд	Мощность, пуд/ год
Пермская полоса медистых песчаников					
Аннинский (к)	1760	1788	28	78 100	2 789
Ашапский	1744	1869	125	204 500	1 634
Балахонцевский	1736	1737	1	81	81
Бизяровский	1741	1863	122	214 639	9 956
Бымовский	1737	1899	162	368 552	2 275
Висимский	1737	1786	49	83 854	1 711
Григоровский	1630	1634	4	500	125
Давыдовский	1725	1742	17	1 165	69
Добрянский	1754	1794	40	56 295	1 407
Егошихинский	1724	1788	64	159 201	2 488
Иргинский	1728	1769	41	82 151	2 004
Кунгурский	1712	1718	6	400	67
Курашимский	1742	1862	120	1 214 639	10 122
Мазуевский	1711	1712	1	11	11
Мотовилихинский	1738	1863	125	214 700	5 112
Нытвенский	1756	1788	32	38 400	1 200
Пожевский	1758	1786	28	39 200	933
Пыскорский	1724	1820	96	157 000	1 635

Продолжение табл. 2.1 на след. стр.

Продолжение табл. 2.1

Название завода	Основание, год	Закрытие, год	Срок работы, лет	Выплавил меди, пуд	Мощность, пуд/год
Пыскорский 1-й	1635	1657	22	1 000	45
Романовский	1716	1723	7	200	29
Сукунский	1724	1760	36	24 000	667
Таманский	1726	1773	47	21 965	467
Троицкий	1731	1770	39	50 520	1 295
Уинский	1749	1862	113	111 121	983
Хохловский	1757	1777	20	5 000	250
Чермозский	1763	1779	16	9 000	563
Шаквинский	1743	1772	29	35 086	1 210
Шермейтский	1759	1862	103	109 524	1 063
Юговской Верхний	1740	1892	152	661 346	4 351
Юговской Нижний	1736	1902	166	696 154	4 194
Юговской-Кнафский	1732	1872	140	269 687	1 926
Юго-Камский	1748	1793	45	44 368	986
Итого				5 952 159	61 648
Уфимско-Оренбургская полоса медистых песчаников					
Архангельский	1753	1891	138	1 053 125	7 631
Архангельский (Шаранск.)	1754	1809	55	35 000	636
Благовещенский	1757	1899	142	646 400	4 552

Окончание табл. 2.1 на след. стр.

Окончание табл. 2.1

Название завода	Основание, год	Закрытие, год	Срок работы, лет	Выплавил меди, пуд	Мощность, пуд/год
Богоявленский	1752	1887	135	135 315	1 002
Верхоторский	1759	1913	154	1 600 000	10 390
Вознесенский	1756	1774	18	44 383	2 466
Воскресенский	1745	1895	150	1630 000	10 867
Кананикольский	1753	1871	118	349 032	2 958
Коринский	1732	1817	85	38 667	455
Курганский	1763	1768	5	98	20
Покровский	1757	1773	16	32 513	2 032
Преображенский	1750	1909	159	992 600	6 243
Троицкий верхний	1754	1866	112	78 821	704
Троицкий нижний	1760	1862	102	82 901	813
Усень-Ивановский	1761	1866	105	60 124	573
Итого	—	—	—	6 778 979	51 341

Источник: Харитонов Т. В. Заводы Приуралья XVIII-XIX вв., работавшие на рудах пермских медистых песчаников. отвалы их рудников / Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П. Н. Чирвинского: сборник научных статей. ПГНИУ. Пермь, 2022. Вып. 25. С. 278–286.

(1956–1970-е гг.). Первые же системные научные обоснования залегания медистых песчаников были проведены в 1830–1840-е гг. В практическом плане это было обусловлено сокращением ресурсной базы таких месторождений и, соответственно, выплавки меди, особенно в период, начиная с 1860-х гг. Многие заводы Прикамья в итоге оказались закрытыми, а основной район медеплавильной промышленности переместился на Северный и Восточный Урал. Таким образом, добыча медных руд из медистых песчаников производилась в Пермском крае почти 200 лет, когда стало понятно, что использование там убогих окисленных медных руд пермских медистых песчаников не отвечает рентабельному минимуму для пирометаллургического процесса, а отсутствие подходящего технологического процесса их переработки стало ключевым препятствием к получению меди.

Вследствие этого в 1920-х и 1930-х гг. на каргалинских песчаниках из отвалов старинных рудников Оренбуржья начали отрабатывать новые технологии добычи меди с помощью физико-химических методов флотации и гидрометаллургии. В результате тогда пришли к выводу, что эти технологии для медистых песчаников из отвалов могут быть пригодны лишь для получения небольших объемов меди, например, для выработки медного купороса.

В первом для страны «Генеральном плане хозяйства Урала на 1927–1941 гг. и перспективы первого пятилетия» (Свердловск, 1927) приуральские медистые песчаники рассматривались как резервное сырье на случай недостатка колчеданных руд [23].

Вместе с тем было обращено внимание на то, что следовало бы более детально изучить потенциал не только отвалов в локациях медных песчаников, но и горизонтов ниже уровня грунтовых вод (*т. е. ниже зоны окисления — В. Л.*), где с помощью гидрометаллургических технологий могут использоваться даже бедные сульфидные руды (с медью от 0,3 %). Это привело к пониманию, что прогнозные ресурсы в бедных рудах бывшего Пермского округа на порядок превышают запасы богатых руд, а сами пермские медистые песчаники следует в перспективе рассматривать как комплексные руды [25].

Таким образом, уже в те годы стало понятно, что гидрометаллургическая технология с различными вариациями поверхностного выщелачивания меди либо с подземным выщелачиванием перспективна для добычи меди из пермских медистых песчаников.

Тем не менее в советский период главное внимание по добыче меди сконцентрировалось на коренных сульфидных месторождениях меди. В целом, в настоящее время наиболее дешевой

для добычи меди гидрометаллургическими методами считается переработка пород из отвалов старых медных рудников с содержаниями меди менее 2 % с помощью передвижных перколяторов [25].

Если теперь в хронологическом порядке рассматривать металлургические заводы на Урале (табл. 2.2), преимущественно сосредоточенные на его восточном фланге и, в частности, на территории современной Свердловской области, то они появляются там с началом петровской эпохи и исходно были соподчинены казне и приоритетам развития черной металлургии. Лишь затем, особенно в елизаветинско-екатерининскую эпоху, заводы были переведены в частное пользование за редким исключением заводов, ориентированных на платно-монетное производство (Екатеринбургский и Уктусский).

Анализируя характеристику заводов в таблице 2.2, можно отметить, что ряд из них имел смешанный профиль. На Уктусском казенном заводе, изначально ориентированном на выпуск железа и открытом в 1704 г., медеплавильное производство было запущено с 1713 г. На момент основания Екатеринбурга оно уже включало производство из двух плавилен с 10 горнами, оснащенных вододействующими мехами, а также нескольких горнов для переплавки чистой меди. Руда туда поступала с Шиловского, Карасевского, Решетского, Квашининского, Луговского, Полевского и Гумёшевского рудников. На Невьянском заводе, запущенном в 1701 г. и переданном в частное владение Демидовым в 1702 г., медь всегда рассматривалась как неосновная побочная продукция, из которой там лили колокола и продукцию для внутреннего пользования. В 1720 г. Н. Демидову было разрешено построить частный Выйский медный завод с обязательством поставки в казну половины (а после — трети) выплавленной чистой меди. К концу 1722 г. на этом заводе с 6 медеплавильными печами начался выпуск меди. Однако найденная для него руда оказалось бедной, и с 1730-х гг. там действовало только 2 медеплавильной печи для очищения черной меди, поставляемой с других заводов, запасы которых были истощены к началу XIX в. С 1814 г. заводом стали использоваться руды с высоким содержанием меди Меднорудянского месторождения при горе Высокой. В целом помимо малахита (встречавшегося там до глубин в 200 м), медной руды и самородной серы там добывали и магнитный железняк. Медьсодержащие породы, представленные там медистыми глинами, малахитом, купритом и хризokolлой, добывались подземным способом. К середине XIX в. в этом месте эксплуатировалось 10 шахт, наибольшая глубина которых достигала 240 м. В 1916 г., когда завод был закрыт, она увеличилась до 325 м.

Таблица 2.2

**Металлургические заводы Урала с медным производством,
преимущественно на его восточном фланге**

Наименование завода	Основатели	Год основания	Год закрытия	Примечания
Нижнеалапаевский завод	Казна	1704	1824	Производство перемещено в Нейво-Алапаевский завод
Уктусский завод	Казна	1704	1749	Верхне-Уктусский завод (1722–1749). Преимник — Уктусская золотопромывальная фабрика (1751–1854)
Быньговский железоделательный завод; Быньговская латунная фабрика	Никита Демидов	1718 1739	1873 1740	В 1740 году производство лагуни перемещено на Шайтанский завод
Выйский завод	Никита Демидов	1722	1918	—
Екатеринбургский завод	Казна	1723	1808	Преимник — Екатеринбургский монетный двор
Лялинский медеплавильный завод	Казна	1723	1779	—
Полевской медеплавильный завод	Казна	1724	1930	Преимник — Полевской машиностроительный завод
Нижнетагильский металлургический завод	А. Н. Демидов	1725	1987	Производство перемещено на Нижнетагильский металлургический комбинат
Лобвинский завод	Т. Замойщиков	1726	1730-е годы	Он же: Замойщиковский

Продолжение табл. 2.2. на след. стр.

Продолжение табл. 2.2.

Наименование завода	Основатели	Год основания	Год закрытия	Примечания
Сукунский завод	Н.Н. Демидов	1728	1879	—
Троицкий завод	Казна	1731	1770	Другие названия: Соликамский, Талицкий
Висимский завод	Казна	1735	1786	—
Воскресенский завод	И.Б. Твердышев	1735	1902	—
Преображенский завод	И.Б. Твердышев, И.С. Мясников	1748	1909	—
Верхне-Кыштымский завод	Н.Н. Демидов	1755	—	—
Николае-Павдинский завод	М.М. Походяшин	1760	1881	—
Ботословский на Турье завод	М.М. Походяшин	1771	1917	—
Миасский завод	Л.И. Лугинин	1776	1829	—
Нижне-Уфалейский завод	Казна	1808	—	—
Михайловский завод	Казна	1808	—	—
Верхне-Сыертский завод	П.Д. Соломирский	1854	—	—
Пышминско-Ключевской медеплавильный завод	Н.А. Стенбок-Фермор	1867	1926	Преемник — Пышминский медеэлектролитный завод
Дегтярское рудоправление	АО Сыертского горного округа	1914	2010	—
Калатинский медеплавильный завод	АО Верх-Исетских горных и механических заводов	1914	—	Преемник — Кировградская металлургическая компания

Окончание табл. 2.2. на след. стр.

Окончание табл. 2.2.

Наименование завода	Основатели	Год основания	Год закрытия	Примечания
Красноуральский медеплавильный завод	Государство	1931	—	Преемник — АО Святогор
Пышминский медеелектролитный завод	Государство	1934	—	Преемник — Уралэлектромедь
Среднеуральский медеплавильный завод	Государство	1940	—	—
Ревдинский завод по обработке цветных металлов	Государство	1941	—	—
Кировградский завод твердых сплавов	Государство	1942	—	—
Уралхиммаш	Государство	1942	—	—
Каменск-Уральский завод по обработке цветных металлов	Государство	1942	—	—

Источник: Металлургические заводы Урала XVII-XX вв. Энциклопедия. Екатеринбург: Академкнига, 2001. 536 с. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Металлургические_заводы_Урала. Редуцирован для выделения заводов с медным производством автором.

Для водоотлива из шахт сначала использовались бадьи, поднимаемые конным приводом, а затем штанговые машины, приводимые в действие водоналивными колесами, наконец, паровыми машинами Черепановых. Малахит шел на поделки, а некондиционный — на производство краски. Новациями Выйского завода стало увеличение производительности выплавки металла с помощью печей системы Рашета (с 1859 г.). Такие медеплавильные шахтные печи высотой до трех метров выдавали из 100 пудов руды по 12 пудов купферштейна второго сорта (содержавшего до 45 % меди). После обжига в кучах он затем в тех же печах плавился на черновую медь с содержанием металла до 60 %. Воздуходувные устройства при печах действовали не только от водяных колес, но и паровых машин. Во время Гражданской войны (1918 г.) все шахты Меднорудянского месторождения были затопленными, так что снова его стали разрабатывать лишь с 1972 г., но уже не для добычи меди, а железных руд: магнетита и окисленной железной руды — мартита, а также бурых железняков, причем не шахтным, а карьерным способом. Ныне из-за разноцветья бортов карьера его предложено превратить в культурно-досуговый Демидов-парк.

На Исетском (позже Екатеринбургском) казенном заводе, действовавшем в 1723–1808 гг., железоделательное, медеплавильное и чугуноплавильное производство были запущены почти одновременно. Так, медеплавильные печи были запущены в январе 1724 г., а в августе того же года началась и выплавка чугуна. В 1726 г. на базе медеплавильного производства был запущен Монетный («Платный») двор, изготавливавший квадратные медные «платы» (плиты, пластины). С запуском Верх-Исетского завода чугун оказалось выгоднее получать там, так что в 1737 г. чугун стали использовать оттуда, а домны Исетского завода остановили. Что же касается медного производства, то оно сконцентрировалось на заводе при Медном дворе, который, меняя статус и названия, продолжал действовать по 1876 г. В 1790-х гг. на нем изготавливалось около 90 % всей российской монеты.

Ключевым же для развития медного дела в районе будущего Екатеринбурга стало Гумешевское месторождение, первичную разработку которого для поставки на Уктусский завод начали еще до появления Екатеринбурга. С созданием в 1724 г. более приближенного к Гумешевскому месторождению Полевского завода при Думной горе и Полевском (Верхнем) пруде (ныне на его территории расположен Полевской машиностроительный завод), оно стало использоваться и для него. Этот Полевской меде-, чугуноплавильный

и железоделательный завод, действовавший в 1724–1930 гг., в свою очередь дал начало городу Полевскому (Свердловская область). К 1730-м гг. завод располагал 9 плавильными печами, 2 кричными горнами, рудной толчеей и обжигальной фабрикой с 13 печами. В части извлечения окисленной руды, слагаемой из медистых глин, малахита и самородной меди, с 1735 г. по 1871 г. разработка месторождения велась шахтным и шурфовым способом. В этот период глубина выработок там варьировалась от 20 до 150 м. Об использовании сульфидных руд свидетельствует наличие при заводе купоросного производства. До 1758 г. этот завод был казенным, а затем стал частным. В 1797 г. при заводе действовали две медеплавильные фабрики с 9 плавильными печами, кричным и гармахерским горнами. В последующем вместе с Северским и Сысертским заводами он вошел в Сысертский горнозаводской округ. В 1863 г. на заводе насчитывалось 14 медеплавильных печей, две отражательные пламенные печи с дутьем для рафинирования черной меди, 2 гармахерских горна, 5 паровых машин для механического обслуживания воздухоудов. В 1865 г. на нем вслед за Выйским заводом была запущена и медеплавильная печь системы В.К. Рашета. Как медеплавильный Полевской завод свернул свою деятельность после 1873 г., когда Гумёшевский рудник оскудел и стал нерентабельным. Тем не менее само месторождение с 1870 по 1937 гг. продолжили отрабатывать карьерным способом, перерабатывая медистые глины старых отвалов химическим способом (кучным выщелачиванием). В 1907 г. рядом с ним разместили сернокислотное производство (Полевской криолитовый завод). Такой промывкой старых отвалов и извлечением из них небольших количеств медной руды занимались до 1917 г. и с 1926 г. до 1931 г. в период НЭПа, когда они оказались в концессии у акционерной компании «Лена Голдфилдс». К 1957 г. на руднике были выявлены промышленно значимые коренные (скарновые) контактно-метасоматические меднорудные залежи, сопоставимые с запасами Красноуральского и Карабашского колчеданных месторождений, что в период с 1958 по 1994 гг. здесь снова привело к шахтным разработкам, но уже на более глубоких горизонтах: от 50 до 500 м. Однако наличие карстовых воронок и соседство Железянского и Северского прудов привело в итоге к обводнению этого рудного поля с образованием депрессионной воронки площадью 3,6 км² и подтоплением территории. В итоге в 2004 г. на месторождении было снова решено возвратиться к химической отработке окисленных медистых глин, только уже не с помощью метода кучного, а подземного выщелачивания на глубинах от 50 до 100 м.

Таким образом, технологии добычи меди на месторождении прошли все стадии от примитивных пирометаллургических циклов до химических методов кучного и подземного выщелачивания в XX и XXI в.

Следующим принципиальным технологическим сдвигом в сфере рафинирования меди стали электролитические технологии и создаваемые на их основе медеэлектролитные заводы. На Южном Урале первым таким заводом стал Кыштымский медеэлектролитный завод (КМЭЗ), перепрофилированный в 1906 г. английским предпринимателем Л. Урквартом из железоделательного завода, созданного еще в 1757 г. Н.Н. Демидовым. Для этого на Верхне-Кыштымском и Соймоновском (близ Карабаша) заводах им были построены небольшие печи для плавки медного колчедана, а для размещения рафинировочных медеплавильных печей (2 анодных печей производительностью от 40 до 60 т меди в сутки) и электролизных ванн были использованы здания бывших пудлинговой и волочильной фабрик. В 1908 г. завод первым в России начал выпускать рафинированную медь в круглых слитках, а из шлама, накапливаемого в ваннах в процессе электролиза благородные металлы. В 1910 г. с началом производства черновой меди Карабашским медеплавильным комбинатом электролизное производство меди было расширено (вместо 5 т печей были построены 25 т печи Сименса, а для выработки тока установлены паровые машины, приводившие в действие динамо-машины постоянного тока мощностью по 200 кВт. К 1914 г. объем производства меди на заводе превысил 13 тыс. т. После 1917 г. завод был национализирован. В 1923–1929 гг. под руководством проф. Н.Н. Барабошкина и инженера В.А. Аглицкого на заводе была модернизирована схема обработки медеэлектролитных шламов, благодаря чему в 1928 г. впервые в СССР удалось наладить из них извлечение селена и достичь дореволюционного уровня производства меди. В 1937 г. был введен в эксплуатацию цех по производству медного купороса. Впоследствии медь и ее сплавы, полученные на заводе, оказались востребованными в электротехнике, в производстве двигателей и снарядов, а в 1961 г. налажено производство медной фольги (до 300 т в год). В 1975–1992 гг. завод входил в состав комбината «Уралэлектромедь», а после акционирования и ряда преобразований в 2004 г. вошло в состав холдинга ЗАО «Русская медная компания». С 1993 г. там начался выпуск радиаторной ленты, а в 1995 г. на автоматизированной линии — выпуск медной кантаны (10 тыс. т в год). В 2000-е гг. выпуск электролитической меди

на предприятии был доведен до 120 т в год, а производство фольги выделилось в отдельное предприятие (ООО «Уралэлектрофольга»).

Другим крупным предприятием с электролизным производством меди стал Пышминский медеэлектролитный завод, ставший преемником Пышминско-Ключевского медеплавильного завода, возникшего на базе Пышминско-Ключевского месторождения медных колчеданных руд и действовавшего в 1867–1926 гг. (до 1876 г. он производил черновую медь¹, которая переплавлялась в чистую на Верх-Исетском заводе, а с 1900-х гг. стал полнопрофильным: с печами для рафинирования цветных металлов).

В 1920-х гг., когда ставку для восстановления региональной промышленности сделали на план электрификации всей страны (ГОЭЛРО), то медь высокой чистоты (более 99,9 %) и производство из нее проводов и прочих элементов электросистем решили получать при Екатеринбурге. Первично для этого в 1924 г. даже запустили два медных завода², но их мощностей оказалось недостаточно,

¹ В руде, добытой в карьере или шахте, содержание меди очень низкое — как правило, от 0,3 % до 1,5 %. Чтобы получить из нее сырье с более высоким содержанием металла (медный концентрат), руду дробят вручную, отделяя от нее продуктивные и непродуктивные породы, или механизировано, отправляя с помощью конвейера на обогатительную фабрику, которую, как правило, располагают при карьере. На фабрике после прохождения еще нескольких стадий измельчения руда подвергается флотации. В процессе флотации за счет применения специальных реагентов и пузырьков воздуха во флотомашинах происходит отделение минералов меди от пустой породы. После чего взболтанное и химически обработанное вещество (пульпа) с минералами меди сгущается и фильтруется, образуя медный концентрат, содержащий от 16 до 30 % меди. Далее этот концентрат плавят в специальной печи. Получаемый после плавки промежуточный продукт для извлечения меди из сульфидных руд (смесь сульфидов железа, никеля, меди, кобальта и других элементов или сплав сульфида железа FeS с сульфидом меди Cu₂S) в металлургии называемый штейном (от нем. *Stein* — камень) и содержащий уже не менее 50 % меди, конвертируют (прокаливают) с целью удаления из него серы и получают черновую медь с содержанием главного компонента 98–99 % (остальное — различные примеси, в том числе драгоценных металлов). Одним из самых известных металлургических предприятий России, где производят черновую медь, является завод «Карабашмедь». Мощность медеплавильного производства на предприятии составляет до 130 тыс. тонн черновой меди в год. Источник: Ванюков А. В., Зайцев В. Я. Шлаки и штейны цветной металлургии. М.: Металлургия, 1969. 408 с.

² В контексте данного исследования из них следует упомянуть «генетически» связанный с Верх-Исетским заводом Калатинский медеплавильный завод (позже - Кировградский медеплавильный завод, Кировградский медеплавильный комбинат и ЗАО «Кировградская металлургическая компания»). Первую медь на Калатинском медеплавильном заводе наследников Яковлевых, входившего в группу

что привело к решению создать здесь крупный медеэлектролитный завод (1928 г.), аналогичный построенному в 1922 г. в Эль-Пасо, штат Техас. А по соседству для энергообеспечения такого завода и города было запланировано строительство Среднеуральской ГРЭС с прокладкой до нее железнодорожных путей.

В 1932 г. был начат монтаж оборудования завода и кладка анодной и вайербарсовой печей (*т. е. печей для плавления меди и ее разлива в форме пластин и плиток — В. Л.*), а к осени 1934 г. с их помощью были получены первые аноды. Вместе с очисткой черновой меди от вредных примесей на заводе сразу предполагалось и выделение из нее благородных металлов.

Проектной мощности первой очереди (25 тыс. т меди) Пышминский медеэлектролитный завод достиг к концу 1935 г. Сверх плана выданы медь, золото, серебро, селен. Уже при этих показателях он стал самым мощным в СССР и крупнейшим в Европе. В 1939 г. в соответствии с курсом третьей пятилетки на химизацию на нем было налажено производство медного купороса, а к 1940 г. вышел на проектную мощность с переработкой около 70 % всей черновой меди СССР. С учетом сверхконцентрации на Урале эвакуированных оружейных заводов на них из продукции Пышминского медеэлектролитного завода удалось наладить выпуск до 80 % всех гильз для снарядов, а также специальных сплавов на основе меди и никеля.

предприятий Акционерного общества Верх-Исетских горных и механических заводов, выплавляли в 1914 году. Руда для него бралась из месторождения залежей медного колчедана на берегу Шигирского озера. По тем временам он был неплохо оборудован, но в 1917 г. завод и рудники прекратили работу и до 1922 г. находились на консервации. Лишь с мая 1922 г. завод возобновил работу, но мощности его были невелики. В 1935 г. он стал называться Кировградским. К 2002 г., переработка сырья на нем увеличилась с 250 тыс. до 600 тыс. тонн. Ныне — это крупное предприятие цветной металлургии, включающее горное, металлургическое и химическое производства; связанные единой технологической цепочкой — от добычи руды до выпуска готовой продукции. Калатинский рудник в окрестностях современного г. Кировграда, был закрыт в 1942 году. В целом за всю историю его эксплуатации на Калатинском медно-серном месторождении было добыто более 5,2 млн тонн руды, из которой было получено около 100 тыс. тонн меди. В 1935 году, когда завод переименовали в Кировградский, руду стали поставлять с Левихинского и Карпушихинского рудников. В 1957 г. Кировградский медеплавильный завод был преобразован в Кировградский медеплавильный комбинат, объединив горное, металлургическое и химическое производства, а в 1993 году — в АО «Кировградский медеплавильный комбинат». После ряда промежуточных трансформаций в 1999 г. возникает ЗАО «Кировградская металлургическая компания», которая вошла в Уральскую горно-металлургическую компанию (УГМК).

К 1960 гг. Пышминский электролитный завод стал экспериментальной базой Государственного научно-исследовательского и проектного института редкометаллической промышленности («ГИРЕДМЕТ», г. Москва) по инновациям в сфере современной порошковой металлургии и разработке технологий электролитического получения и рафинирования редкоземельных металлов с опытно-промышленным предприятием Уралредмет, что в 1970-х гг. привело к формированию Уральского комбината по электролитическому рафинированию и обработке меди «Уралэлектромедь», куда также были включены Пышминский рудник с обогатительной фабрикой и Кыштымский медеэлектролитный завод. В 1979 г. на комбинате был открыт новый цех медных порошков, дополненный в 1986 г. цехом электролиза медной фольги для трансформаторов. В 1992 г. комбинат акционировался и стал единственным в стране предприятием, выпускающим медные электролитические порошки. В конце 1990-х гг. там также было налажено производство медной катанки и создан участок аффинажа золотых и серебряных слитков. К 2000-м гг. это позволило предприятию стать головным в открытом акционерном обществе «Уральская горно-металлургическая компания» (ОАО «УГМК») со штаб-квартирой в Верхней Пышме. Ее филиалами тогда стали «Производство полиметаллов» (г. Кировград) и «Производство сплавов цветных металлов» (пос. Верх-Нейвинский), ряд ключевых уральских меднорудных месторождений и горнообогатительных комбинатов — ГОКов («Гайский ГОК», «Бурибаевский ГОК», «Урупский ГОК», «Башкирская медь», «Сафьяновская медь», АО «Святогор» (Северный медно-цинковый рудник, Волковский рудник), «Учалинский ГОК», ЗАО «Шемур» (Шемурское месторождение, Ново-Шемурское месторождение), «Малышевское рудоуправление»); предприятия металлургического комплекса («Среднеуральский медеплавильный завод», «Медногорский медно-серный комбинат», «Уралэлектромедь», «Башкирский медно-серный комбинат»), комплекс предприятий по обработке цветных металлов («Кольчугинский завод цветных металлов», «Ревдинский завод по обработке цветных металлов») и электротехнического профиля («Сибкабель», «Уралкабель», «Кольчугинский завод Электрокабель»).

Из рудников в районе Ревды — Первоуральска в первую очередь (1730 гг.) в разработку попали залежи железных руд, найденные на сопках при горе Волчихе (Магнитки I, II, III и IV). На их базе Демидовыми были построены два чугуноплавильных и железоделательных заводов: Шайтанский (1732 г.), давший начало будущему

Первоуральску и южнее — Ревдинский (1734 г.). Для плавки железа и чугуна Ревдинский завод стал использовать руду, а также крупные глыбы пироксенитов и магнетитов, содержащих до 55–60 % железа. Из верхней окисленной части этой «железной шапки» с 1760 г. по 1914 г. на заводе стали выплавлять и медь¹. К 1870-м гг. там работало 3 шахтные медеплавильные печи.

С началом социалистической индустриализации СССР на базе развития электроэнергетики и крупных предприятий черной металлургии и тяжелого машиностроения возникла также потребность и в развитии крупных комплексов цветной промышленности и прежде всего соответствующей металлургии. В 1933 г. это привело к строительству на базе мощного Дегтярского месторождения сульфидных медных руд гиганта цветной металлургии СССР — Среднеуральского горно-химико-металлургического комбината, запущенного в 1940 г.

Что касается Дегтярского медного рудника, то он возник в 1904 г. на месте поселка углежогов и дегтярей, где также были обнаружены макушки («шляпы», или кепроки) залежей бурых железняков, под которыми залегала медная руда. С 1914 г. это медно-колчеданное месторождение стали разрабатывать. Позже, когда в 1939–1940 гг. на Дегтярском руднике были запущены новые шахты «Капитальная № 1» и «Капитальная № 2», которые обеспечивали Среднеуральский медеплавильный завод (СУМЗ) в Ревде сырьем до 1995 г., выяснилось, что оно — одно из крупнейших в мире. Во многом шахты месторождения пришлось затоплять из-за экологических проблем.

Можно отметить также, что в отличие от заводов, эксплуатировавших медные песчаники и легкоплавкие минералы оксидов меди зеленорудной или малахитовой зоны Восточного склона Урала, здесь ставка сразу делалась на разработку залежей сульфидных медных руд, освоенных только в XX в.

В рамках представлений об энергопроизводственных циклах месторождение представляет большой интерес не только с позиций оставленных экологических проблем, но и освоенных здесь технологий добычи руды, т. к. именно здесь начали использовать химические и даже биологические технологии выщелачивания меди из руд, что позволило существенно повысить извлекаемость из них ценных компонентов. С учетом оставшихся промышленно

¹ Новиков С. Г., Новикова Т. А. Ревда. Три века истории. Екатеринбург: Станционный смотритель, 2018. 408 с. С. 47. URL: <https://www.calameo.com/read/005234526c648be1aeaca>

значимых медных месторождений меди на юге и севере Урала ОАО «Уральская горно-металлургическая компания» (УГМК, г. Верхняя Пышма Свердловской области) до сих пор добывает до четверти рудничной меди страны.

В плане выделения перспективных технологий отметим, что накануне «перестройки» на заводе началась модернизация производства, в частности, строительство весьма перспективных печей Ванюкова, первая из которых вошла в строй в 1994 г., а вторая — в 2009 г. Подчеркнем, что технологии Ванюкова — это прорывные технологии замкнутых горнодобывающих и металлургических производств XXI в., которые позволяют не только получать медь, но и давать тепло, наконец, утилизировать бытовые и промышленные отходы. Возникли они в связи с необходимостью решения проблем ликвидации экологически вредных отходов для окружающей среды в СССР еще в 1970-е гг. Тогда и попытались разрешить проблему разработкой металлургической «технологии Ванюкова» с созданием печей, получивших впоследствии его имя¹. Ее основой стала автогенная металлургическая плавильная печь (печь Ванюкова) для переработки, как правило, медных, медно-никелевых и медно-цинковых концентратов, шлаков либо отходов. Достоинством такой печи является то, что процессы в ней при должном исходном разогреве далее могут идти за счет внутренних энергетических ресурсов, без лишних затрат посторонних источников тепловой энергии (топлива) или электрического тока. Происходит это из-за того, что шихта при взаимодействии с воздухом (реакций окисления или горения с большим выделением тепла) достигает высоких температур (от 1200 до 1700 °С) и эту тепловую энергию можно использовать не только для выплавки нужных элементов,

¹ Андрей Владимирович Ванюков (1917–1986) — основатель научной школы металлургии тяжелых цветных металлов, профессор, доктор технических наук, заслуженный деятель науки и техники РСФСР, изобретатель «печи Ванюкова». Работал в Московском институте стали и сплавов, где свои опытные установки начал сооружать к 1950-м гг. Первая промышленная печь Ванюкова, предназначенная для плавки медного сырья, была построена в Норильске на комбинате «Норильский никель» в 1977 г. Ныне там, как и в Ревде, работают две такие печи. Наиболее полно технические и технологические идеи Ванюкова представлены в монографии с его участием (Ванюков А. В., Уткин Н. И. Комплексная переработка медного и никелевого сырья. Челябинск : Металлургия, 1988. 432 с.), а опыт эксплуатации обобщен в работе «Об опыте эксплуатации «печи Ванюкова» (Костин В. И. Опыт работы печи Ванюкова на ОАО «Комбинат Южуралникель» // Цветные металлы. 2008. № 11. С. 45–48).

но и для отопления помещений, генерации иных видов энергии, включая электрическую. Для поддержания теплового баланса в такую печь может также подаваться природный газ, жидкое топливо или уголь. Образующуюся же при плавке смесь сульфидов железа, меди, никеля и кобальта, так называемый штейн, а также отходящие газы непрерывно выводятся из печи и далее используются по назначению. Преимуществом перед домной печи Ванюкова является то, что ее сырьем могут быть накопленные за десятилетия отходы металлургического производства: шлак и низкосортный уголь, промышленные и бытовые отходы, включающие высокотоксичные и биологически опасные отходы животноводческих хозяйств. Особо ценно, что в такой печи полностью распадаются и высокотоксичные органические соединения (диоксины, фураны и др.), а это позволяет ее использовать для экологических целей (переработки мусора и утилизации отвалов). По габаритам она представляет собой печь с рабочим пространством в виде шахты прямоугольного сечения шириной 2,5 м, а длиной — 10 м. Высота печи — 6 м. В ее продольных боковых стенках на высоте 2,5 м установлены водоохлаждающие фурмы, подающие в расплав кислород. Так как стенки рабочего пространства печи выполнены из огнеупорного кирпича, который, к сожалению, не выдерживает температуры расплава шлака (1400 °С), их выполняют в виде водоохлаждаемых медных кессонов, располагаемых в зоне продувки воздухом или кислородом шлака ниже и выше оси фурм. При этом сами горн и под печи делаются из огнеупорного кирпича. Важно подчеркнуть, что печи и технологии Ванюкова позволяют реализовать реформу отрасли переработки отходов на один-два порядка дешевле и без «зеленых» тарифов, поскольку они не требуют дополнительных затрат на ТЭЦ, предусмотренных для иностранных мусоросжигательных заводов.

Соответственно, вместе с мощными мартеновскими печами на Ревдинском метизно-металлургическом заводе с завалкой руды почти до 200 т, печи Ванюкова на СУМЗе стали показательными объектами современной черной и цветной металлургии Среднего Урала на пути решения проблемы замкнутых технологических циклов.

Ныне СУМЗ — это крупнейшее на Среднем Урале предприятие по выплавке меди, а также производству из отходящих металлургических газов, серной кислоты. До 1994 г. на нем перерабатывались руды Джезказганского, Сибайского, Учалинского, Гайского и Гумешевского месторождений, а затем из-за вывода из эксплуатации Дегтярского месторождения — шлаки медеплавильного

производства. В 1997–1999 гг. там перерабатывались медно-колчеданные руды Сафьяновского месторождения, расположенного восточнее Режа, а с 2006 г. и Султановского рудника в Челябинской области. В результате к 2010-м гг. на предприятии была проведена масштабная реконструкция и построен новый комплекс по производству серной кислоты. Ежегодное производство черновой меди на предприятии в 2000-е гг. достигало 100 тыс. т. Для утилизации металлургических газов мощность комплекса по выпуску серной кислоты мощностью планировалось довести до 1,14 млн т.

Еще одним заводом на Урале, где также началось внедрение технологии Ванюкова, стал металлургический комбинат «Южуралникель» в г. Орске. Причиной этому стали протесты населения из-за выбросов вредных веществ комбината, повлекших заболеваемость и смертности работников комбината и жителей города.

В итоге там в 2005 г. под руководством учеников А. В. Ванюкова — д. т. н. В. П. Быстрова и д. т. н. З. Г. Салихова была запущена автоматизированная двухзонная (с плавильной и восстановительной зонами) печь Ванюкова с площадью подины 26 м² и производительностью 770000 т/год. Эта печь эксплуатировалась на комбинате «Южуралникель» по 2008 г. Приостановили ее по причине полной выработки ресурсов бедной руды с содержанием пылевидных руд никеля менее 1 %.

В дальнейшем вышеуказанными учениками Ванюкова были созданы усовершенствованные многозонные «печи Ванюкова» с показателями, не имеющими аналогов в мире.

В экономическом аспекте любопытно отметить, что в 2012 г. из-за низких рыночных цен на продукцию комбинат «Южуралникель» и вовсе был остановлен, а его производственные мощности, к тому моменту составлявшие 17 тыс. т чистого никеля в год, 80 % которого шло на экспорт, законсервированы. Персонал, насчитывающий тогда 3,7 тыс. чел., также был сокращен до 150 чел.

Следует отметить, что в плане добычи меди и в целом цветных металлов промышленное значение ныне имеют не только медноколчеданные, но и скарновые медно-магнетитовые, медно-титаномагнетитовые и медно-порфиновые месторождения. В этом аспекте добыча меди сместилась на Южный Урал, где осваиваются Гайское, Сибайское, Подольское, Узельгинское месторождения.

Таким образом, промышленно значимые медные месторождения в настоящее время в основном остались на юге Урала. В целом же Уральский меднорудный район дает до трети добываемой рудничной меди в стране, 28 % добычи которой осуществляют

дочерние компании «Уральской горно-металлургической компании» (УГМК, г. Верхняя Пышма Свердловской области).

В перспективе для эффективной переработки отработанного рудного сырья, содержащего цветные металлы в отвалах, равно как и для сжигания твердых бытовых отходов, печи Ванюкова будут все же более востребованными. Дело в том, что они позволяют сделать эффективной переработку не только промышленных отходов, но и коммунальных отходов свалок, включающих вещества наибольшей опасности, так как в них высокотемпературная (1400 °С и выше) переработка ТБО приводит к полному разложению вредных веществ и в горячей зоне высокотоксичные органические соединения успевают распадаться. Большим технологическим преимуществом «процесса Ванюкова» стал широкий диапазон утилизируемых отходов: пыли и золы ТЭЦ, автомобильных покрышек, отработанных горюче-смазочных материалов, отходов нефтяной и угольной промышленности, осадков городских сточных вод. При этом если отходы негорючие, то в качестве топлива для печей могут использоваться: каменный уголь, мазут или природный газ. Наконец, печи Ванюкова оказались пригодны в качестве энергетических парогенераторов для попутного производства тепловой и электрической энергии¹.

Таким образом, в технологической системе на основе печи Ванюкова осуществляется замкнутый экологизированный энергопроизводственный цикл.

Важно подчеркнуть, что значимым отличием печей Ванюкова от обычных пламенных печей является то, что в них для плавки и обработки вещества используются мощные газовые горелки, т. е. по сути — термоплазменные источники направленного действия, стимулирующие более глубокие физико-химические трансформации в обрабатываемом веществе, нежели химические реакции окисления (горения), во многом еще неосмысленные фундаментальной наукой. Таким образом, ЭПЦ с их использованием следовало бы отнести к переходному типу: синтетическому пирометаллургическому плазменно-химическому циклу.

В целом для понимания трендов развития ЭПЦ, как было показано автором в [20–22], ныне более целесообразно не расширять и обосновывать список все более современных и новых ЭПЦ, как это

¹ Салихов З. Г. Правительству РФ: Как реализовать проект «Чистая страна» в 150 раз дешевле. URL: <https://regnum.ru/news/polit/2822703.html> (дата обращения: 02.01.2020).

пытались делать Н.Н. Колосовский и его последователи, а пользоваться их характеристической матрицей с небольшим набором критериальных параметров, достаточно просто позволяющих оценивать место того или иного ЭПЦ в их общей иерархии по виду используемых в них энергии, топлива, предметов и средств труда.

В таблице 2.3 такая матрица, разработанная автором, приведена для оценки эволюции ЭПЦ цветных металлов и статуса его технологий на примере анализа эволюции и технологий медной промышленности Урала.

Из таблицы 2.3 видно, что технология Ванюкова может быть отнесена к пятому укладу (строка 5.1). В пространственном отношении их следовало бы максимально приближать к местам наиболее крупных в регионе месторождений меди, перспективных как с позиций их разработки, так и использования накопившихся отвалов.

Как было показано в работах [26–29] и отмечено в данном исследовании со ссылкой на Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации» [30], ныне таковые сосредоточены на Южном Урале в пограничье Оренбургской области и Республики Башкортостан, а также в Свердловской области (Сафьяновское месторождение).

Однако если в Свердловской области предприятия меднорудного комплекса, ориентированные на переработку колчеданных руд (Среднеуральский, Кировградский и Красноуральский медеплавильные заводы), связаны с железными дорогами, то на юге в районе их наиболее крупных месторождений железнодорожная сеть разорвана [26, 29]. Вместе с тем с учетом того, что они достаточно компактно локализованы, их было бы целесообразно объединить в единый горнорудный промышленный узел, что делает актуальной задачу формирования должной транспортной инфраструктуры. Повышенный интерес при этом представляют месторождения, расположенные вдоль прихребтовой оси Учалы — Сибай — Бурибай — Гай — Орск. Данная «медная» ось делает в целом целесообразным развитие Восточно-Уральской прихребтовой железной дороги Миасс — Орск как опорной для региона, поскольку при продолжении ветки от г. Учалы до Магнитогорска обеспечивает выход к Сибая, откуда к Магнитогорску железнодорожная ветка уже есть. Если же ее продлить до ст. Сара и Гая, то благодаря этой железной дороге возникает стратегически выгодный выход не только к Орску (железнодорожная ветка от Гая к Орску уже есть), но и к Медногорску с Оренбургом. Более того, если от Миасса в северном меридиональном направлении продлить железнодорожную линию до Карабаша,

Матрица (ij) с критериальными параметрами (i, j = 1,2...N) для оценки эволюции ЭПЦ цветных металлов и статуса его технологий на примере медной промышленности

Место, время	Вид энергии средства труда	Вид топлива для средства труда	Предмет труда	Средства труда
1.1 (XVIII)	Механическая энергия воды (12)	Твердое природное (Дерево, уголь) — 13	Медистые песчаники, Оксидная руда (14)	Водно-механические (15)
2.1 (XIX)	+ Тепловая энергия пара (22)	Твердое искусственное (Кокс) — 23	Оксиды меди, полиметаллические руды (24)	+ паровые двигатели (25)
3.1 (XIX–XX)	+ Химическая энергия (32)	Жидкое — 33 (мазут, бензин, etc.)	Полиметаллические руды + сульфиды (34)	+ двигатели внутреннего сгорания (35)
4.1 (XX)	+ Электромагнитная энергия (42)	Газообразное — 43 (природный газ)	Колчеданы (44)	+ электротехника (45)
5.1 (XX–XXI)	+ Электрохимическая энергия (52)	Электрохимическое (электролиты) — 53	Сульфиды меди (54)	+ электролитические агрегаты (55)
6.1 (XX–XXI)	+ Ядерная энергия (62)	Радиоактивные вещества и смеси (63)	Плазма, ядерное топливо распада (64)	Плазмотроны, ядерные реакторы (65)
7.1 (XX–XXI)	Ядерно-химическая (72)	Вещества в условиях холодного ядерного синтеза — слабознергетических трансмутаций (73)	Топливо ядерного синтеза — мутаций (74)	Ядерно-химические реакторы (75)

Источник: Литовский В. В. К вопросу о трансформации энергопроизводственных циклов в рамках фундаментальных представлений об их эволюции на примере Урала. Ч. 1. Золотопромышленность // История и современное мировоззрение. 2023. Т. 5, № 3. С. 26–40. В вышеуказанной работе автором предложена специализированная матрица ЭПЦ для золотопромышленности. Для медной промышленности авторская матрица оценки специализированного ЭПЦ приводится здесь впервые.

то это создает также укороченный прямой прихребтовый выход к Екатеринбургу, связывая воедино все ключевые предприятия меднорудного комплекса и сопряженных с ним энергопроизводственных цепочек Урала, а тем самым существенно улучшает потенциал макрорегионального территориально-производственного комплекса.

То же можно было предложить в перспективе и для реанимации меднорудной отрасли на западном склоне Урала, специализировавшейся на разработке медистых песчаников.

В этом аспекте в современных условиях было бы правильным приоритетно в большей мере базироваться на инфраструктурном развитии уже сложившихся региональных ТПК с более быстрой отдачей вложений и менее проблемными затратами, нежели на идеях транзитных или «коридорных» высокочрезвычайно затратных межрегиональных инфраструктур со связыванием регионов и территорий с менее определенным мультипликативным потенциалом.

Таким образом, для развития производительных сил в регионах и рационального использования их в новых современных условиях, а также в качестве одного из ключевых подходов для реализации инфраструктурных проектов в пространственно-территориальном планировании важна опора на опыт использования потенциала базовых крупных территориально-производственных комплексов (ТПК) и гармонизации их энергопроизводственных цепочек, или циклов (ЭПЦ), особенно в тех случаях, когда возможна замкнутость их циклов (ЭПЦ).

ГЛАВА 3. ОСОБЕННОСТИ ИНВЕСТИЦИОННОГО И КАДРОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

3.1. Концептуальные основы инвестиционного процесса в энергогенерирующем комплексе

В современных условиях на динамику развития энергогенерирующего комплекса (ЭГК) во многом влияет инвестиционная привлекательность энергокомпаний, которая характеризуется возможностями привлечения ресурсов при оценке преимуществ и недостатков энергобизнеса в сфере генерации энергии с точки зрения лица, принимающего решение об инвестициях.

Процесс развития конкуренции в ЭГК зачастую сталкивается с проблемами, негативно влияющими на инвестиционную привлекательность энергокомпаний и, соответственно, на перспективы развития как самой электроэнергетики, так и потребляющих отраслей [31]. К их числу можно отнести далекие от оптимальных значения технико-экономических показателей, а также показатели, характеризующие инвестиционную составляющую проектов, например, капиталовложения, срок окупаемости, рентабельность и т. п.

Инвестиционный процесс позволяет существенно нейтрализовать кризисные явления и предполагает совместную разработку антикризисных мер органами управления регионом и менеджментом энергокомпаний. Высокая результативность проектов развития энергокомпаний может существенно зависеть от возможностей доступа к инвестиционным ресурсам, необходимым для реализации проектов внедрения конкурентоспособных энергетических технологий. Предварительный анализ инвестиционных процессов в региональной электроэнергетике позволил определить круг угроз, снижающих инвестиционную привлекательность энергокомпаний. Это помогло наметить основные мероприятия, необходимые для повышения конкурентоспособности, которые также могут стать основой для разработки рациональных управленческих решений:

- 1) предотвращение возникновения и реализации угроз развитию;
- 2) повышение скорости реакции на возникающие угрозы;
- 3) поддержание устойчивости работы.

По своим свойствам первые две группы можно считать превентивными, а третью отнести к ликвидационным мероприятиям.

В рамках первой группы в качестве способствующих повышению инвестиционной привлекательности мероприятий, а также мероприятий по нейтрализации угроз можно предложить следующие.

1. Повышение независимости энергопотребляющей системы от специфики текущей работы ЭГК и его состояния:

— рационализация регионального энергобаланса при минимизации образования дефицита электрической энергии за счет усиления ресурсосберегающей политики;

— повышение уровня самобалансирования энергосистем регионов;

— углубление диверсификации первичных энергоресурсов;

— повышение гибкости энергоснабжения потребителей.

2. Совершенствование структуры энергетических мощностей на базе новых технологий:

— повышение уровня интеграции энергоизбыточных и энергодефицитных энергосистем за счет усиления межрегиональных связей;

— оптимизация централизации и децентрализации энергоснабжения;

— соблюдение экологических ограничений;

— комплексное использование первичных энергоресурсов.

3. Формирование устойчивой энергоснабжающей системы в условиях воздействия обстоятельств непреодолимой силы (чрезвычайных ситуаций):

— оптимизация структуры генерирующих мощностей на территории региона;

— резервирование первичных энергоресурсов (уголь, газ, мазут, торф);

— широкая дифференциация топливных ресурсов;

— аккумулярование критических материальных ресурсов.

4. Повышение надежности функционирования энергогенерирующих мощностей:

— использование энергетического оборудования с высокими показателями надежности и экономичности;

— активизация политики технического перевооружения;

— повышение системной надежности и устойчивости.

В качестве ликвидационных мер, направленных на нейтрализацию чрезвычайных ситуаций, особую роль можно отвести оптимальному распределению энергетических ресурсов, а также более рациональному энергоснабжению потребителей. С учетом ориентиров

развития регионов следует предусмотреть возможности поддержания надежности систем жизнеобеспечения на приемлемом уровне, позволяющем не допустить проявления кризисных явлений в территориально-промышленном комплексе. Нормативно-правовые процессы в рамках госрегулирования должны способствовать принятию управленческих решений, улучшающих условия реализации проектов в сфере электроэнергетики и функционирования регионального энергорынка. Вопросы, связанные с нейтрализацией угроз в электроэнергетике субъектов федерации, следует решать на уровне региональных органов государственного управления в соответствии с нормативно-правовыми документами в пределах своей компетенции. В число основных работ в этом направлении входит совершенствование энергетического законодательства, системы тарифообразования, а также правил технической эксплуатации высокотехнологического энергетического оборудования. Таким образом, законодательство в области регулирования электроэнергетики должно показывать место государственных органов власти в регулировании процессов ее развития и функционирования, регламентацию взаимных отношений субъектов системы управления. Также важно предусматривать совместную ответственность всех контрагентов.

Для повышения инвестиционной привлекательности энергобизнеса необходимо рациональное комбинирование ресурсов, позволяющих увеличить использование инвестиционного капитала, в т. ч. за счет ресурсов, относящихся к технологическим и экологическим составляющим. В условиях энергоперехода весьма существенным фактором, влияющим на инвестиционную привлекательность, выступает отраслевая модернизация, являющаяся основой активизации конкуренции в электроэнергетике [31, 32].

В процессе моделирования вариантов использования инвестиционных ресурсов следует учитывать высокую вероятность их влияния друг на друга. Поэтому для окончательной оценки и выбора варианта использования инвестиционного капитала нужно учитывать показатели, интегрированные в пределах периода, в течении которого ведется инвестиционная деятельность.

С учетом изложенного выше, в настоящее время возникающие сложности активизации инвестиционного процесса в ЭГК способствуют росту технологического отставания генерирующих мощностей от современного мирового уровня. К числу основных проблем электроэнергетической отрасли, выносимых на общегосударственный уровень, следует отнести ограничение доступа к современным технологиям генерации энергии, низкое качество

сервисного обслуживания, существенный износ основного оборудования электростанций, существенную долю в энергосистемах генерирующего оборудования, работающего в низкоэкономичном, либо неэкономичном режимах, а также значительное число используемого импортного оборудования, создающего угрозу энергетической безопасности.

Снижение угроз энергетической безопасности возможно, в частности, за счет использования внутренних ресурсов энергокомпаний и привлечения частных инвестиций. Достаточно низкая инвестиционная привлекательность энергобизнеса в сфере генерации энергии создает предпосылки для организации масштабного комплекса работ по модернизации генерирующих мощностей энергокомпаний на основе отечественного оборудования. Кроме этого, необходимо совершенствование научно-методической базы для решения задач объективной оценки угроз энергетической безопасности и повышения инвестиционной привлекательности.

Для решения задачи неопределенности при изучении инвестиционной привлекательности проектов в электроэнергетике может быть использован многокритериальный анализ с применением математического аппарата теории нечетких множеств [33–38]. Такой методический подход поможет изучить проблему влияния фактора неопределенности на управленческие решения по развитию энергогенерирующих компаний и определить уровень надежности энергетических систем, с учетом включения в работу возобновляемых источников энергии. Таким образом, для изучения вопросов надежности комбинированных энергетических систем наибольший интерес будет представлять определение доли мощности возобновляемых источников и выбор их типа на основе многокритериальности.

3.2. Инвестиционные ресурсы и ценообразование на электрическую энергию

Развитие электроэнергетики является основой экономическо-го развития страны. Необходим сбалансированный учет интересов как отраслей производства, передачи и распределения электроэнергии, так и потребителей их продукции. Слишком высокая стоимость электрической энергии позволяет развиваться отрасли, но является фактором, тормозящим развитие других отраслей. Мы исходим из гипотезы, что среди прочих факторов инвестиции в инновации электроэнергетики смогут послужить обновлению технико-технологической основы для более экономной энергетики и снижению

тарифов. Поэтому выбор оптимальной стратегии финансирования отраслей электроэнергетики является важнейшей задачей.

Потребление электроэнергии. В Российской Федерации за период 2012–2022 гг. наблюдается тенденция увеличения потребления электроэнергии в целом, при этом потребление в обрабатывающих производствах снизилось, хотя и незначительно; в остальных отраслях, а также у населения потребление возросло, также можно отметить сокращение потерь в электросетях общего пользования (табл. 3.1). В Уральском федеральном округе в целом тенденции аналогичные, за исключением того, что в обрабатывающих производствах потребление увеличилось. Потребление электроэнергии в обрабатывающих производствах в Курганской, Свердловской и Челябинской областях за период 2012–2022 гг. снизилось, при этом в Тюменской области потребление увеличилось в 5,6 раза.

Таблица 3.1

**Потребление электроэнергии, крупные,
средние и малые организации, ГВт-час**

Отрасли экономики	Данные показателя по годам				
	2012	2017	2020	2021	2022
<i>Российская Федерация</i>					
Всего	1 063 320	1 089 105	1 085 045	1 135 353	1 153 595
Добыча полезных ископаемых	126 190	134 905	135 522	137 307	142 186
Обрабатывающие производства	329 740	317 575	314 603	323 970	322 545
Транспортировка и хранение	—	86 662	85 211	90 236	94 077
Деятельность железнодорожного транспорта	47 715	49 873	50 973	53 850	57 012
Потери в электросетях общего пользования	106 667	105 261	95 572	97 829	98 506
Потребление населением — всего	137 127	155 669	163 424	175 768	180 965
<i>Уральский федеральный округ</i>					
Всего	187 255	185 453	188 367	187 663	190 378
Добыча полезных ископаемых	68 495	71 001	72 309	70 888	74 463
Обрабатывающие производства	45 074	46 709	49 978	50 281	49 046

Продолжение табл. 3.1 на след. стр.

Продолжение табл. 3.1

Отрасли экономики	Данные показателя по годам				
	2012	2017	2020	2021	2022
Транспортировка и хранение	—	12 399	11 802	12 071	11 945
Деятельность железнодорожного транспорта	5 435	5 139	5 468	5 613	5 671
Потери в электросетях общего пользования	15 606	13 222	11 627	10 476	10 414
Потребление населением — всего	13 425	14 649	15 074	15 676	16 299
<i>Курганская обл.</i>					
Всего	4 335	4 360	3 875	3 971	4 008
Добыча полезных ископаемых	37	66	52	49	49
Обрабатывающие производства	591	603	541	544	560
Транспортировка и хранение	—	858	1 014	1 033	1 024
Деятельность железнодорожного транспорта	857	463	850	891	892
Потери в электросетях общего пользования	663	569	474	502	514
Потребление населением — всего	673	818	870	895	921
<i>Свердловская обл.</i>					
Всего	52 919	48 037	48 649	49 157	48 194
Добыча полезных ископаемых	3 961	3 524	4 048	4 051	3 848
Обрабатывающие производства	21 832	18 884	19 440	19 395	18 476
Транспортировка и хранение	—	3 584	3 059	3 066	3 098
Деятельность железнодорожного транспорта	2 070	2 139	2 252	2 256	2 288
Потери в электросетях общего пользования	5 116	4 179	3 221	3 124	3 114
Потребление населением — всего	4 638	5 133	5 354	5 809	5 978

Окончание табл. 3.1 на след. стр.

Окончание табл. 3.1

Отрасли экономики	Данные показателя по годам				
	2012	2017	2020	2021	2022
<i>Тюменская обл.</i>					
Всего	93 691	97 031	98 401	95 572	98 796
Добыча полезных ископаемых	63 785	65 582	65 227	63 438	66 867
Обрабатывающие производства	1 727	7 690	9 628	9 563	9 610
Транспортировка и хранение	—	5 330	5 213	5 296	5 104
Деятельность железнодорожного транспорта	675	651	650	653	676
Потери в электросетях общего пользования	6 701	5 479	5 463	4 242	4 219
Потребление населением — всего	5 021	5 167	5 275	5 258	5 283
<i>Челябинская обл.</i>					
Всего	36 310	36 025	37 441	38 964	39 380
Добыча полезных ископаемых	713	1 829	2 982	3 351	3 699
Обрабатывающие производства	20 925	19 532	20 369	20 780	20 399
Транспортировка и хранение	—	2 627	2 516	2 677	2 719
Деятельность железнодорожного транспорта	1 833	1 886	1 716	1 814	1 815
Потери в электросетях общего пользования	3 125	2 995	2 469	2 608	2 567
Потребление населением — всего	3 092	3 532	3 575	3 714	4 118

Источник: Росстат. URL: <https://fedstat.ru> (дата обращения: 25.08.2023).

Увеличение потребления требует увеличения мощности электростанций. За период 2020–2022 гг. установленная электрическая мощность электростанции, хотя и незначительно, но увеличилась как в Российской Федерации в целом, так и во всех регионах УрФО (табл. 3.2). Основную часть электроэнергии вырабатывают тепловые электростанции.

Таблица 3.2

**Установленная электрическая мощность
электростанции на конец года, МВт**

Виды электростанций	Значение показателя по годам		
	2020	2021	2022
<i>Российская Федерация</i>			
Электростанции, всего	249 240	250 355	252 240
Атомные электростанции	29 419	29 649	29 649
Ветровые электростанции	899	2 012	2 183
Геотермальные электростанции	74	74	74
Гидроаккумулирующие электростанции	1 216	1 216	1 216
Гидроэлектростанции	50 642	50 871	51 028
Солнечные электростанции	1 739	1 979	2 140
Тепловые электростанции	164 920	164 220	165 586
Электростанции, функционирующие на основе использования биогаза	30	30	41
Электростанции, функционирующие на основе использования биомассы	11	11	17
Электростанции, функционирующие на основе использования отходов производства и потребления	12	12	23
Электростанции, функционирующие на основе использования энергии потоков сточных вод	278	281	283
<i>Уральский федеральный округ</i>			
Электростанции, всего	34 059	34 114	34 677
Атомные электростанции	1 485	1 485	1 485
Ветровые электростанции	0,3	0,3	0,3
Солнечные электростанции	0,5	0,5	0,5
Тепловые электростанции	32 566	32 621	33 184
Электростанции, функционирующие на основе использования энергии потоков сточных вод	7	7	7
<i>Курганская обл.</i>			
Электростанции, всего	698	702	702
Тепловые электростанции	698	702	702
<i>Свердловская обл.</i>			
Электростанции, всего	10 186	10 393	10 467

Окончание табл. 3.2 на след. стр.

Окончание табл. 3.2

Виды электростанций	Значение показателя по годам		
	2020	2021	2022
Атомные электростанции	1 485	1 485	1 485
Тепловые электростанции	8 694	8 901	8 975
Электростанции, функционирующие на основе использования энергии потоков сточных вод	7	7	7
<i>Тюменская обл.</i>			
Электростанции, всего	2 331	2 448	2 420
Солнечные электростанции	0,3	0,3	0,3
Тепловые электростанции	2 330	2 447	2 420
<i>Челябинская обл.</i>			
Электростанции, всего	5 909	5 558	5 519
Солнечные электростанции	0,2	0,2	0,2
Тепловые электростанции	5 909	5 558	5 518

Источник: Росстат. URL: <https://fedstat.ru> (дата обращения: 25.08.2023).

Также произошло увеличение выработки электрической энергии как в Российской Федерации в целом, так и во всех регионах Уральского федерального округа за 2020–2022 гг. (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Выработка электрической энергии, ГВт-час

Виды электростанций	Значение показателя по годам		
	2020	2021	2022
<i>Российская Федерация</i>			
Электростанции, всего	1 046 632	1 119 310	1 131 487
Атомные электростанции	215 954	222 530	223 684
Ветровые электростанции	1 221	3 443	5 532
Геотермальные электростанции	421	427	445
Гидроаккумулирующие электростанции	1 802	1 871	1 892
Гидроэлектростанции	210 863	213 035	196 314
Солнечные электростанции	1 980	2 257	2 549
Тепловые электростанции	613 110	674 470	699 675
Электростанции, функционирующие на основе использования биогаза	160	163	159
Электростанции, функционирующие на основе использования биомассы	76	75	109

Окончание табл. 3.3 на след. стр.

Окончание табл. 3.3

Виды электростанций	Значение показателя по годам		
	2020	2021	2022
Электростанции, функционирующие на основе использования отходов производства и потребления	63	72	131
Электростанции, функционирующие на основе использования энергии потоков сточных вод	980	966	996
<i>Уральский федеральный округ</i>			
Электростанции, всего	171 082	182 667	186 109
Атомные электростанции	10 831	7 806	9 491
Солнечные электростанции	0,5	0,6	0,5
Тепловые электростанции	160 229	174 847	176 603
Электростанции, функционирующие на основе использования энергии потоков сточных вод	22	13	14
<i>Курганская обл.</i>			
Электростанции, всего	2 511	3 099	3 153
Тепловые электростанции	2 511	3 099	3 153
<i>Свердловская обл.</i>			
Электростанции, всего	54 264	55 546	56 067
Атомные электростанции	10 831	7 806	9 491
Тепловые электростанции	43 411	47 727	46 563
Электростанции, функционирующие на основе использования энергии потоков сточных вод	22	13	14
<i>Тюменская обл.</i>			
Электростанции, всего	12 675	13 748	13 583
Солнечные электростанции	0,3	0,3	0,3
Тепловые электростанции	12 675	13 747	13 583
<i>Челябинская обл.</i>			
Электростанции, всего	23 334	26 564	24 721
Солнечные электростанции	0,2	0,2	0,2
Тепловые электростанции	23 334	26 564	24 720

Источник: Росстат. URL: <https://fedstat.ru> (дата обращения: 25.08.2023).

Произошло увеличение и коэффициента использования мощностей как в Российской Федерации в целом, так и во всех регионах Уральского федерального округа за 2020–2022 гг. (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Коэффициент использования мощностей, %

Виды электростанций	Значение показателя по годам		
	2020	2021	2022
<i>Российская Федерация</i>			
Электростанции, всего	47,9	51,0	51,2
Атомные электростанции	83,8	85,7	86,1
Ветровые электростанции	15,5	19,5	28,9
Геотермальные электростанции	65,0	65,8	68,7
Гидроаккумулирующие электростанции	16,9	17,6	17,8
Гидроэлектростанции	47,5	47,8	43,9
Солнечные электростанции	13,0	13,0	13,6
Тепловые электростанции	42,4	46,9	48,2
Электростанции, функционирующие на основе использования биогаза	61,5	61,6	44,1
Электростанции, функционирующие на основе использования биомассы	80,0	79,3	73,9
Электростанции, функционирующие на основе использования отходов производства и потребления	60,3	69,0	65,4
Электростанции, функционирующие на основе использования энергии потоков сточных вод	40,2	39,3	40,2
<i>Уральский федеральный округ</i>			
Электростанции, всего	57,3	61,1	61,3
Атомные электростанции	83,3	60,0	73,0
Солнечные электростанции	12,1	12,8	12,4
Тепловые электростанции	56,2	61,2	60,8
Электростанции, функционирующие на основе использования энергии потоков сточных вод	35,2	21,8	22,4
<i>Курганская обл.</i>			
Электростанции, всего	41,0	50,4	51,3
Тепловые электростанции	41,0	50,4	51,3

Окончание табл. 3.4 на след. стр.

Окончание табл. 3.4

Виды электростанций	Значение показателя по годам		
	2020	2021	2022
<i>Свердловская обл.</i>			
Электростанции, всего	60,8	61,0	61,1
Атомные электростанции	83,3	60,0	73,0
Тепловые электростанции	57,0	61,2	59,2
Электростанции, функционирующие на основе использования энергии потоков сточных вод	35,2	21,8	22,4
<i>Тюменская обл.</i>			
Электростанции, всего	62,1	64,1	64,1
Солнечные электростанции	12,7	13,9	13,9
Тепловые электростанции	62,1	64,1	64,1
<i>Челябинская обл.</i>			
Электростанции, всего	45,1	54,6	51,1
Солнечные электростанции	11,4	11,7	10,8
Тепловые электростанции	45,1	54,6	51,1

Источник: расчеты автора по данным таблицы 3.2 и таблицы 3.3.

Инвестиционные ресурсы. Увеличение мощности электростанций и повышение эффективности их использования требуют роста инвестиций в основной капитал, что в свою очередь требует увеличения финансирования. Структура источников инвестиций в основной капитал за 2021–2022 гг. приведена в таблице 3.5.

Таблица 3.5

**Инвестиции в основной капитал по источникам финансирования
2021 (январь–декабрь), 2022 (январь–сентябрь), млн руб.**

Отрасли экономики	Источники инвестиций	Данные показателя по годам	
		2021	2022
<i>Российская Федерация</i>			
Производство, передача и распределение электроэнергии	Собственные средства	565 999	316 458
	Привлеченные средства	161 240	125 673
	Кредиты банков	57 760	61 187
	Заемные средства других организаций	12 197	10 073
	Бюджетные средства	6 323	5 135

Продолжение табл. 3.5 на след. стр.

Продолжение табл. 3.5

Отрасли экономики	Источники инвестиций	Данные показателя по годам	
		2021	2022
Производство, передача и распределение электроэнергии	Бюджетные средства из бюджетов субъектов Российской Федерации	1 453	258
	Бюджетные средства из федерального бюджета	4 466	4 676
	Средства местного бюджета	404	202
Производство электроэнергии	Собственные средства	237 062	138 264
	Привлеченные средства	86 796	67 623
	Кредиты банков	42 884	40 160
	Заемные средства других организаций	10 398	8 634
	Бюджетные средства	3 891	4 693
	Бюджетные средства из бюджетов субъектов Российской Федерации	23	16
	Бюджетные средства из федерального бюджета	3 849	4 676
	Средства местного бюджета	20	1
<i>Уральский федеральный округ</i>			
Производство, передача и распределение электроэнергии	Собственные средства	45 391	22 280
	Привлеченные средства	5 962	5 580
	Кредиты банков	1 029	3 377
	Заемные средства других организаций	—	—
	Бюджетные средства	241	—
	Бюджетные средства из бюджетов субъектов Российской Федерации	131	—
	Бюджетные средства из федерального бюджета	3	—
	Средства местного бюджета	106	—
Производство электроэнергии	Собственные средства	20 186	9 069
	Привлеченные средства	67	3 075
	Кредиты банков	7	3 033
	Инвестиции из-за рубежа	60	42

Продолжение табл. 3.5 на след. стр.

Продолжение табл. 3.5

Отрасли экономики	Источники инвестиций	Данные показателя по годам	
		2021	2022
<i>Курганская обл.</i>			
Производство, передача и распределение электроэнергии	Собственные средства	1 782	665
	Привлеченные средства	64	79
	Прочие	64	79
Производство электроэнергии	Собственные средства	400	61
<i>Свердловская обл.</i>			
Производство, передача и распределение электроэнергии	Собственные средства	12 251	9 530
	Привлеченные средства	1 641	3 306
	Кредиты банков	811	3 168
	Бюджетные средства	52	—
	Средства местного бюджета	52	—
	Прочие	779	138
Производство электроэнергии	Собственные средства	4 998	4 763
	Привлеченные средства		2 824
	Кредиты банков		2 824
<i>Тюменская обл.</i>			
Производство, передача и распределение электроэнергии	Собственные средства	23 573	9 606
	Привлеченные средства	3 372	1 403
	Кредиты банков	218	11
	Заемные средства других организаций	—	—
	Бюджетные средства	0,7	—
	Средства местного бюджета	0,7	—
	Прочие	3 153	1 392
Производство электроэнергии	Собственные средства	10 840	3 150
	Привлеченные средства	7	11
	Кредиты банков	7	11
<i>Челябинская обл.</i>			
Производство, передача и распределение электроэнергии	Собственные средства	7 787	2 479
	Привлеченные средства	885	792
	Кредиты банков	—	198
	Бюджетные средства	188	—

Окончание табл. 3.5 на след. стр.

Отрасли экономики	Источники инвестиций	Данные показателя по годам	
		2021	2022
Производство, передача и распределение электроэнергии	Бюджетные средства из бюджетов субъектов Российской Федерации	131	—
	Бюджетные средства из федерального бюджета	3	—
	Средства местного бюджета	54	—
	Инвестиции из-за рубежа	60	42
	Прочие	637	552
Производство электроэнергии	Собственные средства	3 948	1 095
	Привлеченные средства	60	240
	Кредиты банков	—	198
	Инвестиции из-за рубежа	60	42

Источник: Росстат. URL: <https://fedstat.ru> (дата обращения: 25.08.2023).

Исходя из данных таблицы 3.5, можно сделать вывод, что основным источником финансирования инвестиций в основной капитал в отраслях «Производство, передача и распределение электроэнергии» и «Производство электроэнергии», как и в экономике в целом, являются собственные средства. Это относится как к регионам УрФО, так и к Российской Федерации в целом.

Основными источниками собственных средств являются чистая прибыль и амортизация. Поскольку амортизация является возвратом ранее сделанных вложений, то наиболее важным источником собственных средств является чистая прибыль.

Важно рассмотреть как объем чистой прибыли, так и направления ее использования, в частности, какая ее часть направляется на инвестиции в основной капитал. Рассмотрим величину чистой прибыли в абсолютном выражении (ЧП), и в каком объеме она направляется на производственные инвестиции, включающие в себя расходы по финансированию затрат по капитальным вложениям, созданию и приобретению программного обеспечения ЭВМ, научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (ЧПИ_{инв}) (табл. 3.6).

Также рассмотрим, в какой степени чистая прибыль используется для осуществления инвестиций, т. е. определим долю чистой прибыли направляемой на производственные инвестиции в общем объеме чистой прибыли в относительном выражении (k) (3.1):

$$k = \text{ЧПИ}_{\text{инв}} / \text{ЧП} \cdot 100 \% \quad (3.1)$$

Таблица 3.6

**Чистая прибыль (ЧП), чистая прибыль, направляемая
на производственные инвестиции (ЧПИ_{пр}) млн руб., к, %**

Отрасли экономики Показатели		Данные показателя по годам						
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	
		<i>Российская Федерация</i>						
Всего	ЧП	6 869 844	9 589 305	13 568 594	11 216 825	28 959 084	18 312 803	
	ЧПИ _{пр}	845 552	835 345	570 644	593 340	615 652	776 734	
	к	12,3	8,7	4,2	5,3	2,1	4,2	
Производство, передача и распределение электроэнергии	ЧП	406 376	441 964	538 105	480 694	697 551	575 874	
	ЧПИ _{пр}	10 482	14 781	11 172	7 099	18 991	17 377	
	к	2,6	3,3	2,1	1,5	2,7	3,0	
Производство электроэнергии	ЧП	268 946	280 698	395 655	351 970	509 758	301 802	
	ЧПИ _{пр}	4 629	11 008	4 466	903	10 073	9 265	
	к	1,7	3,9	1,1	0,3	2,0	3,1	
		<i>Уральский федеральный округ</i>						
Всего	ЧП	1 110 639	2 225 950	2 427 341	1 191 610	3 611 055	2 885 084	
	ЧПИ _{пр}	214 875	227 191	34 581	32 686	33 873	24 355	
	к	19,3	10,2	1,4	2,7	0,9	0,8	
Производство, передача и распределение электроэнергии	ЧП	62 952	34 693	19 554	29 760	31 856	28 375	
	ЧПИ _{пр}	703	608	1 777	1 439	886	1 365	
	к	1,1	1,8	9,1	4,8	2,8	4,8	
Производство электроэнергии	ЧП	53 525	27 237	12 943	26 033	24 696	12 302	
	ЧПИ _{пр}	3	0	0	0	25	82	

Продолжение табл. 3.6 на след. стр.

Продолжение табл. 3.6

Отрасли экономики Показатели		Данные показателя по годам						
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Производство электроэнергии	к	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,7	
<i>Курганская обл.</i>								
Всего	ЧП	-172 283	4 636	—	15 844	9 622	13 969	
	ЧПИ _{нв}	368	288	617	330	208	246	
	к	-0,2	6,2	0,6	2,1	2,2	1,8	
	ЧП	1 031	542	528	956	249	367	
Производство, передача и распределение электроэнергии	ЧПИ _{нв}	нд	нд	нд	нд	нд	нд	
	к	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	ЧП	965	542	528	956	248	366	
Производство электроэнергии	ЧПИ _{нв}	нд	нд	нд	нд	нд	нд	
	к	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Свердловская обл.</i>								
Всего	ЧП	207 592	260 206	279 010	222 805	493 692	160 425	
	ЧПИ _{нв}	6 018	6 853	11 895	14 653	5 010	3 448	
	к	2,9	2,6	4,3	6,6	1,0	2,1	
Производство, передача и распределение электроэнергии	ЧП	11 150	6 604	-8 622	5 724	11 042	-468	
	ЧПИ _{нв}	нд	нд	нд	нд	нд	нд	
	к	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	
Производство электроэнергии	ЧП	5 953	4 539	-12 147	3 667	2 739	-7 145	
	ЧПИ _{нв}	нд	нд	нд	нд	нд	нд	
	к	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	

Окончание табл. 3.6 на след. стр.

Окончание табл. 3.6

Отрасли экономики Показатели	Данные показателя по годам						
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
<i>Тюменская обл.</i>							
Всего	ЧП	941 135	1 820 404	1 910 860	814 065	2 755 492	2 471 523
	ЧПИ _{нв}	199 424	210 111	15 649	9 723	24 574	18 324
	<i>k</i>	21,2	11,5	0,8	1,2	0,9	0,7
Производство, передача и распределение электроэнергии	ЧП	38 120	25 930	27 202	22 684	27 709	25 235
	ЧПИ _{нв}	703	600	1 615	968	861	1 365
	<i>k</i>	1,8	2,3	5,9	4,3	3,1	5,4
Производство электроэнергии	ЧП	34 237	22 022	23 434	20 570	21 111	18 014
	ЧПИ _{нв}	нд	нд	нд	нд	нд	нд
	<i>k</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
<i>Челябинская обл.</i>							
Всего	ЧП	134 194	140 704	138 991	138 898	372 248	239 367
	ЧПИ _{нв}	9 002	9 940	6 419	7 976	4 082	2 337
	<i>k</i>	6,7	7,1	4,6	5,7	1,1	1,0
Производство, передача и распределение электроэнергии	ЧП	12 631	1 617	446	396	-7 144	3 241
	ЧПИ _{нв}	нд	нд	нд	нд	нд	нд
	<i>k</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Производство электроэнергии	ЧП	12 371	134	1 129	840	597	1 067
	ЧПИ _{нв}	нд	нд	нд	нд	нд	нд
	<i>k</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Источник: Росстат. URL: <https://fedstat.ru> (дата обращения: 25.08.2023), расчеты автора.

Примечание: нд — нет данных.

Исходя из данных, приведенных в таблице 3.6, можно сделать вывод, что за период 2017–2022 гг. на производственные инвестиции направлялась лишь незначительная доля чистой прибыли. В российской экономике в целом в сумме по всем отраслям эта доля снизилась с 12,3 % в 2017 г. до 4,8 % в 2022 г. В отрасли производства, передачи и распределения электроэнергии в российской экономике, производственные инвестиции не превышают 5 % от чистой прибыли. Аналогичная ситуация и по Уральскому федеральному округу. Если же рассматривать отрасль производства, передачи и распределения электроэнергии, более подробно и отдельно выделить производство электроэнергии, то доля чистой прибыли, направляемой на производственные инвестиции, практически равна нулю по всем регионам УрФО, кроме Свердловской и Тюменской областей, в которых эти инвестиции составили соответственно лишь 25 млн руб. в 2021 г. и 82 млн руб. в 2022 г., т. е. 0,5 % и 0,9 % от величины чистой прибыли за соответствующие годы, и была равна нулю за остальные периоды, хотя чистая прибыль была положительной в большинстве рассматриваемых периодов.

Создание системы, стимулирующей предприятия к реинвестированию прибыли, является важной государственной задачей. Одной из таких мер может быть полное или частичное освобождение реинвестируемой прибыли от налога на прибыль. Это согласуется с поручением президента в послании Федеральному собранию поощрять компании реинвестировать прибыль, а не направлять ее на дивиденды. Такие предложения не получили поддержку правительства на федеральном уровне по причине существенных потерь для бюджета, но на региональном уровне все же действует механизм регионального инвестиционного вычета. Вычет предоставляется по решению властей субъекта и предполагает уменьшение суммы налога на прибыль на сумму вложений в основные средства. Вычет могут получать предприятия отраслей, определяемых властями региона. Регионы получают компенсацию выпадающих доходов из федерального бюджета¹.

В Свердловской области² получить льготу могут организации или обособленные подразделения организаций, имеющих статус участника регионального инвестиционного проекта в сфере

¹ Правительство продлило для регионов возможность получения дотаций на инвестиционный вычет // Сайт Правительства России. URL: <http://government.ru/docs/46983/> (дата обращения: 25.08.2023).

² Инвестиционный налоговый вычет по регионам. // 1С-Софт. URL: <https://its.1c.ru/db/taxprib#content:12581:hdoc:66> (дата обращения: 25.08.2023).

туризма; организации, являющиеся участниками соглашений о взаимодействии с Правительством Свердловской области при реализации мероприятий национального проекта «Производительность труда и поддержка занятости», осуществляющих некоторые виды деятельности, в частности:

- обрабатывающие производства;
- транспортировка и хранение;
- строительство.

Однако в этот перечень не входят отрасли производства, передачи и распределение электроэнергии.

В Тюменской области льготы могут получить организации, которые осуществляют инвестиционные проекты, обеспечивающие получение в результате инвестиционной деятельности положительного экономического или социального эффекта для Тюменской области. Объектами инвестиционных проектов Тюменской области являются вновь создаваемые или модернизируемые основные фонды или оборотные средства во всех отраслях и сферах экономики. Инвестиционные заявки подлежат экспертизе, после чего утверждаются Правительством области.

В Челябинской области вычет по основным средствам вправе применять следующие организации:

- участники промышленных кластеров, включенных в реестр промышленных кластеров Челябинской области;
- участники национального проекта «Производительность труда»;
- организации — резиденты индустриального парка, включенные в реестр индустриальных парков;
- организации, доходы которых составляют не менее 70 % от некоторых видов деятельности, которые не включает отрасли производства, передачи и распределение электроэнергии.

Аналогично в Ханты-Мансийском автономном округе и Ямало-Ненецком автономном округе отсутствуют льготы для организаций отраслей производства, передачи и распределение электроэнергии. В Курганской области отсутствует законодательство, предусматривающее предоставление инвестиционных налоговых вычетов.

Электрическая энергия является важнейшим ресурсом, используемым для производства большинства товаров и услуг. Стоимость электроэнергии является существенным компонентом, от которого зависит величина себестоимости продукции и прибыльность компаний большинства отраслей экономики. Высокая цена электроэнергии является одним из важных факторов, сдерживающих развитие экономики.

Рассмотрим величину чистой прибыли в относительном выражении, или рентабельность электроэнергетики в сравнении с другими отраслями. В качестве показателя рентабельности будем использовать показатель валовой рентабельности затрат (ROCSg) (3.2):

$ROCSg = \text{Валовая прибыль} / \text{Себестоимость проданных товаров}$. (3.2)

Валовая прибыль равна разности между выручкой, полученной от продажи товаров или услуг, и их себестоимостью.

Показатель валовой рентабельности затрат применяется также для целей налогообложения при анализе правомерности установленных цен с использованием затратного метода. В частности, затратный метод используется при определении для целей налогообложения доходов (прибыли, выручки) в сделках, сторонами которых являются взаимозависимые лица (НК РФ, ст. 105.11)¹. Затратный метод является методом определения соответствия цены в анализируемой сделке рыночной цене на основании сопоставления валовой рентабельности затрат лица, являющегося стороной анализируемой сделки (группы анализируемых однородных сделок), с рыночным интервалом валовой рентабельности затрат в сопоставимых сделках.

Величина валовой рентабельности затрат отраслей российской экономики и регионов УрФО приведена в таблицах 3.7 и 3.8.

Структура формирования цен на электроэнергию. В цену электроэнергии для потребителей включаются затраты по производству энергии ее передаче распределению и реализации. Другими словами, включаются затраты компаний по производству электроэнергии (электростанций), передающих, распределительных и сбытовых компаний.

В среднем, в структуре конечной цены электроэнергии стоимость производства составляет 40 %, стоимость передачи (котловой тариф) — 55 %, сбытовая надбавка гарантирующего поставщика — 4,9 %, инфраструктурные платежи — 0,1 %. Основную часть в себестоимости генерирующих компаний составляет топливообеспечение. Многие ТЭС и ТЭЦ переводятся на газ как более экологически чистое топливо, отказываясь от угля и прочих видов топлива. Таким образом, стоимость электроэнергии в значительной степени зависит от цен на топливные ресурсы, в основном цен на газ. Цены на газ внутри России в целом имеют тенденцию к существенному повышению в соответствии с экспортными ценами, которые показывают значительный рост.

¹ Налоговый кодекс РФ Часть 1 ст. 105.11. URL: <https://www.zakonrf.info/nk/ch1/> (дата обращения: 25.08.2023).

Таблица 3.7

Валовая рентабельность затрат Российская Федерация, %

Отрасли экономики	Данные показателя по годам						
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Среднее
Все отрасли экономики	26,8	29,6	28,3	26,5	30,8	31,1	28,9
Обрабатывающие производства	29,6	31,0	29,0	29,3	33,5	33,6	31,0
Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	28,7	28,4	29,5	25,9	27,0	28,3	28,0
Производство, передача и распределение электроэнергии	38,5	38,3	40,4	34,1	35,7	37,1	37,4
Производство электроэнергии	28,7	28,9	30,8	30,4	32,8	33,1	30,8
Производство электроэнергии тепловыми электростанциями	17,1	17,7	18,0	16,8	17,5	17,2	17,4
Производство электроэнергии гидроэлектростанциями	86,9	66,8	65,0	75,0	84,6	88,1	77,8
Производство электроэнергии атомными электростанциями	54,5	51,5	75,7	70,1	78,5	73,4	67,3
Производство электроэнергии, получаемой из возобновляемых источников энергии, включая выработанную солнечными, ветровыми, геотермальными электростанциями	2,2	6,1	16,5	42,6	67,0	102,8	39,5
Передача электроэнергии и технологическое присоединение к распределительным электросетям	16,9	17,8	18,2	15,3	17,1	20,3	17,6
Распределение электроэнергии	107,7	113,4	113,7	7,4	7,5	15,4	60,8
Торговля электроэнергией	58,4	58,0	62,0	53,5	51,7	52,3	56,0

Источник: расчеты автора по данным Росстата: <https://fedstat.ru> (дата обращения: 25.08.2023).

Таблица 3.8.

Валовая рентабельность затрат, Уральский федеральный округ, %

Отрасли экономики	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Среднее
<i>Уральский федеральный округ</i>							
Все отрасли экономики	25,4	29,4	27,7	23,1	30,7	30,3	27,8
Обрабатывающие производства	28,9	31,6	26,8	31,9	37,9	32,8	31,6
Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	16,4	14,2	16,5	16,0	18,0	22,3	17,2
Производство, передача и распределение электроэнергии	22,4	20,5	23,7	21,7	23,0	28,5	23,3
Производство электроэнергии	29,2	25,8	31,8	30,6	24,1	35,3	29,5
Производство электроэнергии тепловыми электростанциями	29,0	25,1	29,3	27,2	23,0	34,3	28,0
Производство электроэнергии, получаемой из возобновляемых источников энергии, включая выработанную солнечными, ветровыми, геотермальными электростанциями	46,1	38,3	82,5	79,3	67,2	69,5	63,8
Передача электроэнергии и технологическое присоединение к распределительным электросетям	8,4	8,2	9,1	4,5	9,5	13,5	8,9
Распределение электроэнергии	24,3	25,9	29,3	26,2	24,3	30,4	26,7
Торговля электроэнергией	26,2	29,1	33,4	33,3	36,2	37,7	32,6
<i>Курганская обл.</i>							
Все отрасли экономики	17,3	19,5	20,6	18,4	18,1	21,4	19,2
Обрабатывающие производства	18,9	26,5	25,1	20,9	21,8	23,5	22,8
Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	10,6	9,2	9,7	7,5	8,7	9,6	9,2
Производство, передача и распределение электроэнергии	18,2	13,4	17,8	12,4	18,8	15,7	16,1

Продолжение табл. 3.8 на след. стр.

Продолжение табл. 3.8

Отрасли экономики	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Среднее
Производство электроэнергии	17,8	13,5	17,8	12,4	18,8	15,7	16,0
Производство электроэнергии тепловыми электростанциями	17,8	13,5	17,8	12,4	18,8	15,7	16,0
<i>Свердловская обл.</i>							
Все отрасли экономики	20,0	21,8	20,5	20,5	21,9	21,4	21,0
Обрабатывающие производства	26,1	28,8	24,2	27,6	26,0	23,8	26,1
Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	8,5	9,6	9,0	7,4	6,6	10,2	8,6
Производство, передача и распределение электроэнергии	11,2	12,6	12,1	9,6	7,6	12,0	10,8
Производство электроэнергии	13,3	19,1	21,2	20,8	6,3	20,8	16,9
Производство электроэнергии тепловыми электростанциями	13,3	19,1	21,2	20,8	6,3	20,8	16,9
Передача электроэнергии и технологическое присоединение к распределительным электросетям	12,6	13,1	11,1	6,9	10,6	12,3	11,1
Распределение электроэнергии	11,2	12,6	12,1	9,6	7,6	12,0	10,8
Торговля электроэнергией	6,4	3,8	3,0	3,7	4,1	5,4	4,4
<i>Тюменская обл.</i>							
Все отрасли экономики	28,4	33,5	31,8	24,2	34,3	35,2	31,2
Обрабатывающие производства	37,9	39,4	36,2	46,6	60,8	53,8	45,8
Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	26,7	23,3	27,3	23,4	27,4	33,9	27,0
Производство, передача и распределение электроэнергии	35,1	31,7	34,9	28,5	31,0	38,5	33,3
Производство электроэнергии	19,8	20,2	82,5	79,3	67,2	69,5	56,4
Производство электроэнергии тепловыми электростанциями	35,3	31,5	36,7	31,9	30,4	41,1	34,5

Окончание табл. 3.8 на след. стр.

Окончание табл. 3.8

Отрасли экономики	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Среднее
Производство электроэнергии, получаемой из возобновляемых источников энергии, включая выработанную солнечными, ветровыми, геотермальными электростанциями	19,8	20,2	82,5	79,3	67,2	69,5	56,4
Передача электроэнергии и технологическое присоединение к распределительным электросетям	4,7	3,6	7,0	2,0	8,3	14,5	6,7
Распределение электроэнергии	35,1	31,7	34,9	28,5	31,0	38,5	33,3
Торговля электроэнергией	90,3	92,4	90,7	75,9	74,4	75,8	83,3
<i>Челябинская обл.</i>							
Все отрасли экономики	22,4	24,3	22,3	24,4	32,6	25,4	25,2
Обрабатывающие производства	27,6	30,7	25,8	27,5	38,6	28,5	29,8
Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	12,8	4,1	9,3	15,8	17,9	18,1	13,0
Производство, передача и распределение электроэнергии	19,0	5,3	20,2	31,9	35,1	34,6	24,4
Производство электроэнергии	43,3	5,7	25,8	37,4	30,6	37,8	30,1
Производство электроэнергии тепловыми электростанциями	43,3	5,7	25,8	37,4	30,6	37,8	30,1
Производство электроэнергии, получаемой из возобновляемых источников энергии, включая выработанную солнечными, ветровыми, геотермальными электростанциями	50,8	41,0	—	—	—	—	45,9
Передача электроэнергии и технологическое присоединение к распределительным электросетям	1,7	-2,8	15,6	34,8	19,3	23,4	15,3
Распределение электроэнергии	19,0	5,3	20,2	31,9	35,1	34,6	24,4
Торговля электроэнергией	4,8	4,8	4,9	20,4	35,9	34,7	17,6

Источник: расчеты автора по данным Росстата: <https://fedstat.ru> (дата обращения: 25.08.2023).

Единая энергетическая система (ЕЭС) России является основой развития экономики страны. В сфере передачи и распределения электроэнергии действует двухуровневый рынок: оптовый и розничный. Оптовый рынок электроэнергии и мощности функционирует на территории регионов, объединенных в ценовые и неценовые зоны.

Основной частью энергопередающего комплекса ЕЭС является ПАО «Россети», включающее в себя федеральную сетевую компанию (ПАО «ФСК ЕЭС»), осуществляющую передачу электроэнергии по сетям высокого напряжения (ВН), и межрегиональные распределительные сетевые компании (МРСК), передающие электроэнергию по сетям более низкого напряжения. Сбытовые компании покупают электроэнергию на оптовом рынке электроэнергии и мощности (ОРЭМ) и продают ее более мелким потребителям. Гарантирующим поставщиком (ГП) является сбытовая компания, обязанная заключить договор по поставке электрической энергии на закрепленной за ней территории с любым обратившимся к ней потребителем.

Цена на электроэнергию в российской экономике зависит от территории, на которой располагается потребитель. По методу ценообразования выделены ценовые и неценовая зоны [39]. В ценовых зонах, объединенных в зоны оптового рынка, электрическая энергия (мощность) для предприятий продается по нерегулируемым ценам. Для населения и приравненных к нему категорий потребителей уровень цен регулируется региональными энергетическими комиссиями и контролируется Федеральной антимонопольной службой (ФАС). Для предприятий, находящихся в неценовой зоне оптового рынка цены на электроэнергию регулируются. На территориях, объединенных в ценовые зоны оптового рынка, цены на электрическую энергию являются нерегулируемыми, но ограниченными. Предельные уровни нерегулируемых цен на электроэнергию определяются гарантирующим поставщиком (ГП) и делятся на ценовые категории (см. табл. 3.9)

В зависимости от максимальной потребляемой мощности, предприятия могут выбрать:

- 1) при потребляемой мощности менее 670 кВт — ценовые категории с первой по шестую;
- 2) при потребляемой мощности более 670 кВт — ценовые категории с третьей по шестую.

Выход на оптовый рынок электроэнергии и мощности позволяет предприятиям снизить затраты на электроэнергию в связи с тем, что предприятие перестает платить гарантирующему поставщику.

Таблица 3.9

Ценовые категории потребителей электрической энергии

Ценовая категория	Требования к учету электроэнергии	Цены на оптовом рынке электроэнергии	Тариф на услуги по передаче электроэнергии
1	интегральный учет, измеряющий общее количество потребленной электроэнергии	одноставочный тариф	одноставочный
2	учет по зонам суток	одноставочный тариф, дифференцированный по зонам суток	одноставочный
3	учет по часам суток	почасовой учет	одноставочный
4	учет по часам суток	почасовой учет	двухставочный
5	учет по часам суток	почасовое планирование и учет	одноставочный
6	учет по часам суток	почасовое планирование и учет	двухставочный

Источник: составлено автором по материалам Ассоциации «Некоммерческое партнерство Совет рынка по организации эффективной системы оптовой и розничной торговли электрической энергией и мощностью». URL: <https://www.np-sr.ru/ru/market/retail/ceno> (дата обращения: 25.08.2023).

Предприятие может покупать электроэнергию на оптовом рынке самостоятельно или через энергосбытовую компанию. Для самостоятельной покупки электроэнергии необходимо выполнение следующих требований:

1) присоединенная мощность группы точек поставки (ГТП) должна быть не менее 750 кВА;

2) суммарная присоединенная мощность энергопринимающего оборудования должна быть не менее 20 000 кВА.

Для покупки через энергосбытовую компанию необходимо выполнение только первого требования — присоединенная мощность группы точек поставки должна быть не менее 750 кВА. Если эти требования не выполняются, то выход на оптовый рынок невозможен и электроэнергию необходимо приобретать на розничном рынке.

Средние цены на электроэнергию, приобретенную промышленными потребителями по регионам УрФО и некоторым другим регионам за период 2017–2023 гг., приведены в таблице 3.10.

Из данных таблицы 3.10 можно сделать вывод, что до 2021 г. стоимость электроэнергии для промышленных потребителей

Таблица 3.10

**Средние цены на приобретенную организациями электроэнергию,
МГВт-час, январь**

Регионы	Данные показателя по годам						
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Российская Федерация	2326	2515	2605	2677	2736	2963	3206
Центральный ФО	2239	2629	2843	2968	2991	3529	3329
Северо-Западный ФО	2299	2656	2914	2406	2833	2954	3058
Южный ФО	3064	3234	3418	3528	4166	4052	4806
Приволжский ФО	2508	2676	2846	3004	3126	3257	3463
Уральский ФО	2746	3070	3263	3666	2877	2925	3201
Курганская обл.	—	—	—	—	6092	3010	3287
Свердловская обл.	—	—	—	—	3484	2713	3056
Тюменская обл.	—	—	—	—	4090	3560	3787
Челябинская обл.	—	—	—	—	1770	1841	2110
Сибирский ФО	1932	2013	2091	2015	2040	2245	2615
Дальневосточный ФО	2974	2315	2391	2880	3139	2865	3901

Источник: составлено и рассчитано автором по данным Росстата: <https://fedstat.ru> (дата обращения: 25.08.2023).

в Курганской области была значительно выше, чем в других регионах УрФО и в Российской Федерации в целом. Это являлось существенным препятствием развитию обрабатывающей промышленности и других отраслей Курганской области. Эта ситуация во многом объясняется региональной ценовой политикой различных организационных структур, в которые входил поставщик электроэнергии Курганской области — АО Курганэнерго.

В результате реформирования электросетевого комплекса в уральском регионе, Свердловэнерго, Пермэнерго и Челябинэнерго были преобразованы в филиалы МРСК Урала. АО Курганэнерго продолжила существование как дочернее акционерное общество МРСК Урала. В 2016 г. АО Курганэнерго было присоединено к публично-му акционерному обществу «Сибирско-Уральская энергетическая компания». В настоящее время гарантирующим поставщиком электроэнергии в Курганской области является акционерное общество «Энергосбытовая компания „Восток”», которое имеет статус гарантирующего поставщика также на территории Тюменской области, Ханты-Мансийского автономного округа, Ямало-Ненецкого автономного округа и Оренбургской области. АО «СУЭНКО» является основной распределительной сетевой компанией Курганской области, электрические сети которой составляет 95 % общей

протяженности электрических сетей региона. АО «СУЭНКО» оказывает услуги по передаче электрической энергии по распределительным сетям напряжением 0,4 – 110 кВ. Энергосистема Курганской области входит в состав Объединенной энергосистемы Урала.

Ценообразование на основе RAB-метода.

Модернизация оборудования в электроэнергетике требует значительного объема финансирования. Одним из инструментов достижения этой цели является метод регулирования доходности инвестированного капитала (RAB — Regulatory Asset Base). При применении этого метода компания получает доход, достаточный для возврата сделанных вложений и получения некоторой прибыли.

Необходимая валовая выручка, принимаемая к расчету при установлении тарифов, рассчитывается по формуле 3.3 [40]:

$$\text{НВВ}_i = \text{НВВ}_i^{\text{Д}} + \left[\text{Дельта НВВ}_{i-2}^{\text{К}} \cdot (1 + \text{ИПЦ}_{i-1}) + \text{Дельта НВВ}_{i-1}^{\text{И}} \right] \times (1 + \text{ИПЦ}_i), \quad (3.3)$$

где НВВ_i — необходимая валовая выручка, определенная в году $i - 1$, принимаемая к расчету при установлении тарифов на год i ; $\text{НВВ}_i^{\text{Д}}$ — необходимая валовая выручка, определенная при установлении долгосрочных тарифов на год i ; Дельта $\text{НВВ}_{i-2}^{\text{К}}$ — величина корректировки необходимой валовой выручки в году i , рассчитываемая в году $i - 1$ на основе данных о фактических значениях параметров расчета тарифов в четвертом квартале года $i - 2$; Дельта $\text{НВВ}_{i-1}^{\text{И}}$ — величина изменения необходимой валовой выручки в году i , на основе данных о фактических значениях параметров расчета тарифов за 9 месяцев $i - 1$ года и прогнозных значений параметров за четвертый квартал $i - 1$ года; ИПЦ_{i-1} — индекс потребительских цен, определенный на основании параметров прогноза социально-экономического развития Российской Федерации на год $i - 1$ при расчете долгосрочных тарифов; ИПЦ_i — индекс потребительских цен, определенный на основании параметров прогноза социально-экономического развития Российской Федерации на год i при расчете долгосрочных тарифов.

Метод RAB позволяет инвесторам окупать все сделанные вложения, но может приводить к созданию избыточных мощностей, плата за которые ложится тяжелым бременем на потребителей. Хотя в отраслях производства, передачи и распределения электроэнергии образуется довольно высокая доходность, на производственные инвестиции направляется менее 5 % от общего объема

чистой прибыли по Российской Федерации в целом и по регионам Уральского федерального округа.

Проблемы регулирования рынка электроэнергетики.

Основные проблемы существующей системы электроэнергетики заключаются в следующем [39].

1. Создание рынка электроэнергии и мощности привело к ситуации, при которой для поставщиков электроэнергии обеспечивается получение гарантированной доходности, при этом интересы потребителей фактически не учитываются.

2. Переход в ценообразовании для электросетевых компаний на методику RAB-регулирования привел к значительному росту тарифов на электроэнергию. Хотя более чем за 20 лет постсоветского периода уровень спроса на электроэнергию в целом по стране уменьшался, были сформированы завышенные прогнозы темпов роста российской экономики, и, следовательно, сформирован завышенный прогноз спроса на электроэнергию. Это привело к завышенному объему инвестиционных программ по вводу новых энергетических мощностей. При этом демонтаж старого и неэффективного оборудования в соответствующем объеме не производился. В результате продолжает наращиваться фонд устаревшего оборудования, содержание которого оплачивается потребителем. Таким образом, цены на электроэнергию (мощность) обременены значительной инвестиционной составляющей для финансирования капитального строительства избыточного по мощности количества электростанций и объектов электросетевого хозяйства.

3. Потребителям под угрозой исключения из торговой системы навязали подписание договоров ДПМ и соответствующих платежей для гарантированного возврата капитальных вложений инвесторам в энергетику. При этом формируемый вариант энергобаланса является неоптимальным.

4. Отсутствие контроля за стоимостью и сроками строительства энергообъектов, а также высокая стоимость электроэнергии привело к тому, что предприятия вынуждены были развивать собственную энергетику, но на это фактически наложен запрет. Все электростанции мощностью 25 МВт и выше должны работать не на свое предприятие, а обязаны сначала виртуально поставить произведенную электроэнергию на оптовый рынок ОРЭМ, затем потребитель получит ее по цене рынка со всеми наценками на рыночную инфраструктуру. Это является серьезным тормозом развития промышленной энергетики.

5. Принцип равнодоходности цен на газ при поставках на внутренний и мировой рынки, особенно с учетом значительного роста мировых цен на газ, приводит к существенному росту затрат на основной ресурс для производства электроэнергии, т. к. стоимость топлива в структуре производственных затрат на электростанциях достигает 70 %.

6. На региональных рынках электроэнергии гарантирующие поставщики превратились в монополистов, а стоимость их услуг в некоторых регионах доходит до 10 % от объема продаж, хотя не должна превышать 1,5–2,0 %.

Таким образом, развитие отраслей электроэнергетики требует привлечения значительных финансовых ресурсов. Основным источником средств для компаний являются собственные средства, но они используются в очень незначительной степени. Создание механизмов стимулирования использования чистой прибыли для осуществления инвестиций в основной капитал позволит развиваться электроэнергетике, не создавая при этом избыточной ценовой нагрузки для остальных отраслей российской экономики.

3.3. Особенности кадрового обеспечения инфраструктурных отраслей

Создание условий для развития инфраструктурных отраслей и снятие инфраструктурных ограничений в социально-экономическом развитии регионов является одной из приоритетных задач региональной политики, закрепленной в Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 г.¹, что обусловлено целым комплексом потенциальных мультипликативных эффектов практически во всех сферах экономического хозяйства регионов [41].

Тем не менее в ключевых документах стратегического планирования особое внимание уделяется проблемам несоответствия текущего уровня развития инфраструктуры современным и перспективным потребностям отечественной экономики. Недостаточная инфраструктурная обеспеченность усугубляется ее высокой региональной дифференциацией, что приводит к появлению регионов с критически низкой инфраструктурной обеспеченностью, что в свою очередь формирует дополнительные барьеры в процессе их экономического взаимодействия друг с другом и с регионами с относительно высоким уровнем инфраструктурного обеспечения, а также усугубляет дисбалансы пространственного развития [42, 43].

¹ Утверждена распоряжением Правительства РФ от 13 февраля 2019 г. № 207-р. URL: <http://government.ru/docs/35733/> (дата обращения: 25.08.2023).

Фокус внимания исследований процессов развития инфраструктуры сосредоточен преимущественно на проблемах физического дефицита инфраструктурных мощностей, их технического и технологического отставания и в целом высокой «степени износа транспортной, энергетической и инженерной инфраструктуры»¹ вследствие недостаточной инвестиционной активности [41, 44, 45, 46]. При этом мало внимания уделяется анализу проблем и особенностей кадрового обеспечения инфраструктурных отраслей.

Представители органов власти, научное сообщество, эксперты и аналитики много говорят в целом о системных проблемах кадрового обеспечения российской экономики, проявляющихся в качественных и количественных дисбалансах на рынке труда. Очевидно, изучение проблем кадрового обеспечения актуально и в разрезе инфраструктурных отраслей.

Под кадровым обеспечением мы понимаем непрерывный, скоординированный во времени и пространстве процесс, направленный на определение качественной и количественной потребности в человеческих ресурсах, разработку мероприятий по удовлетворению данной потребности в интересах работодателей (предприятий и отраслей), работников экономического хозяйства и общества в целом [47]. Рассматривая кадровое обеспечение как необходимую предпосылку эффективного функционирования инфраструктурных отраслей, важно понимать, что оно является результатом всех процессов, происходящих на рынках труда и образовательных услуг, а также в самом комплексе инфраструктурных отраслей, и формируется на стыке их непрерывного взаимодействия (рис. 3.1.).

Отсутствие взаимодействия на любом уровне отношений приводит к различного рода качественным и количественным дисбалансам в системе кадрового обеспечения, что в долгосрочной перспективе гарантировано приводит к невозможности полноценно решать стратегические задачи экономического развития вследствие дефицита необходимых компетенций, что особенно важно в условиях необходимости обеспечения технологического суверенитета на базе инноваций.

На систему кадрового обеспечения инфраструктурных отраслей существенные ограничения накладывает непосредственно специфика отрасли.

¹ Указ Президента РФ от 16.01.2017 г. №13. Об утверждении Основ государственной политики регионального развития Российской Федерации на период до 2025 года. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41641> (дата обращения: 22.08.2023).



Рис. 3.1. Взаимосвязь функций рынков труда и образования, комплекса инфраструктурных отраслей в системе кадрового обеспечения инфраструктурных отраслей (источник: составлено автором)

Во-первых, определяющей характеристикой инфраструктуры, особенно в части ее больших производственных инфраструктурных систем, прежде всего, транспорта и энергетики, является свойство ее иммобильности — жесткой привязке к земле и неподвижности [48]. Благодаря этому свойству инфраструктура, с одной стороны, становится частью основных фондов конкретной территории, формируя ее конкурентные преимущества, создавая условия и стимулы для диверсификации, модернизации экономики, инновационного развития и инвестиционной привлекательности. С другой стороны, иммобильность формирует серьезные риски кадрового обеспечения отрасли.

Речь идет главным образом о кадровом дефиците. Проблема нехватки кадров для обеспечения бесперебойной и заложенной

стандартами качества и безопасности работы транспортной и энергетической инфраструктуры имеет сильную дифференциацию не только по субъектам Российской Федерации, но и внутри самих регионов, усугубляясь в наиболее отдаленных от крупных агломерационных образований районных центрах и сельской местности. Учитывая специфику работы на объектах инфраструктурных отраслей, закрыть дефицит кадров за счет удаленных форм занятости и даже вахтового метода не всегда возможно.

Основные причины дефицита кадров на предприятиях транспортной и энергетической инфраструктуры можно укрупненно разделить на две группы: первая группа обусловлена наличием устойчивых трендов общероссийской и региональной демографической динамики, вторая группа определяется в целом конкурентоспособностью самих отраслей на рынке труда.

Демографическая ситуация в целом в России и в Уральском Федеральном округе оценивается экспертами достаточно тревожно. Показатели демографической динамики (табл. 3.10) свидетельствуют о стабильном и непрерывном снижении численности населения [49, 50].

Таблица 3.10

Отдельные показатели оценки демографической ситуации в РФ и УрФО за 1993–2022 гг. (в среднем за 30 лет)

Регионы	Прирост / убыль, тыс. чел.		Общий прирост / убыль		Уровень безработицы за 2021 г.
	естествен- ный	миграци- онный	чел.	% (2022 г. к 1993 г.)	
РФ	-16 091 840	7 752 508	-1 745 034	-1,18	5,2
УрФО	-654 284	361 376	-375 724	-3,00	4,6
Курганская область	-152 924	-93 841	-336 612	-31,00	8,9
Свердловская область	-554 446	176 325	-465 137	-10,00	5,2
Тюменская область, всего:	449 221	304 881	703 066	22,00	3,4
включая ХМАО	299 433	101 313	448 438	35,00	2,3
включая ЯНАО	131 030	-39 457	46 181	10,00	2,6
Тюменская (без ХМАО, ЯНАО) область	5 600	228 273	208 447	15,00	5,1
Челябинская область	-396 135	121 045	-277 007	-7,50	4,1

Источник: Рассчитано на основе данных ЕМИСС Государственной статистики.
URL: <https://www.fedstat.ru/> (дата обращения: 25.08.2023).

Общая убыль населения в УрФО за 30 лет оказалась примерно в 2,5 раза интенсивнее, чем убыль населения в целом по России. Примечательно, что в разных регионах округа наблюдаются противоположные тенденции. Наиболее негативно ситуация складывается в депрессивном регионе округа — Курганской области, где численность населения сократилась к 2022 г. по сравнению с 1993 г. на 31 %, при этом на 35 % выросла численность населения Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО), на 10 % и 15 % выросла численность Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) и Тюменской области без автономных округов соответственно.

Численность населения Свердловской и Челябинской областей сократилась на 10 % и 7,5 % главным образом за счет естественной убыли, которую не смог перекрыть миграционный прирост населения.

Ситуацию с дефицитом кадровых ресурсов в этих областях также осложняет довольно низкий уровень безработицы — 5,2 % и 4,1 %. Еще более низкий уровень безработицы в ХМАО и ЯНАО при позитивном тренде прироста численности населения может рассматриваться как фактор риска в системе кадрового обеспечения инфраструктурных отраслей региона.

Анализ показателей демографического движения (табл. 3.11) указывает на то, что примерно 2/3 соотношений всей демографической убыли ко всему демографическому приросту можно объяснить вкладом коэффициента депопуляции, т. е. естественными причинами. Так, в Курганской области смертность в 1,5 раза превышает рождаемость. Наиболее привлекательным для миграции (в представленной выборке) регионом является Тюменская область, коэффициент результативности миграционных связей (K_{rms}) которой выше, чем в целом по России.

Следует обратить внимание также на то, что коэффициент результативности миграционных связей всех регионов достаточно близок к единице. Это означает, что миграционные и эмиграционные потоки примерно равны и не позволяют в желаемой степени перекрыть естественную убыль населения. В ходе анализа использовался показатель общее число прибывших / выбывших за год без разбивания на межстрановую и межрегиональную миграцию внутри страны. Однако для обсуждения миграционных потоков в разрезе кадрового обеспечения важно отметить две расхожие тенденции. В рамках международного движения трудовых ресурсов из России в другие страны эмигрирует в основном высокообразованное и экономически активное население. В то же время основной приток трудовых ресурсов в Россию идет из трех стран Средней

Таблица 3.11

**Относительные показатели демографического движения населения РФ
и УрФО за 1993–2022 гг. (в среднем за 30 лет)**

Регион	Коэффициенты			Доля	
	депопуляции (<i>Kd</i>)	результативности миграционных связей (<i>Krms</i>)	демографического движения (<i>Kdd</i>)	<i>Kd</i> в формировании <i>Kdd</i> , %	<i>Krms</i> в формировании <i>Kdd</i> , %
РФ	1,35	0,92	1,06	69	31
УрФО	1.15	0,96	1,02	66	34
Курганская	1,50	1,12	1,23	72	28
Свердловская	1,38	0,94	1,09	67	33
Тюменская	0,67	0,92	0,86	74	26
ХМАО	0,48	0,94	0,83	75	25
ЯНАО	0,40	1,05	0,90	77	23
Тюменская (без ХМАО, ЯНАО)	0,99	0,82	0,87	70	30
Челябинская	1,34	0,95	1,08	66	34

Источник: Рассчитано на основе данных ЕМИСС Государственной статистики по методике общего анализа компонент демографического движения населения страны и ее регионов, представленной в работе [51]. URL: <https://www.fedstat.ru/> (дата обращения: 25.08.2023).

Азии — Кыргызстана, Таджикистана и Узбекистана. Доступных статистических данных по распределению мигрантов по сферам и отраслям экономики немного, тем не менее подавляющее большинство из них занимает ниши низкоквалифицированного труда, в т. ч. и в отраслях транспортной и энергетической инфраструктуры [52].

Ряд исследований говорит о снижении миграционного притока трудовых ресурсов и его дальнейшем углублении. Среди основных причин выделяют, во-первых, наличие схожих «демографических ям» во всех постсоветских странах, а следовательно, уменьшение в самих странах населения в наиболее экономически продуктивных возрастных группах. Во-вторых, снижение конкурентоспособности России на мировом рынке труда вследствие неустойчивого курса рубля, недостаточных темпов создания и модернизации высокопроизводительных рабочих мест, геополитической напряженности и ряда других факторов на фоне появления других центров притяжения в регионе, прежде всего Казахстана, Китая, Турции и стран Евросоюза [52, 53].

Риски снижения конкурентоспособности отраслей транспортной и энергетической инфраструктуры за высококвалифицированные кадры в условиях снижения численности экономически активного населения сохраняются и на внутреннем рынке труда, и также имеют сильную региональную дифференциацию, о чем заявляют эксперты [54, 55].

Тем не менее сегодня обе отрасли по показателю среднемесячной номинальной начисленной заработной платы работающих в экономике выглядят довольно устойчиво (рис. 3.2) при средней заработной плате по РФ по всем группам работающих в экономике, равной 64 191 руб., только Приволжский и Южный федеральные округа заметно ей уступают и равны 51 393 руб. (обеспечение электрической энергией, газом и паром), 51 099 руб. (транспортировка и хранение) и 52 607 руб., 48 537 руб. соответственно. В основном благодаря существенному отрыву значений среднемесячной номинальной начисленной заработной платы ХМАО и ЯНАО от средних значений по РФ Уральский федеральный округ находится на втором месте, опережая и Центральный, и Северо-Западный.



Рис. 3.2. Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата (руб.) работающих в экономике по отраслям транспортной и энергетической инфраструктуры в разрезе макрорегионов за 2022 г. (источник: рассчитано на основе данных ЕМИСС Государственной статистики. URL: <https://www.fedstat.ru/> (дата обращения: 25.08.2023)).

Дополнительным стимулом привлечения, удержания и мотивации персонала, в т. ч. высококвалифицированных, а также молодых специалистов является возможность инфраструктурных отраслей транспорта и энергетики создавать дополнительные преференции к заработной плате, такие как стабильные условия труда и его оплаты, развитая корпоративная культура, льготные условия по ипотеке, добровольное медицинское страхование, отраслевые детские сады, оплата и компенсация некоторых групп расходов, в т. ч. регулярная подготовка, переподготовка и повышение квалификации своих сотрудников.

Возвращаясь к ограничениям кадрового обеспечения больших производственных инфраструктурных систем, таких как транспорт и энергетика, необходимо отметить вторую принципиальную особенность, существенно влияющую на формирование кадровых потребностей транспортной и энергетической инфраструктуры — это необходимость обеспечения бесперебойной и безопасной работы этих отраслей, что зафиксировано в Транспортной и Энергетической стратегиях Российской Федерации до 2035 г.

Специфика работы на предприятиях инфраструктурных отраслей транспортного и энергетического комплексов часто связана с тяжелыми условиями труда — необходимостью круглосуточной работы, неблагоприятными климатическими условиями, широким спектром производственных рисков и пр. Аварии на производстве способны привести к большим человеческим жертвам и масштабным экологическим катастрофам.

Несмотря на объективное наличие в инфраструктурных секторах транспортной и энергетической отраслей таких проблем, как отставание и от общемировых темпов технологического развития, и от внутренних стратегических целевых значений, их высокая региональная и внутриотраслевая дифференциация, в целом процессы модернизации и совершенствования технологических процессов и техники происходят достаточно активно [56–58]. Появление новых технологий, модернизация производственных процессов, создание высокопроизводительных рабочих мест и их постоянное перевооружение приводят к быстрому устареванию полученных знаний и навыков, к необходимости их постоянного обновления и усложнения.

В связи с перечисленными причинами, ко всем категориям производственного и управленческого персонала предъявляются повышенные требования к уровню их профессиональной квалификации. Вопросы прогнозирования и планирования качественной

потребности в персонале (требования к компетенциям) и организация мероприятий по удовлетворению этих потребностей (подготовка, переподготовка и повышение квалификации; своевременное и непрерывное пополнение кадров, их ротация; формирование оптимальной половозрастной структуры) являются одной из приоритетных задач стратегического управления в инфраструктурных секторах транспортной и энергетической отраслей.

Ключевым источником формирования и обновления трудовых ресурсов выступает система профессионального образования.

Отличительной особенностью подготовки кадров для транспортного комплекса является наличие отраслевой системы транспортного образования, подведомственной Минтрансу России, которая включает в себя 17 образовательных организаций высшего образования и 91 филиал образовательных организаций высшего образования, реализующих в т. ч. программы среднего профессионального образования, профессионального обучения и дополнительные профессиональные программы, в которых обучается более 270 тыс. чел. [59]. Среди подведомственных организаций Минэнерго России лишь ФГАОУ ДПО «Петербургский энергетический институт повышения квалификации» осуществляет образовательную деятельность по профессиональной переподготовке и повышению квалификации сотрудников энергетических предприятий. Подавляющее же большинство кадров для нужд предприятий энергетической инфраструктуры проходит обучение в учреждениях профессионального образования иной ведомственной принадлежности.

Обе отрасли имеют довольно много общих черт — это и преемственность поколений, династийность, и наличие давних связей образовательных организаций с предприятиями, и возможность для некоторых работодателей в рамках Закона об образовании осуществлять целевую подготовку кадров.

Важным моментом является то, что сегодня сформированный уровень компетенций выпускника образовательного учреждения, необходимый для удовлетворения текущих кадровых потребностей инфраструктурных отраслей, не может приниматься как монолитная данность. Решение стратегических задач развития транспортной и энергетической инфраструктуры требует организации непрерывного профессионального развития и повышения квалификации в течении всей жизни. Среди основных проблем, препятствующих сегодня этому процессу, можно назвать низкую мотивацию и непопулярность не только рабочих специальностей, особенно среди молодежи, но и непопулярность некоторых инженерных профессий

[54, 55]. Так, по данным Института статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ, выпуск квалифицированных рабочих и служащих к 2022 г. сократился более чем в 4 раза по сравнению с 2000 г. и составил всего 161,2 тыс. чел., а выпуск бакалавров, специалистов и магистров по укрупненной группе специальностей и направлений подготовки «Инженерное дело, технологии и технические науки» в 1,4 раза уступает «Наукам об обществе»¹.

Другой причиной, препятствующей построению системы непрерывного профессионального образования как базы кадрового обеспечения инфраструктурных отраслей транспорта и энергетики, является фрагментарная вовлеченность работодателей в этот процесс. Подготовка, переподготовка и регулярное повышение квалификации кадров, сотрудничество с образовательными учреждениями с целью формирования спроса на необходимые производственному процессу профессиональные компетенции предполагают большие финансовые затраты, поскольку партнерское взаимодействие предприятий с рынком образовательных услуг учитывает помощь в оснащении и поддержании материально-технической базы образовательного процесса, предусматривает выплату стипендий и грантов студентам и преподавателям, обязательства по организации производственной практики учащихся на площадках работодателей и пр. Формирование отношения к затратам на подготовку и развитие персонала как к инвестициям происходит неравномерно, и особенно остро чувствуется нежелание или невозможность участвовать в этом процессе у представителей малого и среднего бизнеса. Опыт успешного взаимодействия предприятий и образовательных учреждений, как правило, имеют либо представители крупного бизнеса, особенно имеющие долю государства в уставном капитале, сохранившиеся еще с советского периода связи.

Среди факторов, негативно влияющих на процессы взаимодействия предприятий инфраструктурных отраслей транспорта и энергетики и системы образования, в т. ч. внутрифирменного, когда работодатели не активно вкладываются в развитие человеческих ресурсов, также можно выделить текучесть кадров и высокую конкурентность с другими отраслями экономики, пробелы в законодательстве, вследствие которых заказчиками целевого обучения

¹ По материалам сборника «Образование в цифрах: 2023 : краткий статистический сборник / Т. А. Варламова, Л. М. Гохберг, О. К. Озерова и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: ИСИЭЗ ВШЭ, 2023. 132 с.

могут выступать лишь предприятия, имеющие в уставном капитале долю РФ и их дочерние общества [54].

Очевидно, что проблемы кадрового обеспечения инфраструктурных отраслей, в первую очередь, ее больших производственных инфраструктурных систем (транспорта и энергетики), сдерживают модернизационные и инновационные процессы развития не только в самих инфраструктурных отраслях, но и в целом способны оказать негативное влияние на социально-экономическое развитие территорий. В связи с этим необходимы комплексные мероприятия по сбалансированию интересов предприятий инфраструктурных отраслей транспорта и энергетики в части их кадровых потребностей, системы образования, демографической политике.

Сегодня, особенно в свете демографических проблем, становится актуальным создание условий для повышения конкурентоспособности инфраструктурных отраслей на внутреннем и внешнем рынке труда за счет создания и модернизации высокопроизводительных рабочих мест, роста оплаты и улучшения условий труда (комфорта, безопасности и стабильности). Среди таких условий можно выделить проведение системных мероприятий по ранней профориентации молодежи и популяризации и инженерных, и рабочих профессий, а также фундаментальной и прикладной науки, способствующей модернизации производственных процессов, и создание новых образовательных программ на стыках разных специальностей, что расширит возможности как работодателей, так и самих работников наиболее полно реализовывать профессиональные компетенции в условиях непрерывной технической и технологической модернизации экономики, например, сегодня, в свете активного развития мультимодальных перевозок.

В периоды трансформации экономической системы, в отличие от периодов ее роста, необходима устойчивость субъектной структуры (на всех уровнях) [60]. Среди мер — создание условий для реализации трудового потенциала на местах. В этом смысле транспортная и энергетическая инфраструктуры, привязанные к земле и требующие высокого уровня квалификации, могут стать одним из факторов, обеспечивающих реализацию принципа стабилизации экономики. Само по себе развитие инфраструктурных отраслей также может стать толчком к улучшению демографической ситуации в регионе как за счет создания «центров притяжения» квалифицированной рабочей силы, так и за счет улучшения уровня жизни региона в целом и роста рождаемости.

ГЛАВА 4. АСПЕКТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ В ЭНЕРГОГЕНЕРИРУЮЩЕМ КОМПЛЕКСЕ

4.1. Концепция управления техническим развитием энергогенерирующего комплекса

Проблема снижения надежности и значительного износа основных мощностей энергогенерирующего комплекса (ЭГК) существенно усиливает кризис в региональной экономике и формирует риски, ограничивающие развитие региональной экономики. Очевидно, что преодоление этой сложной проблемы должно быть связано с процессами обновления и модернизации генерирующих мощностей энергокомпаний, а также с доведением до приемлемого уровня энергоэффективности, экологичности и надежности. Учитывая сегодняшние реалии, возможности привлечения инвестиционного капитала в необходимом объеме, который позволит провести модернизацию генерирующих мощностей энергокомпаний, существенно ограничены. Из этого следует, что одной из актуальных задач по преодолению кризиса является мобилизация доступных инвестиционных ресурсов, необходимых для проведения эффективной технической стратегии энергокомпаний [32].

Процесс управления техническим развитием в ЭГК должен обеспечиваться на основе следующих принципов: 1) обеспечение максимальной энергоэффективности; 2) обеспечение оптимальной автономности региональной электроэнергетики. Реализация рациональной технической стратегии с учетом этих принципов предполагает формирование совокупности вариантов по модернизации энергетических мощностей на основе инновационных технологий. Следует отметить, что техническая стратегия должна выполнять функцию выделения из многочисленных альтернатив технического развития таких оптимальных направлений, которые в наибольшей степени соответствуют стратегическим целям, производственной технологии, а также состоянию основных фондов и внешним ограничениям при формировании их обновленной структуры. При создании технической стратегии энергокомпания необходимо определение целей развития в зависимости от общего состояния ЭГК и силы влияния различных внешних условий, которые могут существенно изменить вектор развития электроэнергетики. Вероятные траектории развития могут быть выявлены

с помощью специального модельно-методического комплекса, дающего возможность обосновывать пакет необходимых технико-экономических решений.

Нужные количественные параметры целей технической стратегии обновления генерирующих мощностей энергокомпании и их относительная важность в сфере обеспечения конкурентоспособности на энергетическом рынке устанавливаются с учетом стратегии развития энергобизнеса, уровня остаточного ресурса основных производственных фондов, прогнозных оценок спроса на энергию и доступа к инновационным энергетическим технологиям.

Получение конкурентных преимуществ энергокомпаний в сфере генерации энергии возможно за счет процессов управления техническим развитием ТЭС, которые, в свою очередь, позволяют наметить стратегические цели по развитию всего ЭГК [61, 62]:

- 1) оптимизация структуры и состава энерго мощностей;
- 2) техническое перевооружение ТЭС;
- 3) углубление электрификации.

Процедура оптимизации структуры генерирующих мощностей энергокомпании должна основываться на рациональном для каждой обслуживаемой территории региона соотношении ТЭС различного типа: паротурбинных (ПТУ-ТЭС), парогазовых (ПГУ-ТЭС), газотурбинных (ГТУ-ТЭС). При осуществлении оптимизации структуры мощностей энергокомпании определенное значение имеет выбор варианта проекта, предполагающего строительство новой ТЭС, модернизацию или демонтаж генерирующих мощностей. При этом необходимо учитывать некоторые технологические ограничения, связанные с уровнем концентрации электрических и тепловых нагрузок на определенной территории региона.

Концепция управления техническим развитием ЭГК должна принимать во внимание комбинацию двух технологических систем для обеспечения максимальной энергоэффективности и обоснованной автономности региональной электроэнергетики. В соответствии с этим одна группа мощностей будет вырабатывать электроэнергию, а другая — производить электрическую и тепловую энергию по когенерационному циклу согласно графику тепловых нагрузок. Для реализации конкурентных преимуществ когенерации возможно использование тепловых схем на базе паротурбинных установок с противодавлением. Высокоманевренные парогазовые установки за счет специфики теплового цикла способны вырабатывать электроэнергию при конденсационном режиме в периоды существенного падения тепловых нагрузок, оставаясь при этом

конкурентоспособными на энергорынке. Очевидно, что такая структура энергогенерирующего комплекса не может быть постоянной и отдельные его группы могут изменяться в зависимости от реально складывающейся ситуации на энергетическом рынке. Поэтому одним из приоритетов технической политики энергокомпании должны стать парогазовые технологии. При такой структуре паротурбинные энергоустановки будут работать в базовой части графика нагрузки района, а парогазовые — в полупиковой.

Значительно повысить энергоэффективность и конкурентоспособность теплофикационных генерирующих мощностей в региональной электроэнергетике можно при реализации проектов, предполагающих модернизацию. Дальнейшее развитие технологий совместной выработки электрической и тепловой энергии возможно в направлении освоения более совершенных парогазовых установок с высокой долей газотурбинной мощности за счет использования высокотемпературных газовых турбин. При тепловых нагрузках до 100 Гкал/ч еще одним весьма эффективным вариантом может стать применение газотурбинных установок с утилизацией тепла в специальном котле-утилизаторе. Кроме этого, когенерационные установки такого типа имеют существенно лучшие экологические характеристики по сравнению с традиционными паротурбинными установками, которые способны показывать хорошие технико-экономические показатели при высоких тепловых нагрузках, например, от 800 Гкал/ч. Следует отметить, что указанные технологические особенности позволят значительно повысить энергоэффективность когенерации и, соответственно, конкурентоспособность генерирующих мощностей энергокомпании.

По мере развития технологий внутрицикловой газификации угля возможно использование их в работе перспективных парогазовых установок. В таких условиях вполне рационально дальнейшее увеличение доли тепловой энергии производимой ТЭЦ с 45 % до 60 %.

Развитие энергопотребляющей системы должно происходить в соответствии с принципами повышения надежности:

- повышение качества оборудования и его сервисных энергомоощностей;
- расширение программ замещения импортных энергомоощностей и сервисных программ;
- повышение плотности графика электрических нагрузок;
- работа когенерационных электростанций на тепловом потреблении;

- оптимизация структуры генерирующих мощностей энергокомпаний;

- повышение производительности генерирующих мощностей энергокомпаний на основе инновационных технологий.

Программа по использованию инновационных технологий в ЭГК должна обеспечивать рост конкуренции на рынке энергооборудования и сервисных услуг, в условиях экономических ограничений и в рамках региональной энергетической политики [62].

Рост неопределенности будущего развития ЭГК выводит на первый план задачи оптимизации в соответствии с новыми условиями, требующими экономичного расхода энергоресурсов [62, 63]. Так, по мере постепенного роста плотности электрических нагрузок и строительства новых ТЭЦ сети 500 кВ смогут выполнять и распределительные функции. При этом схемы электрических сетей будут усложняться. По условиям надежности выдача электрической мощности ТЭЦ, а также обеспечение крупных узлов нагрузки должны осуществляться по нескольким линиям высшего напряжения.

Развитие многосторонних связей энергокомпаний и обеспечение межсистемных перетоков потребуют усиления электросетевой составляющей, которая должна реализовывать свойство устойчивости параллельной работы энергогенерирующих мощностей, а также перераспределение мощности для обеспечения межсистемного эффекта. Следует отметить, что при сокращении или отсутствии транспортных балансовых перетоков электрические сети переменного тока могут реализовывать одновременно распределительные и межсистемные функции. Развитие распределительных электрических сетей напряжением 0,4–330 кВ должно осуществляться по мере роста плотности электрических нагрузок на территории. В тех районах, где наблюдается повышенная концентрация электрических нагрузок, распределительные функции могут выполнять электрические сети 500 кВ.

В рамках мероприятий развития энергопотребляющей системы должны реализовываться следующие мероприятия повышения качества, надежности и эффективности работы региональных распределительных сетей:

- повышение маневренности энергетических мощностей;
- замена низкоэкономичного и устаревшего оборудования;
- автоматизация электрических сетей и управления ими на базе искусственного интеллекта;
- замена отдельных линий электропередач, их участков и конструкций;

- снижение технологических потерь электроэнергии;
- внедрение мониторинговых систем диагностики состояния энергосистем.

Современные экономические условия, характеризующиеся во многом неопределенностью, меняют приоритеты развития региональной системы теплоснабжения, а постепенный рост стоимости тепловой энергии создает обоснованную заинтересованность в ее экономии. Таким образом, повышается инвестиционная привлекательность когенерационных мощностей малой мощности. Проекты на основе такого типа энергоисточников имеют достаточно хорошие показатели, характеризующие финансовую эффективность, — чистая текущая стоимость, срок окупаемости, внутренняя норма эффективности, норма безубыточности и т. п. Благоприятные инвестиционные условия достигаются, прежде всего, за счет относительно низких удельных капиталовложений и высокой энергоэффективностью. Следует предположить, что высокая инвестиционная привлекательность энергогенерирующих мощностей малой мощности создаст дополнительный толчок развитию российского рынка энергооборудования и позволит решить ряд задач по укреплению региональной энергетической безопасности.

Что касается теплофикации, то наиболее востребованными в современных условиях направлениями повышения эффективности теплофикации являются:

- оптимизация режимов работы и мощностей ТЭЦ;
- раздельное сооружение крупных отопительных и промышленных ТЭЦ;
- рациональное взаимодействие крупных ТЭЦ с системным оператором;
- объединение группы ТЭЦ для параллельной работы на совмещенную тепловую нагрузку в крупных городах;
- эффективное комбинирование ТЭЦ разных типов в городских энергосистемах.

Совершенствование структуры генерирующих мощностей в малой энергетике может осуществляться с использованием газопоршневых установок, которые хорошо приспособлены к условиям кратковременной работы, частых запусков, а также выдерживают резкие перепады температуры окружающей среды. Так, в развитых странах широко внедряются национальные программы с частичным госфинансированием проектов по повышению конкурентоспособности экологически относительно чистых технологий использования генераторного газа в сфере малой энергетики. Кроме этого,

в соответствии с оптимальными схемами размещения маломощные газотурбинные ТЭЦ используются непосредственно в городской черте в центрах тепловых нагрузок, а более мощные парогазовые ТЭЦ размещаются по периметру городских границ.

В соответствии с учетом экологических критериев может оказаться перспективной технология внутрицикловой газификации твердого топлива. В условиях дефицита высококондиционного топлива она позволяет интенсифицировать производственные процессы, повышает инвестиционную привлекательность генерирующих установок и существенно улучшает экологические характеристики по сравнению с технологиями прямого сжигания твердого топлива.

Еще одним достаточно перспективным направлением технического развития ЭГК является расширение использования автономных источников энергоснабжения на базе газопоршневых ТЭЦ. Энергетические источники такого типа имеют высокую конкурентоспособность в сфере малой энергетики за счет хороших технико-экономических показателей. Следует отметить, что газопоршневые установки на генераторном газе могут работать на низкокондиционном твердом топливе, в т. ч. органического происхождения.

4.2. Аспекты формирования альтернативных вариантов технического перевооружения энергогенерирующих объектов

В ходе разработки методов многокритериального анализа для оценки эффективности технического перевооружения в электроэнергетике должен учитываться системный подход, в т. ч. специфика энергетического производства. Так, многогранность процесса развития в электроэнергетике может охватывать различные аспекты — инвестиционные, экологические, социальные, финансовые, политические, административные. Учет указанных аспектов позволяет наметить следующие направления для изучения особенностей альтернативных вариантов технического перевооружения энергогенерирующих объектов:

- 1) концепции и стратегии развития электроэнергетики;
- 2) схемы развития электроэнергетики;
- 3) образование новых корпоративных структур;
- 4) создание региональных энергетических программ.

Совершенствование процессов управления энергокомпаний и масштабного обновления энергогенерирующих мощностей должно обеспечить:

- 1) координацию технического перевооружения энергетических мощностей с перспективным спросом на энергоресурсы;
- 2) рационализацию регионального топливно-энергетического баланса и усиление нагрузочных резервов в энергосистемах;
- 3) изучение энергосервисного рынка и выявление возможностей активизации конкуренции в сфере сервиса;
- 4) модернизацию энергетического оборудования с применением новых экологических технологий производства электроэнергии;
- 5) оптимизацию инвестиционных ресурсов в условиях энергоперехода.

Возможные направления технического перевооружения энергогенерирующих объектов могут включать в себя следующие варианты:

- 1) увеличение срока эксплуатации;
- 2) совершенствование процесса сжигания топлива;
- 3) повышение надежности и маневренности;
- 4) рационализация материальных ресурсов;
- 5) повышение экологической безопасности;
- 6) внедрение энергосберегающих технологий.

Рассматриваемой альтернативой техническому перевооружению может стать как сооружение новых, так и демонтаж существующих энергетических объектов. Поэтому возможные варианты технического перевооружения энергетических объектов могут потребовать более детальной их декомпозиции:

- технические характеристики турбоагрегатов и парогенераторов;
- виды топлива;
- технология выработки энергии производства электроэнергии;
- варианты реконструкции.

Следует отметить, что из-за сложностей доступа к инвестиционным ресурсам наиболее востребованным на сегодня является вариант технического перевооружения, предполагающий продление сроков службы энергооборудования электростанций до 20 лет. Это может быть осуществлено за счет обновления изношенных элементов, которые работают в зонах высокого давления и температуры.

Процесс рационализации регионального топливно-энергетического баланса позволит реализовать проекты, предполагающие совершенствование топливных режимов электростанций с возможной заменой вида основного и резервного топлива либо значительным улучшением качественных характеристик топлива. Выбор более экологичного вида топлива, например, в случае применения газового топлива, а также использования инновационных энергосберегающих технологий, позволяющих существенно повысить

эффективность выработки электрической энергии на ТЭС за счет современных технологий, а также оптимальных схем и параметров когенерационных энергоустановок. Следует отметить, что проекты, предусматривающие использование технологии сжигания твердого топлива в кипящем слое, имеют некоторые проблемы с надежностью функционирования (стабильностью процесса горения топлива), хотя и являются достаточно экологичными.

В проектах технического перевооружения энергогенерирующих объектов, предполагающие паротурбинные установки, как правило, не планируются дальнейшего существенного увеличения мощности, хотя не исключается небольшое увеличение мощностей в пределах 4–7 % за счет улучшения конструкций агрегатов. При этом реализация проектов на базе парогазовых установок создает перспективу для существенного увеличения мощности (на 30–40 %) за счет конструктивных особенностей (компактность, материалоемкость) [70].

Указанные особенности энергетического производства позволяют обратить внимание на согласование проектов технического перевооружения энергогенерирующих объектов с поставками топлива. Поэтому на уровне региона может предполагаться расширение пакета проектов технического перевооружения за счет анализа возможностей диверсификации видов топлива, а также изучения возможностей модернизации энергетических мощностей в рамках имеющихся конструкций главных корпусов ТЭС, что поможет существенно сэкономить инвестиционные ресурсы и сформулировать требования к производителям энергетического оборудования, например, в части типоразмеров.

Краткий анализ возможных способов технического перевооружения энергогенерирующих объектов показал специфику применения энергетических технологий, которые проявляются в следующих аспектах:

- 1) в воспроизводстве основных производственных фондов;
- 2) в пределах энергоэффективности технологий;
- 3) в особенностях получения экономических и финансовых эффектов.

Как правило, осуществляемые процессы реструктуризации в электроэнергетике отражают динамику совершенствования технологических процессов, поэтому техническое перевооружение имеет многогранный характер по способам реализации, позволяющий наметить следующие совокупности вариантов, которые целесообразно изучить на предварительных этапах разработки инвестиционных проектов:

1) полное (частичное) воспроизводство основных производственных фондов на энергообъектах;

2) повышение энергетической мощности оборудования за счет внедрения высокоэффективных энергетических технологий

Таким образом, можно выделить несколько групп вариантов технического перевооружения энергогенерирующих объектов, в некоторых случаях значительно различающихся, которые следует учитывать при обеспечении сопоставимости их показателей.

В соответствии с первой совокупностью вариантов технического перевооружения энергогенерирующих объектов, сроки работы основного энергетического оборудования предполагают их увеличение за счет реализации проектов, связанных с совершенствованием режимных характеристик [71, 72].

В проектах, предполагающих модернизацию энергетического оборудования, общие технико-экономические характеристики электростанции остаются прежними и, соответственно, сохраняется определенный уровень износа. Таким образом, при некоторых условиях рациональным может оказаться сокращение выработки электроэнергии для повышения энергоэффективности и экологичности. Существует способ повышения энергоэффективности — это перевод энергооборудования в полупиковый режим работы, который дает более высокую себестоимость и, соответственно, высокую отпускную цену электрической энергии. В некоторых случаях возможна работа генерирующих мощностей в качестве аварийного и нагрузочного резерва.

В реализации проектов, предусматривающих ограниченную модернизацию отдельных элементов основного оборудования, может потребоваться установка дополнительных очистных технологий, улучшающих экологические характеристики ТЭС, например, реализация закрытой системы циркуляционного водоснабжения. Одним из мероприятий, обеспечивающих повышение экологической безопасности работающих на угле электростанций, расположенных вблизи крупных агломераций, является их перевод на природный газ. Причем технические условия изменения вида топлива существенно зависят от подбора качественных характеристик используемого и перспективного топлива по калорийности, зольности, влажности, выхода летучих веществ и др.

Следует отметить, что инвестиционная привлекательность рассматриваемой группы вариантов является наиболее благоприятной, что обусловлено:

— низкой капиталоемкостью;

- сокращенными сроками окупаемости;
- комбинированием работ по модернизации и капремонтов.

Одним из возможных вариантов проектов модернизации ТЭС может стать техническое перевооружение без использования дополнительных площадей и без увеличения установленной мощности. Возможности выделения наиболее информативных показателей, характеризующих энергоэффективность, существенно будут зависеть от специфических условий, определяющих вариант реконструкции ТЭС, среди которых можно обозначить несколько таких вариантов: замены энергетического оборудования с его размещением, либо в существующем главном корпусе, либо в новом с размещением дополнительного основного и вспомогательного энергооборудования.

В проекте размещения энергооборудования в старом главном корпусе будут ограничены габаритами его строительной конструкции, что сократит некоторые возможности вариантов модернизации, предусматривающие установку дополнительного энергооборудования, например, котла-утилизатора или дополнительных очистных устройств.

В инвестиционных проектах развития ТЭС, предусматривающих работу на твердом топливе, весьма целесообразно ориентироваться на сохранение имеющихся типоразмеров генерирующих мощностей и строительных габаритов. Кроме этого, появляется возможность для повышения конкурентоспособности энергогенерирующих мощностей за счет улучшения технико-экономических характеристик путем экономии топлива. При использовании природного газа в качестве основного топлива помимо использования паротурбинных мощностей аналогичных типоразмеров допускается применение парогазовых надстроек из-за их компактности по габаритам. Во всех указанных выше вариантах замена генерирующих мощностей в имеющемся главном корпусе может потребовать увеличения времени работ за счет технологических особенностей процесса демонтажа и последующего сооружения технически более совершенного энергооборудования, что приведет к некоторому снижению рабочей мощности реконструируемой электростанции, а значит, и количества производимой энергии. Возможная технология обновления главного корпуса обычно может допускать одновременное выполнение работ на одном-двух энергетических блоках. Очевидно, что в случае постоянного коэффициента использования генерирующей мощности в течении этого периода образуется упущенная выгода энергокомпании за счет недовыработки

электрической и тепловой энергии и, соответственно, существенно снижается ее инвестиционная привлекательность.

В случае внедрения инвестиционных проектов, предполагающих сооружение дополнительного главного корпуса, возможно рассмотрение вариантов, предусматривающих альтернативные технологические способы производства электроэнергии, например, при увеличении мощности ТЭС при использовании твердого топлива вероятны ограничения по причине экологической безопасности, а в случае варианта, предполагающего техническое перевооружение, использование высокоэффективных технологий производства энергии будет существенно компенсировать экологические ограничения [71, 72]. При определенных условиях на угольных ТЭС могут появиться ограничения по расположению топливно-транспортного хозяйства, а при сжигании природного газа, как известно, использование парогазовых установок дает возможность сохранить первоначальную мощность электростанции либо обеспечить ее рост в пределах имеющихся компоновочных решений.

Указанные выше особенности инвестиционных проектов, предполагающих техническое перевооружение энергогенерирующих мощностей энергокомпаний, могут явно проявляться в процессе сопоставления их энергоэффективности при использовании критерия интегральных затрат, учитывая тождество производственных и региональных эффектов.

В соответствии с технологическими условиями может иметь смысл проведение дифференциального анализа по критерию интегральных затрат двух групп проектов. В первую группу могут быть включены проекты, предполагающие воспроизводство основных производственных фондов электростанции за счет увеличения сроков службы и восстановления мощности. Альтернативой техническому перевооружению может стать новая генерирующая мощность. В рамках второй группы проектов осуществляется сопоставление строительства новой электростанции с более высокой мощностью. Некоторое различие в способах рассмотрения указанных групп проектов объясняется целевым характером поставленных задач. Так, в первом случае изучению предполагается только энергоэффективность решений технического перевооружения, а во втором — строительство технически более совершенной ТЭС.

В рамках первой группы проектов приоритетными становятся те, что предусматривают техническое перевооружение электростанций. Процесс формирования исходных параметров может зависеть от величины мощности, которая планируется для проведения

технического перевооружения, и строительства новой ТЭС. В том случае, когда величины данных мощностей сопоставимы, в число соизмеряемых проектов нужно включать проект сооружения новой электростанции либо воспользоваться общими оценками замещающей мощности в энергосистеме.

Следующая, вторая группа проектов технического перевооружения становится альтернативой сооружению новой электростанции. Таким образом, основными становятся те, которые соответствуют по типу основного оборудования, топливу, размещению, компоновки и мощности. Для этого случая может подойти совокупность ТЭС, предусматривающих увеличение мощности при оптимальной их концентрации.

Оценка инвестиционной привлекательности проектов технического перевооружения электростанций может проводиться на основе критерия, характеризующего экономическую эффективность. Для решения такой задачи необходимо учесть следующие вопросы методического характера:

- 1) выбор расчетного периода;
- 2) определение времени до выхода энергообъекта на проектную мощность;
- 3) сопоставление различных вариантов по установленной мощности;
- 4) выявление технологических особенностей генерирующих мощностей при разных сроках жизни инвестиционного проекта;
- 5) изучение социально-экономической сопоставимости проектов;
- 6) экологическая безопасность проектов;
- 7) учет финансовой эффективности проектов.

Выбор расчетного срока. Как известно, результаты анализа технико-экономических показателей во многом зависят от типа энергетических мощностей и их структуры в энергокомпаниях. При этом фактор равенства энергетических эффектов позволяет сопоставлять различные, в т. ч. перспективные энергетические мощности, что позволит корректно определить весь жизненный цикл проекта.

Определение времени до выхода энергообъекта на проектную мощность. Кроме получения эффектов для обеспечения энергетической сопоставимости необходим учет первоначальных эффектов, обусловленных специфическими временными периодами, характеризующимися промежутками между моментом капиталовложений и получением первых результатов, т. е. по отпущенной мощности и энергии [71–73]. С учетом этого, весьма показательной является величина продолжительности сооружения энергообъекта

до момента ввода первого генерирующего источника. Так, например, модернизация энергоблока при условии продления времени работы может быть выполнена примерно за один год. На восстановление мощности аналогичного энергоблока с заменой агрегатов в существующем главном корпусе потребуются до двух лет. При строительстве нового главного корпуса на работающей электростанции время до выхода на проектную мощность составит около трех–четырёх лет, а по проекту строительства новой ТЭС может возрасти до пяти лет. Для определения полных сроков указанные временные интервалы должны быть увеличены на время, необходимое для проектных работ. Учет первичных эффектов может зависеть от дефицитности (профицитности) энергетических балансов регионов. Так, можно выделить два типа проектов. В первом предполагается, что проекты технического перевооружения энергообъектов, основное оборудование которых достигло предельных сроков работы, на первоначальном этапе могут стать безальтернативным. Следует отметить, что такой тип модернизации энергооборудования возможен только один раз, поэтому в последующем этот вариант рассматривать нецелесообразно. Следующий тип проектов во многом зависит от наличия резервов, позволяющих учитывать широкий круг перспективных проектов.

Сопоставление различных вариантов по установленной мощности. Суть сопоставимости проектов по энергетической составляющей состоит в том, что полученные эффекты уравниваются в соответствии с полезно отпущенной электрической энергией и мощностью для всего расчетного периода с учетом сроков выбытия и ввода энергооборудования. Энергетическая сопоставимость проектов по показателям произведенной электроэнергии и мощности может обуславливаться следующими факторами:

- 1) различием типов генерирующих мощностей;
- 2) различием в величинах резервов мощности в энергосистемах;
- 3) различиями в расходах мощности и энергии на собственные нужды;
- 4) потерями мощности для проектов сооружения новой ТЭС из-за возможной удаленности от центров нагрузки;
- 5) продолжительным по времени простоем в ремонте энергооборудования;
- 6) дифференциацией по времени начала работы энергооборудования ТЭС.

Выявление технологических особенностей генерирующих мощностей при разных сроках жизни инвестиционного проекта.

В соответствии с перспективными результатами, указанные факторы следует разделить на две составляющие. С процессом развития электроэнергетики непосредственно связаны первоначальные четыре фактора. Одним из наиболее подходящих вариантов оценки их влияния является поиск так называемой балансирующей мощности для каждого из проектов по отношению к проекту, в котором величина мощности достигает наибольшего значения. В случае, когда состав энергообъектов переделен, отрицательные последствия сокращения мощности становятся заметными в рамках систем потребления энергии, что характеризуется последними двумя факторами. Проявление этих факторов в электроэнергетической системе может характеризоваться изменением энергопотребления, маневрированием резервов мощности, надежностью энергоснабжения и т. п.

Процедура учета технологических особенностей генерирующих мощностей необходима для сопоставимости эксплуатационных издержек и периодов работы энергооборудования в соответствии с конкретными решениями: 8–10 лет — при проведении модернизации; 10–20 лет — по проектам технического перевооружения; 25–35 лет — в проектах строительства новой электростанции. Учет временного фактора принципиально различен по критериям экономической и финансовой эффективности.

Изучение социально-экономической сопоставимости проектов. В ситуациях, когда существует неопределенность развития электроэнергетики и волатильность региональной экономики, существенно возрастает важность социально-экономических факторов. Наибольшая неопределенность появляется в случае продления сроков службы энергооборудования, т. к. при этом обеспечивается сохранение кадров и использование имеющейся социальной инфраструктуры. В проектах, предполагающих восстановление мощности объекта с использованием имеющегося главного корпуса, негативные обстоятельства могут быть связаны с весьма длительным остановом энергооборудования, а в целях сохранения трудового коллектива, вероятно, потребуется его поддержка. Существенно благоприятные условия обнаруживаются у проектов технического перевооружения, где рассматривается сооружение нового главного корпуса, причем на имеющейся площадке. В этом случае демонтаж оборудования выполняется после установки новых энергомощностей и позволяет сохранить промышленно-производственный персонал. Как правило, работающие ТЭС находятся на развитых территориях региона, в таком случае следует использовать имеющуюся социальную инфраструктуру.

Экологическая безопасность проектов. Изучение экологических факторов и их влияние на перспективы проектов технического перевооружения энергообъектов может включать следующие аспекты:

- 1) исследование влияния экологических ограничений на конкурентоспособность энергокомпаний;
- 2) определение экологической составляющей в себестоимости энергии;
- 3) учет экологической компоненты в мультикритериальных задачах.

В рамках первого аспекта осуществляется многокомпонентный расчет объемов выбросов токсичных веществ, ПДК и ПДВ.

Данные ограничения при реализации проектов технического перевооружении энергетических объектов значительно влияют:

- на возможность увеличения сроков работы ТЭС;
- внедрение современных экологичных технологий;
- условия размещения балансирующего энергоисточника в энергосистеме.

Экологические вопросы значительно актуализируются в условиях, когда действующие ТЭС находятся на территориях региона, где ведется активная экономическая деятельность, создающая высокую загрязненность природы. Энергетические проекты, направленные на повышение конкурентоспособности энергокомпаний за счет модернизации ТЭС, должны включать в себя составляющую, в которую входит глубокий анализ экологических показателей используемой технологии для выработки электрической и тепловой. При некоторых обстоятельствах существенным ограничением для проектов технического перевооружения ТЭС может оказаться ограниченность производственных площадок, на которых должно располагаться дополнительное оборудование для очистных сооружений. В случаях, когда не удастся существенно снизить выбросы вредных веществ, перспективно рассмотреть возможность корректировки режима работы энергообъекта или перевода его в работу в качестве резервной мощности [73, 74].

Соблюдение экологических требований приводит к росту производственных издержек на ТЭС из-за увеличения объема инвестиций и затрат на производство энергии, а также дополнительных расходов энергии на собственные нужды, которой требуется для природоохранных технологий. При этом в соответствии с экологическими ограничениями размещение балансирующего энергоисточника — новой ТЭС — обычно становится возможным

на относительно удаленных территориях, что сказывается на издержках транспортировки электрической энергии.

Большая часть указанных выше дополнительных издержек связана со спецификой энергетических технологий и выделение в них чисто экологической составляющей является достаточно сложной задачей, что говорит о целесообразности их учета в составе производственных издержек [73].

В экологическую компоненту могут быть включены следующие типы специфических издержек, появляющихся в результате эксплуатации природных ресурсов региона:

1) выделение площадей для целей размещения ТЭС и их систем циркуляционного водоснабжения и топливно-транспортного хозяйства;

2) реабилитация загрязненных площадей;

3) использование водных ресурсов в процессах выработки энергии;

4) загрязнение окружающей среды.

Учет финансовой эффективности проектов. Использование критерия финансовой эффективности в виде интегрального эффекта для оценивания перспектив технического перевооружения ТЭС затрагивает следующий ряд вопросов:

— прогноз рыночных цен на энергию;

— обеспечение сопоставимости затрат на производство энергии по различным проектам;

— определение упущенной выгоды на время проведения работ по реконструкции;

— определение уровня конкурентоспособности энергокомпаний;

— анализ инвестиционной привлекательности энергобизнеса в сфере генерации энергии.

На первоначальных этапах разработок следует выполнять сопоставимость перспективных показателей цен на электроэнергию и затрат, связанных с производством энергии по проектам. Решение этой задачи может основываться на определении перспективной цены оптового рынка в соответствии с маржинальной стоимостью выработки электрической энергии с учетом фактора времени [74].

Следует отметить, что эти предложения позволяют обеспечить преимущество исследований экономической эффективности, т. к. при их проведении проект новой ТЭС мог бы стать альтернативным источником энергии. Следовательно, в цене электрической энергии на энергорынке следует учитывать расходы, связанные

с его инфраструктурой. Это, как правило, расходы на передачу электроэнергии, диспетчеризации, а также поддержание надежности работы энергосистемы.

С методической точки зрения по проектам технического перевооружения ТЭС должен предусматриваться непосредственный учет инвестиционной составляющей затрат посредством распределения во времени и дисконтирования капитальных вложений. При оценке прогнозной цены на электрическую энергию следует использовать показатели рентабельности капиталовложений. Кроме того, необходимо изучить специфику учета абонентной платы по типам энергообъектов и их размещению на территории региона, поскольку издержки на передачу и распределение электроэнергии от существующих ТЭС, как правило, являются более низкими, чем от новой.

С учетом изложенного выше, критерий интегрального эффекта, характеризующий финансовую эффективность проектов технического перевооружения ТЭС, можно интерпретировать как разность между кумулятивными денежными притоками и оттоками, которые приводятся к определенному моменту времени оценки инвестиционного проекта и устанавливают величину денежных средств, которую инвестор планирует получить от реализации проекта, после окупаемости начальных капиталовложений, а также оттоки денежных средств, связанных с реализацией проекта.

При расчете показателей, характеризующих финансовую эффективность, отсутствует необходимость в сопоставлении проектов по условиям обеспечения равенства энергетических эффектов, но при этом следует учитывать упущенную выгоду от останова энергооборудования на время модернизации или его замены.

4.3. Учет условий неопределенности при исследовании областей эффективности проектов технического перевооружения

Концептуально оценка влияния факторов неопределенности на эффективность проектов технического перевооружения энергообъектов заключается в следующем:

- выстраивание первоначальных расчетных условий и ограничений;
- определение зон эффективных решений по экономическому критерию;
- определение зон эффективных решений по финансовому критерию;
- исследование общей эффективности портфеля проектов в условиях неопределенности.

Методическими особенностями процесса поиска областей эффективности проектов можно считать двухкритериальную постановку задачи, предполагающей выделение областей эффективности по экономическому и финансовому критериям с дальнейшей их увязкой. Такой подход позволяет учесть согласование региональных интересов с интересами энергобизнеса в условиях неопределенности.

Расчетные условия. Общая постановка задачи предполагает формирование четырех групп параметров. В первую группу включаются управляемые параметры, которые участвуют в определении совокупности проектов. Эти параметры позволяют сформулировать задачу исследований. Следующая, вторая группа состоит из экзогенных параметров, отражающих внешнюю среду, а значит, будущие условия реализации энергетических проектов. В третью группу входят показатели энергетических мощностей по конкретным проектам — эндогенные параметры, которые формируются с учетом параметров, образующих две начальные группы. В последнюю группу попадают параметры критериального типа — интегральные затраты и интегральный эффект.

Содержательный анализ расчетных условий позволяет выделить следующие параметры: 1) энергетические; 2) экономические; 3) технологические; 4) площадочные; 5) экологические; 6) социальные; 7) институциональные. В ряде случаев пороги между указанными параметрами оказываются нечеткими, прежде всего это относится к классу управляемых параметров. Эта совокупность, особенно на предварительных этапах прогнозирования, может быть значительно сокращена при недостаточном информационном обеспечении. Поэтому выпадающие параметры обычно становятся экзогенными. Например, это может иметь отношение к технологиям, используемым при техническом перевооружении ТЭС.

Неоднозначность оценок выполняющих роль критериев может характеризоваться следующими факторами:

- многозначностью условий;
- отсутствием достоверных данных на начальных этапах проектов;
- использованием более простых методик для распознавания эндогенных характеристик и определения критериев эффективности.

Диапазоны изменения первоначальных показателей устанавливаются с учетом:

- методов оценки эффективности развития энергогенерирующих систем;

— прогнозных оценок по перспективным энергетическим технологиям;

— экспертных оценок информационных баз знаний.

Как показал предварительный анализ, экзогенные показатели могут иметь высокий уровень неоднозначности, с интервалами изменений выше 40–60 %. Достаточно высокую неоднозначность могут иметь и эндогенные показатели, которые образуют технологическую, экологическую и экономическую группы. Интервал неоднозначности таких показателей может быть значительно уменьшен, например, за счет использования изменяемых параметров экономичности термодинамических циклов. Таким образом, энергетические показатели, отражающие расход топлива на производство электрической и тепловой энергии, можно считать наиболее удобными для прогнозирования уровня энергоэффективности.

В условиях неопределенности разнообразие факторов, влияющих на показатели, создает определенные трудности при построении расчетных условий для процедуры сопоставимости различных проектов. Преодоление этой проблемы может быть связано с поиском наиболее подходящих эвристических процедур, позволяющих проводить экспертный анализ свойств систем энергетики. Так, для минимизации влияния неопределенности можно предложить методический подход, состоящий из следующих этапов:

1) построение информационного массива для сравнительной экономической эффективности;

2) нахождение устойчивости результативных решений;

3) определение зон эффективности проектов с помощью платежных матриц.

На начальном этапе проводится трехуровневая структуризация показателей, характеризующих интегральные затраты по каждому проекту: 1) определение объема инвестиций; 2) расчет производственных издержек; 3) декомпозиция производственных издержек на эксплуатационные и экологические компоненты; 4) формирование матрицы отдельных элементов затрат. Следует отметить, что значимость отдельных составляющих в экономическом критерии, а также их структура оцениваются при базовых значениях первоначальных показателей, значения которых будут находиться в рамках установленных интервалов неоднозначности.

В рамках второго этапа изучения влияния неопределенности на показатели проводится вычисление чувствительности критериальных оценок к изменению первоначальной информации. Для решения проблемы точного выбора конкурентоспособных проектов

технического перевооружения электростанций имеет смысл изучить изменение следующих показателей, обладающих высокой степенью неоднозначности оценок: 1) инвестиции; 2) расходы на ремонт; 3) издержки на топливо; 4) затраты на эксплуатацию природных ресурсов; 5) воздействие предиктора временных лагов.

Разброс колебания показателя капитальных вложений может характеризоваться следующими внешними и внутренними факторами. Внешние факторы обычно имеют отношение к неоднозначности прогнозных оценок перспективных затрат, отражающих расходы на энергооборудование. В свою очередь, внутренние факторы сопровождаются недостаточной информацией об конкретных условиях реализации проекта технического перевооружения ТЭС в сравнении с новой электростанцией, например, по инженерно-строительным особенностям.

При оценке интервалов изменения расходов на ремонты следует учитывать объективно обусловленные границы сервисных рынков, которые по своему характеру имеют достаточно неопределенный характер, что приводит к росту стоимости сервисного обслуживания. Значимость этой проблемы усиливается под влиянием масштаба и интенсивности технического перевооружения ТЭС в условиях создания опережающего развития сервисного сектора, который становится основой надежной и эффективной работы энергокомпаний.

Ценовая составляющая затрат на топливо во многом зависит от динамики рыночных процессов на топливном рынке и возможностей обеспечения более экологичным топливом. В этом случае следует учитывать динамику цен на топливо на мировом рынке, долю топливной составляющей в общих издержках при производстве энергии и уровень развития топливной инфраструктуры в регионе.

Как известно, одной из составляющих затрат, наиболее подверженных влиянию факторов неопределенности, является плата за использование экологических ресурсов. При изучении вопросов, связанных с расходами на экологические ресурсы, следует обратить внимание на интервалы изменения такого типа затрат по мере реализации инвестиционного проекта и оценить фактор неоднозначности следующих характеристик:

- 1) получение экологического эффекта от внедрения технологий снижения выбросов вредных веществ;
- 2) значимость определенных природных ресурсов;
- 3) дифференциация выплат за использование природных ресурсов в соответствии с экологической обстановкой на определенной территории региона;

4) капиталовложения в современное оборудование для очистки выбросов от ТЭС.

Исследование устойчивости оценок экономической эффективности происходит в соответствии со следующей логикой. С методической точки зрения для факторов, характеризующих неопределенность, необходимо определить противоположные оценки, такие как оптимистическая и пессимистическая. Они позволяют получить пределы неоднозначности первоначальных показателей. Далее становится возможным переход к анализу чувствительности критериальных оценок с соответствующим отклонением первоначальных показателей от базовых значений. Таким образом, необходимо вычислить интегральные затраты для рассматриваемых проектов по каждому из факторов для крайних значений первоначальных показателей. Для каждого изменяемого значения появляется потребность в повторении вычисления в соответствии со схемой построения критерия эффективности в целях полного учета последовательности связей между показателями, которая содержится в алгоритме расчета. При изменении капитальных вложений требуется учет связанных с этим поправок в производственных издержках и влияния фактора времени. По результатам расчетов итоговые показатели эффективности будут представляться в виде интервалов. После выполнения процедуры факторного анализа появляется потребность в определении конечного предела изменения критериальных оценок. В расчетах следует учитывать и тот момент, при котором часть факторов имеет связи между собой. Например, тип топлива и использование определенных эффективных технологий генерации энергии, в частности парогазовых установок, которые позволяют существенно снизить загрязнение окружающей среды. Поэтому кроме топливной компоненты в расчетах следует учитывать экологическую составляющую. Помимо выплат за выбросы загрязняющих веществ необходимо учитывать и сопряженные затраты, которые предполагают установку дополнительного оборудования для очистки выбросов и последующий рост расхода электрической энергии на собственные нужды ТЭС. Изучение областей неопределенности усложняется процедурой дисконтирования разновременных затрат и может приводить к деформации пределов неоднозначности. В результате, полученный диапазон изменения оценок по экономическому критерию не является простой суммой вкладов различных факторов и поэтому должен вычисляться на основе перспективных эффектов, получаемых от проектов по всему набору факторов. Далее после удаления проектов

с низкой эффективностью можно перейти к сравнительному анализу с выбором наиболее предпочтительных. Некоторое сокращение областей эффективности может быть получено с учетом совместимости оценок влияющих факторов, имеющих общесистемное значение (например, топливные расходы) и тех факторов, которые можно считать локальными (например, инвестиции и плата за экологические ресурсы). Далее показатели, отражающие общесистемные ограничения, одинаковые в некоторых проектах, закрепляются на базовом, минимальном и максимальном уровнях, для которых вычисляется значение экономического критерия при изменении локальных показателей по каждому уровню. В результате этого произойдет еще некоторое сужение круга доминирующих проектов. В случае, если происходит явное доминирование одного из проектов, потребность в последующих итерациях пропадает. Нарушение этого условия приведет к следующей стадии исследования, которая предполагает определение областей эффективности на основе так называемого множества платежных функций.

Расчет критерия, характеризующего интегральный эффект, позволяет сформировать группу показателей, которые отражают различные условия коммерческого характера. В эту группу могут входить следующие показатели, имеющие достаточно высокую неопределенность оценок:

- тарифы на электрическую и тепловую энергию;
- объем выработки электрической и тепловой энергии;
- ключевая ставка Банка России;
- налоговые выплаты и отчисления в фонды.

В условиях волатильной экономики инвестиционная деятельность принципиально невозможна без рисков, комплексный анализ которых требует повышения качества анализа рисков инвестиционных проектов. Как известно, понятие риска связано с концепцией неопределенности и базируется на том, что из-за отсутствия возможности четко предвидеть будущие условия реализации инвестиционного проекта имеется некоторая вероятность получения убытков. В процессе проведения риск-анализа инвестиционных проектов в электроэнергетике можно получить вероятностные характеристики бизнес-процессов. В рамках реализации риск-анализа может быть использована процедура статистических испытаний на основе широко известного метода Монте-Карло.

Еще одним наиболее интересным вариантом проведения исследований многокритериальной оценки эффективности проектов технического перевооружения ТЭС, входящих в состав

энергосистем, могут быть методы нечеткой логики. На основе использования этих методов проводится анализ областей эффективности технического перевооружения и проектов сооружения новых ТЭС с учетом факторов многокритериальности и неопределенности исходной информации. В последующем на основе рассчитанных рангов проектов формируются рекомендации по выбору наилучшего варианта.

ГЛАВА 5. ВОПРОСЫ МОДЕЛЬНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ РЕШЕНИЙ ПО РАЗВИТИЮ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ СИСТЕМ

5.1. Эконометрический анализ регионального электропотребления отраслями промышленности России, входящими в состав добывающего и обрабатывающего сектора

Электропотребление является одним из ключевых показателей экономической динамики на макроэкономическом уровне. Начиная с 1990-х гг. вместе с очередным витком и увеличением потребности в энергии растет и интерес отечественных и зарубежных исследователей к проблемам электропотребления в контексте широкого спектра вопросов энергоэффективности и энергобезопасности [75]. Причем на сегодняшний день по сравнению с 2000–2005 гг. общее количество публикаций по теме в год выросло более чем в 6 раз [76].

По данным статистического ежегодника мировой энергетики аналитического агентства Enerdata¹, в 2020 г. Россия заняла четвертое место по суммарному энергопотреблению (после КНР, США и Индии) с показателем 731 мегатонн нефтяного эквивалента (международная единица измерения, показывающая суммарное энергопроизводство или потребление в пересчете на нефтяной эквивалент) и шестое место по размеру ВВП (по паритету потребительской способности). Успешность любого бизнеса зависит от издержек, которые формируются, особенно в сфере материального производства, за счет уровня потребления энергии на создание единицы продукта — энергоэффективности. Однако энергопотребление может рассматриваться и как своего рода индикатор промышленного развития в стране или регионе. В отечественном машиностроении, металлургии и химическом производстве, входящих в состав обрабатывающей промышленности, расходуется намного больше электроэнергии, чем в аналогичных отраслях в США, Китае, Германии, Японии, Бразилии и др. Поэтому также и повышение энергоэффективности производства промышленной продукции в обрабатывающей промышленности должно быть важным аспектом энергопотребления. При этом необходимо не просто сравнивать энергоэффективность в странах, но и отражать в этих сравнениях

¹ URL: <https://energystats.enerdata.net> (дата обращения: 29.09.2023).

структуру общественного производства, помня, что развитие России неотделимо от развития энергоемкой промышленности.

За последние 10 лет суммарное электропотребление по данным Росстата¹ выросло незначительно, примерно на 10 %. Причем основной рост наблюдался и продолжается в постковидный период. При этом более 60 % использования электроэнергии приходится на реальный сектор экономики. Поэтому представляет особый интерес проведение анализа, выявляющего отрасли, которые вносят существенный или незначительный вклад в рост промышленного электропотребления. В данной работе этот анализ проведен с помощью динамической регрессионной модели, выявляющей краткосрочные эффекты влияния отраслевого электропотребления обрабатывающей и добывающей промышленности на объем промышленного производства с учетом ненаблюдаемой неоднородности регионов. Это позволяет анализировать краткосрочные эластичности объема промышленного производства по отраслевому электропотреблению, что особенно актуально в период санкций со стороны недружественных стран. В этот период особенно важно выделить среди всех отраслей ведущие для стабилизации экономики. Анализ отраслевых эластичностей электропотребления этих отраслей позволяет увеличить совокупный объем производства.

Используя различные методы описательной статистики и эконометрики, авторы исследуют причинно-следственные связи между электропотреблением и индикаторами социально-экономического развития. В одной из наиболее цитируемых в научном сообществе статье И. Озтюрк [77], проанализировав более 100 публикаций, констатирует отсутствие единого понимания взаимосвязи электропотребления и экономического роста и предлагает актуальную и сейчас классификацию типов причинно-следственных связей:

1) отсутствие причинно-следственной связи между потреблением энергии и экономической динамикой (*neutrality hypothesis*). Впервые к такому выводу пришли в своей работе Акарча и Лонг [78]. Однако широкого распространения гипотеза не получила, скорее породив в научном сообществе дискуссию о выборе эконометрических методов [79]. Резонансный смысл гипотезы ставит под сомнение целесообразность проведения какой-либо экономической политики в важнейшей отрасли хозяйствования — энергетике;

¹ Росстат России. URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_industrial (дата обращения: 29.09.2023).

2) однонаправленная причинно-следственная связь, предполагающая влияние экономического роста на потребление энергии (*conservation hypothesis*). Статья [80] стала одной из первых работ, доказавших данную гипотезу. В более поздних исследованиях авторы отмечают, что на характер связи влияют различные факторы, например, уровень экономического развития. Ряд отечественных исследователей подтверждают высокую зависимость электропотребления в России от динамики ВВП [81], в некоторых регионах эластичность электропотребления по показателям экономического роста может быть значительно выше единицы [82];

3) однонаправленная причинно-следственная связь, предполагающая, что рост потребления энергии ведет к экономическому росту (*growth hypothesis*). Подтверждение данной гипотезы подразумевает, что ограничения на использование энергии, например, экономическая политика, направленная на снижение энергоёмкости производства, на ограничения по эмиссии парниковых газов, могут оказывать отрицательное влияние на динамику экономического роста. В то же время рост электропотребления может стать стимулом роста всей экономики. Гипотеза часто подтверждается в исследованиях электропотребления стран, богатых природными энергоресурсами [83].

Разнообразие гипотез и противоречивость результатов эмпирических исследований объясняются сложностью и многогранностью факторов, влияющих на динамику электропотребления и экономический рост. Среди основных факторов можно выделить уровень развития экономики исследуемого региона и качество жизни его населения, географическое положение, темпы инвестиционной деятельности, общая энергоёмкость производств, характер проводимой экономической политики, острота экологических проблем. Очевидно, исследования взаимосвязи электропотребления и экономического роста требуют отраслевой и региональной декомпозиции.

Большинство публикаций по этой теме посвящено влиянию электропотребления в обрабатывающей промышленности в целом на объем производства или на валовой внутренний продукт (ВВП). Например, в исследовании [84] рассматривается влияние потребления электроэнергии на объем производства в Нигерии с 1980 г. по 2021 г. Были проведены различные диагностические тесты, включающие описательную статистику, корреляцию, тест на единичный корень. Процедура анализа модели с распределенными лагами (ARDL) показала, что в долгосрочной перспективе труд, капитал и потребление электроэнергии являются единственными

переменными, определяющими объем производства в Нигерии. Кроме того, в краткосрочной перспективе переменными, определяющими выпуск продукции в обрабатывающей промышленности, являются потребление электроэнергии, труд, валовое накопление основного капитала и производство электроэнергии.

Отдельные публикации посвящены влиянию электропотребления на объем отдельного отраслевого производства. В работе [85] показано, что в будущем для металлургических компаний, которые хотят сохранить свою конкурентоспособность, будет совершенно необходимо иметь подробные знания об энергетических и экономических потребностях отдельных процессов компании, иметь возможность прогнозировать развитие затрат в связи с этим процессом. Незаменимое место в этих рассуждениях занимают экономико-математические методы (в частности, подходы структурного анализа).

Таким образом, эконометрический анализ влияния электропотребления отдельными отраслями промышленности на объем промышленного производства остается неизученным и исследование данного вопроса является научной новизной.

Задачей излагаемых здесь результатов эконометрического анализа регионально-отраслевого электропотребления промышленности является проверка выдвинутой гипотезы об экзогенном влиянии электропотребления на объем промышленного производства. Проведенный эконометрический анализ выполнен с помощью модели динамической регрессии, выявляющей краткосрочные эффекты регрессоров с учетом ненаблюдаемой неоднородности регионов. Оценка параметров модели проводилась обобщенным методом моментов (ОММ) с помощью процедуры Аррелана – Бонда, частным случаем ОММ с применением двухшагового метода наименьших квадратов и метода Бланделла – Бонда. Результаты оценок двух последних процедур полностью удовлетворяют тестам на качество инструментов и на автокорреляцию остатков первого и второго порядка.

Для изучения влияния электропотребления отдельных отраслей промышленности на изменение объема промышленного производства регионов проведен эконометрический анализ. Данные взяты в виде панельной выборки по добывающим и обрабатывающим производствам регионов России первой ценовой зоны оптового рынка электроэнергии (45 регионов). Это регионы европейской части России, где цена на электроэнергию определяется рыночным способом. В них сосредоточено максимальное количество сбытовых компаний и промышленных предприятий. Кроме отраслевого

электропотребления в панельную регрессию включены и экономические факторы, такие как численность занятых в соответствующих отраслях, валовой региональный продукт.

Разнообразие гипотез и противоречивость результатов эмпирических исследований объясняются сложностью и многогранностью факторов, влияющих на динамику электропотребления и экономический рост. Среди основных факторов можно выделить уровень развития экономики исследуемого региона и качество жизни его населения, географическое положение, темпы инновационно-инновационно-инвестиционной деятельности, общая энергоемкость производств, характер проводимой экономической политики, острота экологических проблем. Очевидно, исследования взаимосвязи электропотребления и экономического роста требуют отраслевой и региональной декомпозиции.

В исследовании использовались как официальные данные Росстата, так и данные, полученные от Росстата по запросу (табл. 5.1). В таблице 5.1 представлены отрасли, для которых исследовались электропотребление и экономические факторы. Отраслевое электропотребление измерялось в единицах Мватт-час.

Таблица 5.1

Список исследуемых отраслей и экономических переменных

Показатель	Обозначение
Добыча полезных ископаемых	maining
Химическое производство	chemiya
Производство резиновых и пластмассовых изделий	plastmass
Металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	metallurg
Производство прочей неметаллической минеральной продукции	nometall
Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки	nemechan
Обеспечение электрической энергией, газом, паром; кондиционирование воздуха	gas
Производство автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов, производство прочих транспортных средств и оборудования	avto
Объем промышленного производства, млн руб.	Prom_pr
Численность занятых в отраслях, тыс. чел.	naselenie
Валовой региональный продукт, млн руб.	vrp

Источник: составлено автором.

Таблица 5.2

Состав регионов, включенных в панельную выборку

1	Адыгея	10	Астраханская область	19	Костромская область	28	Тамбовская область	37	Оренбургская область
2	Башкортостан	11	Белгородская область	20	Курганская область	29	Тверская область	38	Новгородская область
3	Марий-Эл	12	Брянская область	21	Курская область	30	Тульская область	39	Пензенская область
4	Мордовия	13	Владимирская область	22	Ленинградская область	31	Ульяновская область	40	Орловская область
5	Татарстан	14	Волгоградская область	23	Липецкая область	32	Ярославская область	41	Ростовская область
6	Удмуртия	15	Воронежская область	24	Свердловская область	33	Москва	42	Псковская область
7	Чувашия	16	Ивановская область	25	Юг Тюмени	34	Санкт-Петербург	43	Рязанская область
8	Красноярский край	17	Калужская область	26	Челябинская область	35	Московская область	44	Самарская область
9	Пермский край	18	Кировская область	27	Смоленская область	36	Нижегородская область	45	Саратовская область

Источник: составлено автором на основе расчетов.

Объем промышленного производства и валовой региональный продукт рассчитаны в постоянных ценах 2011 г. Кроме того, для некоторых отраслей отсутствуют данные в определенные временные интервалы. Поэтому исследуемая панель является несбалансированной.

В таблице 5.2 указан состав анализируемых регионов и их идентификационные номера. В таблице 5.3 представлена описательная статистика переменных. В столбце «Переменная» обозначено электропотребление отдельной отрасли и экономические переменные.

Особо ценной информации описательная статистика нам не дает, т. к. панель несбалансирована. С этим, в частности, связано нулевое значение для минимума химического производства. Но из статистики следует, например, что максимальное среднее значение электропотребления наблюдается для металлургического производства и производства готовых металлических изделий, а также для отраслей — обеспечение электрической энергией, газом, паром; кондиционирование воздуха и химическое производство. Кроме того, т. к. стандартные отклонения в статистике имеют большие значения, данные следует логарифмировать.

В качестве базовой модели для изучения пространственных региональных особенностей отраслевого электропотребления выбрана широко используемая для этих целей модель STIRPAT (*stochastic impacts by regression on population, affluence and technology*). Эта модель является обобщением классической модели IPAT [86],

Таблица 5.3

Описательная статистика переменных*

Переменная	Mean	Std.Dev	Min	Max
avto	217005.6	216543.8	922	2102313
maining	881127.6	456342.8	0.5	9990766
chemiya	681683.1	543754.9	0	5576159
gas	1272335	675876.9	19499.1	5976794
nometall	307920.7	231654.9	105	1604842
nemechan	92882.7	13453.9	977	583585
naselenie	2239.8	324.9	443	12678
plastmass	86799.5	234564.9	284	938830.9
metallurg	1322846	876546.9	110	$1.7 \cdot 10^7$
prom_pr	803690.6	453876.9	23323	$1.02 \cdot 10^7$
vtp	1067653	1219077	9323.3	$1.99 \cdot 10^7$

Источник: Росстат (<https://fedstat.ru>) и расчеты автора. *Примечание: Статистика получена для сквозных панельных данных.

утверждающей, что воздействия на экосистемы (I) являются продуктом размера популяции (P), богатства (A) и технологии (T). Спецификация модели STIRPAT выглядит следующим образом: $I_i = aP_i^b A_i^c T_i^d e_i$, где индекс i относится к региону, параметр a является фактором масштаба, параметры b, c, d являются оцениваемыми, e — остаточный член (York, et al., 2002). Зависимой переменной I в нашей модели является объем промышленного производства, связанный с воздействием на экосистемы. В качестве размера популяции (P) выступает численность занятого населения в регионе. Переменная T является композитом уровня электропотребления региона отдельными отраслями. В качестве переменной богатства выступает валовой региональный продукт (ВРП).

В исследовании проведен эконометрический анализ с помощью динамической регрессии, моделирующей краткосрочные эффекты регрессоров с учетом ненаблюдаемой неоднородности регионов. Добавление динамики имеет важное значение, т. к. можно понять влияние отраслевого электропотребления всех регионов на изменение объема производства по сравнению с предыдущим периодом.

Как уже отмечалось, исследуемая панель несбалансирована. В покомпонентной записи модель панельной регрессии¹ с фиксированными эффектами, отражающими влияние ненаблюдаемых переменных, характеризующих индивидуальные особенности исследуемых объектов, не меняющихся со временем, записывается в виде [87] (5.1):

$$y_{it} = X'_{it}b + a_i + \varepsilon_{it}, \quad (5.1)$$

где a_i является фиксированной переменной, остатки ε_{it} нормальны и удовлетворяют условиям классической линейной регрессии, X'_{it} — вектор — строка значений детерминированных регрессоров, y_{it} — независимая переменная. В модели со случайными эффектами смысл a_i такой же, как и раньше, но индивидуальные различия в этом случае носят случайный характер.

Несбалансированность панельных данных особо не затрудняет оценки параметров модели при одном утверждении. Пусть d_i — индикаторная переменная, равная единице, если i -ое наблюдение наблюдаемо и равно нулю в противоположном случае. Тогда оценка модели, например, с фиксированными эффектами будет состоятельной, если предполагается строгая экзогенность $E[\varepsilon_{it} | \alpha_p, x_{it}, \dots, x_{itp}, d_{it}, \dots, d_{itp}] = 0$. Поэтому авторы будут придерживаться этого условия.

¹ Для простоты рассматриваем статическую модель.

Оценка со случайным эффектом будет состоятельной, если дополнительно a_i не зависит от остальных переменных этого условия. Таким образом, оценки моделей с фиксированным и случайным эффектом могут применяться к несбалансированным данным с относительно небольшой корректировкой.

В динамической модели к независимым регрессорам добавляется по сравнению с уравнением (5.1) лагированная переменная y_{it-1} (5.2):

$$y_{it} = \gamma y_{it-1} + X_{it}'b + a_i + \varepsilon_{it}. \quad (5.2)$$

С добавлением этой переменной в уравнение (5.1) вводится полная предыстория независимых переменных, т. к. y_{it-1} коррелирует со случайной ошибкой. Все это приводит трудностям оценивания таких моделей. Для получения состоятельных оценок в этом случае необходимо использовать метод инструментальных переменных или обобщенный метод моментов.

Самый распространенный способ оценки динамических панельных регрессий заключается в применении методологии Ареллано и Бонд [88]. Основная идея этой методологии состоит в трансформации переменных уравнений модели в первые разности с целью элиминирования ненаблюдаемых индивидуальных эффектов. В этом случае модель (5.2) преобразуется в модель (5.3):

$$y_{it} = \gamma(y_{it-1} - y_{it-2}) + (X_{it}' - X_{it-1}')b + (\varepsilon_{it} - \varepsilon_{it-1}), \quad t = 2, \dots, T. \quad (5.3)$$

Оценка методом наименьших квадратов (МНК) в данном случае несостоятельна, т. к. y_{it-1} коррелирует с ε_{it-1} из (5.2), поэтому регрессор $(y_{it-1} - y_{it-2})$ коррелирован с ошибкой $(\varepsilon_{it} - \varepsilon_{it-1})$ в уравнении (5.3).

Андерсон и Хсяо [89] предложили оценивать (5.3) с помощью метода инструментальных переменных, используя оценку с инструментом y_{it-2} для $(y_{it-1} - y_{it-2})$. Этот инструмент является подходящим, т. к. y_{it-2} не коррелирован с $\varepsilon_{it} - \varepsilon_{it-1}$. В то же время это хороший инструмент, т. к. он коррелирован $(y_{it-1} - y_{it-2})$. Этот метод требует наличия как минимум трех временных периодов данных для каждой переменной. Аналогично, можно использовать Δy_{it-2} как инструмент Δy_{it-1} , для чего необходимо четыре периода для одного наблюдения.

Более эффективное оценивание возможно при использовании дополнительных лагов зависимых переменных в качестве инструментов. Например, y_{it-2} , и y_{it-3} можно использовать как инструменты. Тогда модель получается сверхидентифицируемой, и оценка должна проводиться с помощью двухшагового МНК, являющегося

частным случаем обобщенного метода моментов для панельных данных.

Так как увеличение числа моментных тождеств повышает эффективность оценок, Ареллано и Бонд [88] расширили список инструментов и ввели дополнительные моментные условия. Например, при $T = 4$ можно записать:

$$\text{для } t = 2, E\{(\varepsilon_{it-2} - \varepsilon_{it-1})y_{i0}\} = 0;$$

$$\text{для } t = 3, E\{(\varepsilon_{it-3} - \varepsilon_{it-2})y_{i1}\} = 0;$$

$$E\{(\varepsilon_{it-3} - \varepsilon_{it-2})y_{i0}\} = 0$$

$$\text{для } t = 4, E\{(\varepsilon_{it-4} - \varepsilon_{it-3})y_{i2}\} = 0;$$

$$E\{(\varepsilon_{it-4} - \varepsilon_{it-3})y_{i1}\} = 0;$$

$$E\{(\varepsilon_{it-4} - \varepsilon_{it-3})y_{i0}\} = 0.$$

Можно расширить этот список, т. е. в качестве дополнения к предыдущим, описанным выше, вводить всевозможные лаги уровня зависимой переменной.

Всю эту совокупность моментных тождеств можно использовать в рамках ОММ. Кроме этого, при условии строгой экзогенности X можно добавить следующие моментные тождества:

$$E\{X_{is}\Delta\varepsilon_{it}\} = 0 \text{ для любых } s \text{ и } t, \text{ а также } E\{\Delta X_{it}\Delta\varepsilon_{it}\} = 0 \text{ для любого } t.$$

Как уже отмечалось, динамические панельные регрессии (5.3) можно оценивать с помощью двухшагового МНК, используя в качестве инструментов экзогенные регрессоры, их лаги в уровнях и второй лаг зависимой переменной. Кроме этих методов существует оценка, предложенная Бондом и Бланделлом [90], суть которой будет изложена в следующем разделе.

Качество данной модели оценивалось с помощью теста Саргана.

Результаты исследования

На рисунке 5.1 показано изменение объема промышленного производства в исследуемых регионах России в период с 2011–2020 гг. Регион Москва не показан из-за эффекта масштаба ввиду значительного превосходства объема промышленного производства в этом субъекте над остальными регионами. Из анализа динамики видно, что в каждом регионе есть стационарные значения, вокруг которых происходят флуктуации объема производства. Это означает, что модель с фиксированными эффектами вполне пригодна для анализа.

Исходная динамическая модель для исследования записывается как (5.4):

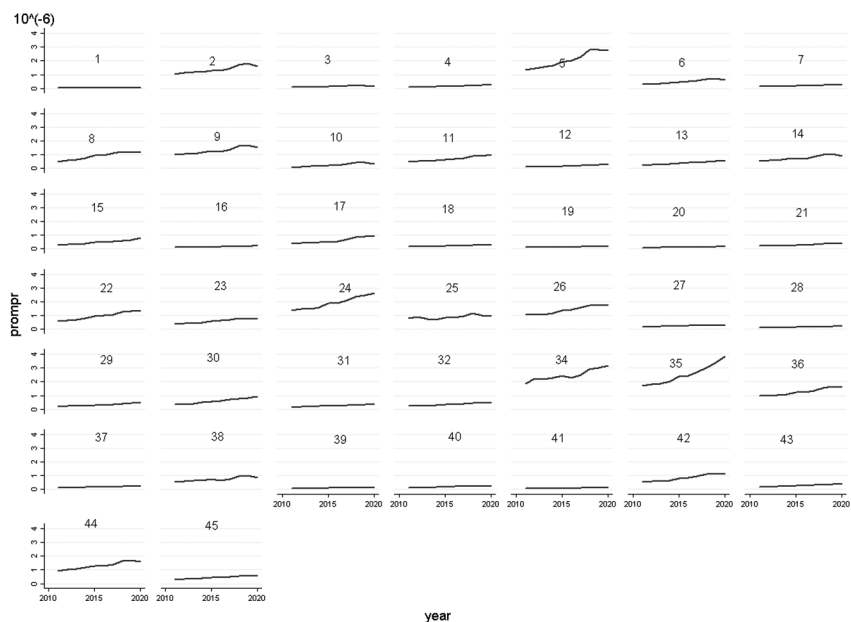


Рис. 5.1. Динамика объема промышленного производства в исследуемых регионах России за период с 2011–2020 гг. (представлены все регионы, кроме Москвы) (источник: составлено на основе данных Росстата (<https://fedstat.ru>) и расчетов авторов)

$$\begin{aligned}
 \text{prom_}p_{it} = & \gamma \text{prom_}pr_{it-1} + \beta_1 \text{avto}'_{it} + \beta_2 \text{chemiya}'_{it} + \\
 & + \beta_3 \text{maining}'_{it} + \beta_4 \text{gas}'_{it} + \beta_5 \text{metallurg}'_{it} + \beta_6 \text{nemechan}'_{it} + \\
 & + \beta_7 \text{nometall}'_{it} + \beta_8 \text{plastmass}'_{it} + \beta_9 \text{naselenie}'_{it} + \beta_{10} \text{vrp}'_{it} + \\
 & + \alpha_i + \varepsilon_{it}.
 \end{aligned} \quad (5.4)$$

Следует отметить, что регрессор валовой региональный продукт является своеобразной прокси — переменной, т. к. в него входят отрасли обрабатывающей промышленности, не включенные в исследуемую модель. С другой стороны, ВРП зависит от объема промышленного производства. То есть модель (5.4) содержит эндогенность, связанную с переменными $\text{prom_}pr$ и vrp .

Для устранения эндогенности в правую часть уравнения (5.4) следует добавить инструментальную переменную, равную второму лагу переменной vrp , т. е. $L2.\text{vrp}$, где $L2$ — оператор сдвига для второго лага. Таким образом, в правую часть уравнения (5.4) добавляется слагаемое $\text{inst}(L2.\text{vrp})$.

Кроме того, в правую часть уравнения (5.4) добавлены временные фиктивные переменные d_{15} и d_{19} , связанные с санкциями после присоединения Крыма и с началом пандемии¹.

Таким образом в окончательном виде оцениваемая модель имеет вид (5.5):

$$\begin{aligned} prom_pr_{it} = & \gamma prom_pr_{it-1} + \beta_1 avto'_{it} + \beta_2 chemiya'_{it} + \\ & + \beta_3 maining'_{it} + \beta_4 gas'_{it} + \beta_5 metallurg'_{it} + \beta_6 nemechan'_{it} + \\ & + \beta_7 nometal'_{it} + \beta_8 plastmass'_{it} + \beta_9 naselenie'_{it} + \\ & + \beta_{10} vrp'_{it} + inst(L2.vrp) + \beta_{11} d_{15} + \beta_{12} d_{19} \alpha_i + \varepsilon_{it}. \end{aligned} \quad (5.5)$$

В таблице 5.4 показаны оценки уравнения (5.5) исследуемой модели по методологии Аррелана — Бонда. Все переменные (кроме временных фиктивных) являются логарифмами исходных данных, а объем промышленного производства и ВРП дефлированы. Поэтому обозначения переменных по сравнению с таблицами 5.1 и 5.3 несколько изменены (l означает логарифм, d — дефлирование).

Напомним, что переменная в таблице трактуется как отраслевое электропотребление. Из данных таблицы 5.4 видно, что существует значимая положительная зависимость объема промышленного производства по сравнению с предыдущим периодом, т. е. суммарное отраслевое электропотребление растет по сравнению с предыдущим периодом. Также значимые положительные эффекты наблюдаются у переменных электропотребление производства машин и оборудования, не включенных в другие группировки, металлургическим производством и производством готовых металлических изделий, численность занятых в отраслях, ВРП и у фиктивных временных переменных. Отраслевые эластичности у переменных электропотребление в химическом производстве и металлургическом производстве и производстве готовых металлических изделий примерно одинаковые и имеют небольшие значения. В частности, при увеличении электропотребления в химическом производстве на 1 % объем промышленного производства растет на 0,065 %, а в металлургическом производстве соответственно на 0,07 %. Это связано, в первую очередь, с незначительным ростом объема промышленного производства в рассматриваемый период времени у анализируемых регионов (рис. 5.1). Эластичность ВРП

¹ Первоначально в уравнение (5.5) были включены все фиктивные временные переменные, но значимыми оказались только d_{15} и d_{19} . Все остальные незначимые переменные не влияли на оценки и поэтому не включены в уравнение.

Таблица 5.4

Оценки уравнения (5.5) по методологии Аррелана – Бонда

ldprom_pr	Coef.	Std. Err.
<i>ldprom_pr L1.</i>	0.840***	0.07
<i>lavto</i>	0.010	0.01
<i>lmaining</i>	0.013	0.008
<i>lchemiya</i>	0.065**	0.018
<i>lgas</i>	0.007	0.011
<i>lnometall</i>	0.013	0.016
<i>lnemechan</i>	0.026**	0.010
<i>lnaselenie</i>	0.98***	0.28
<i>lplastmass</i>	0.004	0.012
<i>ldvvp</i>	0.098***	0.021
<i>lmetallurg</i>	0.07**	0.028
<i>d₁₅</i>	0.058***	0.012
<i>d₁₉</i>	-0.049**	0.018

Примечание: *** означает уровень значимости 1 %, ** – 5 %, * – 10 %. Оценка обобщенным методом моментов.

и численности населения превышает отраслевые значения. Более детальные выводы следует сделать при оценке уравнения (5.5) другими методами.

Качество используемых инструментов в исследуемой модели проводится с помощью теста Саргана на валидность инструментов и теста Аррелано – Бонда на автокорреляцию остатков первого и второго порядка. Результаты тестов приведены ниже.

Тест Саргана

Sargan test of overidentifying restrictions

H0: overidentifying restrictions are valid

chi2(36) = 82.782

Prob > chi2 = 0.0000

Тест Аррелано – Бонда

Arellano-Bond test for zero autocorrelation in first-differenced errors

Order z Prob > z

1 -3.546 0.0004

2 -0.457 0.6475

H0: no autocorrelation

Результаты теста Саргана не подтверждают нулевую гипотезу о том, что инструменты подобраны правильно. Хотя тест Аррелано – Бонда подтверждает наличие автокорреляции первого порядка

и ее отсутствие для второго порядка. Причина состоит в том, что метод Аррелана — Бонда разработан для панельных данных с большим числом n (объектов) и малым T (временной период). Поэтому следует оценить модель другими методами.

В таблице 5.5 показаны оценки уравнения (5.5) исследуемой модели по методологии, являющейся частным случаем ОММ, с применением двухшагового метода наименьших квадратов, включающего применение эффективной весовой матрицы (на первом шаге).

Анализ оценок таблицы 5.5 показывает увеличение значимых отраслевых переменных. По сравнению с первым методом (табл. 5.4), положительная значимость наблюдается у электропотребления в добывающем производстве, в производстве прочей неметаллической минеральной продукции.

Эластичности электропотребления в химическом и металлургическом производстве немного подросли и примерно равны эластичности ВРП. Эластичность электропотребления в добывающем производстве довольно низкая, что можно объяснить малым количеством добывающих производств среди регионов первой ценовой зоны и некоторым отсутствием данных в панельной регрессии для этой отрасли.

Таблица 5.5

Оценки уравнения (5.5) двухшаговым методом наименьших квадратов

ldprom_pr	Coef.	Std. Err.
<i>ldprom_pr L1.</i>	0.835***	0.046
<i>lavto</i>	0.005	0.021
<i>lmaining</i>	0.014**	0.006
<i>lchemiya</i>	0.085***	0.011
<i>lgas</i>	0.09	0.11
<i>lnometall</i>	0.019*	0.010
<i>lnemechan</i>	0.032***	0.011
<i>lnaselenie</i>	0.894***	0.046
<i>lplastmass</i>	0.013	0.012
<i>ldvvp</i>	0.091***	0.017
<i>lmetallurg</i>	0.087**	0.035
d_{15}	0.065***	0.014
d_{19}	-0.019**	0.008

Примечание: *** означает уровень значимости 1 %, ** — 5 %, * — 10 %. Оценка двухшаговым методом МНК.

Незначимость отраслевых эластичностей для переменных *lavto*, *lgas* и *lplastmass* можно объяснить тем, что в рассматриваемый период электропотребление в этих отраслях (табл. 5.1) снижалось (за счет изменения технологий, изменения структуры производства и т. д.) или не изменялось при общем росте, хотя и незначительном, объема промышленного производства (рис. 5.1). Это можно показать на примере отрасли — обеспечение электрической энергией, газом, паром; кондиционирование воздуха. Эта отрасль включает в себя виды деятельности предприятий, которые вырабатывают электрическую и тепловую энергию или газ, управляют распределением электроэнергии или газа. В качестве доказательства приведен рисунок 5.2, на котором показано, как изменялось электропотребление данной отраслевой переменной в рассматриваемый период. Для более убедительной картины регионы разделены на две группы. На рисунке 5.2 отчетливо виден небольшой спад электропотребления в данной отрасли. Кроме того, подтверждением вышесказанного является то, что в этой отрасли, по данным [109] в рассматриваемый период отчетливо снижалась по сравнению с другими отраслями электровооруженность труда.

Проверим, как и в первом случае, справедливость оценок (или моментных тождеств) с помощью тестов Саргана и Аррелано — Бонда.

Тест Саргана

Sargan test of overidentifying restrictions
H0: overidentifying restrictions are valid

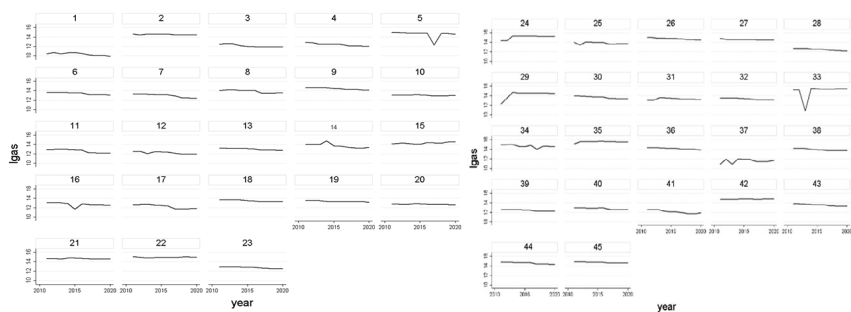


Рис. 5.2. Изменение отраслевой переменной электропотребление при обеспечении электрической энергией, газом, паром; кондиционировании воздуха. Верхняя часть рисунка соответствует первым 23 регионам, нижняя часть — остальным регионам. (источник: составлено и рассчитано автором на основе данных Росстата. URL: <https://fedstat.ru> (дата обращения: 29.09.2023))

$$\text{chi2}(36) = 32.646$$

$$\text{Prob} > \text{chi2} = 0.6298$$

Тест Арелано — Бонда

Arellano-Bond test for zero autocorrelation in first-differenced errors

Order z Prob > z

1 -3.117 0.0018

2 -0.607 0.543

H0: no autocorrelation

В данном случае результаты обоих тестов подтверждают валидность подобранных инструментов и адекватность модели.

Тем не менее произведем еще одну оценку уравнения (5.5) с помощью метода Бланделла и Бонда [90]. Идея этого метода состоит в том, что исходное уравнение записывается в уровнях, а первые разности являются инструментами для переменных этого уравнения. В свою очередь, переменные в уровнях являются инструментами для уравнения в первых разностях. Данный метод позволяет ограничить или ликвидировать смещение оценок на малых выборках, что наблюдается при применении предыдущих методов. Оценка уравнения (5.5) этим методом приведена в таблице 5.6.

Таблица 5.6

Оценки уравнения (5.5) по процедуре Бланделла — Бонда

ldprom_pr	Coef.	Std. Err.
<i>ldprom_pr L1.</i>	0.886***	0.021
<i>lavto</i>	0.003	0.006
<i>lmaining</i>	0.030**	0.011
<i>lchemiya</i>	0.095***	0.012
<i>lgas</i>	-0.080	0.091
<i>lnometall</i>	0.033***	0.009
<i>lnemechan</i>	0.046***	0.010
<i>lnaselenie</i>	0.94***	0.056
<i>lplastmass</i>	0.015	0.012
<i>ldvrp</i>	0.121***	0.015
<i>lmetallurg</i>	0.057**	0.025
<i>d₁₅</i>	0.063***	0.004
<i>d₁₉</i>	-0.020***	0.006
<i>const</i>	0.393	0.286

Примечание: *** означает уровень значимости 1 %, ** — 5 %, * — 10 %. Оценка по процедуре Бланделла — Бонда.

По сравнению с предыдущим методом оценки параметров при оценке по процедуре Бланделла — Бонда практически мало что изменилось. Только эластичность, связанная с электропотреблением в добывающем секторе, возросла. Также следует обратить внимание на то, что при всех трех методах оценки параметров уравнения (5.5) отраслевые переменные — электропотребление при производстве резиновых и пластмассовых изделий, при производстве автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов, производстве прочих транспортных средств и оборудования, а также при обеспечении электрической энергией, газом, паром; кондиционировании воздуха являются незначимыми для рассматриваемых регионов.

Ниже приведены результаты тестов на адекватность модели панельным данным.

Тест Саргана

Sargan test of overidentifying restrictions

H0: overidentifying restrictions are valid

$\chi^2(44) = 35.161$

Prob > $\chi^2 = 0.827$

Тест Аррелано — Бонда

Arellano-Bond test for zero autocorrelation in first-differenced errors

Order z Prob > z

1 -3.1151 0.0016

2 -0.507 0.612

H0: no autocorrelation

Таким образом, и в этом случае результаты обеих тестов подтверждают валидность подобранных инструментов и адекватность модели.

Анализ оценок электропотребления отраслями обрабатывающей промышленности различными методами показывает, что наибольшие эластичности объема производства по электропотреблению у отраслей — химическое и металлургическое производство. И это не является случайностью. Химическое производство — одна из наиболее динамично развивающихся отраслей. Химическая промышленность как отрасль имеется во всех федеральных округах Российской Федерации, при этом более 90 % ее продукции производится в европейской части и объясняется это тем, что именно здесь в наибольшей степени удовлетворяется для размещения химических производств соответствующая инфраструктура. Большинство из этих производств входит в исследуемую панельную выборку. Среди исследуемых регионов крупнейшие предприятия и комплексы

химического производства функционируют в Татарстане (ПАО «Нижнекамскнефтехим», ПАО «Казаньоргсинтез»), в Башкортостане (ООО «ГазпромНефтехим Салават», АО «Башкирская содовая компания»), в Пермском крае (ПАО «Уралкалий»), в Москве, Саратове.

Что касается металлургической промышленности, то в текущий момент существует три крупнейших металлургических базы: Уральская, Центральная и Сибирская. Две первых относятся к регионам, входящим в панельную выборку. Крупнейшими металлургическими предприятиями полного цикла Уральской металлургической базы являются: Магнитогорский металлургический комбинат, Челябинский металлургический комбинат, Нижнетагильский металлургический комбинат, Металлургический комбинат ОАО «Уральская сталь» (город Новотроицк), Белорецкий металлургический комбинат, Ашинский металлургический завод, Металлургический завод имени А. К. Серова, Чусовской металлургический завод.

Центральная металлургическая база занимается производством на основе железной руды, добытой в следующих месторождениях Курской магнитной аномалии и Кольского полуострова. Крупнейшими предприятиями полного цикла Центральной металлургической базы являются: Череповецкий металлургический комбинат Новолипецкий металлургический комбинат, Косогорский металлургический завод (город Тула), Оскольский электрометаллургический комбинат (город Старый Оскол).

Довольно существенный вклад в объем промышленности вносит также электропотребление при производстве машин и оборудования, не включенных в другие группировки. Это производство двигателей и турбин, гидравлических насосов, печей, подъемников и т. д., что требует также существенных затрат электроэнергии. Это же касается и производства прочей неметаллической минеральной продукции, которое включает в себя изготовление стекла и изделий из него, отделочных камней и прочих изделий на минеральной основе. Большинство предприятий этих отраслей также входит в панельную выборку.

Вызывает вопрос незначимость электропотребления при производстве пластмасс и резиновых изделий. Возможно, это связано с недостаточностью этих производств в рассмотренных регионах.

Таким образом, на основе динамической модели, описываемой уравнением (5.5), исследованы краткосрочные зависимости между объемом промышленного производства и электропотреблением в ведущих отраслях добывающего и обрабатывающего производства.

Полученные результаты могут иметь важное значение при анализе энергоемкости и энергосбережения в этих отраслях.

Среди полученных результатов следует отметить, что электропотребление в химическом и металлургическом секторах в наибольшей степени положительно влияет на объем промышленного производства. В то же время электропотребление при производстве пластмасс и резиновых изделий оказалось несущественным фактором. Полученные эластичности отраслевого электропотребления могут иметь важное значение при анализе энергоемкости и энергосбережения в этих отраслях.

Глубоко дискуссионным остается вопрос о причинно-следственных связях между объемом производства и суммарным промышленным электропотреблением.

5.2. Выравнивание суточного режима спроса на электроэнергию

Анализ объемов, структуры и графиков электропотребления — необходимый исходный этап процессов прогнозирования, проектирования, организации эксплуатационной и коммерческой деятельности в электроэнергетике. Один из актуальных вопросов — поиск и обоснование методов выравнивания графиков электрической нагрузки путем переноса ее пиков в базисную зону суточных графиков, что позволяет улучшить режимы работы энергогенерирующего оборудования, снизить топливные затраты, уменьшить потребности в строительстве дополнительных генерирующих и электросетевых мощностей для покрытия нагрузок в пиковой части графика и, в конечном счете, затраты потребителей на потребляемую из энергосистемы электроэнергию. Методы выравнивания графиков электропотребления могут применяться как отдельными потребителями, так и их совокупностями, в том числе, на уровне энергосбытовых компаний. Круг методов выравнивания расширяется по мере разработки нового специального оборудования в сочетании с организационно-экономическими механизмами специальных эксплуатационных режимов.

Актуальность задач по выравниванию графиков усиливается нарастающим несоответствием между растущими организационно-техническими возможностями и незначительными масштабами их использования при том, что проявляются тенденции роста неравномерности графиков электропотребления и соответствующих им графиков электрических нагрузок.

Моделирование графиков на основе ценозависимого электропотребления необходимо и при обосновании возможностей

использования систем промышленного хранения электроэнергии для достижения совокупного суточного снижения стоимости потребляемой электроэнергии электроприемниками, размещенными на территориях Российской Федерации.

В данном параграфе представлена простая модель ценозависимого электропотребления и методический подход к оценке экономического эффекта ее применения потребителем на основе моделирования пиковой и базисной зон суточного графика электрической нагрузки энергосистемы, определения потенциала снижения неравномерности и получаемого при этом экономического эффекта. Модель позволяет обосновывать изменение суточного графика электрических нагрузок, при котором потребляемая ранее нагрузка в пиковой зоне с относительно высокой ценой на электроэнергию переходит в базисную зону. При этом интегральные значения потребления электроэнергии не меняются.

Важным фактором, который необходимо учитывать при проведении исследований по изучению изменения суточных режимов электропотребления, является неэластичность спроса на электроэнергию и в условиях ее рыночной ценонезависимости при оптовых поставках электроэнергии. При этом итоговая цена на электроэнергию во многом зависит от генерирующей стороны, которая зачастую имеет нерациональную структуру и большой парк изношенного и маломаневренного оборудования, неспособного в достаточной мере выполнять функции регулирования режимов электропотребления в сторону снижения стоимостных показателей этого продукта, но в то же время крупные потребители энергетических ресурсов, имеющие собственные объекты генерации электроэнергии или конгломераты из достаточного большого количества мелких потребителей, взаимодействующих таким образом, что они могут разгрузить свое производство в дневные часы и примерно такое же количество электроэнергии использовать в ночные часы для сбалансированного суточного выпуска своей продукции не могут воспользоваться этим регулирующим фактором из-за отсутствия соответствующих экономико-правовых механизмов. Не использование этого потенциала негативно сказывается на ситуации в отрасли и приводит к росту цен на электроэнергию, снижает конкуренцию на рынке и приводит к необоснованной потребности в строительстве дополнительных избыточных генерирующих и электросетевых мощностей [91–95].

При применении соответствующих способов влияния на изменение производственных периодов энергоемких производств

на предприятиях, позволяющих улучшить показатели эластичности спроса на электроэнергию, и с учетом экономических и технологических факторов в РФ разрабатывается концепция управления спросом на электроэнергию, и ускорению этого процесса во многом способствует значительное распространение систем автоматизации и телекоммуникации в энергосистемах, эволюция развития рынков электроэнергии.

При разработке концепции учитывается балансирование выработки электроэнергии на электростанциях и ее одновременное текущее использование промышленностью и другими потребителями. Таким образом, весь объем электроэнергии, удаленной при регулировании из пиковой зоны суточного графика электрической нагрузки энергосистемы и добавленной в ночную зону графика, должен быть покрыт соответствующим повышением выработки на крупных базисных энергоблоках конденсационных электростанций, что дает возможность не отключать или даже не разгружать их в ночное время низких нагрузок в энергосистеме и, конечно же, это должно быть соответственно оплачено участникам рынка электроэнергии. При этом основными целями управления спросом на электроэнергию выступают рыночное снижение цен на электроэнергию пропорционально объему измененной пиковой зоны графика, оптимизация управления энергосистемой и интеграция в ее работу возобновляемых источников энергии и промышленных накопителей электроэнергии большой мощности. В основу механизма регулирования спроса на электроэнергию положено требование таким образом осуществлять переход в зону низких цен графика, при котором интегральные значения потребления электроэнергии не снижаются. Этому будет способствовать дальнейшее развитие моделирования в энергетике, совершенствование технологических процессов в генерирующей сфере и разработка новых программных продуктов отечественными программистами. За последнее время проведение процедур балансирования спроса и полнообъемного использования механизмов регулирования балансовых процессов «спрос–предложение» электроэнергии уже во многом применено на оптовом рынке электроэнергии и мощности (ОРЭМ), но их потенциал сильно ограничен из-за небольшого их количества. Они, являясь профессиональными участниками оптового рынка, уже используют все имеющиеся механизмы оптимизации затрат на производство и распределение электроэнергии. Однако еще остается незадействованный потенциал управления спросом у потребителей розничного рынка, к которым относятся малые

и средние потребители, а также бытовой сектор. Но на сегодняшний день в РФ практически отсутствуют нормативные, организационные и технические решения в этой области, которые позволили бы сравнительно небольшой ресурс управления розничного потребителя состыковать с предъявляемыми требованиями оптового рынка, не неся при этом значительных расходов по оплате услуг системного оператора, и передавать полученную прибыль от разгрузки пиковой зоны графика задействованным в этом процессе потребителям, регулярно участвующим в работе оптового рынка.

В мировой практике решением данной проблемы стало создание так называемых агрегаторов нагрузки, которые, являясь участниками оптового рынка электроэнергии, могут управлять изменением нагрузки не одного, а уже целой группы потребителей и продавать в качестве товара на рынке системных услуг единым пакетом весь объем программ по регулированию выполняемых потребителями электроэнергии, которые соответствующим образом участвуют в изменении электроэнергетических режимов, протекающих в энергосистеме. При этом агрегатор принимает сигналы на изменение потребления в виде графиков нагрузки от инфраструктурных организаций в соответствии с требованиями оптового рынка и распределяет между потребителями. Агрегатор координирует оказание услуг по обеспечению системной надежности в рамках требований, выставляемых системным оператором. При этом управление спросом осуществляется на основании использования дифференцированных по времени тарифов на электроэнергию. Учет экономического эффекта от разгрузки потребителей на оптовом рынке обеспечивается информационным взаимодействием системного и коммерческого операторов. Затем агрегатор получает на рынке электроэнергии и мощности оплату за снижение потребления электроэнергии, как правило, в пиковой зоне графика и оплачивает услуги всех потребителей из группы соответственно их вкладу [96].

В России важным инструментом повышения энергетической эффективности экономик территориальных образований РФ является разработка программ управления спросом на электропотребление и механизмов их реализации [97]. Высокие затраты на производство электроэнергии в государствах — членах ОЭСР уже в 1970-е гг. привели к необходимости разработки таких программ для сокращения энергозатрат на коммунальных предприятиях, в т. ч. международных программ по развитию технологий «*demand-side management* или DSM» [98, 99]. В настоящее время, по оценкам Международного энергетического агентства (МЭА),

около 3900 ТВт·ч потребляемой электроэнергии потенциально доступно для управления нагрузкой и к 2040 г. этот показатель может вырасти до 6900 ТВт·ч, что составляет порядка 20 % мирового потребления электроэнергии. Разработка и реализация программы управления спросом на потребление электроэнергии в России требует учета индивидуальной специфики параметров, связанных со спросом на потребление электроэнергии в масштабах как всей энергосистемы страны, так и на уровне региональных энергосистем и энергосистем территориальных образований. Важность мероприятий управления спросом на электропотребление в РФ постоянно увеличивается вследствие того, что постоянно растет общемировой спрос на различные виды потребляемых энергоресурсов и цен на них на мировых энергетических рынках, исчерпанием запасов первичных энергоресурсов. При этом необходимо отметить, что для преодоления энергетических проблем идет все более интенсивное развитие информационных технологий в энергетической сфере автоматизации процессов (передачи данных, учет электропотребления, BigData, интернет вещей, Smart-технологии), и в т. ч. это способствует развитию моделирования в сфере управления спросом на электропотребление [100–102].

При решении проблем выравнивания графика используются и промышленные накопители электроэнергии. В условиях развития концепции «умных сетей» (англ. *Smart Grid*), также называемых активно-адаптивными системами электроснабжения, у промышленных накопителей электроэнергии появилось новое свойство, позволяющее применять системы промышленного хранения электроэнергии в качестве устройств управления спросом на потребление электрической энергии [103, 104]. Технологии промышленного хранения электроэнергии используются в едином комплексе с ветроэнергетическими, солнечными и гидравлическими электростанциями и предназначены для аккумулирования больших объемов электроэнергии, вырабатываемой в периоды низкого суточного спроса на электропотребление, с последующей выдачей электроэнергии в сеть в периоды возрастания спроса [105, 106].

Аккумулировать электрическую энергию можно централизованно — на стороне генерации. Это возможно при строительстве крупной гидроаккумулирующей электростанции (ГАЭС) вблизи тепловой ГРЭС или атомной электростанции. В России такой действующей электростанцией является Загорская ГАЭС, покрывающая суточные пиковые нагрузки в Московской и Центральной энергосистемах. Управление спросом на потребление электрической энергии

представляет собой инициативную форму экономического взаимодействия между электроэнергетической системой и потребителями электроэнергии в части искусственного выравнивания графиков электрической нагрузки на уровне энергосистемы с целью снижения предельных издержек на покрытие пиков неравномерности спроса и тарифов на поставку электроэнергии всем потребителям, действующим в рамках электроэнергетической системы. Механизм управления спросом повышает эффективность работы энергосистемы в целом (как технологического объекта вне зависимости от действующей модели рынка) за счет снижения выработки электроэнергии электростанциями с наиболее высокой себестоимостью производства электроэнергии. Потребители, снижающие потребление в часы максимальной нагрузки, не снижают интегральные значения потребления. Это означает, что электроэнергия, не потребленная в пиковые часы, будет использована в другие часы, при этом для ее производства будут задействованы более экономичные электростанции, чем те, которые были бы загружены в пиковые часы.

Исходя из того, что при реализации стратегий DSM на региональном уровне должно быть учтено достаточно много факторов, таких как специфика объемов потребления электроэнергии, структура спроса на потребление электроэнергии различными потребителями, структура выработки электроэнергии, структура покрытия неравномерности спроса на электропотребление, характеристики неравномерности спроса на электропотребление, особенности показателей, влияющих на неравномерность спроса на потребление электроэнергии различных типов потребителей. Механизмы управления спросом должны совершенствоваться, в т. ч. с целью повышения содержательности получаемых результатов и снижения трудоемкости при проведении исследований режимов электропотребления.

Основной гипотезой нашего исследования является предположение, что точка перегиба на графике зависимости экономического эффекта от электрической нагрузки определяет наиболее эффективную мощность промышленных накопителей электроэнергии.

Проблема выравнивания графика электрических нагрузок в рамках процесса управления спросом на электроэнергию с целью повышения эффективности работы производителей и потребителей электроэнергии весьма актуальна и является предметом научного интереса многих исследователей.

В работе [107] рассматривается проблематика применения концепции управления спросом на электроэнергию с позиций решения инвестиционной проблемы региональных систем энергетики.

В этой статье проанализированы институциональные и ментальные барьеры, мешающие внедрению управления спросом в отечественной электроэнергетике и предложены мотивационные мероприятия, основанные на административном принуждении и экономическом стимулировании производителей и потребителей электроэнергии для скорейшего внедрения программ управления спросом в регионе.

В работе [96] исследуются различные аспекты разработки и применения наработанных в ведущих странах мира разработок, исследований и наборов программ по регулированию и управлению спросом потребности в электроэнергии. В результате проведенного анализа выявлено, что универсальной структуры и состава инструментов в рамках единой программы не существует. Показано, что исследуемые зарубежные программы учитывают индивидуальные особенности каждой энергосистемы и даны рекомендации о том, что аналогичные российские программы для энергосистем разного уровня — страны, региона или территориального образования — также должны учитывать эти специфические параметры, связанные со спросом на электропотребление.

Комплексному изучению управления спросом не только на электроэнергию, но и на природный газ промышленных потребителей посвящена работа [108]. В ней отмечено, что в России высокая доля потребления природного газа и способом сокращения затрат на энергоресурсы в промышленности является выравнивание волатильности спроса на этот газ, который идет в т. ч. и на производство электроэнергии.

В работе [109] показано, что «одним из инновационных направлений перспективного развития электроэнергетических комплексов стран мира являются технологии умных сетей электроснабжения», основанные на системах промышленных накопителей электроэнергии, и они используются совместно с возобновляемыми источниками электроэнергии. Выявлена тенденция увеличения эффекта снижения цен на электроэнергию при снижении уровня напряжения в энергокомплексах с применением систем накопителей электроэнергии.

Необходимо отметить, что в вышеуказанных работах проведены исследования по укрупненным показателям управления спросом на электроэнергию и поэтому представляет интерес расширить эти исследования в направлении более подробного изучения суточных графиков электрической нагрузки региональных энергосистем, а также усовершенствования методического подхода, дополнив

его новыми механизмами выравнивания графика и более точного определения суммарного экономического эффекта на основе моделирования этого процесса.

Методика исследования. В этом разделе исследуются механизмы выравнивания суточного графика электрических нагрузок (СГЭН) с целью определения экономического эффекта энергосистемы от переноса пиковой нагрузки во внепиковую зону графика. В эпоху возрастающей роли цифровизации требуются более точные методические подходы и инструменты для решения поставленной задачи, и такой подход описывается ниже.

На начальном этапе для исследования за основу взяты два суточных графика региональной энергосистемы: суточный график электрических нагрузок (P_t) и график цен на покупку электроэнергии (Π_t) (табл. 5.9).

Эти графики описываются зависимостями $P_t = f(t)$ и $\Pi_t = f(t)$ по всем 24 часам суток, где t — часы суток, ч; P_t — исходная электрическая нагрузка, МВт; Π_t — исходные цены на электроэнергию, руб./МВт.ч.

Проводим сортировку по убыванию значений векторов исходных суточных графиков P_t и Π_t и получаем новые зависимости $uP_t = f(t)$ и $u\Pi_t = f(t)$ (табл. 5.9), где uP_t — электрическая нагрузка по убыванию, МВт; $u\Pi_t$ — цены на электроэнергию по убыванию, руб./МВт.ч.

Находим на полученном суточном графике uP_t минимальное значение электрической нагрузки (P_{min}) (табл. 5.1), которая равна нагрузке базовой зоны (РБАЗ) этого графика (5.6):

$$P_{min} = \min(P_t). \quad (5.6)$$

Затем рассчитываем зависимости $delP_t = f(t)$ и $deluP_t = f(t)$ (табл. 5.9) уменьшением всех исходных и отсортированных электрических нагрузок графика на величину P_{min} по формуле (5.7):

$$delP_t = P_t - P_{min} \text{ и } deluP_t = uP_t - P_{min}, \quad (5.7)$$

где $delP_t$ — электрическая нагрузка за вычетом минимальной нагрузки за период t ; $deluP_t$ — электрическая нагрузка за вычетом минимальной нагрузки за период t и отсортированная по убыванию.

Площадь под кривой $deluP_t = f(t)$, равная соответствующему уровню электропотребления, находится по формуле (5.8):

$$EP_u = \int deluP_t dt, \quad (5.8)$$

где EP_u — электропотребление по электрической нагрузке за вычетом минимальной нагрузки за период t и отсортированной по убыванию (табл. 5.10).

На основе рассчитанного электропотребления EP_u определяется средняя электрическая нагрузка графика ($deluP_{cp}$) (табл. 5.10) по формуле (5.9):

$$deluP_{cp} = EP_u / t. \quad (5.9)$$

Зоны суточного графика, построенного в виде монотонно убывающей линии, и смысл понятия средней нагрузки показаны на рисунке 5.3.

Как видно из данных рисунка 5.3, пересечение кривой $deluP_t = f(t)$ и горизонтальной прямой $deluP_{cp}$ дает точку, которая на оси t определяет среднее значение по часам суток (t_{cp}) (табл. 5.10). Линии средней нагрузки $deluP_{cp}$ и значения t_{cp} позволяют отделить верхний треугольник с нагрузками больше $deluP_{cp}$ и нижний треугольник с нагрузками меньше $deluP_{cp}$, как показано на рисунке 5.3. При этом верхний треугольник является электропотреблением пиковой зоны графика (EPP_u), а нижний — базовой зоны (EPB_u), и площади этих треугольников равны с точностью до погрешности модели (α) (табл. 5.10), т. е. α равна разности EPP_u и EPB_u по модулю. И как видно из рисунка 5.3, EPP_u примерно равно $0,5 \cdot (EPP_u + EPB_u)$. Таким образом, определяемое нами максимальное электропотребление по рассматриваемому суточному графику, которое возможно перенести из пиковой зоны в базовую, при выравнивании графика не может превышать величину EPP_u , или 25 % от EP_u . Очевидно, эта величина на практике

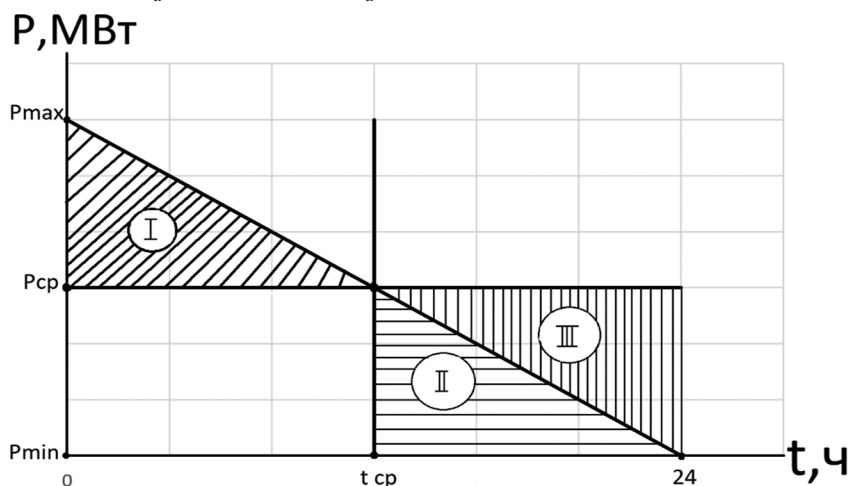


Рис. 5.3. Определение средней нагрузки на графике СГЭН, зона I — пиковая зона графика, зона II — базовая зона графика, зона III — расчетная зона графика равная по площади зоне I (источник: составлено авторами на основе расчетов по данным Росстата)

не может быть достигнута по техническим и экономическим соображениям и является лишь ориентиром, к которому необходимо стремиться для повышения экономического эффекта при выравнивании суточного графика нагрузки энергосистемы, т. к. ценовые показатели на электроэнергию в пиковой зоне больше, чем в базовой.

Зная значение $deluP_{cp}$, разделяем значения нагрузки ddP_t на положительные и отрицательные по формуле (5.10):

$$ddP_t = deluP_t - deluP_{cp}. \quad (5.10)$$

С учетом этого положительные (пиковые) нагрузки назовем $ddPP_p$, а отрицательные (базовые) нагрузки — $ddPB_b$. Тогда величины EPP_u и EPB_u определяются по формуле (5.11):

$$EPP_u = \sum_1^{t^{cp}} ddP_t \quad \text{и} \quad EPB_u = -1 \cdot \sum_{t^{cp}+1}^{24} ddP_t. \quad (5.11)$$

Как уже отмечалось ранее, при проведении расчетов на реальном графике может возникать ситуация, когда EPP_u не равно EPB_u . Тогда для дальнейших расчетов используем меньшую из этих величин и назовем ее EPM_u .

Для организации переноса нагрузок из пиковой зоны графика (EPP_u) в базовую (EPB_u) вводится понятие «единичная ячейка», т. е. квадрат (ячейка), у которого одна сторона по исследуемой нагрузке (ddP_t) равна 1 МВт, вторая сторона по часам суток (t) равна 1 час. С учетом этого заштрихованные зоны (пиковая и базовая) на рисунке 5.3 разбиваются на эти единичные ячейки, и их количество в пиковой зоне равно MP , а в базовой зоне равно MB . Для дальнейших исследований выбираем из них то, что по размеру соответствует величине EPM_u , назовем его $M_{расч}$. Необходимо также отметить, что разбиение максимального значения нагрузки по показателю $ddPP_t$ на одномогаватные диапазоны дает их количество, равное KP , для нагрузок пиковой зоны ($ddPP_{kp}$), и, соответственно, единичное значение $eddPP_{kp}$ равно 1 МВт. Аналогично определяется количество KB для нагрузок базовой зоны ($ddPB_{kb}$). Сумма значений KP и KB равна K (табл. 5.10). Также необходимо отметить, что у всех ячеек в пиковой зоне с одинаковыми значениями нагрузки $ddPP_{kp}$ тождественно равные значения цены электроэнергии $u\Pi_{kp}$ (табл. 5.7), и они определяются по зависимости $u\Pi_t = f(uP_t)$, а недостающие (промежуточные между значениями t) значения цены электроэнергии определяются интерполированием. В итоге строится зависимость $u\Pi_{kp} = f(ddPP_{kp})$ для пиковой зоны. Для базовой зоны аналогично.

При таком подходе электропотребление по каждой ячейке составляет 1 МВт·ч (это важно при определении экономического эффекта), и каждая пиковая ячейка при переносе нагрузки должна встать на место соответствующей базовой ячейки. Поэтому, чтобы не произошел сбой при расчетах, каждая ячейка должна быть пронумерована. Нумерация ячеек пиковой зоны проводится по правилу сверху вниз и слева направо. Ячейки имеют координаты $(ddPP_{kp}; t_{пик})$. Например: имеются ячейки $\Pi_1(10;1)$, где $ddPP_{1p} = 10$ МВт, $t_{пик} = 1$ -ый час суток в отсортированном по убыванию графике и ячейки $\Pi_2(9;1)$, $\Pi_3(9;2)$, тогда, в соответствии с записанным правилом, ячейка Π_1 имеет номер 1, Π_2 – номер 2, Π_3 – номер 3. Нумерация ячеек базовой зоны (Б) проводится снизу вверх и справа налево. Каждой ячейке пиковой зоны соответствует с таким же номером ячейка в базовой зоне, и на каждом шаге выравнивания графика происходит переход одной пиковой ячейки в аналогичную базовую. Процесс выравнивания графика завершается, когда все участвующие в расчетах ячейки перейдут из пиковой в базовую зону.

Стоимость электроэнергии пиковой зоны $CЭ_m^{пик}$ для ячейки m определяется по формуле (5.12):

$$CЭ_m^{пик} = ddPP_{kp}(m) \cdot u\Pi_{kp}(m). \quad (5.12)$$

Порядок определения стоимости по показателю $CЭ_m^{пик}$ показан в таблице 5.7.

Стоимость электроэнергии базовой зоны $CЭ_m^{баз}$ для ячейки m определяется аналогично.

Таблица 5.7

**Определение стоимости электроэнергии пиковой зоны
суточного графика электрических нагрузок**

Номера ячеек (m)	Наименование пиковой ячейки	Пиковая нагрузка ($ddPP_{kp}$)	Номер пикового часа ($t_{пик}$)	Пиковая цена ($u\Pi_{kp}$)	Пиковая стоимость ($CЭ_m^{пик}$)
1	П1	$ddPP_{1p}$	1	$u\Pi_{1p}$	$CЭ_1^{пик}$
2	П2	$ddPP_{2p}$	1	$u\Pi_{2p}$	$CЭ_2^{пик}$
3	П3	$ddPP_{3p}$	1	$u\Pi_{3p}$	$CЭ_3^{пик}$
4	П4	$ddPP_{4p}$	1	$u\Pi_{4p}$	$CЭ_4^{пик}$
5	П5	$ddPP_{5p}$	1	$u\Pi_{5p}$	$CЭ_5^{пик}$
6	П6	$ddPP_{5p}$	2	$u\Pi_{5p}$	$CЭ_6^{пик}$
7	П7	$ddPP_{5p}$	3	$u\Pi_{5p}$	$CЭ_7^{пик}$

Источник: составлено авторами.

Электропотребление нарастающим итогом ($E_m^{ни}$) определяется сложением единичных значений $ddPP_{kp}$ на каждом шаге m и фактически равно количеству этих шагов.

После этого определяется экономический эффект (EF_m) для ячейки m по формуле (5.13):

$$EF_m = CЭ_m^{пик} - CЭ_m^{баз}. \quad (5.13)$$

Затем рассчитывается EF_m нарастающим итогом (получаем $EF_m^{ни}$) и строится зависимость $EF_m^{ни} = f(m)$ — по всем ячейкам от 1 до $M_{расч}$ в таблице 5.8.

Полученная зависимость $EF_m^{ни} = f(m)$ позволяет дать предварительную оценку целесообразности применения промышленного накопителя электроэнергии в рассматриваемой энергосистеме, график которой исследовался. Затем рассчитывается показатель $EF_m^{ни}$ по всем суточным графикам за год и суммируется, получаем годовой $EF_m^{ни}$. Оценка целесообразности применения накопителя определяется сравнением затрат на строительство и эксплуатацию этого накопителя и полученного эффекта от выравнивания суточного графика электрической нагрузки энергосистемы (годового $EF_m^{ни}$). С учетом этого задается электрическая мощность промышленного накопителя электроэнергии ($N^{пнэ}$), откладывается на графике $uP_{kp} = f(EF_{kp}^{ни})$ и определяется экономический эффект ($EF_{kp}^{ни}$) и электропотребление ($E_{kp}^{ни}$) при выравнивании графика с использованием такой установки. Возможно, что значения электропотребления ($E_{kp}^{ни}$) и вырабатываемая этой установкой электроэнергия ($W^{пнэ}$) не совпадают, тогда экономический эффект должен

Таблица 5.8

Определение экономического эффекта и электропотребления нарастающим итогом по суточному графику электрических нагрузок (фрагмент)

Номера ячеек (m)	Пиковая стоимость ($CЭ_m^{пик}$)	Базовая стоимость ($CЭ_m^{баз}$)	Экономический эффект (EF_m)	Экономический эффект НИ ($EF_m^{ни}$)	Электропотребление НИ ($E_m^{ни}$)
1	$CЭ_1^{пик}$	$CЭ_1^{баз}$	EF_1	$EF_1^{ни}$	$E_1^{ни}$
2	$CЭ_2^{пик}$	$CЭ_2^{баз}$	EF_2	$EF_2^{ни}$	$E_2^{ни}$
...
m	$CЭ_m^{пик}$	$CЭ_m^{баз}$	EF_m	$EF_m^{ни}$	$E_m^{ни}$
...
$M_{расч}$	$CЭ_M^{пик}$	$CЭ_M^{баз}$	EF_M	$EF_M^{ни}$	$E_M^{ни}$

Источник: составлено авторами.

корректироваться на величину этих отклонений. При этом зависимость $uP_{кр} = f(EF_{кр}^{ну})$ получается соответствующими преобразованиями из ранее полученной зависимости $ddPP_m = f(EF_m^{ну})$. На рисунке 5.4 показано, как, задавая значение электрической мощности промышленного накопителя электроэнергии ($N^{пнэ}$) и тем самым определяя срезаемую им пиковую нагрузку на суточном графике СГЭН, можно определить значение экономического эффекта ($EF_{кр}^{ну}$), показанного на графике красной линией, обусловленного выравниванием этого графика посредством переноса высокостоимостных электрических нагрузок пиковой зоны графика в низкостоимостную базовую зону.

Описанная методическая постановка может иллюстрироваться расчетным примером, рассчитанным по данным планового суточного графика потребления электроэнергии ОЭЭС Урала на 01.02.2020 г.

График показан в таблице 5.9. Из таблицы видно, что минимальное значение нагрузки по графику (P_{min}) равно 30165 МВт. Результатирующие характеристики графика показаны в таблице 5.10.

Исследования проведены с использованием авторской программы, написанной на языке Python.

В результате проведенных исследований получены 3 зависимости по расчетным показателям суточного графика электрических нагрузок ОЭЭС Урала (рис. 5.5).

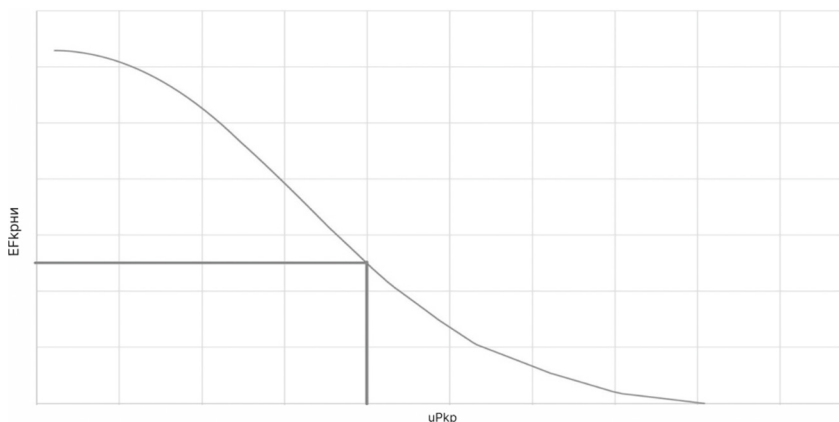


Рис. 5.4. Определение экономического эффекта на графике $EF_{кр}^{ну} = f(uP_{кр})$, где $uP_{кр}$ — электрическая нагрузка по ячейкам пиковой зоны отсортированная по убыванию; $EF_{кр}^{ну}$ — экономический эффект по ячейкам пиковой зоны рассчитанный нарастающим итогом (источник: составлено по предложенной авторами методике)

Таблица 5.9

**Суточные графики по электрическим нагрузкам и ценам
на электроэнергию по ОЭС Урала (по состоянию на 01.02.2020)**

t	P_t^*	uP_t^{***}	$delP_t^{***}$	$deluP_t^{***}$	Π_t^{**}	$u\Pi_t^{***}$
1	30373	33667	208	3502	981,26	1352,32
2	30352	33467	187	3302	951,98	1335,40
3	30165	33444	0	3279	913,75	1317,36
4	30361	33293	196	3128	907,18	1313,17
5	30872	33116	707	2951	906,32	1312,10
6	31358	33114	1193	2949	928,43	1311,83
7	32086	33105	1921	2940	967,47	1308,90
8	32863	33024	2698	2859	964,90	1306,97
9	33116	32915	2951	2750	1110,23	1300,78
10	33024	32896	2859	2731	1268,06	1297,97
11	33114	32863	2949	2698	1312,10	1289,52
12	32896	32758	2731	2593	1311,83	1279,59
13	32758	32539	2593	2374	1308,90	1268,06
14	32915	32156	2750	1991	1306,97	1110,23
15	33105	32086	2940	1921	1297,97	1082,05
16	33467	31358	3302	1193	1289,52	981,26
17	33667	31203	3502	1038	1300,78	969,49
18	33444	30872	3279	707	1335,40	967,47
19	33293	30763	3128	598	1352,32	964,90
20	32539	30373	2374	208	1317,36	951,98
21	32156	30361	1991	196	1313,17	928,43
22	31203	30352	1038	187	1279,59	913,75
23	30763	30325	598	160	1082,05	907,18
24	30325	30165	160	0	969,49	906,32

Источник: расчет авторов по данным планового потребления электроэнергии УРАЛА (по часам суток на 01.02.2020), МВт. URL: https://www.sops.ru/index.php?id=972&tx_ms1cdu_pi1%5Bkpo%5D=630000&tx_ms1cdu_pi1%5Bdt%5D=08.02.2020 (дата обращения: 25.01.2021).

Примечания: t — часы суток, ч; P_t — исходная электрическая нагрузка, МВт; uP_t — исходная электрическая нагрузка (отсортированная по убыванию), МВт; $delP_t$ — исходная электрическая нагрузка (уменьшенная на величину P_{min}), МВт; P_{min} — минимальная электрическая нагрузка на графике, МВт; $deluP_t$ — электрическая нагрузка $delP_t$ (отсортированная по убыванию), МВт; Π_t — исходные цены на электроэнергию, руб./МВт.ч.; $u\Pi_t$ — исходные цены на электроэнергию (отсортированная по убыванию), руб./МВт.ч.

** данные по индексу равновесных цен на покупку электроэнергии (Первая ценовая зона), руб./МВт.ч. URL: <https://www.atsenergo.ru/results/tsv/indexes/indexes1/index.htm> (дата обращения: 25.01.2021);

*** показатели рассчитаны авторами.

Таблица 5.10

**Результирующие показатели по суточному графику
электрических нагрузок по ОЭЭС Урала (по состоянию на 01.02.2020)**

Наименование показателя	Обозначение показателя	Единица измерения	Значение показателя
Максимальная электрическая нагрузка	P_{max}	МВт	33 667
Минимальная электрическая нагрузка	P_{min}	МВт	30 165
Максимальная цена на электроэнергию	Π_{max}	руб/МВт.ч.	1 352,32
Минимальная цена на электроэнергию	Π_{min}	руб/МВт.ч.	906,32
Электропотребление по электрической нагрузке за вычетом минимальной нагрузки за период t и отсортированной по убыванию	EP_u	МВт.ч.	46 255
Средняя электрическая нагрузка графика	$deluP_{cp}$	МВт	1 927
Среднее значение по часам суток графика	t_{cp}	ч	14
Электропотреблением пиковой зоны графика	EPP_u	МВт.ч.	13 069
Электропотреблением базовой зоны графика	EPB_u	МВт.ч.	13 062
Погрешность модели при определении пиковой и базовой зон электропотребления	α	МВт.ч.	7
Расчетное количество единичных ячеек	$M_{расч}$	шт	13 062
Расчетное количество одномегаваттных диапазонов для нагрузок пиковой зоны (ddPPkp)	KP	шт	1 575
Расчетное количество одномегаваттных диапазонов для нагрузок базовой зоны (ddPBkb)	KB	шт	1 927

Источник: показатели рассчитаны авторами.

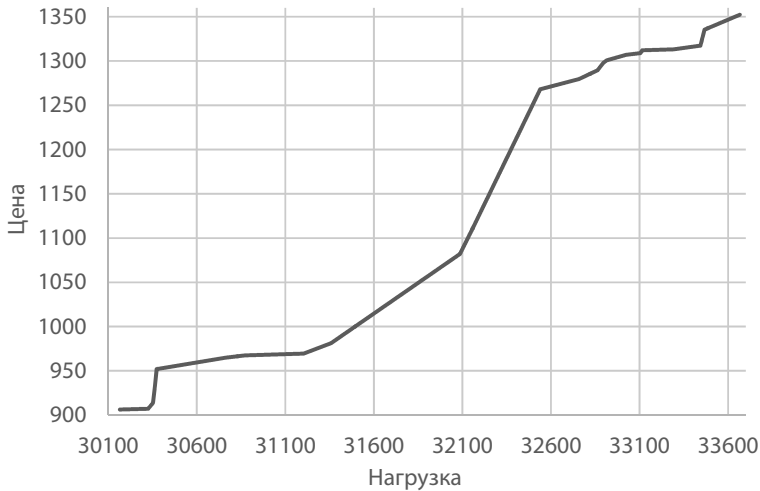


Рис. 5.5. Зависимость $u\zeta_{kp} = f(ddPP_{kp})$ суточного графика электрических нагрузок ОЭС Урала (по состоянию на 01.02.2020), где $u\zeta_{kp}$ — цена на электроэнергию по ячейкам пиковой зоны; $ddPP_{kp}$ — пиковая нагрузка по ячейкам пиковой зоны (источник: рассчитано авторами по программному модулю на языке Python, написанному специально для рассматриваемой задачи М. В. Ивашкиным)

На рисунке 5.6 показана зависимость экономического эффекта нарастающим итогом ($EF_m^{ни}$) от количества ячеек m (расчетное количество m составило 13062 ячейки). При этом необходимо отметить, что количество ячеек m соответствует электропотреблению срезаемой пиковой нагрузки СГЭН (EPP_u) на каждом шаге переноса ячеек из пиковой зоны в базисную, а указанный экономический эффект определен как разность стоимостей электроэнергии в пиковой и базовой зонах СГЭН. В результате проведенных исследований для данного суточного графика нагрузок получен суммарный экономический эффект $EF^{ни} = 3\,149,175$ тыс. руб.

На рисунке 5.7 показана зависимость экономического эффекта, рассчитанная нарастающим итогом по пиковой зоне СГЭН ($EF_{kp}^{ни}$) от электрической нагрузки, отсортированной по убыванию (uP_{kp}), определенной на расчетном количестве наблюдений (kp), которое равно 1575 (табл. 5.10).

С использованием полученного суточного графика $EF_{kp}^{ни} = f(uP_{kp})$ определен экономический эффект от выравнивания графика нагрузок в случае возможной установки в ОЭС Урала промышленного накопителя электроэнергии, электрическая мощность которого составляет 500 МВт. Необходимо отметить, что стоимостные

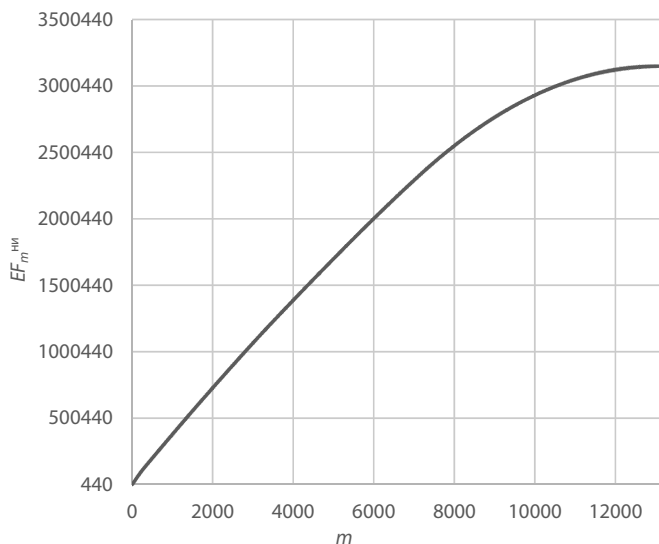


Рис. 5.6. Зависимость $EF_m^{nu}=f(m)$ суточного графика электрических нагрузок ОЭЭС Урала (по состоянию на 01.02.2020), где EF_m^{nu} — экономический эффект для ячейки m , рассчитанный нарастающим итогом; m — ячейка графика (источник: рассчитано авторами по программному модулю на языке Python, написанному специально для рассматриваемой задачи М. В. Ивашкиным)

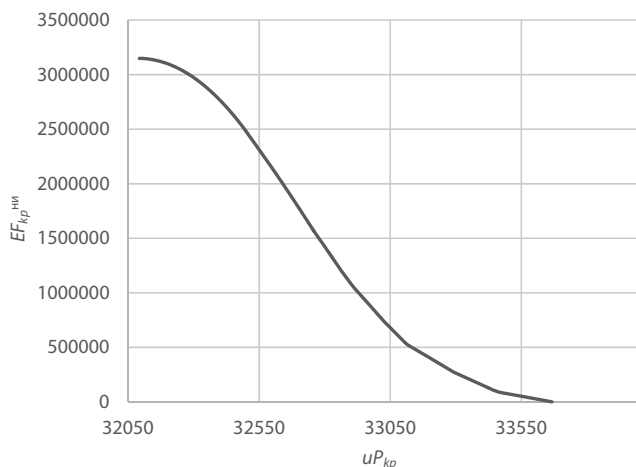


Рис. 5.7. Зависимость $EF_{kp}^{nu}=f(uP_{kp})$ суточного графика электрических нагрузок ОЭЭС Урала (по состоянию на 01.02.2020), где EF_{kp}^{nu} — экономический эффект, рассчитанный нарастающим итогом по пиковой зоне СГЭН (источник: рассчитано авторами по программному модулю на языке Python, написанному специально для рассматриваемой задачи М. В. Ивашкиным)

характеристики указанного накопителя при расчете экономического эффекта не учитывались. Таким образом, срез нагрузки в пиковой зоне СГЭН составляет 500 МВт, и, соответственно, расчетная нагрузка на графике равна 33 167 МВт (определяется как разница максимальной нагрузки СГЭН и среза нагрузки). Срезаемое электропотребление в пиковой зоне равно 1207 МВт·ч. Суточный экономический эффект от данного мероприятия составляет 451 416 руб. для зимнего рабочего дня (01.02.2020).

Перенос мощности потребления из пиковой зоны в базисную, где цена электроэнергии относительно невысока, не меняет интегральные значения потребления электроэнергии. Использование данного подхода помогает показать возможность применения систем промышленного хранения электроэнергии в качестве инструмента ценозависимого электропотребления для потребителей электроэнергии, действующих в субъектах Российской Федерации. Также с помощью этого подхода можно анализировать различные суточные графики электрических нагрузок для отдельных субъектов, региональных и объединенных энергосистем, единой энергосистемы (ЕЭС России) за ретроспективный, текущий или прогнозный период.

5.3. Методология использования гравитационной модели для исследования региональных транспортных потоков

Моделирование транспортных потоков является мощным инструментом управления и планирования развития транспортной системы, направленного на пространственное развитие территорий, эффективное использование ресурсов, повышение качества и безопасности перевозки грузов и пассажиров. В частности, моделирование транспортных потоков позволяет прогнозировать будущие изменения в объеме перевозок и спросе на транспортные услуги. Также оно играет ключевую роль в вопросе оптимизации использования доступных (как правило, ограниченных) ресурсов. На основании моделей можно исследовать различные сценарии развития и принимать наиболее эффективные решения.

Моделирование лежит в основе экономического анализа транспортных систем и позволяет оценить затраты и выгоды различных транспортных решений, таких как строительство новых дорог, расширение существующей инфраструктуры или введение новых транспортных тарифов. Планирование устойчивого развития городов и регионов также опирается на моделирование транспортных потоков. Подобные модели позволяют исследовать влияние транспортных решений на окружающую среду, энергопотребление

и качество жизни. Это помогает принимать решения, которые будут способствовать увеличению транспортной доступности, экологической устойчивости и росту уровня жизни.

Широкое использование моделирования транспортных потоков началось в середине XX в., поскольку с быстрым ростом автомобильного транспорта и городской инфраструктуры появилась потребность в разработке методов и инструментов для анализа и прогнозирования различных транспортных процессов [110, 111].

Первоначально моделирование транспортных потоков осуществлялось в основном на основе статистических методов и эмпирических моделей. В последующие десятилетия с развитием компьютерных технологий и доступностью большого объема данных моделирование транспортных потоков становилось все более точным и детализированным. С появлением геоинформационных систем (ГИС) и технологий глобального позиционирования (GPS) стало возможным анализировать и моделировать транспортные процессы вплоть до движения каждого отдельного транспортного средства и индивидуальных траекторий перемещения пассажиров и грузов [112]. Современные методы моделирования транспортных потоков включают в себя агентно-ориентированные модели, микросимуляцию, дискретно-событийное моделирование и другие подходы.

В частности, для расчета матрицы корреспонденций, которая дает исчерпывающее количественное описание пространственного распределения транспортных потоков, активно применяют гравитационные модели.

Транспортная гравитационная модель (ГМ) — это математическая модель, которая используется для прогнозирования и анализа потоков транспортных перемещений между двумя или более местами на основе их географического расположения и других соответствующих факторов. ГМ основана на предположении, что объем транспортных корреспонденций между двумя местами (например, городами или регионами) пропорционален их «массе» (например, населению) и обратно пропорционален расстоянию между ними. ГМ учитывает такие факторы, как население, экономический потенциал, транспортная инфраструктура и расстояние между местами. Она предполагает, что потоки транспорта будут наиболее интенсивными между местами с большим населением, высоким экономическим потенциалом и более близкими расстояниями.

ГМ обычно записывают в виде формулы (5.14):

$$T_{ij} = a_i b_j f(c_{ij}), \quad (5.14)$$

где $i = 1, 2, \dots, I$ — пункты отправления; $j = 1, 2, \dots, J$ — пункты прибытия; c_{ij} — обобщенная стоимость перемещения из пункта i в пункт j (все временные и финансовые затраты на перемещение); T_{ij} — количество поездок из пункта i в пункт j ; $f(c)$ — неотрицательная функция (так называемая функция тяготения), определенная при всех $c \geq 0$; a_i и b_j — некоторые количественные характеристики пунктов отправления и прибытия.

Обозначим через s_i количество отправлений из пункта i (во все пункты прибытия), а через d_j — количество прибытий в пункт j (из всех пунктов отправления). Очевидно, что $\sum_{j=1}^J T_{ij} = s_i$, $\sum_{i=1}^I T_{ij} = d_j$ зна-

чит должны выполняться равенства (5.15, 5.16):

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^J a_i b_j f(c_{ij}) = s_i \quad \forall i = 1, \dots, I, \\ \sum_{i=1}^I a_i b_j f(c_{ij}) = d_j \quad \forall j = 1, \dots, J. \end{cases} \quad (5.15)$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^J a_i b_j f(c_{ij}) = s_i \quad \forall i = 1, \dots, I, \\ \sum_{i=1}^I a_i b_j f(c_{ij}) = d_j \quad \forall j = 1, \dots, J. \end{cases} \quad (5.16)$$

Если s_i и d_j известны, то система (5.15), (5.16) является системой уравнений относительно неизвестных a_i и b_j . Это нелинейная система уравнений, которая не разрешима в явном виде. Этот факт существенно осложняет использование ГМ. Естественно, систему (5.15), (5.16) можно решать численно, однако для этого нужно быть уверенным, что решение существует и является единственным. В этом направлении имеют место следующие результаты (5.17): если для любого c_{ij} справедливо $f(c_{ij}) > 0$ и:

$$\sum_{i=1}^I s_i = \sum_{j=1}^J d_j, \quad (5.17)$$

то система (5.15), (5.16) имеет решение. При этом решение не будет единственным. Более того, рассматриваемая система будет иметь бесконечно много решений: если a_i^* , b_j^* — решение системы (5.15), (5.16), то θa_i^* , $\theta^{-1} b_j^*$ также будет решением для любого $\theta > 0$. Однако для любых двух различных решений a_i^1, b_j^1 и a_i^2, b_j^2 будет справедливо равенство $a_i^1 b_j^1 = a_i^2 b_j^2$ при любых i, j .

Из последнего следует, что T_{ij} не зависит от выбора решения системы (5.15), (5.16): несмотря на не единственность решения, матрица корреспонденций определяется однозначно. То есть гравитационная модель (5.14) устанавливает взаимно однозначное

соответствие между МК $\{T_{ij}\}$ с одной стороны и парой векторов $(a_1, \dots, a_i), (b_1, \dots, b_j)$ с другой.

Функция $f(c_{ij})$ показывает «готовность» груза или пассажира совершить перемещение в зависимости от размера обобщенной стоимости c_{ij} . В качестве функции тяготения $f(c_{ij})$ часто используют степенную функцию $f(c_{ij}) = c_{ij}^{-\mu}$, показательную функцию $f(c_{ij}) = \exp(-\mu c_{ij})$ или показательно-степенную функцию (5.18):

$$f(c_{ij}) = c_{ij}^{\gamma} \exp(-\mu c_{ij}) \quad (5.18)$$

Детальное обсуждение вопроса о выборе функции тяготения можно найти в [113, 114].

При использовании ГМ всегда исходят из того, что количество отправок s_i и прибытий d_j известны, поэтому под ГМ обычно понимают формулу (5.14) для определения объемов корреспонденций T_{ij} вместе с нелинейной системой уравнений (5.15), (5.16) для коэффициентов a_i и b_j .

Тот факт, что транспортные потоки должны удовлетворять соотношениям (5.14)–(5.16), выглядит достаточно убедительным с эвристической точки зрения. Однако существуют также теоретические обоснования «правомерности» ГМ. Далее будут кратко изложены два наиболее известных подхода к такому обоснованию. Первый из них обосновывает ГМ для распределения пассажирских потоков через максимизацию энтропии замкнутой системы, состоящей из всех пассажиров [110, 111]. Второй подход является экономико-математическим и использует предположение о постоянной эластичности замещения товаров при обосновании ГМ для грузовых потоков [115–118].

Энтропийный подход заключается в следующем. Транспортную систему считаем замкнутой и рассматриваем ее как совокупность перемещающихся индивидуумов (пассажиров). Каждое конкретное распределение поездок всех пассажиров между пунктами отправления и прибытия определяет состояние системы. Матрица корреспонденций содержит величины T_{ij} — количество индивидуумов, выезжающих из пункта i и прибывающих в пункт j . Очевидно, что существует множество состояний транспортной системы, приводящих к одной и той же матрице корреспонденций $\{T_{ij}\}$.

Будем предполагать, что так же как и для физических систем, здесь справедлив принцип максимизации энтропии и, тем самым, значения в матрице корреспонденций должны доставлять максимум функции $P(\{T_{ij}\})$, определяющей вероятность реализации состояния системы, порождающего матрицу $\{T_{ij}\}$. Очевидна формула (5.19):

$$P(\{T_{ij}\}) = \omega(\{T_{ij}\})Q(\{T_{ij}\}), \quad (5.19)$$

где $\omega(\{T_{ij}\})$ – вероятность реализации матрицы корреспонденций $\{T_{ij}\}$, $Q(\{T_{ij}\})$ – количество состояний системы, порождающих матрицу корреспонденций $\{T_{ij}\}$.

Пусть ω_{ij} – вероятность того, что пассажир выберет поездку из i в j . Будем также предполагать независимость выбора пассажира, тогда получаем (5.20):

$$\omega(\{T_{ij}\}) = \prod_{i,j} \omega_{ij}^{T_{ij}}. \quad (5.20)$$

Обозначим $T = \sum_{i,j} T_{ij}$, тогда (5.21):

$$Q(\{T_{ij}\}) = \frac{T!}{\prod_{i,j} T_{i,j}!}. \quad (5.21)$$

Таким образом, (5.22):

$$P(\{T_{ij}\}) = \prod_{i,j} \omega_{ij}^{T_{ij}} \frac{T!}{\prod_{i,j} T_{i,j}!} = T! \prod_{i,j} \frac{\omega_{ij}^{T_{ij}}}{T_{i,j}!}. \quad (5.22)$$

Следовательно, задача оптимизации энтропии будет иметь вид (5.23–5.26):

$$\left\{ \begin{array}{l} P(\{T_{ij}\}) = T! \prod_{i,j} \frac{\omega_{ij}^{T_{ij}}}{T_{i,j}!} \rightarrow \max, \end{array} \right. \quad (5.23)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_j T_{ij} = s_i, \sum_i T_{ij} = d_j, \end{array} \right. \quad (5.24)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\sum_{i,j} c_{ij} T_{ij}}{T} = c, \end{array} \right. \quad (5.25)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} T_{ij} \geq 0. \end{array} \right. \quad (5.26)$$

где c – средняя стоимость одной поездки.

Это задача условной оптимизации. При этом дополнительно предполагают, что (5.27):

$$\sum_i s_i = \sum_j d_j = T. \quad (5.27)$$

Целевая функция и допустимое множество в задаче (5.23)–(5.26) являются выпуклыми, поэтому данная задача будет иметь решение, причем единственное.

При дополнительном предположении $\omega_{ij} = \omega$ (т. е. вероятность одинакова для все пар i и j) и применении формулы Стирлинга $\ln z! \approx z \ln z - z$ по методу множителей Лагранжа задача (5.23)–(5.26) сводится к максимизации функции (5.28):

$$L(T_{ij}, \lambda_i, \mu_j, \beta) = \sum_{i,j} T_{ij} \ln T_{ij} + \sum_i \lambda_i \left(\sum_j T_{ij} - s_i \right) + \sum_j \mu_j \left(\sum_i T_{ij} - d_j \right) + \beta \left(\sum_{i,j} c_{ij} T_{ij} - Tc \right). \quad (5.28)$$

Стандартными методами математического анализа можно получить, что максимум функции L достигается в точке (5.29):

$$T_{ij} = e^{-\lambda_i} e^{-\mu_j} e^{-\beta c_{ij}}. \quad (5.29)$$

При обозначении $a_i = e^{-\lambda_i}$ и $b_j = e^{-\mu_j}$ последнее соотношение вместе с условиями (5.24) в точности является гравитационной моделью (5.14)–(5.16).

Необходимо отметить, что выражение $\sum_{i,j} c_{ij} T_{ij} / T$, участвующее в условии (5.25), представляет собой среднюю стоимость одной поездки. Если его заменить на условие (5.30):

$$\frac{\sum_{i,j} T_{ij} \ln c_{ij}}{T} = c, \quad (5.30)$$

то соотношение (5.29) примет вид (5.31):

$$T_{ij} = e^{-\lambda_i} e^{-\mu_j} C_{ij}^{-\beta}, \quad (5.31)$$

т. е. в этом случае будет получена ГМ со степенной функцией тяготения. При других вариантах условия (5.25) будут получаться различные другие функции тяготения.

Подход на основе постоянной эластичности замещения товаров базируется на следующих предположениях.

П1. Каждый пункт отправления груза является пунктом прибытия грузов из всех других пунктов отправления. Поэтому и пункты отправления, и пункты прибытия будем называть просто пунктами.

П2. Транспортные издержки симметричны, т. е. (5.32):

$$c_{ij} = c_{ji} \forall i, j. \quad (5.32)$$

П3. В каждом пункте имеется только один вид груза и любые два пункта имеют разные виды груза.

П4. Количество груза в каждом пункте является фиксированным.

П5. Количество груза, доставляемого в пункт j из других пунктов (включая сам пункт j), является результатом максимизации функции полезности с постоянной эластичностью замещения (5.33):

$$\begin{cases} U_j = \left(\sum_i \mu_i D_{ij}^{(\sigma-1)/\sigma} \right)^{\sigma/(\sigma-1)} \rightarrow \max, \\ \sum_i p_i c_{ij} D_{ij} = E_j, \end{cases} \quad (5.33)$$

где D_{ij} — количество груза, доставляемого из пункта i в пункт j ; μ_i — весовой коэффициент полезности груза i ; E_j — общие затраты пункта j на приобретение всех грузов; p_i — цена груза региона i (в пункте отправления); c_{ij} — обобщенная стоимость транспортировки груза между пунктами i и j ; σ — эластичность замещения между разными товарами.

П6. Рассматриваемые пункты образуют замкнутую систему, т. е. они перевозят имеющиеся у них грузы только между собой. Это равносильно тому, что (5.34):

$$\sum_i p_i c_{ij} D_{ij} = E_j = p_j \sum_i c_{ji} D_{ji} \quad \forall j. \quad (5.34)$$

В работе [116] было показано, что если выполнены предположения П1–П6, то количество груза в стоимостном выражении $T_{ij} = p_i c_{ij} D_{ij}$, перевозимое из пункта i в пункт j , определяется соотношениями (5.35, 5.36):

$$T_{ij} = \frac{E_i E_j}{\sum_j E_j} \left(\frac{c_{ij}}{P_i P_j} \right)^{1-\sigma}, \quad (5.35)$$

$$P_j^{1-\sigma} = \sum_i P_i^{\sigma-1} t_{ij}^{1-\sigma} \frac{E_i}{\sum_j E_j} \quad \forall j, \quad (5.36)$$

которые с точностью до обозначений представляют собой гравитационную модель (5.14)–(5.16).

Естественно, на основании ГМ матрицу корреспонденций можно рассчитать только лишь приближенно. На это есть несколько причин.

1. Упрощенные предположения. ГМ базируется на упрощенных предположениях, включая предположение о пропорциональности потоков между парами местоположений и зависимости от их массы и расстояния между ними. Однако в реальности потоки могут быть подвержены множеству других факторов, таких

как социально-экономические условия, транспортная инфраструктура, предпочтения путешественников и т. д. Эти дополнительные факторы могут вносить значительные искажения в оценку матрицы корреспонденций.

2. Недостаток данных. Для точного расчета матрицы корреспонденций необходимы надежные данные о перемещениях между различными местоположениями. Однако получение таких данных может быть сложной задачей, и данные могут быть ограничены доступностью или неполными. Недостаток данных может привести к неточностям и погрешностям в ГМ и, соответственно, в расчете матрицы корреспонденций.

3. Динамические изменения. Потоки транспорта могут изменяться со временем, включая изменения в соотношении между различными местоположениями. ГМ представляет статическую картину потоков, не учитывая динамические изменения. Это может привести к неточным оценкам матрицы корреспонденций, особенно при анализе долгосрочных изменений в потоках.

4. Ограничения модели. ГМ имеет свои ограничения и предположения, которые могут быть неприменимыми в некоторых ситуациях. Например, модель может не учитывать специфические характеристики транспортной сети или особенности поведения путешественников, которые могут существенно влиять на матрицу корреспонденций.

В силу всех перечисленных обстоятельств в соотношение (5.14) должна быть включена стохастическая составляющая и от того, каким именно будет это включение, зависит способ калибровки ГМ на основе наблюдаемых данных. Далее будут рассмотрены наиболее часто используемые подходы для учета в ГМ стохастической природы реальных транспортных потоков и соответствующие им методы калибровки модели. При этом будем рассматривать наиболее общий случай показательной-степенной функции тяготения, т. е. соотношение (5.14) рассмотрим в виде (5.37):

$$T_{ij} = a_i b_j c_{ij}^{\gamma} \exp(-\mu c_{ij}). \quad (5.37)$$

Пусть в результате наблюдений получена матрица корреспонденций $N = \{n_{ij}\}$, $i = 1, \dots, I$, $j = 1, \dots, J$. По этой матрице нужно оценить параметры a_i , b_j , γ и μ модели (5.37) по наблюдаемой матрице N . Очевидно, что способ оценивания зависит от того, как именно будет включена в модель стохастичность, вызывающая отклонение наблюдаемых значений n_{ij} от модельных T_{ij} . Рассмотрим подробно несколько наиболее популярных подходов.

1. Случайная составляющая вводится в модель аддитивно, т. е. предполагаем, что (5.38):

$$n_{ij} = T_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (5.38)$$

где ε_{ij} — случайная величина. В этом случае наиболее естественным методом калибровки будет метод наименьших квадратов (МНК), т. е. оценки параметров — решения задачи минимизации: (5.39):

$$S(a_i, b_j, \gamma, \mu) = \sum_{i,j} (n_{ij} - T_{ij})^2 = \sum_{i,j} (n_{ij} - a_i b_j c_{ij}^\gamma \exp(-\mu c_{ij}))^2 \rightarrow \min, \quad (5.39)$$

которая стандартными методами сводится к системе уравнений (5.40):

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial S}{\partial a_i} = 0, \forall i = 1, \dots, I, \\ \frac{\partial S}{\partial b_j} = 0, \forall j = 1, \dots, J, \\ \frac{\partial S}{\partial \mu} = 0, \\ \frac{\partial S}{\partial \gamma} = 0. \end{array} \right. \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} \sum_i T_{ij} (n_{ij} - T_{ij}) = 0 \quad \forall i = 1, \dots, I, \\ \sum_j T_{ij} (n_{ij} - T_{ij}) = 0 \quad \forall j = 1, \dots, J, \\ \sum_{i,j} C_{ij} T_{ij} (n_{ij} - T_{ij}) = 0, \\ \sum_{i,j} \ln C_{ij} T_{ij} (n_{ij} - T_{ij}) = 0. \end{array} \right. \quad (5.40)$$

Слабым местом применения МНК для гравитационной модели (ГМ) является проблема гетероскедастичности, когда дисперсия ошибок модели ε_{ij} не является постоянной. Это может привести к неправильной оценке параметров модели и некорректным выводам. Также возникают сложности с осмысленной транспортной интерпретацией для уравнений (5.40). Применение такого подхода можно найти в [119].

2. Случайная составляющая вводится в модель мультипликативно, т. е. предполагаем, что (5.41):

$$n_{ij} = T_{ij} \cdot \varepsilon_{ij} \quad (5.41)$$

В этом случае уравнение (5.14) записывают в логлинейной форме, т. е. в виде (5.42):

$$\ln T_{ij} = \ln a_i + \ln b_j + \gamma \ln c_{ij} - \mu c_{ij} + \ln \varepsilon_{ij} \quad (5.42)$$

Такой подход решает проблему гетероскедастичности, однако непосредственное применение МНК в виде задачи минимизации (5.43):

$$\begin{aligned}
 S(a_i, b_j, \gamma, \mu) &= \sum_{i,j} (\ln n_{ij} - \ln T_{ij})^2 = \\
 &= \sum_{i,j} (\ln n_{ij} - \ln a_i - \ln b_j - \gamma \ln c_{ij} + \mu c_{ij})^2 \xrightarrow{a_i, b_j, \gamma, \mu} \min
 \end{aligned} \tag{5.43}$$

не позволяет оценить параметры a_i , b_j , γ и μ .

Однако если в качестве функции тяготения использовать показательную или степенную функцию (т. е. взять $\gamma = 0$ или $\mu = 0$), то все остальные параметры можно оценить методом инструментальных переменных, т. е. ввести фиктивные переменные для всех пунктов отправления и назначения. Например, при $\mu = 0$ уравнение (5.42) будет сводиться к уравнению (5.44):

$$\ln T_{ij} = \alpha_i A_i + \beta_j B_j + \gamma \ln c_{ij} - \mu c_{ij} + \ln \varepsilon_{ij}, \tag{5.44}$$

для оценки коэффициентов которого можно использовать МНК. Такой подход часто используют для оценки гравитационных моделей торговли товарами [115].

3. Стохастичность учитывается как случайность выбора пассажиром корреспонденции [120, 121]. Этот подход принципиально отличается от двух предыдущих. Он основан на предположении, что каждый пассажир независим от других пассажиров и случайным образом выбирает одну корреспонденцию (i, j) из $I \cdot J$ корреспонденций. При этом предполагается, что вероятность p_{ij} выбора корреспонденции (i, j) имеет одно и то же значение для всех пассажиров. В этом случае T_{ij} рассматривается как теоретическая частота выбора корреспонденции (i, j) при $n = \sum_{i,j} n_{ij}$ пассажирах, т. е. $T_{ij} = np_{ij}$. А гравитационная модель (5.37) представляет собой формулу для определения вероятности (5.45):

$$p_{ij} = \frac{1}{n} a_i b_j c_{ij}^\gamma \exp(-\mu c_{ij}). \tag{5.45}$$

Оценка параметров $a_i, \dots, a_p, b_1, \dots, b_p, \gamma, \mu$ модели (5.45) осуществляется методом максимального правдоподобия. Здесь функция правдоподобия имеет вид (5.46):

$$L = L(a_i, b_j, \gamma, \mu) = \prod_{i=1}^I \prod_{j=1}^J (p_{ij})^{n_{ij}} = \prod_{i=1}^I \prod_{j=1}^J (n^{-1} a_i b_j c_{ij}^\gamma \exp(-\mu c_{ij}))^{n_{ij}}. \tag{5.46}$$

Поскольку $n_{ij} \ln n^{-1}$ не зависит от параметров модели, то логарифмирование функции L и учет условия нормировки $\sum p_{ij} = 1$ приводят к задаче условной оптимизации (5.47):

$$\ln L = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J n_{ij} \left(\ln a_i + \ln b_j + \gamma \ln c_{ij} - \mu c_{ij} \right)^{a_i, b_j, \gamma, \mu} \rightarrow \max, \quad (5.47)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J a_i b_j c_{ij}^{\gamma} \exp(-\mu c_{ij}) = n.$$

Стандартным методом решения такой задачи является метод множителей Лагранжа. Функция Лагранжа в данном случае будет иметь вид (5.48):

$$F(a_i, b_j, \gamma, \mu, \lambda) = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J n_{ij} \left(\ln a_i + \ln b_j + \gamma \ln c_{ij} - \mu c_{ij} \right) - \lambda \left(\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J a_i b_j c_{ij}^{\gamma} \exp(-\mu c_{ij}) - n \right). \quad (5.48)$$

После приравнивания частных производных нулю получим (5.49–5.53):

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial F}{\partial a_i} = \frac{1}{a_i} \sum_{j=1}^J n_{ij} - \lambda \sum_{j=1}^J b_j c_{ij}^{\gamma} \exp(-\mu c_{ij}) = 0 \quad \forall i = 1, \dots, I, \end{array} \right. \quad (5.49)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial F}{\partial b_j} = \frac{1}{b_j} \sum_{i=1}^I n_{ij} - \lambda \sum_{i=1}^I a_i c_{ij}^{\gamma} \exp(-\mu c_{ij}) = 0 \quad \forall j = 1, \dots, J, \end{array} \right. \quad (5.50)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial F}{\partial \mu} = - \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J n_{ij} c_{ij} - \lambda \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J a_i b_j c_{ij}^{\gamma} \exp(-\mu c_{ij}) (-c_{ij}) = 0, \end{array} \right. \quad (5.51)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial F}{\partial \gamma} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J n_{ij} \ln c_{ij} - \lambda \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J a_i b_j c_{ij}^{\gamma} \exp(-\mu c_{ij}) \ln c_{ij} = 0, \end{array} \right. \quad (5.52)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial F}{\partial \lambda} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J a_i b_j c_{ij}^{\gamma} \exp(-\mu c_{ij}) - n = 0. \end{array} \right. \quad (5.53)$$

Если каждое из уравнений (5.49) умножить на a_i и просуммировать по i (или каждое из уравнений (5.50) умножить на b_j и просуммировать по j), то получим (5.54):

$$\lambda \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J a_i b_j c_{ij}^{\gamma} \exp(-\mu c_{ij}) = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J n_{ij} = n. \quad (5.54)$$

Это вместе с (5.53) дает $\lambda = 1$. Также (5.54) означает, что уравнение (5.53) является следствием каждой из группы уравнений (5.49)

и (5.50). Поэтому с учетом (5.37) система уравнений (5.49)–(5.53) принимает вид (5.55–5.58):

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^J T_{ij} = \sum_{j=1}^J n_{ij} \quad \forall i = 1, \dots, I, \\ \sum_{i=1}^I T_{ij} = \sum_{i=1}^I n_{ij} \quad \forall j = 1, \dots, J, \\ \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J T_{ij} c_{ij} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J n_{ij} c_{ij}, \\ \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J T_{ij} \ln c_{ij} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J n_{ij} \ln c_{ij}. \end{array} \right. \quad (5.55)$$

$$\left. \begin{array}{l} \sum_{i=1}^I T_{ij} = \sum_{i=1}^I n_{ij} \quad \forall j = 1, \dots, J, \\ \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J T_{ij} c_{ij} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J n_{ij} c_{ij}, \end{array} \right\} \quad (5.56)$$

$$\left. \begin{array}{l} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J T_{ij} c_{ij} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J n_{ij} c_{ij}, \\ \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J T_{ij} \ln c_{ij} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J n_{ij} \ln c_{ij}. \end{array} \right\} \quad (5.57)$$

$$\left. \begin{array}{l} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J T_{ij} \ln c_{ij} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J n_{ij} \ln c_{ij}. \end{array} \right\} \quad (5.58)$$

Таким образом, оценки параметров $a_1, \dots, a_p, b_1, \dots, b_p, \gamma, \mu$ могут быть найдены из системы уравнений (5.55)–(5.58). В отличие от системы (5.40) здесь все уравнения имеют понятную транспортную интерпретацию [МарСаф]. В частности, уравнения (5.55) означают, что для каждого пункта i модельное количество отправок (во все пункты прибытия) должно совпадать с наблюдаемым количеством направлений. Аналогично, уравнения (5.56) означают совпадение соответствующих модельных и наблюдаемых прибытий. Уравнение (5.57) показывает, что общая модельная стоимость всех поездок должна равняться общей наблюдаемой стоимости всех поездок. Если обе части (5.57) разделить на $\sum_{i,j} T_{ij} = \sum_{i,j} n_{ij}$, то его мож-

но интерпретировать как равенство соответствующих средних стоимостей. Последнее уравнение имеет такой же смысл, как и (5.58), но только для логарифмированной обобщенной стоимости c_{ij} . Калибровка гравитационной модели на основании равенств (5.55)–(5.58) очень широко используется при расчете пассажирских матриц корреспонденций (см., например, [110, 111, 122, 123] и цитируемую там литературу).

В отличие от использования МНК (в нелинейной или логлинейной форме), для калибровки ГМ на основании формул (5.55)–(5.58) не требуются данные наблюдений для каждой корреспонденции. Достаточно знать общее количество отправок и прибытий для каждого пункта (их оценивают на основании социально-экономических характеристик пунктов) и среднюю стоимость одной поездки. Последнее можно получить путем проведения опроса. Исторически сложилось, что при проведении транспортных

исследований обычно используют именно этот подход, поскольку получить наблюдаемые значения всех корреспонденций достаточно сложно и затратно (по крайней мере так было в недавнем прошлом).

Вообще ситуация с данными для транспортного моделирования существенно изменилась за последние 10–15 лет. Раньше основным источником информации о транспортном поведении индивидуумов были анкеты и опросы. С их помощью можно собрать демографические данные о пассажирах, такие как возраст, пол, занятость и т. д. (эти данные могут быть полезными для понимания особенностей различных групп пассажиров и адаптации системы транспорта к их потребностям), и узнать, какие виды транспорта предпочитают пассажиры, как часто они пользуются общественным транспортом, какие маршруты они выбирают и почему. Также на основании опросов собирали информацию о пунктах отправления и назначения пассажиров, об основных направлениях движения и потоках пассажиров между различными районами или объектами. Кроме того, анкеты позволяют выявить проблемы, с которыми сталкиваются пассажиры во время перемещения, такие как задержки, перегруженность или недостаток транспортных средств (это позволяет определить узкие места и потенциальные улучшения в системе транспорта). Также некоторой информацией о потоках располагают государственные и муниципальные транспортные структуры. Министерства транспорта, дорожные ведомства и другие организации, ответственные за транспортную инфраструктуру и транспортные потоки, могут предоставить данные о грузоперевозках, пассажиропотоках, пробках, авариях и других транспортных событиях.

Эти источники информации по-прежнему сохраняют свое значение, однако сейчас появились новые обширные возможности, связанные со всеобщей цифровизацией всех сторон жизни. В частности, у мобильных операторов есть доступ к различным данным о транспортных потоках, которые могут быть полезными для анализа и планирования:

— информация о местоположении пользователей. Мобильные операторы располагают данными о местоположении своих абонентов, используя информацию от базовых станций и GPS. Эти данные могут помочь в определении плотности транспортных потоков в разных районах;

— данные о передвижении. Мобильные операторы анализируют данные о перемещении абонентов с помощью информации о базовых станциях, скорости передвижения и времени задержки. Это

позволяет им понять потоки движения и предоставить информацию о трафике на дорогах;

— использование данных. Мобильные операторы располагают данными о том, как и когда абоненты используют свои мобильные устройства. Например, у них есть информация о времени, проведенном пассажиром в транспорте или в пути;

— передача данных. Мобильные операторы также собирают данные о том, какие приложения и сервисы используют абоненты во время передвижения. Эти данные могут быть полезными для определения востребованности определенных маршрутов или мест.

Значительные возможности по сбору транспортных данных есть также у банков:

— транзакции на платежных картах. Банки могут анализировать данные о транзакциях, совершаемых с использованием платежных карт. Это включает в себя в т. ч. информацию о месте и времени совершения транзакции, что позволяет понять популярность определенных транспортных маршрутов и мест;

— кредитные данные. Банки могут использовать данные о кредитных операциях, таких как автокредиты или лизинг, для анализа транспортных потоков. Это может помочь понять предпочтения и поведение клиентов при покупке автомобилей или других транспортных средств;

— онлайн-банкинг. В случае использования онлайн-банкинга банки могут собирать данные о транспортных потоках из информации о платежах, совершаемых через мобильные приложения или интернет-банкинг. Например, данные о покупках билетов на общественный транспорт или каких-то других транспортных услуг.

Однако особенно детальными и полными данными обладают две крупнейшие компании в области поиска и интернет-услуг — Google и Яндекс. Они собирают и анализируют данные о транспортных потоках для предоставления информации о дорожном движении и оптимизации маршрутов. Некоторые из данных о транспортных потоках, которые они могут собирать, включают:

— GPS-данные. Google и Яндекс могут получать данные о транспортных потоках через мобильные приложения, которые используются пользователями для навигации. Это включает в себя информацию о скорости движения, задержках, авариях и пробках;

— анонимные данные от устройств. Компании могут собирать анонимные данные о транспортных потоках от устройств пользователей, которые используют их сервисы. Эти данные помогают

оценить плотность трафика на различных участках дорог и предугадать возможные пробки;

— участие пользователей. Обе компании предоставляют возможность пользователям сообщать о пробках, авариях и других проблемах на дороге через свои приложения. Эти данные от пользователей также могут быть использованы для обновления информации о транспортных потоках.

Данные из всех перечисленных источников значительно упрощают и удешевляют получение наблюдаемой матрицы корреспонденций. А это в свою очередь позволяет не только оценить параметры гравитационной модели по формулам (5.55)–(5.58), но и выполнить ее валидацию.

Для проверки гравитационной модели необходимо оценить сходство между наблюдаемой и модельной матрицами корреспонденций. Кроме того, можно сравнить распределение расстояний поездок в модели с наблюдаемым распределением (даже если наблюдаемая матрица корреспонденций неизвестна, распределение расстояний можно получить с помощью опросов). Однако использование стандартных инструментов для сравнения и интерпретации результатов может вызывать определенные трудности [124]. Например, применение критерия хи-квадрат для сравнения матриц корреспонденций и распределений расстояний поездок часто приводит к отклонению гипотезы о совпадении модельных и наблюдаемых частот, особенно при малом количестве наблюдений. Аналогичные проблемы возникают при использовании других критериев согласия.

Также следует быть осторожным при использовании показателей сходства, таких как коэффициент корреляции и коэффициент детерминации, из-за сильной нелинейности (две модели с близкими значениями этих показателей могут иметь существенные различия в качестве). Для преодоления этих трудностей были разработаны относительные информационные критерии, которые учитывают ошибки «почти линейно» и позволяют эффективно сравнивать различные модели [125]. Если же целью является проверка адекватности конкретной модели, следует исходить из содержательной постановки задачи и использовать легко интерпретируемые меры сходства, такие как средняя абсолютная ошибка и др.

Еще одним крайне важным методологическим вопросом при использовании гравитационной модели является вопрос о замкнутости транспортной системы. Дело в том, что все вышеизложенное справедливо для замкнутой системы, т. е. для системы, в которой все рассматриваемые пункты отправления и прибытия обмениваются

транспортными потоками только друг с другом. Таким свойством обладает только одна транспортная система, которая включает в себя весь мир.

Однако гравитационная модель всегда применяется для определенной части более обширной транспортной сети, такой как регион, являющийся частью страны, или страна, являющаяся частью континента. В свою очередь, для вычисления калибровочных коэффициентов модели используются только отправления и прибытия для узлов рассматриваемой сети. Возникает вопрос: как изменятся эти калибровочные коэффициенты и, возможно, пассажиропотоки в локальной сети, если при их расчете использовать данные обущих отправлениях и прибытиях для узлов всей глобальной сети?

Далее будет показано, что транспортная модель обладает инвариантностью относительно перехода к любому подмножеству рассматриваемых пунктов отправления и прибытия.

Пусть задана глобальная транспортная сеть $N = \{V, E\}$ где V — множество вершин сети, E — множество соединяющих их дуг. Пусть каждой дуге $e \in E$ приписана стоимость перемещения по ней. Стоимость поездки между двумя вершинами сети — сумма стоимостей всех дуг, образующих путь наименьшей стоимости между этими вершинами.

Предположим, что пассажиропотоки между вершинами сети удовлетворяют гравитационной модели (5.14)–(5.16), т. е. (5.59):

$$\begin{cases} T_{ij} = a_i b_j f(C_{ij}) \forall i, j \in E, \\ \sum_{j \in E} a_i b_j f(C_{ij}) = P_i \forall i \in E, \\ \sum_{i \in E} a_i b_j f(C_{ij}) = A_j \forall j \in E, \end{cases} \quad (5.59)$$

где T_{ij} — пассажиропоток из вершины i в вершину j ; a_i и b_j — калибровочные коэффициенты, определяемые из уравнений (5.15), (5.16); P_i — количество пассажиров, выехавших из вершины i во все остальные вершины сети; A_j — количество пассажиров, прибывших в вершину j из всех остальных вершин сети; C_{ij} — стоимость поездки из i в j ; $f(x)$ — функция тяготения.

Пусть $\hat{E} \subset E$ и \hat{V} — множество всех дуг, соединяющих все вершины из \hat{E} . Пусть также \hat{P}_i — количество пассажиров, выехавших из вершины $i \in \hat{E}$ во все остальные вершины сети \hat{E} , \hat{A}_j — количество пассажиров, прибывших в вершину $j \in \hat{E}$ из всех остальных вершин сети \hat{E} . Сеть $\hat{N} = \{\hat{V}, \hat{E}\}$ будем называть локальной сетью.

Естественно, пассажиропотоки между вершинами сети \hat{E} удовлетворяют гравитационной модели (5.14)–(5.16), в которой для определения коэффициентов a_i и b_j используются величины P_i (A_j), характеризующие потоки из всех вершин (во все вершины) глобальной сети E . Однако возникает вопрос: будут ли пассажиропотоки между вершинами сети \hat{E} удовлетворять гравитационной модели, в которой для определения калибровочных коэффициентов используются величины \hat{P}_i и \hat{A}_j , характеризующие пассажиропотоки, связанные только с вершинами локальной сети \hat{E} ? То есть будут ли пассажиропотоки между вершинами сети \hat{E} удовлетворять модели (5.60–5.62):

$$\begin{cases} \hat{T}_{ij} = \hat{a}_i \hat{b}_j f(C_{ij}) \forall i, j \in \hat{E}, & (5.60) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sum_{j \in \hat{E}} \hat{a}_i \hat{b}_j f(C_{ij}) = \hat{P}_i \forall i \in \hat{E}, & (5.61) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sum_{i \in \hat{E}} \hat{a}_i \hat{b}_j f(C_{ij}) = \hat{A}_j \forall j \in \hat{E}, & (5.62) \end{cases}$$

и как будут связаны между собой локальные и глобальные калибровочные коэффициенты a_i, b_j и \hat{a}_i, \hat{b}_j , соответственно, как будут связаны между собой пассажиропотоки в глобальной и локальной сети T_{ij} и \hat{T}_{ij} ?

Исчерпывающий ответ на этот вопрос вытекает из утверждения: Пусть $f(C_{ij}), P_i, A_j$ положительны для всех $i, j \in E, \hat{P}_i, \hat{A}_j$ положительны для всех $i, j \in \hat{E}, \hat{a}_i, \hat{b}_j$, удовлетворяют уравнениям (5.60)–(5.62) и a_i, b_j удовлетворяют уравнениям (5.15)–(5.16). Тогда $\hat{a}_i \hat{b}_j = a_i b_j$ для всех $i, j \in \hat{E}$ и (5.63):

$$T_{ij} = \hat{T}_{ij} \forall i, j \in \hat{E}. \quad (5.63)$$

Справедливость этого выражения основывается на следующих рассуждениях. Очевидно, что при сделанных предположениях выполнены все условия, достаточные для существования и единственности решения систем уравнений (5.15)–(5.16) и (5.61)–(5.62). Поэтому будут определены величины a_i, b_j и \hat{a}_i, \hat{b}_j . Для пассажиропотоков T_{ij} в глобальной сети N , удовлетворяющих гравитационной модели (5.14)–(5.16), справедливы равенства (5.64–5.65):

$$\begin{cases} \sum_{j \in \hat{E}} T_{ij} = \hat{P}_i \forall i \in \hat{E}, & (5.64) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sum_{i \in \hat{E}} T_{ij} = \hat{A}_j \forall j \in \hat{E}. & (5.65) \end{cases}$$

Следовательно, справедливы равенства (5.66–5.67):

$$\left\{ \sum_{j \in \hat{E}} a_i b_j f(C_{ij}) = \hat{P}_i \quad \forall i \in \hat{E}, \right. \quad (5.66)$$

$$\left. \sum_{i \in \hat{E}} a_i b_j f(C_{ij}) = \hat{A}_j \quad \forall j \in \hat{E}. \right. \quad (5.67)$$

Но \hat{a}_i, \hat{b}_j также удовлетворяют системе уравнений (5.66)–(5.67), значит, в силу единственности решения, получаем $\hat{a}_i \hat{b}_j = a_i b_j$ и, следовательно, $T_{ij} = \hat{T}_{ij}$.

Таким образом, получили, что гравитационная модель может быть применена для описания любой подсистемы замкнутой транспортной системы.

Транспортная гравитационная модель является эффективным инструментом для моделирования региональных пассажиропотоков. Эта модель основывается на предположениях, которые учитывают взаимодействие между различными пунктами в транспортной сети.

Одним из ключевых свойств этой модели является учет расстояния и размеров пунктов отправления и назначения, а также их привлекательности. Чем ближе пункты друг к другу и чем больше их привлекательность (например, важность города или доступность транспортной инфраструктуры), тем выше вероятность пассажиропотока между ними.

Гравитационная модель также учитывает конкуренцию между различными пунктами и потоками пассажиров. Чем больше пассажиропоток между двумя пунктами, тем больше вероятность, что он будет расти. Одновременно, наличие других альтернативных маршрутов или пунктов отправления также способно влиять на пассажиропотоки.

Гравитационная модель может быть использована для прогнозирования пассажирских потоков, оптимизации маршрутов и планирования транспортной инфраструктуры. Это важный инструмент для разработки эффективных транспортных стратегий и улучшения мобильности в регионах.

Одним из ключевых экономических аспектов использования гравитационной модели является возможность оценки эффективности и доходности транспортных маршрутов и инфраструктуры. Гравитационная модель позволяет исследовать влияние различных факторов, таких как стоимость проезда, расходы на транспортные услуги и привлекательность пунктов назначения, на пассажиропотоки.

Это помогает принимать более обоснованные экономические решения и оптимизировать использование ресурсов.

Кроме того, транспортная гравитационная модель может быть использована для анализа экономических эффектов от различных инвестиций в транспортную инфраструктуру. Она позволяет оценить потенциальный рост пассажиропотоков и доходности проектов, связанных с развитием транспортной сети. Это важно для принятия решений о распределении ресурсов и планировании развития региональной экономики.

Таким образом, экономические аспекты транспортной гравитационной модели расширяют ее применение и делают ее ценным инструментом для анализа и планирования пассажиропотоков в регионах. Они помогают учитывать факторы эффективности и доходности, что способствует разработке устойчивых и экономически эффективных транспортных стратегий.

5.4 Цифровая поддержка организации взаимодействия с клиентами в (локальных) транспортно-логистических системах

В последние несколько десятилетий в исследованиях, посвященных информационным технологиям, активно обсуждается парадигма, известная в широких кругах как «Индустрия 4.0». В системе транспортного обслуживания ее применение способствует развитию производительности, прозрачности и безопасности процесса перевозок [126].

В Российской Федерации процесс обновления транспортной системы является приоритетным направлением. В ряде работ решаются задачи, связанные с организацией мультимодальных перевозок [127, 128]. Под мультимодальностью подразумевается возможность использовать несколько видов транспорта для доставки груза до места назначения.

В транспортной системе рассмотренные технологии сильно повлияли на погрузочно-разгрузочные работы, процессы принятия решений и обработки грузовых сообщений. Например, в системе управления складами сенсоры могут осуществлять круглосуточный мониторинг, оповещать о загрузенности складского помещения [129]. В системе обработки грузовых сообщений они отслеживают скорость перемещения груза, геопозицию и т. д.

По данным Росстата, самыми популярными способами доставки грузов являются железнодорожный и автомобильный виды транспорта. При этом по состоянию на 2022 г. на долю железнодорожного транспорта приходится 15 %, а автомобильный транспорт

занимает 70 % от общего числа перевозок. Если отдельно выделить автомобильный и железнодорожный транспорт, то окажется, что доля автомобильного составляет 80 % от железнодорожного. Таким образом, очевиден высокий разрыв между перевозками по автомобильным и железнодорожным путям (рис. 5.8).

Для предотвращения разрыва правительством разработана стратегия «Транспортно-логистические центры». Она предусматривает возможность стыковки автомобильного и железнодорожного вида транспорта с целью увеличения пропускной способности и сокращения времени доставки грузов. Предполагается, что успешная реализация стратегии позволит увеличить пропускную способность до 51,6 млн т отправок до 2024 г. Типовой функционал центра включает процессы по организации, распределения и складирования транзитных или региональных грузов отправок [130].

Предложенная правительством программа модернизации транспортной системы, с одной стороны, дает возможность поднять показатель пропускной способности, а с другой, усложняет процессы вследствие увеличения количества участников и зависимостей между ними [131]. Таким образом, возникает задача разработки прозрачной технологии доставки груза через логистические

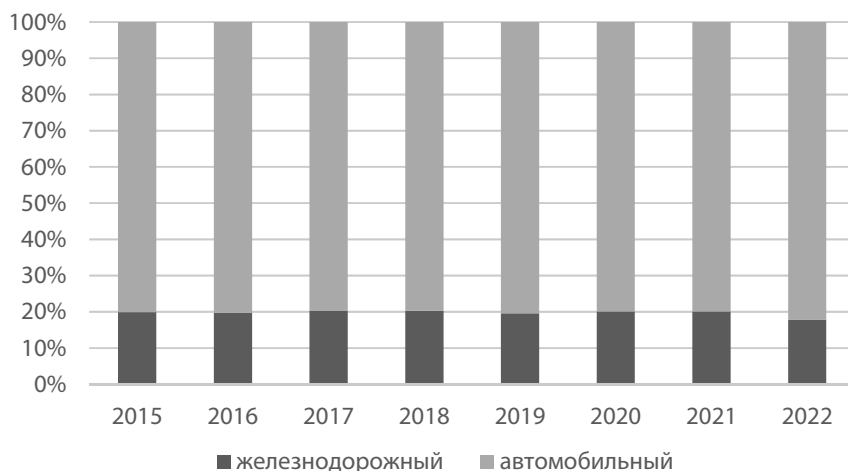


Рис. 5.8. Доля железнодорожных перевозок относительно автомобильных за 2015–2022 гг. (источник: составлено автором по: Мухина И. И., Смирнова А. В. Современные тенденции управления транспортно-логистическими комплексами // Мировые цивилизации. 2021. № 1. Режим доступа: <https://wcj.world/PDF/19ECMZ121.pdf>)

центры от отправителя к получателю. Под прозрачностью понимается единый контроль и мониторинг состояния груза на всех участках его следования.

Комплексное повышение эффективности достигается за счет внедрения в транспортную систему технологий «Интернета вещей» (*Internet of things, IoT*) и «Облачных вычислений» (*Cloud computing*).

Технология «Интернет вещей» является драйвером развития парадигмы «Индустрии 4.0». С ее помощью осуществляются получение и передача информации об окружающем пространстве через Интернет с использованием сенсоров [132]. Таким образом, формируется коммуникация между объектами физического пространства и человеком [133].

Облачные вычисления в процессе коммуникации служат инструментом хранения, обработки и передачи большого количества данных, полученных от датчиков объектов физического пространства [134].

Однако вместе с очевидными достоинствами «Индустрии 4.0» внедрение облачных технологий и технологии Интернет вещей в систему транспортного обслуживания является сложной задачей по причине высокой стоимости, недостатка квалифицированного персонала, низкого уровня совместимости протоколов коммуникации сенсоров.

В разделе анализируется гипотеза возможной интеграции технологий «Индустрии 4.0» в действующую транспортную систему регионов Российской Федерации.

Теоретически зависимости между участниками можно описать с помощью алгоритма транспортной операции. Он определяется совокупностью мероприятий, согласованных по времени, месту и участникам [135]. Исполнителями являются элементы модели, различающиеся по уровню управляемости. Для работы алгоритма необходимы три способа управления исполнителем.

1. По команде — возможность исполнителя $s||$ выполнять операции из заранее утвержденного набора операций $||fs \in Fs$ (характерно для централизованной модели управления).

2. По плану — возможность исполнителя $s||$ выполнять операции без заранее утвержденного плана $||fs \notin Fs$ (характерно для децентрализованной модели управления).

3. По директиве — способность исполнителю самостоятельно определить алгоритм $sF||$ согласно поставленной цели ($sO\{:\}sF$).

Таким образом, математической моделью транспортной операции является ориентированный граф $P = (F||I)$. В нем F — множество

работ, а I — множество условий. В множество работ (F) можно включить три фактор-множества, которые условно можно поделить на вехи FA , FB , FC :

$$F = FA \cup FB \cup FC.$$

Здесь FA является фиктивной работой, которая не входит в обязанности исполнителя. FB — служебная работа, используется для определения текущего состояния при исполнении работы, FC — основная работа, направленная на достижение исполнителем некоторой цели. Для осуществления этой работы требуются временные и ресурсные затраты.

Множества условий включают четыре фактор-множества: по цели, времени, месту и исполнителю. Затраты по времени и стоимости принято определять, руководствуясь модели сетевого планирования. Таким образом, можно утверждать, что множества условий (I) служит надмножеством для множества по цели (IO), времени (IT), месту (IP) и исполнителю (IA).

$$I = IO \cup IT \cup IP \cup IA.$$

Согласование (IO) достигается тогда, когда достижение одной цели служит условием для начала другой. Согласование (IT) включает множества одновременного начала и одновременного окончания. Согласование по месту (IP) включает географическую зависимость одной работы от другой. Согласование по исполнителю (IA) отражает событие, когда требуется выполнение работы одним и тем же исполнителем. Здесь вступает явное ограничение на запрет одним исполнителем параллельно выполнять несколько видов работ. Математически согласование по исполнителю можно реализовать в виде формулы (5.69):

$$\begin{aligned} IA \subseteq \{ (x, y, n) \mid x, y \in FA \cup FB, n \in N \}, \\ \forall x, y \in F, n \in N (x, y, n) \in IS \Rightarrow (y, x, n) \in IA, \\ \forall x, y, z \in F [(x, y, n1) \in IA \wedge (x, z, n2) \in IA \Rightarrow n1 = n2], \end{aligned} \quad (5.69)$$

где N — количество исполнителей.

Частично прозрачность можно реализовать через цифровые логистические платформы. В работе [136] цифровая платформа определяется площадкой для организации коммуникации посредством Интернета. В [137] коммуникация рассматривается через экономику совместного пользования. Экономика совместного пользования позволяет получать логистические услуги или ресурсы множества участников для достижения поставленной цели. Например, на случай, если у транспортно-логистического центра не будет хватать складских помещений, он может на цифровой платформе запросить

во временное пользование свободное пространство под склад у других участников, осуществляющих логистические услуги.

На рисунке 5.9 показана концептуальная модель взаимодействия с внешними участниками на цифровой платформе в контексте экономики совместного пользования. На этом рисунке цифровая платформа представлена определенным набором транспортных услуг (КраудФандинг, КраудСорсинг, КраудЛогистика). Трактовка этих понятий приводится в таблице 5.11.

В настоящее время разработка цифровых платформ экономики совместного использования активно развивается через достаточно

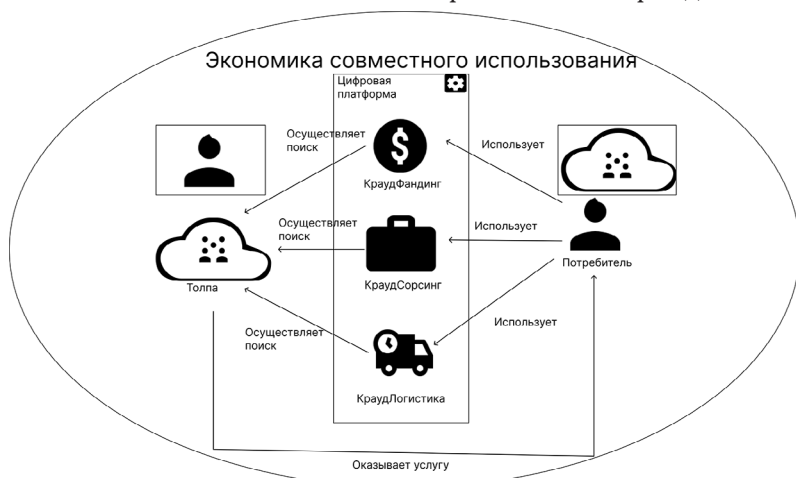


Рис. 5.9. Модель взаимодействия с внешними участниками на цифровой платформе в экономике совместного пользования (источник: составлено авторами по: Кругликов С. В., Ивашкин М. В. Применение информационных технологий для организации логистического сервиса // Вестник уральского государственного университета путей сообщения. 2022. № 4(56))

Таблица 5.11

**Описание услуги цифровой платформы
в экономике совместного пользования**

Услуга	Наименование
КраудФандинг	Организация совместного финансирования грузовых отправок
КраудСорсинг	Поиск дополнительного персонала для осуществления логистических операций
КраудЛогистика	Производная от КраудФандинга и КраудЛогистики для решения транспортных задач

Источник: составлено авторами.

молодые IT-проекты и стартапы. Среди них выделяются ЯндексGo, Deliver, GroozGo.

Компании, давно устоявшиеся на рынке грузоперевозок (например, СДЭК, «Деловые линии», «Почта России»), в основном не придерживаются модели цифровых платформ экономики совместного использования. Чаще всего их бизнес-процессы ориентированы преимущественно на автоматизацию внутренних процессов. К приложениям, автоматизирующим внутренние процессы, можно отнести цифровые платформы по управлению расписанием (APS, Advanced Planning and Scheduling), цепями поставок (SCM, Supply Chain Management), транспортом (TMS, Transportation management system), ресурсами (ERP, Enterprise Resource Planning). В таблице 5.12 приводятся платформы, которые применяются в региональной транспортной системе.

Технически модель взаимодействия между традиционными компаниями и молодыми проектами схожа. Она включает платформенные ресурсы и участников, вступающих в логистические отношения. К платформенным ресурсам принято относить: API, приложение, цифровую платформу. В роли участников выступает

Таблица 5.12

Существующие цифровые решения региональной транспортной системы

Наименование информационной системы	Описание	Примеры
APS	Синхронизация планирования и оптимизация логистических процессов	Ortems APS, ИТПП: Процессное производство, Галактика_АММ, Райтстеп СПМ и др.
SCM	Система управления потоками и контроля перемещения груза между транспортно-логистическими центрами	Lean ERP SCMo, RS.SCM, Infor SCM, Visary SCM и др.
TMS	Система обслуживания процессов мультимодальных перевозок	Яндекс.Маршрутизация, ReLog, Мегалогист, Махотра и др.
ERP	Система автоматизации для внутренних процессов транспортно-логистического центра	1С: ERP, SAP ERP, Microsoft Dynamics, Oracle ERP, Парус, Галактика и др.

Источник: составлено авторами.

логистический провайдер, потребители и провайдеры платформы. Коммуникация осуществляется за счет формирования устойчивых связей. Схематически технологическая модель представлена концептуальной моделью на рисунке 5.10.

Если рассматривать процесс цифровой коммуникации линейно, то ее концептуальную модель показывает рисунок 5.11.

Нижняя половина этого рисунка отражает перемещение грузов между транспортно-логистическим центром, перевозчиком, отправителем и получателем. Также модель предусматривает комбинацию перевозок как несколькими видами транспорта (мультимодальными), так и одним видом транспорта (одномодальными).

Верхняя половина рисунка показывает взаимодействие между информационными системами (цифровыми платформами) при организации перевозок. Для традиционных логистических компаний коммуникация осуществляется с применением цифровых

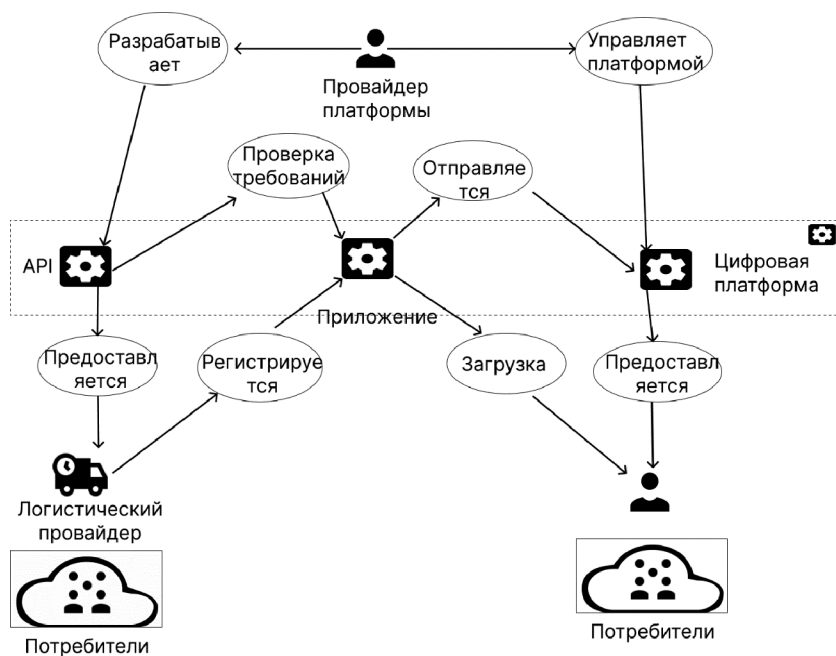


Рис. 5.10. Концептуальная модель взаимодействия участников на цифровой платформе (источник: составлено автором по: Кругликов С. В., Ивашкин М. В. Применение информационных технологий для организации логистического сервиса // Вестник уральского государственного университета путей сообщения. 2022. № 4(56))

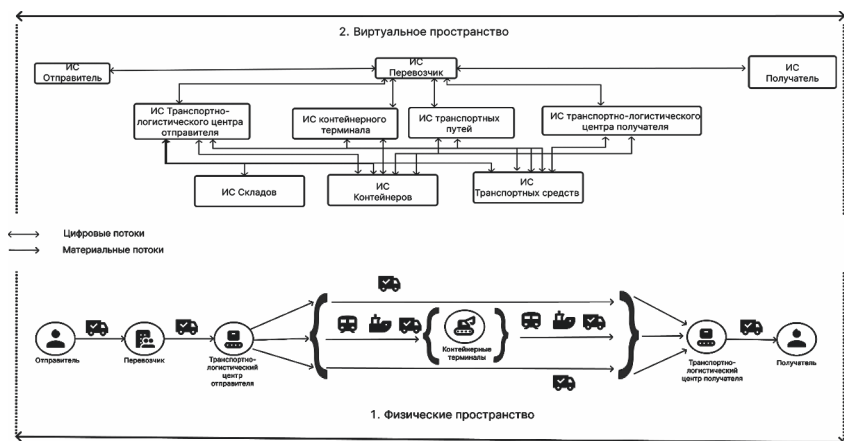


Рис. 5.11. Линейная модель цифровой коммуникации транспортно-логистических объектов (источник: составлено автором по: Glaessgen, E.; Stargel, D. *The Digital Twin Paradigm for Future NASA and U.S. Air Force Vehicles*. In *Proceedings of the 53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference—Special Session on the Digital Twin, Honolulu, Hawaii, 23–26 April 2012*; American Institute of Aeronautics and Astronautics: Reston, VA, USA, 2012; p. 1818; Tao, et al. *Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data*. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 2018, 94, 3563–3576)

платформ, таких как TMS, APS, SCM, ERP. Они взаимодействуют независимо друг от друга и направлены на внутренние бизнес-процессы логистической компании. Для IT-компаний, специализирующихся на цифровых логистических решениях, коммуникация формируется с помощью внешних связей и гибкого построения маршрута с учетом среды (например, пробок, погодных условий и т. д.)

Другой вариант получения прозрачного передвижения грузов возможно осуществить с помощью цифрового двойника.

В англоязычных источниках концепцию цифрового двойника связывают с публикациями М. Grives (Мичиган, 2003 г.) в контексте управления жизненным циклом продукта. Он же является автором термина «цифрового двойника», который ввел позднее [138]. Впоследствии его модель успешно применили инженеры NASA в 2011 г. Они разработали его первый прототип. Перед исследователями стояла задача создать модель поведения воздушного судна в виртуальном пространстве. Двойнику требовалось осуществлять мониторинг и синхронизацию данных о состоянии судна. Информацию получали через сенсоры и использовали для принятия управленческих решений.

В транспортной системе цифровой двойник может решать задачи по организации хранения информации о перевозках, предлагать варианты доставки грузов, прогнозировать уровень заполняемости объектов транспортной системы [66]. Однако с учетом интенсивного развития технологий устоявшегося определения цифрового двойника не обнаружено. По анализу публикаций в [67] выделены три наиболее часто встречающиеся трактовки у авторов: M. Grives, Glaessgen и Stargel, Tao и др. [68–72]. В работе [72] приводится анализ публикационной активности по технологиям цифрового двойника. В качестве исходных данных использовались публикации из базы данных SCOPUS (2015–2021 гг.). Авторы изучили 93 работы и получили три наиболее часто встречающихся трактовки цифрового двойника среди авторов: M. Grives, Glaessgen и Stargel, Tao и др. Они представлены в публикациях [69, 73–75].

Grives цифрового двойника определяет как цифровую систему, имитирующую поведение физического объекта в виртуальной среде. На основе этого представления он выделяет три пространства: (1) реальное, (2) виртуальное, (3) ссылочное [145]. Пространством (1) является объект физической системы. Пространством (2) служит объект виртуальной системы, имитирующий поведение объектов физической системы. Третье пространство связывает (2) и (3).

Glaessgen и Stargel (2012 г.) разработали трактовку цифрового двойника для авиационной и космической отрасли [142]. Они используют этот термин для описания имитационной модели, которая содержит физический объект воздушного судна, сенсоры и данные.

Tao и др. (2018 г.) определили цифрового двойника, взяв за основу производственные процессы. Они улучшили модель Grives, добавив два дополнительных пространства к имеющимся трем: пространство обслуживания цифрового двойника и пространство хранения данных [143–144].

Содержание трактовок цифрового двойника показывает необходимость оцифровки поведения физических объектов [146]. При этом отсутствие единого определения может негативно повлиять на транспортную систему в целом. Возможным решением может стать выделение общей трактовки за счет проведения лексографического анализа. Далее для транспортной системы цифровой двойник определяется как модель по обеспечению концептуальной, математической и имитационной эквивалентности процессов физического и виртуального пространства.

Прозрачная коммуникация в транспортной системе включает подсистемы управления: (1) базами данных; (2) состояния

логистических объектов; (3) согласования и синхронизации процессов. Эффективность коммуникации определяется показателями, определяющие: (1) достоверность и доступность информации; (2) стоимость перевозок; (3) скорость обмена данными и др.

Рисунок 5.12 показывает логику работы цифрового двойника для осуществления перевозки груза мультимодальным транспортом на примере железнодорожной транспортной сети Российской Федерации.

В физическое пространство (1) входят подсистемы региональной транспортной системы, обеспечивающие перевозки железнодорожной сети, где возможно строительство объектов транспортной системы.

Элементами виртуального пространства (2) отображают цифровые платформы железнодорожной сети. К элементам можно отнести: цифровые платформы, базы данных, технологии облачного вычисления и др.

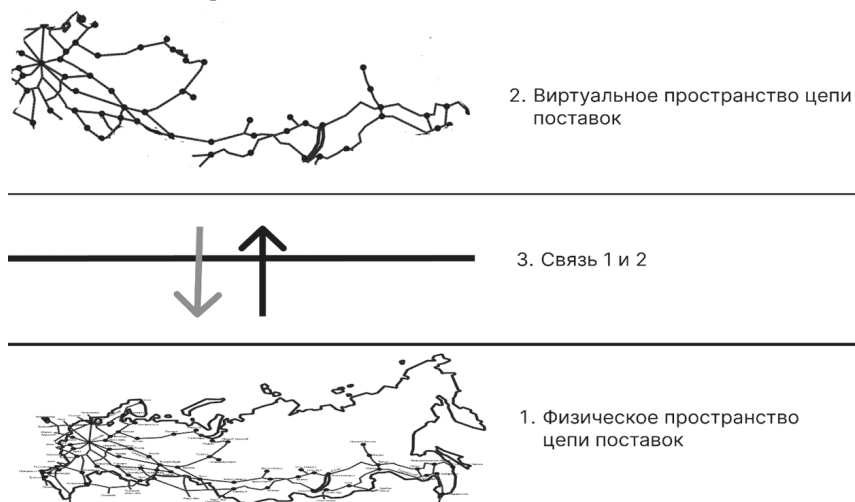


Рис. 5.12. Понимание цифрового двойника взаимодействия транспортных объектов на примере сети железных дорог Российской Федерации (1 — физическое пространство, 2 — виртуальное пространство, 3 — связь физического пространства с виртуальным (источник: составлено автором по: Grieves, M. *Digital twin: Manufacturing excellence through virtual factory replication*. White Pap. 2014, 1, 1–7. и Glaessgen, E.; Stargel, D. *The Digital Twin Paradigm for Future NASA and U.S. Air Force Vehicles*. In *Proceedings of the 53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference—Special Session on the Digital Twin*, Honolulu, Hawaii, 23–26 April 2012; American Institute of Aeronautics and Astronautics: Reston, VA, USA, 2012; p. 1818)

Ссылочное пространство (3) определяется обменом информацией между транспортно-логистическим центром и базой данных цифрового двойника. Она может быть реализована через сенсоры. При обмене данными между цифровым двойником и транспортной системой достигается синхронизация объектов всей транспортной системы.

Модель взаимодействия между объектами транспортной системы и цифровым двойником отражает рисунок 5.13.

Данные на рисунке 5.13 показывают, что цифровые платформы могут поспособствовать в решении задачи по обеспечению прозрачной перевозки грузов. Однако следует учитывать, что их внедрение имеет ряд проблем. В работах [147–149] они представлены: (1) в недостатке квалифицированного персонала; (2) низким

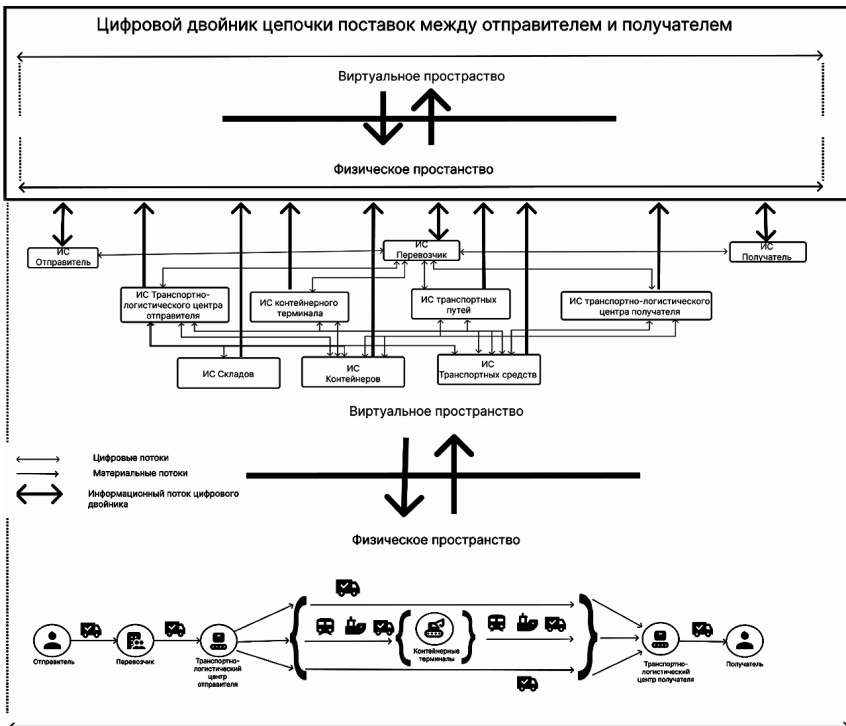


Рис. 5.13. Модель цифрового двойника при реализации процесса перевозки груза (Источник: составлено автором по: Круликов С. В., Ивашкин М. В. Применение информационных технологий для организации логистического сервиса // Вестник уральского государственного университета путей сообщения. 2022. № 4(56))

уровнем кибербезопасности; (3) недостаточной совместимостью между цифровыми платформами; (4) недостатком технологических решений. Также авторами проводилась оценка возможных преимуществ. Так, в их работах они разделили их: на аналитические, диагностические, прогнозные и дистанционные.

Аналитическое преимущество заключается в возможности точного вычисления производных показателей на основе данных физического пространства. Диагностическое преимущество позволяет проводить удаленный мониторинг состояния объектов логистической системы. Прогнозное преимущество направлено на получение данных цифровых платформ с целью увеличения эффективности принятия управленческих решений.

Иерархия транспортно-логистических систем будет строиться не только на физическом взаимодействии объектов, но и на информационном взаимодействии субъектов. На локальных иерархических уровнях, где взаимодействует наибольшее количество субъектов, их полномасштабный информационный обмен может быть организован на базе цифровых платформ, где формируются предложение и спрос локальных логистических рынков. Цифровая поддержка организации взаимодействия на этапе формирования и проектирования платформ, выбора логистических технологий и схем может быть осуществлена с использованием цифровых двойников в качестве инструментальных моделей систем.

ГЛАВА 6. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ ВНЕШНЕТОРГОВЫМ ОБОРОТОМ РЕГИОНОВ УРФО СО СТРАНАМИ ЕАЭС: ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ И ТЕНДЕНЦИЙ

6.1. Перспективы развития транспортных потоков регионов УрФО со странами ЕАЭС: компаративная оценка динамики и структуры товарных потоков

Мировая экономическая конъюнктура претерпевает глобальные изменения, и, чтобы сохранить в ней лидирующие позиции, России приходится решать сложные проблемы. Современные вызовы требуют от страны принципиально новых решений, которые позволят ей занять достойное место в международном разделении труда [150].

Актуальность темы исследования обусловлена переменами в международных интеграционных процессах в контексте глобализации экономики и изменением динамики и структуры внешней торговли России на международных рынках, которые существенно влияют на развитие национальной экономики. Особенностью современного этапа пространственного развития мирохозяйственных связей становится возрастающая роль внешнеторговой деятельности, которая создает базу для расширения воспроизводственного процесса национальной экономики, повышения технологического уровня производства и реализации конкурентных преимуществ как России, так и ее регионов.

Изменение геополитической ситуации, сложившейся в настоящее время на фоне тотальных санкций США и «коллективного Запада», обостряет необходимость расширения применения внутренних инструментов для поддержки российской экономики в связи с возникшими геополитическими рисками и поиска новых рынков сбыта путем действенных каналов взаимовыгодного экономического сотрудничества стран.

Снижение эластичности глобальной торговли относительно развития мировой экономики становится новым и широко обсуждаемым явлением. Снижение темпов роста международной торговли ниже динамики ВВП, по мнению специалистов, имеет структурную (а не циклическую) природу. Основные причины происходящих изменений (в порядке убывания значимости): неблагоприятные для перспектив увеличения международного обмена тенденции

в структуре спроса, снижения интенсивности торговли в рамках глобальных цепочек стоимости, затухания позитивных импульсов со стороны торговой либерализации [151].

Сформировавшийся за десятилетия товарооборот между Россией и миром кардинально изменил систему транспортировки товаров. Жесткие ограничения значимо повлияли как на функционирование внешнеэкономической деятельности страны в целом, так и на транзитно-логистическую деятельность регионов России.

США и странами Евросоюза был введен прямой запрет на экспорт высокотехнологичных товаров и на импортную российскую продукцию. Под запрет экспортных товаров попали [152]:

- из Евросоюза поставки электроники и техника: от компасов и биноклей до строительных кранов и реактивных двигателей;
- из США поставки бытовых устройств, таких как телефоны, холодильники, кондиционеры;
- из Канады химикаты для производства электроники;
- из Японии товары и технологии, которые могут быть использованы для военных нужд: от промышленной взрывчатки и ядерных установок до водометов и полицейских дубинок.

Запрет на импортную продукцию из России распространился [152]:

- на поставки синтетического каучука, меди алюминия, никеля, асфальта, битума, технического углерода в Европу;
- алюминия (введена заградительная пошлина 200 %) в Америку.

С начала 2014 г. по состоянию на 1 июня 2023 г. всего было принято 10 пакетов антироссийских санкций. По данным еврокомиссии, сумма 10-го пакета составила 11,4 млрд евро, где наложены ограничения на 49 % экспорта ЕС в Россию и на 58 % — из России [153].

Существенную роль на транзитно-логистическую деятельность транспортных компаний кроме прямых эмбарго сыграли и «квази-санкции», которые проявились в ограничении полетов на самолеты, запрета захода в европейские порты российских судов, запрета проезда на территорию Евросоюза российских и белорусских грузовиков, приостановление морских грузоперевозок западными компаниями в сообщении с Россией. Суммарный объем перевозки грузов транспортным комплексом России за 2022 г. уменьшился на 1,2 % и составил 7,95 млрд т в сравнении с 2021 г. [154]. Наибольшее влияние рестрикционные меры США и стран Запада оказали на объем перевозок воздушного транспорта. Падение перевозок составило 59 %, или 0,6 млн т, в сравнении с показателем

2022 г. На втором месте транспортировка трубопроводным транспортом, где снижение составило 6 % к уровню 2021 г. На третьем месте — железнодорожные перевозки. По данным ОАО «РЖД», за 2022 г. в сравнении с 2021 г. погрузка грузов на железной дороге уменьшилась на 3,8 % до 1 млрд 234 млн т в результате закрытия западных экспортных рынков [155]. Как показывают результаты исследования Государственной транспортной лизинговой компании (ГТЛК), это стало самым сильным падением с 2009 г. Погрузка почти всех видов грузов значительно уменьшилась, кроме строительных материалов. Лидером по падению являются лесные грузы (на 24,8 %), на втором месте — промышленное сырье (на 13,1 %) и далее по убыванию химические и минеральные удобрения (на 6,9 %), химикаты и сода (на 6,2 %), цемент (на 6 %), зерно (на 4,8 %), каменный уголь (на 4,6 %), черные металлы (на 4,3 %), железная руда (на 4 %), нефть и нефтепродукты (на 0,7 %) [156].

Геополитический кризис и санкции 2022 г. спровоцировали разворот логистических процессов России на Дальний Восток и азиатское направление.

Рост объемов погрузки в 2022 г. отмечался на всех железных дорогах Восточного полигона: Красноярской (+1 %), Восточно-Сибирской (+2,2 %), Забайкальской (+9,6 %), Дальневосточной (+7,2 %). Контейнерные перевозки по сети РЖД во всех видах сообщения в минувшем году относительно предыдущего года выросли на 0,3 % до 6,5 млн контейнеров ДФЭ (двадцатифутовый эквивалент). Общая перевозка грузов в контейнерах в 2022 г. выросла на 3,4 % к 2021 г., составив 66,8 млн т [157].

В связи с вышеизложенным возрастает актуальность исследования по перемещению взаимных товаропотоков регионов УрФО со странами ЕАЭС и возможностей переориентации на азиатское направление логистики Урала с внерегиональными странами и объединениями.

Важным элементом взаимодействия со странами ЕАЭС становится их стремление к интеграционным объединениям. На ускорение процесса взаимного сотрудничества повлияли резко усилившееся политическое давление, санкции западных стран, уход иностранных партнеров. Несмотря на все сложности геополитической и экономической ситуации, в настоящее время интеграционные процессы России со странами ЕАЭС идут по нарастающей. Страны ЕАЭС проявляют интерес и деловую активность к развитию партнерских связей и сотрудничества с Россией. Ценность сотрудничества РФ со странами ЕАЭС вновь набирает

силу как с государствами-партнерами, так и с государствами, находящимися в зоне свободной торговли, подписавшими временные соглашения [158].

Многочисленные исследования, посвященные анализу внешней торговли России после вступления в силу экономических санкций со стороны Европейского Союза и США, практически одинаково подчеркивают проблематику и важность новых рынков сбыта.

А. Караваев в своем исследовании отмечает: «Россия является единственным субъектом евразийской интеграции, которая проводит политику по объединению территорий вокруг себя, другого пути евразийского интеграционного строительства с участием России нет» [159].

Преимуществом ЕАЭС, по мнению М. Глинской, является эффективный механизм интеграции и кооперации внутренних потенциалов развития стран-участниц, что позволяет им за счет синергетического эффекта в различных отраслях взаимодействия противостоять внешним вызовам и экономическим шокам [160].

С.С. Жильцов в своей работе подчеркивает: «Страны ЕАЭС сохранили заинтересованность в расширении сотрудничества друг с другом» [161]. Подтверждением тезиса являются данные отчета Евразийской экономической комиссии «Об итогах внешней и взаимной торговли товарами государств — членов Евразийского экономического союза», в котором приводится положительная динамика сотрудничества стран ЕАЭС в 2021 г., характеризующая увеличение темпов роста внешнеторгового оборота на 35,1 %, экспорта — на 44,1 %, импорта — на 22,6 % (внешнеторговый оборот доковидного 2019 г. превышен на 14,7 %) [162].

Взаимная торговля в рамках Евразийского союза становится перспективным направлением торгово-экономических связей и развития экономической интеграции для широкого круга зарубежных стран и объединений. М. Евдокимов отмечает, что «расширение географии внешнеторговой политики ЕАЭС также представляет хорошие возможности для роста товарооборота, способствует выходу произведенных товаров на новые рынки. Скоординированные действия на уровне углубления интеграции позволяют не только сохранить набранный темп, но и обеспечить дальнейшее поступательное движение развития союза»¹ [163].

¹ В МИД России оценили объем внешней торговли ЕАЭС в 2021 году. URL: https://1prime.ru/state_regulation/20220210/836033119.html (дата обращения: 13.09.2023).

Таким образом, можно отметить, что страны ЕАЭС имеют огромный потенциал развития, а также возможность стать центром силы на евразийском пространстве. Грамотная реализация соглашений по сопряжению с китайским мегапроектом «Один пояс — один путь» приведет к дополнительным экономическим и геополитическим ресурсам развития для союза. Для этого не стоит ограничиваться только транзитно-логистическими возможностями стран — участниц ЕАЭС. Важно понимать, что приписываемые политические цели не являются актуальными для этого интеграционного объединения на данном этапе развития. ЕАЭС стремится к решению экономических проблем с целью углубления и расширения взаимовыгодного сотрудничества для улучшения благосостояния граждан союза [164].

Цель исследования в данном разделе — оценка потенциальных возможностей товарных потоков регионов УрФО в интеграционном взаимодействии со странами ЕАЭС, выявление специфических черт и зарождающихся тенденций транспортных потоков со странами ЕАЭС. Это исследование направлено на анализ динамики товарооборота регионов УрФО со странами ЕАЭС в весовых объемах и является продолжением исследования внешнеторгового оборота в денежном выражении регионов УрФО со странами ЕАЭС [165], Республикой Казахстан [166] и Республикой Беларусь [167].

Для достижения поставленной цели в ходе проведения настоящего исследования нами была использована общепризнанная статистическая база Федеральной таможенной службы РФ, которая включает в международную торговлю 100 товарных групп — ТНВЭД. Из них для анализа товарных потоков были приняты следующие показатели внешней торговли по регионам Уральского федерального округа со странами ЕАЭС: внешнеторговый оборот, сальдо внешней торговли, объемы товарооборота импорта и экспорта. Использовались данные за период 2018–2021 гг. В качестве базового был взят 2018 г., т. к. именно с этого года происходили ключевые события в мировой торговле.

На первом этапе использованы классические методики анализа внешней торговли [168], включающие в себя исследование динамики и соотношения торговли, регионов УрФО с общим товарооборотом УрФО, выявление темпов этой динамики, тенденций и установление закономерностей.

На втором этапе исследованы позиции стран ЕАЭС во внешней торговле с регионами УрФО, а также место и роль во внешней торговле с УрФО. Рассчитаны доли ЕАЭС во внешней торговле УрФО, а также изменение объемов торгового оборота внутрирегиональной

торговли. Результатом второго этапа, как и первого, является классификация, а именно выделение объединений со стабильной и растущей долей во внутрирегиональной торговле как сегментов для перспективных возможностей сотрудничества с бизнесом стран ЕАЭС.

На третьем этапе исследована структура товарных потоков на уровне отдельных стран ЕАЭС в УрФО: анализ территориальной и товарной структуры внешней торговли на мезоуровне (на примере регионов УрФО) по характеру динамики изменения товарной структуры (по основным 10 товарным группам — ТНВЭД) импорта стран ЕАЭС в УрФО и экспорта УрФО в страны ЕАЭС. При этом товарные позиции группируются по «темпам роста импорта из стран ЕАЭС», «темпам роста экспорта в страны ЕАЭС», «роста доли в экспорте стран ЕАЭС», «снижения доли в экспорте стран ЕАЭС» и «стабильной доле в экспорте стран ЕАЭС».

Сопоставление результатов в рамках компаративного анализа позволяет выявить страны — лидеры ЕАЭС и регионы УрФО в развитии экспортно-импортной деятельности и выявить факторы, влияющие на процесс ее формирования. Использование компаративного анализа способствует выявлению лучших практик стран-лидеров для применения их в управлении и регулировании внешнеэкономической деятельности регионов УрФО, чтобы не допустить отставания и участвовать в формировании новых правил [169]. Данный подход позволяет бизнесу регионов УрФО и стран ЕАЭС выбрать сегменты, благоприятные и взаимовыгодные для стратегического сотрудничества в евразийской интеграции по развитию транспортных потоков.

В данном разделе мы попытаемся оценить динамику и изменение внешнеторгового оборота, структуру товарных потоков экспорта и импорта за период 2018–2021 гг. и факторы внешней среды, которые повлияли на товарные потоки субъектов УрФО со странами ЕАЭС.

Рассмотрим динамику товарных потоков регионов УрФО со странами ЕАЭС. УрФО по своей индустриальной мощи занимает одно из ведущих мест в экономике страны. В состав УрФО входит 6 субъектов Российской Федерации, что является наименьшей величиной среди федеральных округов. Географическое расположение УрФО играет ключевую роль в повышении его конкурентоспособности на важнейших грузонапряженных транспортных магистралях страны, соединяющих ее Европейскую и Азиатскую части. Причем вытянутость района с севера на юг усиливает ее транзитное значение. Это способствует развитию транспортной инфраструктуры и торгового оборота, влияя на рост валового внутреннего продукта.

Особое значение для УрФО имеет то, что он находится на стыке европейских и азиатских хозяйственных интересов и крупных потоков товаров, сырья и людей по направлениям Восток–Запад и Север–Юг. Благоприятное экономико-географическое положение региона служит мощным фактором формирования Уральского производственного комплекса. По величине удельного веса промышленности во всем хозяйстве России макрорегион уступает только Центральному и Приволжскому федеральным округам.

Анализ статистических данных внешней торговли регионов УрФО со странами ЕАЭС за 2018–2021 гг., приведенных в таблице 6.1, показывает, что в условиях нестабильности мировой экономики взаимная торговля имела колебательные движения с трендом как на понижение, так и на восстановление.

Таблица 6.1

Динамика показателей внешней торговли регионов УрФО со странами ЕАЭС и всех стран мира за 2018–2021 гг., тыс. т

Показатели внешнеэкономической деятельности	Период			
	2018	2019	2020	2021
Внешнеторговый оборот УрФО со всеми странами мира	93908,5	107219,7	88647,0	89380,8
Внешнеторговый оборот УрФО со странами ЕАЭС	29790,7	32022,8	21883,5	17915
Доля внешнеторгового оборота ЕАЭС в общем внешнеторговом обороте УрФО (тыс. тонн), %	31,7	29,9	24,7	20,0
Доля внешнеторгового оборота ЕАЭС в общем внешнеторговом обороте УрФО (млн долл. США), %	10,9	11,8	11,7	10,9
Импорт в УрФО из всех стран мира	26 210,4	28410,9	19177,3	16138,4
Импорт в УрФО из стран ЕАЭС	23651,2	25686,2	16719,6	12905,8
Доля импорта из ЕАЭС в общем импорте в УрФО, %	90,2	90,4	87,2	80
Экспорт из УрФО во все страны мира	67698,1	78808,8	69469,7	73242,4
Экспорт из УрФО в страны ЕАЭС	6139,5	6336,6	5163,9	5009,2
Доля экспорта в ЕАЭС в общем экспорте из УрФО, %	9,1	8,0	7,4	6,8

Источник: составлено и рассчитано по данным Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2023).

В сравнении со взаимной торговлей регионов УрФО со всеми странами мира, где выявлено восстановление внешнеторгового оборота в 2021 г. с небольшим ростом в 0,7 %, товарооборот УрФО со странами ЕАЭС показал отрицательную динамику (табл. 6.1).

Данные таблицы 6.1 свидетельствуют, что в 2020 г. на фоне коронакризиса имело место существенное падение взаимной торговли регионов УрФО со странами ЕАЭС и продолжилось в 2021 г. Радикальное падение общего суммарного товарооборота в весовом объеме составило в 2020 г. 40 % (к аналогичному периоду 2019 г.) и 12, 4 % в 2021 г. (к аналогичному периоду 2020 г.). В количественном выражении снижение составило в 2020 г. 10138,5 тыс. т и в 2021 г. — 3968,5 тыс. т. Пик роста внешнеторгового оборота УрФО со странами ЕАЭС пришелся на 2019 г. и составил 107,5 % общим объемом 32022,8 тыс. т.

Доля внешнеторгового оборота ЕАЭС в общем объеме внешнеторгового оборота УрФО также падала. Снижение составило 11,7 %, с 31,7 % в 2018 г. до 20 % в 2021 г. Стоит отметить, что в денежном выражении доля внешнеторгового оборота ЕАЭС в исследуемом периоде была стабильной и составляла 11–12 %.

Анализ товарооборота импорта из стран ЕАЭС в УрФО показал, что взаимная торговля развивалась неравномерно (табл. 6.2). Пик темпов роста товарооборота импорта пришелся на 2019 г. и составил 108,6 %, увеличившись в натуральном выражении на 2031 тыс. т (с 23651,2 тыс. т в 2018 г. до 25686,2 тыс. т в 2019 г.). Однако на ситуацию повлияли ковидные ограничения. Падение объема импорта в 2020 г. составило 43,5 % по сравнению с аналогичным показателем 2019 г. (с 25686,2 тыс. т в 2019 г. до 16719,6 тыс. т в 2020 г.). Снижение поставок импорта продолжилось и в 2021 г. Импорт в натуральном выражении сократился еще на 10,7 % (с 16719,6 тыс. т в 2020 г. до 12905,8 тыс. т в 2021 г.). В целом объемы импорта в регионы УрФО в физическом выражении снизились за четыре года на 45 % (с 23651,2 тыс. т в 2018 г. до 12905,8 тыс. т в 2021 г.). В сравнении с товарооборотом импорта регионов УрФО со всем миром, из стран ЕАЭС падение товарооборота было еще на 10 % больше.

Поставки импортной продукции из стран ЕАЭС в регионы УрФО снижались более высокими темпами, чем экспорт. Падение импорта в 2021 г. составило 14,9 % к аналогичному уровню 2020 г. и 58,4 % к уровню 2019 г., тогда как темпы падения экспорта в 2021 г. составили 2,4 % и 24 % к уровню 2019 г.

Анализ товарных потоков импорта в регионы УрФО в разрезе стран ЕАЭС за период 2018–2021 гг. в физическом объеме показывает

Таблица 6.2

Оценка динамики темпов роста показателей внешнеэкономической деятельности УрФО, ЕАЭС, всех стран мира и доли товарооборота УрФО в общем товарообороте ЕАЭС за 2018–2021 гг., тыс. т

Показатели внешнеэкономической деятельности	Темп роста к предыдущему году, %		
	2019	2020	2021
Внешнеторговый оборот УрФО со всеми странами мира	114,2	82,7	83,4
Внешнеторговый оборот УрФО со странами ЕАЭС	107,5	68,3	55,9
Доля внешнеторгового оборота ЕАЭС в общем внешнеторговом обороте УрФО	94,3	82,6	66,9
Импорт в УрФО из стран ЕАЭС	108,6	65,1	50,2
Импорт в УрФО из всех стран мира	108,4	67,5	56,8
Доля импорта из ЕАЭС в общем импорте в УрФО	100,2	96,5	88,5
Экспорт из УрФО в страны ЕАЭС	103,2	81,5	79,1
Экспорт из УрФО во все страны мира	116,4	88,1	92,9
Доля экспорта в ЕАЭС в общем экспорте из УрФО	87,9	92,5	85,0

Источник: составлено и рассчитано по данным Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2023).

стабильное развитие взаимной торговли за исследуемый период. Положительная динамика товарооборота импорта наблюдалась во всех странах ЕАЭС, за исключением Казахстана (табл. 6.3).

Лидером по темпам роста импорта в 2021 г. является Республика Кыргызстан. Объемы товарооборота выросли в 7 раз (722 %), с 24,8 тыс. т в 2018 г. до 68,6 тыс. т в 2021 г., на втором месте Армения — 219 % и замыкает тройку Республика Беларусь — 154 %. Весовые объемы товарных потоков импорта из Республики Казахстан в исследуемом периоде снижались год от года. Темпы снижения в 2021 г. составили 53 % к уровню 2018 г., 48,8 % к уровню 2019 г. и 75 % к уровню 2020 г.

Наибольший вклад за исследуемый период по объемам импорта в регионы УрФО на протяжении четырех лет вносит Республика Казахстан, доля которой в 2021 г. составила 95,1 % в общем объеме импорта УрФО к уровню 2020 г. В то же время впечатляют объемы перевозимых товаров в весовом выражении, в сравнении с остальными странами: они превышают в 10 раз.

Рассмотрим детально товарооборот импорта УрФО в разрезе товарных групп (ТНВЭД). В ходе анализа были выделены топ-10

Таблица 6.3

Оценка динамики темпов роста товарных потоков импорта в разрезе стран ЕАЭС в УрФО за период 2018–2021 гг. в весовом объеме, тыс. т

Импорт по странам ЕАЭС в УрФО	Период				Доля страны в общем объеме импорта УрФО в 2021 г. к 2020 г., %
	2018	2019	2020	2021	
Импорт из Казахстана в УрФО	22780,1	25099,5	16344,1	12272,6	95,1
Импорт из Беларуси в УрФО	845,9	561,2	363,9	560	4,3
Импорт из Кыргызстана в УрФО	24,8	23,8	9,5	68,6	0,5
Импорт из Армении в УрФО	0,4	1,7	2,1	4,6	0,03
Импорт в УрФО из ЕАЭС ВСЕГО:	23651,2	256862	19719,6	12905,8	100

Источник: составлено и рассчитано по данным Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2023).

товарных групп, доля которых занимает наибольший удельный вес в товарообороте импорта. Они и были и взяты за основу при оценке результатов взаимной торговли УрФО за период 2018–2021 гг. с учетом ключевых событий, происходивших в мировой экономике.

Товарная структура импорта не претерпела существенных изменений. Удельный вес десяти основных товарных групп импорта из стран ЕАЭС в УрФО от общего объема импорта УрФО стабильно составляет 99 %.

В 2021 г. товарные потоки импорта из стран ЕАЭС в УрФО в основном обеспечивались товарной группой 26 «Руды, шлак и зола», доля которой составила 70 % в весовом объеме 9013,6 тыс. т (табл. 6.4).

Удельный вес других товарных групп по убыванию распределился следующим образом:

- код 27 «Топливо минеральное, нефть и продукты перегонки» — 13,4 %;
- код 72 «Черные металлы» — 7,4 %;
- код 25 «Соль, сера, земли, камень, штукатурные материалы» — 6,6 %;

Таблица 6.4

**Оценка динамики структуры топ-10 товарных групп импорта из стран
ЕАЭС в регионы УрФО за 2018–2021 гг., тыс. т**

ТНВЭД	Импорт, 2018 г.	ТНВЭД	Импорт, 2019 г.	ТНВЭД	Импорт, 2020 г.	ТНВЭД	Импорт, 2021 г.
27	12266,2	27	13450,4↑	26	8557,1↓	26	9013,6↑
26	9253,2	26	10209,8↑	27	6626,8↓	27	1732,5↓
25	949,1	25	836,7↓	72	585,5↓	72	961,0↑
72	835,7	72	770,6↓	25	584,8↓	25	856,2↑
10	65,1	10	107,4↑	10	99,8↓	28	48,5↑
28	41,3	28	49,6↑	28	47,4↓	10	44,3↓
23	28,0	23	31,4↑	23	27,2↓	79	28,4↑
84	25,5	22	22,4↓	22	21,6↓	68	25,2↑
22	21,2	68	20,5	68	19,6↓	23	24,7↓
74	17,1	11	17,4	79	16,5	84	17,3
Итого 10 ТГ	23502,4	Итого 10 ТГ	25516,2	Итого 10 ТГ	16582,1	Итого 10 ТГ	12750
Другие ТНВЭД	148,8	Другие ТНВЭД	170	Другие ТНВЭД	137,5	Другие ТНВЭД	155,8
Все ТНВЭД	23651,2	Все ТНВЭД	25686,2	Все ТНВЭД	16719,6	Все ТНВЭД	12905,8

Источник: составлено и рассчитано по данным Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2023).

- код 28 «Продукты неорганической химии» — 0,37 %;
- код 10 «Злаки» — 0,3 %;
- код 79 «Цинк и изделия из него» — 0,22 %;
- код 68 «Изделия из камня, гипса, цемента, асбеста» — 0,19 %;
- код 23 «Готовые корма для животных» — 0,19 %;
- код 84 «Реакторы ядерные, котлы, оборудование и их части» — 0,13 %

Суммарный удельный вес девяти групп составил 30 %.

Анализ динамики 10 товарных групп по темпам роста в таблице 6.4 свидетельствует, что страны ЕАЭС нарастили объемы товарооборота импорта в УрФО по традиционным товарным позициям, по которым имело место существенное увеличение объемов евразийских товаров. А именно, радикальные темпы роста объема импорта в 2021 г. в сравнении с 2020 г. показали товарные позиции в порядке убывания:

- код 79 «Цинк и изделия из него» — на 172,2 %;

— код 72 «Черные металлы» — на 164 %;
— код 25 «Соль, сера, земля, камень, штукатурные материалы» — на 146,5 %;
— код 68 «Изделия из камня, гипса, цемента, асбеста» — на 128,5 %.

Небольшое увеличение темпов роста выявлено по товарным группам в порядке убывания: код 26 «Руды, шлак и зола» — на 105,3 % и код 28 «Продукты неорганической химии» — на 102,3 %.

Сокращение импорта товарных потоков имело место по товарным позициям: код 27 «Топливо минеральное, нефть и продукты перегонки» — на 74 %; код 10 «Злаки» — на 55,6 %; код 23 «Готовые корма для животных» — на 12,8 %.

Стоит отметить, что ограничительные меры в период пандемии внесли изменения в топ-10 товарных групп импорта. В 2021 г. в десятку основных товарных групп импорта из стран ЕАЭС не вошла товарная группа по коду 22 «Алкогольные и безалкогольные напитки», которая составила основу импорта в 2020 г. физическим объемом 21,6 тыс. т. В то же время начиная с 2019 г. из товарооборота выпала товарная группа по коду 11 «Продукция мукомольно-крупяной промышленности». В структуре импорта с 2021 г. появилась новая товарная группа, которая в течение трех лет не входила в топ-10: код 84 «Реакторы ядерные, котлы, оборудование и их части» в натуральном выражении на 17,3 тыс. т.

Товарная структура импорта из стран ЕАЭС в УрФО дифференцирована, имеет значительный промышленный уклон (рис. 6.1) и ориентирована на сырьевые товары.

Страны ЕАЭС являются главным импортером сырья, продукции металлургической и химической промышленности. Повышение доли импортной продукции характерно для всех регионов УрФО. В целом данное повышение во многом обеспечено вкладом сырьевых товаров: по коду 26 «Руды, шлак и зола» и по коду 27 «Топливо минеральное, нефть и продукты перегонки», на которые приходилось 83 % всего импорта сырья из стран ЕАЭС.

Таким образом, тренд развития импорта из стран ЕАЭС в УрФО определялся сложившимися в период пандемии условиями внешней торговли, которые явились толчком к пересмотру взглядов относительно торгового и политического взаимодействия. Экономики стран смогли частично адаптироваться к функционированию в новых условиях и продолжают восстанавливаться, хотя и с разной скоростью.



Рис. 6.1. Топ-10 товарных групп импорта из стран ЕАЭС в УрФО в 2021 г., тыс. т (источник: составлено и рассчитано по данным Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2023))

Экспортная деятельность УрФО в страны ЕАЭС испытывала существенные колебания. Концентрация экспорта на сырьевых товарах, спад международной торговли в результате пандемии, в связи с введенными ограничениями по перевозке грузов и, как следствие, зависимость от мировых цен обусловили неустойчивость динамики экспорта в 2018–2021 гг. и негативно повлияли на экспорт товарных потоков.

Анализ динамики статистических данных товарооборота экспорта регионов УрФО в разрезе стран ЕАЭС по темпам роста за период 2018–2021 гг. в таблице 6.5 свидетельствует, что динамика в относительной величине характеризуется радикальным падением начиная с 2020 г. Небольшой рост экспорта в 2019 г. в целом по УрФО на 2,2 % (к аналогичному периоду 2018 г.) сменился радикальным падением в 2020 г. на 18 % и еще на 3 % в 2021 г. В целом физический объем товарных потоков за четыре года снизился на 18,4 % (1130,3 тыс. т): с 6139,5 тыс. т в 2018 г. до 5009,2 тыс. т в 2021 г.

Судя по данным таблицы 6.5, доля экспорта УрФО в страны ЕАЭС в общем товарообороте сократилась в 2021 г. на 7,5 % к аналогичному периоду 2020 г. с 92,5 % в 2020 г. до 85 % в 2021 г. В сравнении с экспортом УрФО во все страны мира, темпы падения в страны ЕАЭС были меньше в два раза: в 2020 г. снижение по странам ЕАЭС составило 2,1 %, тогда как во все страны мира — 4,8 %.

Исследование товарооборота экспорта регионов УрФО в разрезе стран ЕАЭС за период 2018–2021 гг. показало, что неизменным лидером по объему экспорта является Республика Казахстан, доля которой составляет 67,2 % в общем объеме экспорта УрФО. Общий объем экспортной продукции в 2021 г. в Республику Казахстан составил 3372,9 тыс. т., увеличившись на 484,9 тыс. т. На втором месте Республика Беларусь — 26,2 %, следующие два места заняли

Таблица 6.5

Оценка динамики темпов роста показателей внешнеэкономической деятельности УрФО, ЕАЭС, всех стран мира и доли товарооборота УрФО в общем товарообороте ЕАЭС за 2018–2021 гг., %

Показатели внешнеэкономической деятельности	Темп роста к предыдущему году, %		
	2019	2020	2021
Внешнеторговый оборот УрФО со всеми странами мира	114,2	82,7	83,4
Внешнеторговый оборот УрФО со странами ЕАЭС	107,5	68,3	55,9
Доля внешнеторгового оборота ЕАЭС в общем внешнеторговом обороте УрФО, %	94,3	82,6	66,9
Экспорт из УрФО в страны ЕАЭС	103,2	81,5	79,1
Экспорт из УрФО во все страны мира	116,4	88,1	92,9
Доля экспорта в ЕАЭС в общем экспорте из УрФО, %	87,9	92,5	85

Источник: составлено и рассчитано по данным Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2023).

Республика Кыргызстан (5,7 %) и Республика Армения (0,6 %). Стоит отметить увеличение доли Республики Казахстан в общем объеме экспорта УрФО на 11 % (с 56 % в 2020 г. до 67, 2 % в 2021 г.) и снижение доли Республики Беларусь на 26,4 % (с 52 % в 2018 до 26, 2 % в 2021 г.) (табл. 6.6).

Рейтинг стран — экспортеров ЕАЭС, также как импортеров, не изменился. Изменяется их доля в динамике, но эти изменения не носят принципиального характера и в большей степени отражают устремления и возможности стран ЕАЭС включаться во внешнеторговую политику. В первую очередь это касается Республики Казахстан, доля которой в суммарном экспорте УрФО постепенно увеличилась в 2021 г. на 23,8 %, с 43,3 % в 2018 г. до 67,2 % в 2021 г.

Общий объем экспортной продукции в 2021 г. в натуральном выражении в Республику Казахстан составил 3372,9 тыс. т, увеличившись на 484,9 тыс. т с 2020 г., на 495 тыс. т к уровню 2019 г. и на 704 тыс. т к уровню 2018 г. В натуральном выражении в 2021 г. объем экспорта вырос на 485 тыс. т к аналогичному периоду 2020 г. Положительная динамика темпов роста экспорта в 2021 г. на 116,8 % (к уровню 2020 г.), на 117 % в 2020 г. (к уровню 2019 г.), на 126 % (к уровню 2018 г.) свидетельствует, что Республика Казахстан является важнейшим партнером УрФО в торгово-инвестиционном

Таблица 6.6

Оценка динамики товарных потоков экспорта из УрФО в страны ЕАЭС за 2018–2021 гг. в весовом объеме, тыс. т

Экспорт из УрФО в страны ЕАЭС	Период				Доля страны в общем объеме экспорта УрФО в 2021 г., %
	2018	2019	2020	2021	
Экспорт из УрФО в Казахстан	2667,8	2877,2	2887,1	3372,9	67,3
Экспорт из УрФО в Беларусь	3231,4	3165,3	1986,4	1316,7	26,2
Экспорт из УрФО в Кыргызстан	228,6	278,0	276,0	289,6	5,7
Экспорт из УрФО в Армению	11,7	16,1	14,4	30,0	0,6
Экспорт УрФО в страны ЕАЭС: ВСЕГО	6139,5	6336,6	5163,9	5009,2	100

Источник: составлено и рассчитано по данным Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2023).

сотрудничестве, получает новые импульсы в рамках Евразийского экономического союза и предусматривает возможность различных форм взаимодействия субъектов, от торгового до технологического.

Динамика экспортной деятельности Республики Беларусь после 2020 г. начала снижаться. Темпы падения составили 66,2 % к уровню 2020 г. (с 1986,4 тыс. т в 2020 г. до 1316,7 тыс. т в 2021 г.), 41 % к уровню 2019 г. и 40 % к уровню 2018 г. Общий весовой объем экспорта с 2018 г. уменьшился почти вдвое и составил 1914,7 тыс. т.

Объемы экспортной продукции УрФО в Республику Кыргызстан в 2019–2020 гг. росли планомерно. Пик роста пришелся в 2021 г. Темпы роста в 2021 г. составили 105 % (к аналогичному периоду 2020–2019 гг.), 127 % (к аналогичному периоду 2018 г.). Факторы пандемии не помешали сохранить динамику прошлых лет. Рост стоимостного объема экспорта УрФО с Республикой Кыргызстан можно объяснить увеличением как средних цен на товары единого рынка ЕАЭС, так и физического объема взаимных поставок.

Анализ товарной структуры экспорта УрФО в страны ЕАЭС за 2018–2021 гг. показал, что экспорт УрФО в страны ЕАЭС приходился на основные 10 товарных групп и составил в 2020–2021 гг. 92 % от общего объема товарооборота экспорта, снизившись на 22 % от уровня 2019 г. и на 20 % от уровня 2018 г. (табл. 6.7).

УрФО преимущественно экспортировали в страны ЕАЭС по товарным позициям, характеризующим промышленную специализацию регионов УрФО.

Радикальные темпы роста объема импорта в 2021 г. в сравнении с 2020 г. показали товарные позиции в порядке убывания:

- код 39 «Пластмасса и изделия из нее» — на 164 %;
- код 44 «Древесина и изделия и нее, древесный уголь» — на 143,2 %;
- код 69 «Керамические изделия» — на 139 %;
- код 68 «Изделия из камня, гипса, цемента, асбеста» — на 138 %;
- код 72 «Черные металлы» — на 125,6 %;
- код 25 «Соль, сера, земли, камень, штукатурные материалы» — на 113,5 %.

Сокращение экспорта товарных потоков имело место по следующим товарным позициям по убыванию:

- код 27 «Топливо минеральное, нефть и продукты перегонки» — на 43,3 %;
- код 10 «Злаки» — на 27 %;
- код 28 «Продукты неорганической химии» — на 25,2 %;
- код 73 «Изделия из черных металлов» — на 13,8 %.

Таблица 6.7

Оценка динамики структуры товарных потоков экспорта (10 основных ТГ) регионов УрФО в страны ЕАЭС за 2018–2021 гг., тыс. т

ТНВЭД	Экспорт 2018 г.	ТНВЭД	Экспорт 2019 г.	ТНВЭД	Экспорт 2020 г.	ТНВЭД	Экспорт 2021 г.
27	2965,1	27	2816,3↓	27	1709,3↓	72	1295,5↑
72	1257,7	72	1226,7↑	72	1030,7↓	27	968,4↓
44	461,2	44	496,0↑	25	492,5↑	44	647,5↑
25	394,2	25	463,7↑	44	452,0↓	25	559,1↑
73	307,5	73	421,6↑	73	321,3↓	69	299,0↑
69	170,9	69	170,6↓	28	280,3↑	73	276,9↓
68	108,8	68	119,4↑	69	215,3↑	28	209,4↓
26	85,8	28	116,5	68	147,6↑	68	203,7↑
39	37,7	10	61,7	10	78,7↑	39	96,6↑
38	29,0	38	40,9↑	39	58,8	10	57,4↓
Итого 10 ТГ	5817,9	Итого 10 ТГ	5933,4	Итого 10 ТГ	4786,5	Итого 10 ТГ	4613,5
Другие ТНВЭД	321,6	Другие ТНВЭД	403,2	Другие ТНВЭД	377,4	Другие ТНВЭД	395,7
Все ТНВЭД	6139,5	Все ТНВЭД	6336,6	Все ТНВЭД	5163,9	Все ТНВЭД	5009,2

Источник: составлено и рассчитано по данным Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2023).

Стоит отметить, что ограничительные меры в период пандемии внесли изменения в топ-10 товарных групп импорта. В 2020–2021 гг. в десятку основных товарных групп импорта из стран ЕАЭС не вошла товарная группа по коду 38 «Прочие химические продукты», которая составляла основу импорта в 2018–2019 гг.

Экспорт в основном обеспечивался 4 товарными группами, доля которых составила 58,3 % от общего объема экспорта (рис. 6.2):

– код 72 «Черные металлы» — 25 %, в физическом объеме 1295,5 тыс. т;

– код 27 «Топливо минеральное, нефть и продукты перегонки» — 19,3 %, в физическом объеме 968,7 тыс. т;

– код 44 «Древесина и изделия и нее, древесный уголь» — 12,9 %, в физическом объеме 647,5 тыс. т;

– код 25 «Соль, сера, земли, камень, штукатурные материалы» — 11,1 %, в физическом объеме 559,1 тыс. т.

Стоит отметить, что товарная группа «Черные металлы» сместила на вторую позицию товарную группу по коду 27 «Топливо минеральное, нефть и продукты перегонки», которая занимала лидирующие позиции в течение 2018–2020 гг. В 2021 г. доля этой товарной группы уменьшилась на 29 % (1997 тыс. т): с 48 % (2965,1 тыс. т) в 2018 г. до 19 % (968 тыс. т) в 2021 г.

Удельный вес других товарных групп по убыванию распределился следующим образом (рис. 6.2):

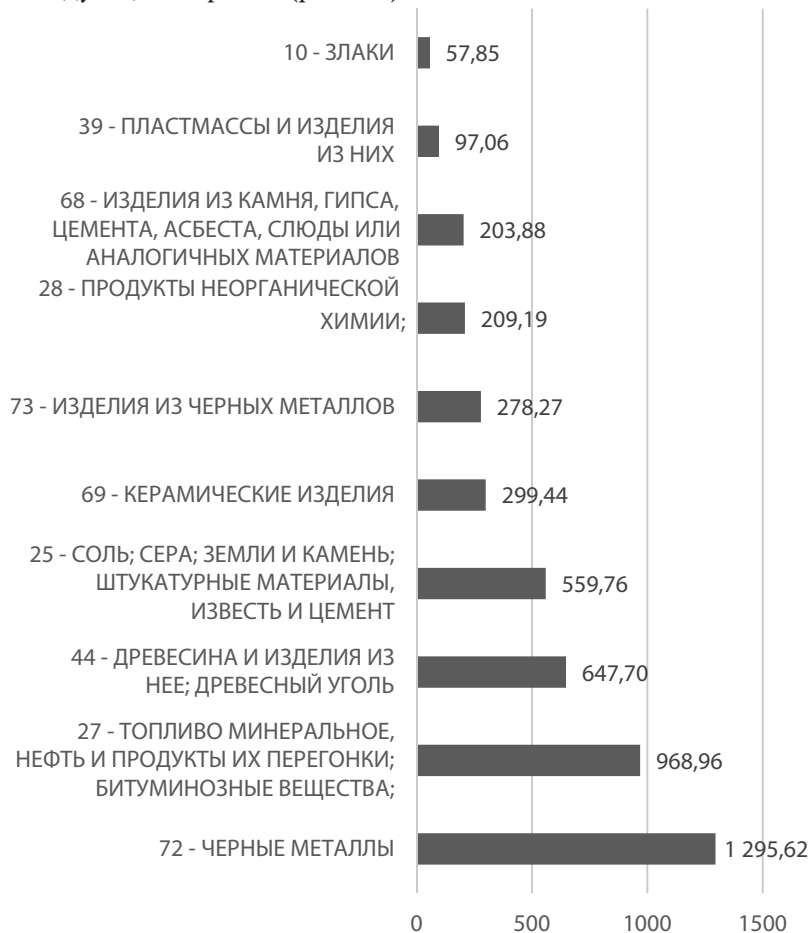


Рис. 6.2. Топ-10 товарных групп экспорта из УрФО в страны ЕАЭС в 2021 г. (источник: составлено и рассчитано по данным Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2023))

- код 69 «Керамические изделия» — 5,9 %;
- код 73 «Изделия из черных металлов» — 5,5 %;
- код 28 «Продукты неорганической химии» — 4,1 %;
- код 68 «Изделия из камня, гипса, цемента, асбеста» — 4 %;
- код 39 «Пластмасса и изделия из нее» — 1,9 %;
- код 10 «Злаки» — 1,1 %.

Суммарный удельный вес шести групп составил 41,7 %.

Таким образом, объемы экспортной продукции из УрФО в страны ЕАЭС ежегодно снижались. Падение в 2021 г. составило 18 % к уровню 2018 г. Товарная структура экспорта из стран ЕАЭС в УрФО имеет значительный промышленный уклон. Экспорт в основном обеспечивался 4 товарными группами: по коду 72 «Черные металлы» (25 %), в физическом объеме 1295,5 тыс. т; по коду 27 «Топливо минеральное, нефть и продукты перегонки» (19,3 %) в физическом объеме 968,7 тыс. т; по коду 44 «Древесина и изделия и нее, древесный уголь» (12,9 %) в физическом объеме 647,5 тыс. т; по коду 25 «Соль, сера, земли, камень, штукатурные материалы» (11,1 %) в физическом объеме 559,1 тыс. т.

Основными факторами снижения экспорта стали категории, относящиеся к продукции нефтеперерабатывающей промышленности (–43,3 %); сельскохозяйственной продукции (–27 %); химической продукции (–27 %); металлургической продукции (–13,8 %).

Неизменным лидером по объему экспорта является Республика Казахстан, доля которой составляет 67,2 % в общем объеме экспорта УрФО, увеличившая долю в общем объеме экспорта УрФО на 11 %, с 56 % в 2020 г. до 67,2 % в 2021 г.

Таким образом, проведенный анализ динамики товарооборота регионов УрФО со странами ЕАЭС за период 2018–2021 гг. в условиях санкционных и ковидных ограничений дал возможность выделить основные тренды и факторы, которые значительно повлияли на развитие экономики УрФО.

1. Тренд развития внешнеторгового оборота УрФО со странами ЕАЭС определяется динамикой мировых цен на нефть и металлы и их колебаниями среднегодовых значений — 2018–2019 гг. (рост); разразившимся кризисом на фоне пандемии COVID-19, введением локдаунов и закрытием границ — 2020 г. (падение); восстановлением товарооборота экспортно-импортных поставок в условиях снятия ограничительных мер пандемии COVID-19 — 2021 г. (рост).

Отрицательная динамика характерна для всех показателей внешнеэкономической деятельности УрФО, например, имели место:

— снижение совокупного показателя внешней торговли в весовом объеме на 11,7 %, с 31,7 % в 2018 г. до 20 % в 2021 г., где в денежном выражении доля внешнеторгового оборота ЕАЭС в исследуемом периоде была стабильной и составляла 11–12 %;

— снижение поставок импортной продукции более высокими темпами, чем экспорт. Падение импорта в 2021 г. составило 14,9 % к аналогичному уровню 2020 г. и 58,4 % к уровню 2019 г. Наибольший вклад по объемам импорта в регионы УрФО на протяжении четырех лет вносит Республика Казахстан, доля которой в 2021 г. составила 95,1 % в общем объеме импорта УрФО к уровню 2020 г. В то же время впечатляют объемы в весовом выражении, в сравнении с остальными странами: объемы перевозимых товаров превышают в 10 раз. Страны ЕАЭС являются главным импортером сырья, продукции металлургической и химической промышленности. Повышение доли импортной продукции характерно для всех регионов УрФО. В целом данное повышение во многом обеспечено вкладом сырьевых товаров: по коду 26 «Руды, шлак и зола» и по коду 27 «Топливо минеральное, нефть и продукты перегонки», на которые приходилось 83 % всего импорта сырья из стран ЕАЭС. Основными факторами снижения импорта стали категории, относящиеся к продукции нефтеперерабатывающей промышленности (–74 %); сельскохозяйственной продукции (–55,6 %); пищевым продуктам (–12,8 %);

— снижение объемов экспорта на 7,5 % в 2021 г (к аналогичному периоду 2020 г.), с 92,5 % в 2020 г. до 85 % в 2021 г. Лидером по объему экспорта является Республика Казахстан, доля которой составляет 67,2 % в общем объеме экспорта УрФО. На втором месте Республика Беларусь — 26,2 %, далее по убыванию Республика Кыргызстан — 5,7 %, Республика Армения — 0,6 %. Стоит отметить увеличение доли Республики Казахстан в общем объеме экспорта УрФО на 11 %, с 56 % в 2020 г. до 67,2 % в 2021 г. Экспорт в основном обеспечивался 4 товарными группами: по коду 72 «Черные металлы» (25 %), в физическом объеме 1295,5 тыс. т; по коду 27 «Топливо минеральное, нефть и продукты перегонки» (19,3 %) в физическом объеме 968,7 тыс. т; по коду 44 «Древесина и изделия и нее, древесный уголь» (12,9 %) в физическом объеме 647,5 тыс. т; по коду 25 «Соль, сера, земли, камень, штукатурные материалы» (11,1 %) в физическом объеме 559,1 тыс. т. Основными факторами снижения экспорта стали категории, относящиеся к продукции нефтеперерабатывающей промышленности (–43,3 %); сельскохозяйственной продукции (–27 %); химической продукции (–27 %); металлургической продукции (–13,8 %).

Динамика развития товарных потоков регионов УрФО в евразийской интеграции со странами ЕАЭС формировалась следующими факторами внешней среды:

— цена на нефть и курс доллара США, определявшие пики роста стоимостных объемов импорта и экспорта;

— факторы влияния пандемии COVID-19 на международную торговлю: неопределенности, протекционизма в международной торговле, проблем принятия решений (для мировых правительств, транснациональных компаний и других международных институтов);

— моноспециализация регионов УрФО;

— курс, взятый на развитие несырьевого экспорта регионов УрФО;

— санкции против России и Белоруссии, способствующие росту кооперационных связей белорусских предприятий с партнерами из УрФО;

— расположение УрФО на важнейших грузонапряженных транспортных магистралях страны, соединяющих ее Европейскую и Азиатскую части.

В условиях перемен глобальных товаропотоков основными тенденциями развития внешней торговли регионов УрФО со странами ЕАЭС являются:

— продолжение снижения экспорта, поскольку на нефть и нефтепродукты наложены жесткие ограничения, а санкции оказывают давление на отрасли, на которые приходится большая часть экспортных потоков УрФО;

— страны ЕАЭС также останутся ключевыми торговыми партнерами регионов УрФО и будут активно развивать взаимную торговлю. Однако импортные поставки продукции из Казахстана могут быть сокращены в части продукции химической промышленности и транспортных средств, т. к. с 1 апреля 2023 г. в стране начала действовать система онлайн-отслеживания товаров, поставляемых в страну для дальнейшего реэкспорта, во избежание вторичных санкций ЕС [170]. С Республикой Беларусь, напротив, объемы импорта будут нарастать т. к. параллельный импорт из стран ЕС легализован. Это предусмотрено законом Беларуси от 3.01.2023 г. № 241-З «Об ограничении исключительных прав на объекты интеллектуальной собственности» [171].

Сложившиеся в период 2018–2021 гг. ключевые события в мировой экономике и внешней торговле явились толчком к пересмотру взглядов относительно торгового и политического взаимодействия, что укрепляет международное сотрудничество как в торговой, так

и в транспортно-логистической сферах в тактических и стратегических программах со странами ЕАЭС. Очевидно, что новая конструкция по созданию евразийских мощностей должна опираться не только на институциональные основы, заложенные в национальных экономиках, но и на богатейший опыт таких интеграционных образований, как, например, АСЕАН, сформированных из стран с быстро растущими экономиками. Необходимо отметить, что с 1998 г. действует соглашение о сотрудничестве между Торгово-промышленной палатой России и конфедерацией Торгово-промышленной палаты АСЕАН, в 2021 г. приняты обновленная Дорожная карта торгово-инвестиционного сотрудничества России–АСЕАН на период 2021–2025 гг. и Рабочая программа по ее реализации [172]. Данное обстоятельство подчеркивает необходимость развития внешней торговли в азиатском направлении с целью определения новых приоритетов в условиях неопределенности.

6.2. Возможности развития внешнеторговых потоков Республики Казахстан с регионами УрФО: оценка динамики, структуры и специализации товарных потоков импорта

В силу исторически тесных экономических связей взаимная торговля Республики Казахстан в большей степени ориентирована на Россию. По размеру товарных потоков импорта в регионы УрФО Республика Казахстан традиционно занимает ведущую позицию, поскольку это межрегиональное торговое сотрудничество имеет под собой географическую прочную базу и активно развивается.

Проведем анализ динамики импортных потоков и возможностей диверсификации импорта из Казахстана в регионы УрФО. Период исследования охватывает 2018–2021 гг. На первом этапе изучим показатели импорта и оценим товарную структуру регионов УрФО. Далее по 10 основным товарным группам импорта, которые составляют основу товарооборота, рассмотрим такие показатели, как весовой объем товарных потоков, долю в импорте в общем объеме УрФО, темпы роста (снижения) товарных групп, а также весовые объемы и долю новых товарных групп в 10 основных. Проведенное исследование позволит нам определить конкретные направления товарной диверсификации структуры товарных потоков импорта. Объектом анализа являются товарные потоки импорта из Казахстана в УрФО в разрезе субъектов.

Анализ динамики физических объемов импорта Республики Казахстан в регионы УрФО свидетельствует, что товарооборот

импорта испытывал существенные колебания. Концентрация импорта на сырьевых товарах и, как следствие, зависимость от мировых цен обусловили отрицательную динамику товарных потоков импорта.

Сравнительная динамика товарных потоков импорта Республики Казахстан в регионы УрФО в 2018–2021 гг. с разбивкой по кварталам приведена на рисунке 6.3.

Совокупный объем импорта Республики Казахстан в регионы УрФО в 2021 г. показал существенные темпы падения. Объемы импорта из Казахстана упали на 25 % к уровню 2020 г., снизившись в весе в целом на 4071,4 тыс. т (с 16344,1 тыс. т в 2020 г. до 12272,6 тыс. т в 2021 г.).

Результаты анализа динамики товарных потоков импорта в разрезе регионов УрФО позволили выделить две волны (спадов и пиков), где каждая волна характеризует свои особенности с учетом ключевых событий, происходивших в этот период в мировой экономике.

На первом этапе (2018–2019 гг.) физический объем импорта Республики Казахстан в регионы УрФО увеличивался как в целом по УрФО, так и по регионам. Товарная структура импорта изменилась благодаря высоким темпам роста стоимостного объема поставок металлических руд и концентратов на фоне снижения цен на мировых рынках металлов и окончания контрактов с бизнес-партнерами. Темпы роста по УрФО составили 110 %, увеличившись в физическом объеме на 2289,9 тыс. т (с 22786,7 тыс. т в 2018 г. до 25076,6 тыс. т в 2019 г.) (табл. 6.8).

В разрезе регионов УрФО радикальные темпы роста импортных поставок в 2019 г. имели место: в Курганской области — 148 %

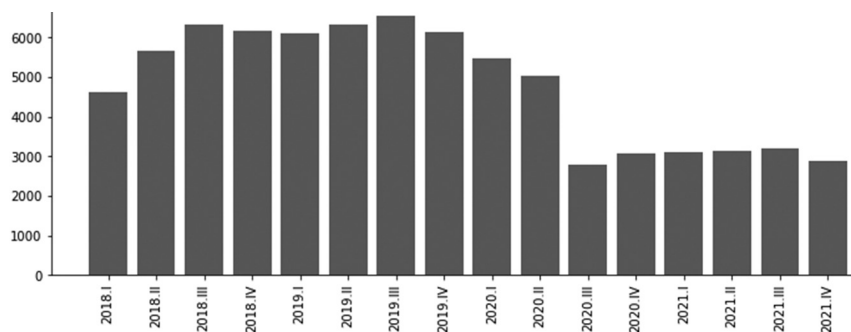


Рис. 6.3. Сравнительная динамика товарных потоков импорта из Республики Казахстан в регионы УрФО за период 2018–2021 гг. с разбивкой по кварталам, тыс. т (источник: Официальный сайт Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2023))

Таблица 6.8
Сравнительная динамика темпов роста физического объема товарных потоков импорта из Республики Казахстан в разрезе регионов УрФО за 2018–2021 гг., тыс. т

УрФО, регионы	Импорт				Темпы роста 2019 г. к 2018 г., %	Темпы роста 2020 г. к 2019 г., %	Темпы роста 2021 г. к 2020 г., %
	2018	2019	2020	2021			
Челябинская область	9794,749	11856,7900	9790,33500	10924,7900	121	82	111
Свердловская область	12041,710	13018,5400	6367,81600	1219,4120	108	48	19
Курганская область	129,324	192,2370	156,41000	90,4510	148	81	57
Тюменская область	31,228	27,0070	33,32900	40,5900	86	123	121
ХМАО	789,637	9,0290	1,38300	1,6390	Падение в 100 раз	15	118
ЯНАО	0	0,0215	0,02548	0,3795	—	118	Рост в 18, 5 раз
УрФО: Всего	22786,700	25076,6000	16349,2900	12277,2000	110,1	65,1	75

Источник: составлено и рассчитано по данным Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2025).

(с 129,324 тыс. т в 2018 г. до 192,237 тыс. т в 2019 г.). Существенные темпы роста экспорта выявлены в Челябинской области — на 21 % (с 9794,749 тыс. т в 2018 г. до 11856,79 тыс. т в 2019 г.) и небольшой рост товарооборота экспорта в Свердловской области — на 8 % (с 12041,71 тыс. т в 2018 г. до 13 018,54 тыс. т в 2019 г.) (табл. 6.8).

Существенное падение товарооборота импорта выявлено в Тюменской области — на 14 % (с 31,228 тыс. т в 2018 г. до 27,007 тыс. т в 2019 г.) и радикальное падение физического объема импорта в ХМАО в 100 раз (с 789,637 тыс. т в 2018 г. до 9,029 тыс. т в 2019 г.) (табл. 6.8).

На втором этапе (2020–2021 гг.) негативно сказалась на объемах импорта из Республики Казахстан в регионы УрФО первая волна COVID-19, в результате которой было зафиксировано сокращение товарооборота экспорта на протяжении трех месяцев подряд, с февраля по апрель 2020 г.

Динамика товарооборота экспорта в разрезе регионов УрФО в Республику Казахстан за 2018–2021 гг. с разбивкой по месяцам приведена на рисунке 6.4.

Исследование ежемесячной динамики статистических данных на рисунке 6.4 свидетельствует, что падение импорта пришлось в основном во 2-м квартале 2020 г. Основной причиной падения явилось замедление темпов торгово-экономического сотрудничества на фоне ограничительных мер в период пандемии COVID-19. Перелом отрицательной динамики товарооборота импорта выявлен начиная с сентября 2020 г. В целом можно отметить, что объемы

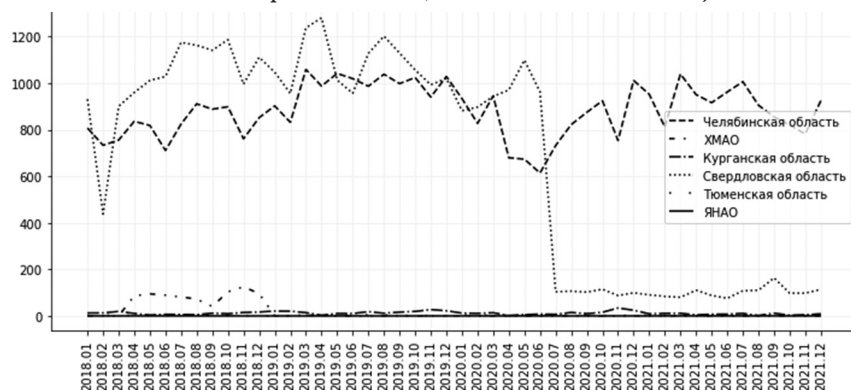


Рис. 6.4. Сравнительная динамика физических объемов импорта Республики Казахстан с регионами УрФО за период 2018–2021 гг., тыс. т (источник: Официальный сайт Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2023))

товарных потоков росли планомерно и пик роста пришелся на июнь–август 2021 г. Однако в целом по результатам 2020 г. физические объемы импорта упали и остались на уровне 2019 г. Импорт в целом по УрФО снизился на 35 %. Снижение в физическом объеме составило 8727,31 тыс. т, с 25076,6 тыс. т в 2019 г. до 16349,29 тыс. т в 2020 г. Радикальное падение импортных поставок имело место в ХМАО (на 85 %), в Свердловской области (на 52 %) и далее по убыванию в Челябинской области (на 18 %), Курганской области (на 19 %).

Далее в связи с ослаблением ограничительных мер, введенных в период коронакризиса, и повышением деловой активности импорт восстанавливался и медленно подрастал. Темпы роста товарооборота импорта по УрФО, представленных в таблице 6.9, в 2021 г. увеличились на 10 % к аналогичному периоду 2020 г., однако к уровню 2019 г. падение составило 51 %, и восстановление физического объема импорта не было достигнуто. В весовом объеме снижение составило 4072,09 тыс. т к аналогичному периоду 2020 г. и 8727,31 тыс. т к аналогичному периоду 2020 г.

Таблица 6.9

Динамика физического объема товарных потоков импорта из Республики Казахстан в разрезе регионов УрФО за 2018–2021 гг., тыс. т

УрФО, регионы	Импорт				Доля регио- на в общем объеме им- порта УрФО в 2021 г. к 2020 г. %
	2018	2019	2020	2021	
Челябинская область	9794,749	11856,7900	9790,33500	10924,7900	89,300
Свердловская область	12041,710	13018,5400	6367,81600	1219,4120	9,900
Курганская область	129,324	192,2370	156,41000	90,4510	0,700
Тюменская область	31,228	27,0070	33,32900	40,5900	0,300
ХМАО	789,637	9,0290	1,38300	1,6390	0,090
ЯНАО	0	0,0215	0,02548	0,3795	0,003
УрФО, всего	22786,700	25076,6	16349,29000	12277,2000	100

Источник: составлено и рассчитано по данным Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2023).

В 2021 г. по темпам роста импорта в весовом объеме Республики Казахстан лидирует Ямало-ненецкий автономный округ, где темпы роста выросли в 18,5 раз, далее по убыванию Тюменская область (121 %), Ханты-Мансийский автономный округ (118 %) и Челябинская область (111 %). На рост товарооборота повлияли постепенное открытие границ между странами на фоне ослабления ограничений и серьезный рост цен, зафиксированный во всем мире.

Наибольший весовой объем товарных потоков импорта в 2021 г. пришелся на Челябинскую область — 10924,79 тыс. т (89,3 %) от суммарного объема УрФО и далее по убыванию на Свердловскую область 1219,412 тыс. т (10 %) и на Курганскую область — 90,451 тыс. т (0,7 %) (табл. 6.9). Доля остальных регионов УрФО: Тюменская область, ХМАО и ЯНАО — колеблется в пределах 1 % общим объемом 42,60 тыс. т.

Динамика двухсторонней торговли товарооборота импорта в разрезе регионов УрФО шла неравномерно. Рассмотрим детально по каждому региону УрФО товарооборот импорта. В ходе анализа были выделены топ-10 товарных групп, по которым были выявлены наибольшие объемы товарооборота импорта. Они и были взяты за основу при анализе товарооборота импорта регионов УрФО и оценке результатов.

Компаративный анализ структуры товарных потоков импорта позволил выделить основные товарные группы импорта и оценить тенденции взаимной торговли Республики Казахстан и регионов УрФО за период 2018–2021 гг. с учетом ключевых событий, происходивших в этот период.

Анализ динамики товарных потоков импорта Республики Казахстан в Челябинскую область за период 2018–2021 гг. показал, что ограничительные меры по закрытию границ и введение локдаунов на фоне пандемии COVID-19 существенно не повлияли на взаимную торговлю. В 2020 г. снижение товарооборота импорта составило 17,4 % к аналогичному периоду 2019 г. В 2021 г. объем товарооборота импорта быстро восстановился и увеличился на 11,5 % к уровню 2020 г. и 2018 г., но уровня 2019 г. не достиг. Снижение к уровню 2019 г. составило 7,8 % (табл. 6.10).

Анализ структуры товарных групп импорта за четыре года показал, что 10 основных товарных групп в 2021 г. составили 99,7 % от всего объема импорта региона. А доля двух товарных групп по коду 26 «Руды, шлак и зола» (80 %) и по коду 27 «Топливо минеральное, нефть и продукты их перегонки» (14 %) в общей сумме

**Динамика физических объемов товарных потоков импорта
из Республики Казахстан в Челябинскую область за 2018–2021 гг., тыс. т**

ТНВЭД	Импорт, 2018	ТНВЭД	Импорт, 2019	ТНВЭД	Импорт, 2020	ТНВЭД	Импорт, 2021
26	8812,595	26	9749,349↑	26	8159,073↑	26	8808,605↑
27	565,848	27	1594,560↑	27	1285,818↓	27	1530,722↑
72	239,349	72	324,833↑	72	201,932↓	72	437,939↑
10	64,969	10	41,645↑	25	46,120↑	25	43,852↓
25	27,260	25	41,396↑	28	29,220↓	28	31,989↑
28	21,284	28	30,220↑	10	10,366↓	39	9,667↑
23	16,029	23	15,861↓	22	10,160	23	8,302↓
17	11,295	11	9,573↑	23	8,725↓	04	7,939↑
11	8,364	39	9,430↑	39	7,605↓	17	6,866
04	8,198	04	8,892↑	04	6,810↓	79	6,672
Итого 10 ТГ	9775,191	Итого 10 ТГ	11825,760↑	Итого 10 ТГ	9765,829↓	Итого 10 ТГ	10892,550↑
Другие ТНВЭД	19,558	Другие ТНВЭД	31,030↑	Другие ТНВЭД	24,506↓	Другие ТНВЭД	32,233↑
Все ТНВЭД	9794,749	Все ТНВЭД	11856,790↑	Все ТНВЭД	9790,335↓	Все ТНВЭД	10924,790↑

Источник: составлено и рассчитано по данным Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2023).

составляет 94 % от общего объема товарооборота импорта общим объемом 10339,3 тыс. т.

Удельный вес остальных 8 товарных групп всего 4,9 %, доля которых составляет в порядке убывания:

- код 72 «Черные металлы» — 4 %;
- код 25 «Соль, сера, земли камень, штукатурные материалы» — 0,4 %;
- код 28 «Продукты неорганической химии» — 0,29 %;
- код 39 «Пластмассы и изделия из них» — 0,08 %;
- код 23 «Остатки и отходы пищевой промышленности» — 0,07 %;
- код 04 «Молочная продукция, яйца птиц, продукты» — 0,072 %;
- код 17 «Сахар и кондитерские изделия из него» — 0,06 %;
- код 79 «Цинк и изделия из него» — 0,06 %.

Динамика объемов товарооборота экспорта по 10 товарным группам полностью соответствует общему тренду товарных

потоков импорта по региону. Так, в 2021 г. темпы роста составили 111 % к уровню 2020 г.

На протяжении анализируемого периода товарная структура импорта Республики Казахстан в ХМАО в целом оставалась неизменной. Структура товарных групп дифференцирована и имеет значительный уклон в сырьевые поставки импорта: минеральное топливо, нефть и нефтепродукты, строительные материалы, а также продукции металлургической, химической отраслей и продуктов питания.

Анализ по темпам роста 10 товарных групп импорта в 2021 г. свидетельствует о радикальных темпах роста по товарной позиции 72 «Черные металлы» в два раза на 217 %. Увеличение в весовом объеме составило 236,007 тыс. т.

Существенное увеличение физических объемов импорта по темпам роста также выявлено по 5 товарным группам в порядке убывания (табл. 6.10):

- код 39 «Пластмассы и изделия из них» — на 127 %;
- код 27 «Топливо минеральное, нефть и продукты их перегонки» — на 119 %;
- код 04 «Молочная продукция, яйца птиц, продукты» — на 116,5 %;
- код 28 «Продукты неорганической химии, редкоземельных металлов» — на 109 %;
- код 26 «Руды, шлак и зола» — на 108 %.

Снижение объемов импорта выявлено только по двум товарным группам:

- код 25 «Соль, сера, земли камень, штукатурные материалы» — на 5 %;
- код 23 «Остатки и отходы пищевой промышленности» — на 4,8 %.

Особо стоит отметить появление новых товарных позиций:

- в 2020 г. — код 22 «Алкогольные и безалкогольные напитки и укус» физическим объемом — 10,16 тыс. т;
- в 2021 г. — код 17 «Сахар и кондитерские изделия из сахара» — 6,866 тыс. т, и по коду 79 «Цинк и изделия из него» — 6,672 тыс. т.

В то же время начиная с 2020 г. из товарооборота выпала товарная группа 11 «Продукция мукомольно-крупяной промышленности», а с 2021 г. товарная группа 10 «Злаки».

Таким образом, поставки товарных потоков импорта из Республики Казахстан в Челябинскую область за четыре года обусловлены как структурными факторами, так и специализацией

промышленности региона. В существенной мере товарооборот импорта складывался под воздействием тенденций на мировом рынке, зависящем от динамики его конъюнктуры, а также ограничительных мер, связанных с пандемией COVID-19. Падение объемов импорта на 18 % в 2020 г. к аналогичному периоду 2019 г. быстро восстановилось в 2021 г. Темпы роста составили 111 % к уровню 2020 г. 10 основных товарных групп составляли 99,7 % от общего объема товарооборота импорта. Товарная структура импорта достаточно диверсифицирована и имеет весомое значение для промышленности Челябинской области. Основу импорта составляют товарные группы по коду 26 «Руды, шлак и зола» (80 %) и по коду 27 «Топливо минеральное, нефть и продукты их перегонки» (14 %). Весовой объем этих товарных групп импорта составил в 2021 г. 10339,3 тыс. т, или 94 % от общего объема импорта.

Кардинальный рост в два раза (на 217 %, в сравнении с 2020 г.) показала товарная позиция 72 «Черные металлы». Увеличение в весовом объеме составило 236,007 тыс. т. А также имели место темпы роста химической продукции (по коду 39 на 127 % и по коду 28 на 109 %), сырья (по коду 27 на 119 % и по коду 26 на 108 %) и пищевой продукции (по коду 04 на 119 %).

Стоит отметить, что внешние вызовы не повлияли на структуру импорта из Казахстана. Положительный импульс во взаимную торговлю вносит географическое положение Челябинской области. Являясь приграничной территорией с Республикой Казахстан, регион имеет значительный потенциал увеличения товарных потоков импорта.

Результаты оценки динамики товарных потоков импорта Республики Казахстан в Свердловскую область за период 2018–2021 гг. показали, что на фоне ковидных ограничений на трансграничные перевозки весовые объемы импорта неуклонно снижались, достигнув минимальных значений в 2021 г. (табл. 6.11). Пик максимального падения пришелся на 2021 г. Небольшие темпы роста в 2019 на 108,1 % сменились падением на 51 % в 2020 г. к уровню 2019 г. и далее еще на 80 % в 2021 г. к аналогичному периоду 2020 г. В целом падение физического объема импорта в 2021 г. составило 5148,4 тыс. т к аналогичному периоду 2020 г. и 10822,31 тыс. т к уровню 2018 г.

Анализ структуры товарных потоков импорта из Казахстана в регион свидетельствует, что в 2021 г. доля товарных групп импорта по Свердловской области составила в общем объеме УрФО — 9,9 %. 10 товарных групп импорта в 2021 г. обеспечивали 97,8 % поставок

Таблица 6.11

**Динамика физических объемов товарных потоков импорта
из Республики Казахстан в Свердловскую область за 2018–2021 гг., тыс. т**

ТНВЭД	Импорт, 2018	ТНВЭД	Импорт, 2019	ТНВЭД	Импорт, 2020	ТНВЭД	Импорт, 2021
27	10800,240	27	11746,750↑	27	5289,231↓	72	439,578↓
72	558,336	26	454,756↑	26	394,733↓	25	326,311↑
26	423,390	72	417,133↓	72	364,520↓	26	198,512↓
25	181,598	25	306,631↑	25	245,078↓	27	163,915↓
22	11,076	68	15,169↑	23	13,597↓	79	21,997↑
23	10,550	23	14,433↑	79	12,718↓	23	13,748↑
74	9,706	79	12,911	68	10,337↓	68	10,352↑
28	7,467	28	6,996↓	28	7,103↑	28	9,540↑
85	5,883	74	6,303↓	74	4,114↓	74	4,664↑
68	5,840	73	6,237	86	3,381	22	4,103
Итого 10 ТГ	12014,090	Итого 10 ТГ	12987,320↑	Итого 10 ТГ	6344,812↓	Итого 10 ТГ	1192,720↓
Другие ТНВЭД	27,624	Другие ТНВЭД	31,223↑	Другие ТНВЭД	23,004↓	Другие ТНВЭД	26,693
Все ТНВЭД	12041,710	Все ТНВЭД	13018,540↑	Все ТНВЭД	6367,816↓	Все ТНВЭД	1219,412↓

Источник: составлено и рассчитано по данным Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2023).

импорта из Республики Казахстан общим объемом 1192,72 тыс. т и 99,6 % в 2020 г. общим объемом 6367,816 тыс. т.

Товарная структура импорта не претерпела существенных изменений. Основу товарооборота на протяжении четырех лет стабильно составляет продукция металлургической промышленности и сырья.

Доля четырех товарных групп: по коду 72 «Черные металлы» (36 %), коду 25 «Соль, сера, земли камень, штукатурные материалы» (26,7 %), коду 26 «Руды, шлак, зола» (16,2 %), коду 27 «Топливо минеральное, нефть и продукты их перегонки» (13,4 %) — в 2021 г. составила в сумме 94,6 % от общего объема товарооборота импорта общим объемом 1128, 316 тыс. т.

Удельный вес остальных 6 товарных групп равен 5,19 %, их доля составляет в порядке убывания:

— код 79 «Цинк и изделия из него» — 1,8 %;

- код 23 «Остатки и отходы пищевой промышленности» — 1,18 %;
- код 68 «Изделия из камня, гипса, цемента» — 0,8 %;
- код 28 «Продукты неорганической химии, редкоземельных металлов» — 0,7 %;
- код 74 «Медь и изделия из нее» — 0,38 %;
- код 22 «Алкогольные и безалкогольные напитки и уксус» — 0,33 %.

В 2021 г. Республика Казахстан восстановила и нарастила объемы импорта в регион по традиционным товарным позициям.

Существенный рост имел место по трем товарным группам (к уровню 2020 г.) (табл. 6.11):

- код 79 «Цинк и изделия из него» — на 172,9 %;
- код 28 «Продукты неорганической химии, редкоземельных металлов» — на 134,3 %;
- код 25 «Соль, сера, земли камень, штукатурные материалы» — на 133,3 %;
- код 72 «Черные металлы» — на 120,5 %;
- код 74 «Медь и изделия из нее» — на 113,3 %
- код 23 «Остатки и отходы пищевой промышленности» — на 101,1 %;
- код 68 «Изделия из камня, гипса, цемента» — на 101 %;

Радикальное падение объемов импорта выявлено только по двум товарным группам (к уровню 2020 г.):

- код 26 «Руды, шлак и зола» — на 50 %;
- код 27 «Топливо минеральное, нефть и продукты их перегонки» — на 97 %.

Основной причиной сокращения импорта из Республики Казахстан на внешние рынки явилось прекращение поставок нефтепродуктов, которое связано как с восстановлением внутреннего спроса, так и созданием резервов объема ГСМ.

На фоне пандемии произошла диверсификация товарных групп. Появились новые товарные позиции:

- в 2021 г. — код 22 «Алкогольные и безалкогольные напитки и уксус» физическим объемом 4,103 тыс. т;
- в 2020 г. — код 86 «Железнодорожные локомотивы, подвижной состав и их части» объемом на 3,381 тыс. т.

В то же время начиная с 2020 г. из товарооборота выпала товарная группа по коду 73 «Изделия из черных металлов», а с 2021 г. — товарная группа по коду 86 «Железнодорожные локомотивы, подвижной состав и их части».

Таким образом, в Свердловской области ограничительные меры в период пандемии существенно повлияли на товарооборот импорта из Республики Казахстан. Падение составило 51 % в 2020 г. (к уровню 2019 г.) и 80 % в 2021 г. (к аналогичному периоду 2020 г.). В весовом объеме импорта снижение составило 5148,4 тыс. т в 2021 г. к аналогичному периоду 2020 г., и 10822,31 тыс. т к уровню 2018 г. Республика Казахстан является главным импортером продукции металлургической промышленности и сырья, что обусловлено структурными факторами и специализацией промышленности. Четыре ведущие товарные группы импорта из Казахстана по кодам ТНВЭД 72, 25, 26, 27 составляют 94 % от общего объема импорта региона. В номенклатуре поставок в регион в 2021 г. зафиксирован рост импорта металлургической и химической продукции и строительных материалов: «Цинк и изделия из него» — на 172,9 %; «продукты неорганической химии» — на 134,3 %; «строительные материалы» — на 133,3 %; «черные металлы» — на 120,5 %; «медь и изделия из нее» — на 113,3 %. Товарная структура импорта в Свердловской области дифференцирована и имеет значительный промышленный уклон.

Анализ динамики физического объема импорта, поступившего из Республики Казахстан в Курганскую область за период 2018–2021 гг., показал, что обобщенно на всем интервале фиксируется ежегодное снижение импорта в физическом объеме (табл. 6.12). Товарные потоки импорта из Казахстана за четыре года уменьшились на 38,873 тыс. т, с 129,324 тыс. т в 2018 г. до 90,451 тыс. т в 2021 г. Темпы падения составили в 2021 г. 42,2 % к уровню 2020 г., 52,9 % к уровню 2019 г. и 43,6 % к аналогичному периоду 2018 г.

В товарной структуре импортируемой продукции из Республики Казахстан в Курганскую область (табл. 6.12) основные 10 товарных групп в 2020–2021 гг. составляли 99,7 % общим объемом 156,045 тыс. т от общего товарооборота в 2020 г. и 90,237 тыс. т в 2021 г.

Две товарные группы являются основой импорта из Казахстана на протяжении всего рассматриваемого периода. В 2021 г. по коду 10 «Злаки» было ввезено товаров объемом на 42,872 тыс. т (47,3 %) и по коду 27 «Топливо минеральное, нефть и продукты их перегонки» объемом на 37,831 тыс. т (41,8 %). Доля этих товарных групп в сумме составляет 89,2 % от общего товарооборота импорта.

Удельный вес остальных 8 товарных групп занимает 10,7 %, их доля составляет в порядке убывания:

- код 07 «Овощи, корнеплоды, клубнеплоды» — 4,7 %;
- код 08 «Съедобные фрукты и орехи» — 2,57 %;
- код 72 «Черные металлы» — 1,24 %;

**Динамика физических объемов товарных потоков импорта
из Республики Казахстан в Курганскую область за 2018–2021 гг., тыс. т**

ТНВЭД	Импорт, 2018	ТНВЭД	Импорт, 2019	ТНВЭД	Импорт, 2020	ТНВЭД	Импорт, 2021
27	110,892	27	100,264↓	10	89,460↓	10	42,872↓
22	6,063	10	65,651	27	51,426↓	27	37,831↓
11	3,664	22	9,791↓	22	6,702↓	07	4,301↑
07	2,461	11	4,877↑	07	3,326↓	08	2,329↑
08	0,928	07	4,636↑	08	1,605↓	72	1,127↑
72	0,882	72	1,505↑	25	1,254↓	25	0,858↓
04	0,849	25	1,452	72	0,946↓	84	0,337↑
31	0,828	08	1,395↑	11	0,722↓	22	0,311↓
17	0,661	86	1,034↑	73	0,347	73	0,199↓
84	0,658	84	0,497↓	84	0,257↓	85	0,072
Итого 10 ТГ	127,886	Итого 10 ТГ	191,102	Итого 10 ТГ	156,045↓	Итого 10 ТГ	90,237↓
Другие ТНВЭД	1,438	Другие ТНВЭД	1,136↓	Другие ТНВЭД	0,365↓	Другие ТНВЭД	0,214↓
Все ТНВЭД	129,324	Все ТНВЭД	192,237	Все ТНВЭД	156,410↓	Все ТНВЭД	90,451↓

Источник: составлено и рассчитано по данным Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2023).

— код 25 «Соль, сера, земли камень, штукатурные материалы» — 0,9 %;

— код 84 «Реакторы ядерные, котлы, оборудование, устройства» — 0,37 %;

— код 22 «Алкогольные и безалкогольные напитки и уксус» — 0,34 %;

— код 73 «Изделия из черных металлов» — 0,22 %;

— код 85 «Электрические машины и оборудование» — 0,08 %.

Анализ динамики импорта 10 товарных групп по темпам роста в таблице 6.12 свидетельствует, что существенные темпы роста в 2021 г. имели место по товарным позициям в порядке убывания:

— код 08 «Съедобные фрукты и орехи» — на 145,1 %;

— код 84 «Реакторы ядерные, котлы, оборудование, устройства» — на 131,1 %;

— код 07 «Овощи, корнеплоды, клубнеплоды» — на 129,3 %;

— код 72 «Черные металлы» — на 119,1 %.

Падение товарооборота импорта в 2021 г. наблюдается по следующим товарным группам по убыванию:

- код 22 «Алкобольные и безалкогольные напитки и уксус» — на 95,3 %;
- код 27 «Топливо минеральное, нефть и продукты их перегонки» — на 76,2 %;
- код 10 «Злаки» — на 52 %;
- код 73 «Изделия из черных металлов» — на 42,6 %;
- код 25 «Соль, сера, земли камень, штукатурные материалы» — на 31,7 %.

Диверсификация структуры импорта имела место за счет появления новых товарных групп:

- в 2021 г. по коду 85 «Электрические машины и оборудование» в физическом объеме 0,072 тыс. т;
- в 2020 г. по коду 73 «Изделия из черных металлов» в физическом объеме 0,347 тыс. т.

Таким образом, за исследуемый период ограничительные меры в части закрытия границ и снижение деловой активности в виде сокращения количества сделок в период пандемии COVID-19 внесли свои коррективы в товарную структуру импорта и обозначили тенденцию к снижению импорта в 2021 г. в два раза (52,9 %) к уровню 2019 г. и на 42,2 % к уровню 2020 г. Структура импорта из Казахстана в Курганскую область стабильна по основным товарным группам, где преобладает продукция агропромышленного комплекса и сельскохозяйственного сырья (код 10 «Злаки», код 08 «Съедобные фрукты и орехи», код 07 «Овощи, корнеплоды, клубнеплоды»), металлургической отрасли, машиностроения и оборудования. В десятку основных товарных групп импорта из Республики Казахстан в 2021 г. впервые за три года не вошли товарные группы по коду 11 «Продукция мукомольной и крупяной промышленности», коду 04 «Молочная продукция, яйца птиц, мед» и коду 86 «Железнодорожные локомотивы, подвижной состав» и не восстановили свои позиции в десятке основных групп товаров в 2021 г.

Рассматривая динамику товарооборота импорта Республики Казахстан в Тюменскую область за период 2018–2021 гг., можно отметить, что на этот регион УрФО внешние факторы в виде ограничительных мер в пандемию не повлияли на товарооборот импорта (табл. 6.13). За исследуемый период наблюдается положительная динамика с 2018 г. с ежегодными устойчивыми темпами роста товаропотоков из Республики Казахстан в Тюменскую область. В 2021 г. доля Тюменской области составила в общем объеме УрФО 0,3 %.

Таблица 6.13

**Оценка динамики физических объемов товарных потоков импорта
из Республики Казахстан в Тюменскую область за 2018–2021 гг., тыс. т**

ТНВЭД	Импорт, 2018	ТНВЭД	Импорт, 2019	ТНВЭД	Импорт, 2020	ТНВЭД	Импорт, 2021
72	25,988	72	14,283↑	72	18,197↑	72	26,497↑
22	1,642	25	4,040↑	25	3,168↓	68	4,210↑
25	0,946	70	1,960↓	68	2,964↑	29	3,236
70	0,729	22	1,310	11	2,924	70	1,279↑
73	0,286	68	1,271↑	17	1,328↑	25	1,055↓
28	0,270	17	0,921↑	70	1,118↓	17	0,800↓
17	0,197	19	0,549	22	0,927↓	19	0,718↓
39	0,189	18	0,514	19	0,766↑	22	0,647↓
84	0,181	28	0,494↑	18	0,464↓	85	0,415↑
19	0,175	85	0,335	85	0,377↑	18	0,393↓
Итого 10 ТГ	30,603	Итого 10 ТГ	25,677↓	Итого 10 ТГ	32,233↑	Итого 10 ТГ	39,250↑
Другие ТНВЭД	0,625	Другие ТНВЭД	1,330	Другие ТНВЭД	1,099↓	Другие ТНВЭД	1,340↑
Все ТНВЭД	31,228	Все ТНВЭД	27,007↓	Все ТНВЭД	33,329	Все ТНВЭД	40,590↑

Источник: составлено и рассчитано по данным Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2023).

Взаимная торговля по товарным группам импорта в 2021 г. увеличилась за четыре года на 9,362 тыс. т, с 31,228 тыс. т в 2018 г. до 40,59 тыс. т в 2021 г. Темпы роста объемов импорта в 2021 г. составили 119,7 % к аналогичному периоду 2020 г., 150 % к уровню 2019 г. и 130 % к уровню 2018 г.

Анализ в разрезе товарных групп импорта показал, что основой товарооборота импорта являются 10 товарных групп. Доля 10 товарных групп составляет 96 % в 2021–2020 гг., 95 % в 2019 г. и 98 % в 2018 г. от общего товарооборота из Республики Казахстан. Физический объем импорта увеличился на 9,362 тыс. т: с 31,228 тыс. т в 2018 г. до 40,95 тыс. т в 2021 г. (табл. 6.13).

В товарной структуре импорта Тюменской области стабильно преобладает продукция металлургической, химической, пищевой промышленности, машиностроения и сырья.

Наибольшую долю товарооборота по удельному весу для всего импорта по области в 2021 г. составила товарная группа по коду 72

«Черные металлы» 66 % от общего товарооборота, увеличившись в физическом объеме до 26,497 тыс. т.

Удельный вес остальных товарных групп занимает 34 %, доля которых составляет в порядке убывания:

- код 68 «Изделия из камня, гипса, цемента» — 10,3 %;
- код 29 «Органические химические соединения» — 7,99 %;
- код 70 «Стекло и изделия из него» — 3,12 %;
- код 25 «Соль, сера, земли камень, штукатурные материалы» — 2,5 %;
- код 17 «Сахар и кондитерские изделия» — 1,9 %;
- код 19 «Готовые продукты из зерна, муки, крахмала, молока» — 1,7 %;
- код 22 «Алкогольные и безалкогольные напитки и уксус» — 1,6 %;
- код 85 «Электрические машины и оборудование» — 1,02 %;
- код 18 «Какао и продукты из него» — 0,96 %.

В 2021 г. Казахстан существенно нарастил объемы импорта по трем товарным группам в порядке убывания (табл. 6.13):

- код 72 «Черные металлы» — на 145,6 %;
- код 68 «Изделия из камня, гипса, цемента» — на 132,8 %;
- код 70 «Стекло и изделия из него» — на 114,4 %;
- код 85 «Электрические машины и оборудование» — на 110 %.

Последствия принятых ограничений в связи с коронакризисом повлияли на взаимную торговлю. Наибольшее снижение в 2021 г. (к уровню 2020 г.) зафиксировано по следующим товарным группам в порядке убывания:

- код 17 «Сахар и кондитерские изделия» — на 40 %;
- код 22 «Алкогольные и безалкогольные напитки и уксус» — на 30,2 %;
- код 18 «Какао и продукты из него» — на 15,3 %;
- код 19 «Готовые продукты из зерна, муки, крахмала, молока» — на 6,2 %;
- код 25 «Соль, сера, земли камень, штукатурные материалы» — на 5,6 %.

Ежегодно на протяжении исследуемого периода происходила диверсификация товарных групп импорта. Изменение структуры импорта произошло за счет появления новых товарных позиций (внутри 10 товарных групп) в весовом объеме на 6,16 тыс. т:

- в 2021 г. по коду 29 «Органические химические соединения» в физическом объеме 3,236 тыс. т;

— в 2020 г. по коду 11 «Продукция мукомольно-крупяной промышленности, солод, крахмал» в физическом объеме 2,924 тыс. т.

Таким образом, результаты анализа динамики товарных потоков импорта Республики Казахстан в Тюменскую область за период 2018–2021 гг. свидетельствуют, что на этот регион ограничительные меры в период пандемии COVID-19 не оказали отрицательного влияния. Темпы роста объемов импорта ежегодно росли и в 2021 г. составили 119,7 % к аналогичному периоду 2020 г., 150 % к уровню 2019 г. и 130 % к уровню 2018 г.

Основой товарооборота явилось 10 товарных групп, доля которых составляла в среднем 97 % от общего товарооборота импорта. Физический объем импорта увеличился на 9,362 тыс. т, с 31,228 тыс. т в 2018 г. до 40,95 тыс. т в 2021 г. В товарной структуре импорта Тюменской области стабильно преобладает продукция металлургической, химической, пищевой промышленности, машиностроения и сырья. Наибольшую долю товарооборота по удельному весу для всего импорта по области в 2021 г. составила товарная группа по коду 72 «Черные металлы», 66 % от общего товарооборота в физическом объеме 26,497 тыс. т. Диверсификация импорта произошла в 2020 г. за счет продукции мукомольно-крупяной промышленности в физическом объеме 2,924 тыс. т; в 2021 г. по товарной группе 29 «Органические химические соединения» в физическом объеме 3,236 тыс. т, переместившись на третье место в рейтинге 10 товарных групп с долей 7,99 % от общего товарооборота импорта.

Анализ динамики импорта товарных групп из Республики Казахстан в Ханты-Мансийский автономный округ (ХМАО) за период 2018–2021 гг. показал кардинальное снижение физических объемов товарных потоков, начиная с 2019 г. (табл. 6.14). В 2021 г. импорт упал в 482 раза: с 789,637 тыс. т в 2018 г. до 1,639 тыс. т в 2021 г. Десять основных товарных групп составляли 100 % от объема общего импорта из Казахстана в ХМАО, снизив объем до 98,8 % в 2021 г. Отрицательный тренд снижения начался в 2019 г., когда импорт радикально упал в 87 раз к аналогичному уровню 2018 г., с 789,637 тыс. т в 2018 г. до 9,029 тыс. т в 2019 г. и в 6,5 раз в 2020 г. к аналогичному периоду 2019 г. с 9,029 тыс. т до 1,383 тыс. т в 2020 г. Стоит отметить, что в 2021 г. наметилось небольшое восстановление товарооборота импорта. Темпы роста составили 118,5 % в 2021 г. к уровню 2020 г. Однако уровень 2018–2019 гг. не был достигнут. Стоит отметить, что причиной падения импорта стала товарная группа по коду 27 «Топливо минеральное, нефть и продукты их перегонки», которая и составляла основу импорта в 2018–2019 гг.

Таблица 6.14

Динамика физических объемов товарных потоков импорта из Республики Казахстан в Ханты-Мансийский автономный округ за 2018–2021 гг., тыс. т

ТНВЭД	Импорт, 2018	ТНВЭД	Импорт, 2019	ТНВЭД	Импорт, 2020	ТНВЭД	Импорт, 2021
27	787,455	27	7,841↓	22	0,751↓	85	0,476↑
22	0,906	22	0,804↓	85	0,391↑	22	0,449↓
73	0,635	85	0,270↑	07	0,110↓	03	0,230
87	0,218	07	0,083	63	0,083	25	0,138
85	0,209	02	0,025	11	0,024	07	0,085↓
84	0,097	83	0,003↓	09	0,014↑	09	0,066↑
83	0,050	84	0,002↓	84	0,010↑	94	0,053
17	0,020	09	0,001	90	0	63	0,052↓
18	0,017	40	0	73	0	19	0,046
86	0,010	87	0↓	—	0	84	0,022↑
Итого 10 ТГ	789,617	Итого 10 ТГ	9,029	Итого 10 ТГ	1,383↓	Итого 10 ТГ	1,617↑
Другие ТНВЭД	0,021	Другие ТНВЭД	0	Другие ТНВЭД	0	Другие ТНВЭД	0,021↑
Все ТНВЭД	789,637	Все ТНВЭД	9,029↓	Все ТНВЭД	1,383↓	Все ТНВЭД	1,639↑

Источник: составлено и рассчитано по данным Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2023).

В 2021 г. доля ХМАО в товарообороте импорта составила в общем объеме УрФО 0,09 %.

В товарной структуре импортируемой Казахстаном продукции в ХМАО основой импорта являются две товарные группы: по коду 85 «Электрические машины и оборудование» (29 %) и по коду 22 «Алкогольные и безалкогольные напитки и уксус» (27,3 %), доля которых в сумме составляет 56 % от общего объема импорта по региону.

С большим отставанием идут товарные позиции:

- код 03 «Рыба и ракообразные, моллюски» — 14 %;
- код 25 «Соль, сера, земли камень, штукатурные материалы» — 8,4 %;
- код 07 «Овощи, корнеплоды» — 5,1 %;
- код 09 «Кофе, чай, пряности» — 4 %;
- код 94 «Мебель постельные принадлежности, матрасы» — 3,2 %;
- код 63 «Текстильные изделия, одежда» — 3,1 %;

- код 19 «Готовые продукты из злаков, муки, крахмала» — 2,8 %;
- код 84 «Реакторы ядерные, котлы, оборудование» — 1,3 %.

Рассмотрение динамики товарооборота импорта 10 товарных групп по темпам роста показало следующие результаты. Радикальные темпы роста в 2021 г. демонстрировали товарные группы в порядке убывания:

- код 09 «Кофе, чай, пряности» — в 4,5 раза (471,4 %);
- код 84 «Реакторы ядерные, котлы, оборудование» — в 2,2 раза (220 %);

— код 85 «Электрические машины и оборудование» — на 121,7 %.

Снижение темпов роста физических объемов импорта имело место по товарным группам в порядке убывания:

- код 07 «Овощи, корнеплоды» — на 22,7 %;
- код 22 «Алкогольные и безалкогольные напитки и уксус» — на 40 %;
- код 63 «Текстильные изделия, одежда» — на 37,3 %.

В анализируемом периоде ежегодно на протяжении 2019–2021 гг. товарная структура 10 основных групп претерпевала кардинальные изменения. Диверсификация товарных групп импорта проявилась в появлении новых товарных групп.

В 2019 г. топ-10 товарных групп обновили три товарные группы, суммарный физический объем которых составил 0,109 тыс. т. Казахстан импортировал товары по кодам:

- 02 «Мясо и пищевые мясные продукты»;
- 07 «Овощи, корнеплоды»;
- 09 «Кофе, чай, пряности».

В 2020 г. в период пандемии COVID-19 диверсификация произошла за счет двух товарных позиций суммарным физическим объемом 0,107 тыс. т:

- код 11 «Продукция мукомольно-крупяной промышленности, солод, крахмал» в физическом объеме 0,024 тыс. т;
- код 63 «Текстильные изделия, одежда» в физическом объеме 0,083 тыс. т.

В 2021 г. изменение структуры импорта произошло за счет четырех товарных групп суммарным объемом 0,467 тыс. т:

- код 03 «Рыба и ракообразные, моллюски» в физическом объеме 0,23 тыс. т;
- код 19 «Готовые продукты из злаков, муки, крахмала» в физическом объеме 0,046 тыс. т;
- код 25 «Соль, сера, земли камень, штукатурные материалы» в физическом объеме 0,138 тыс. т;

— код 94 «Мебель постельные принадлежности, матрасы» в физическом объеме 0,053 тыс. т.

Доля новых товарных групп импорта составила 1,2 % в 2019 г., 7,7 % в 2020 г. и 27,6 % в 2021 г.

Активная диверсификация товарных групп импорта ярко характеризует посредническую роль ХМАО во взаимной торговле с Республикой Казахстан за счет развитой транспортной инфраструктуры.

Таким образом, анализ динамики товарных потоков импорта из Республики Казахстан в Ханты-Мансийский автономный округ за четыре года свидетельствует, что динамика как в натуральном выражении, так и в относительной величине характеризуется кардинальным падением. Пики падения выявлены:

— в 2019 г. — 87 раз (к уровню 2018 г.). На существенное снижение на отрицательную динамику товарооборота импорта из Казахстана в ХМАО в общем объеме повлияли объемы поставок по товарной группе 27 «Топливо минеральное, нефть и продукты их перегонки», по которой и произошло кардинальное падение в 100 раз: с 787,455 тыс. т в 2018 г. до 7,841 тыс. т в 2019 г. В период 2020–2021 гг. поставки по этой товарной группе из Казахстана были прекращены;

— в 2020 г. — 6,5 раз (к уровню 2019 г.).

Падение товарных потоков импорта обусловлено следующими факторами внешней среды:

— в 2019 г. с ухудшением условий мировой торговли и сокращением экспорта из Казахстана за пределы ЕАЭС на фоне замедления темпов роста мировой экономики, усиления протекционизма, снижения цен на энергоресурсы. Дополнительным фактором стало падение добычи нефти в результате проведения плановых ремонтных работ на трех ключевых месторождениях (Кашаган, Тенгиз и Карачаганак) и участие Казахстана в сделке ОПЕК+ (уменьшение производства нефти и удержание суточной добычи на уровне 1,86 млн баррелей) [173];

— в 2020 г. введение ограничительных мер и снижение деловой активности в период коронакризиса, ограниченными возможностями внутреннего производства и особенностями потребительских предпочтений населения региона.

В товарной структуре импорта ХМАО на протяжении четырех лет стабильно преобладала продукция машиностроения, пищевой, легкой промышленности и сырья.

Рассмотрение динамики товарных потоков из Казахстана в Ямало-Ненецкий автономный округ (ЯНАО) за период

2018–2021 гг. показал, что динамика имеет устойчивый положительный тренд. Товарооборот увеличился в 17,6 раза в 2021 г. к аналогичному периоду 2019 г. (с 0,0215 тыс. т в 2019 г. до 0,3795 тыс. т в 2021 г.) (табл. 6.15).

Начало поставок импорта было положено в 2019 г. Поставки импорта на общую сумму в физическом объеме составили 0,0215 тыс. т и состояли из одной товарной группы по коду 73 «Изделия из черных металлов».

В 2020 г. темпы роста товарооборота импорта увеличились и составили 118,5 % к уровню 2019 г. в весовом объеме 0,02548 тыс. т. Четыре товарные группы составили 100 % товарооборота импорта, удельный вес которых равен в порядке убывания: код 68 «Изделия из камня, гипса, цемента, асбеста» — 78,4 %; код 84 «Реакторы ядерные, котлы, оборудование» — 21 %; код 73 «Изделия из черных металлов» — 0,04 %; код 96 «Разные готовые изделия» — 0,039 %.

В 2021 г. основу товарооборота составляли всего четыре товарных группы, которые были основой импорта и показали рост в 6,7 раза. Удельный вес этих товарных групп по доле товарооборота в общем объеме импорта ЯНАО (в порядке убывания) составил:

- код 72 «Черные металлы» — 49 %;
- код 73 «Изделия из черных металлов» — 31 %;
- код 84 «Реакторы ядерные, котлы, оборудование» — 19,9 %;

Таблица 6.15

Динамика физических объемов товарных потоков импорта из Республики Казахстан в Ямало-Ненецкий автономный округ за 2018–2021 гг., тыс. т

ТНВЭД	Импорт 2018	ТНВЭД	Импорт 2019	ТНВЭД	Импорт 2020	ТНВЭД	Импорт 2021
0	0	73	0,0215	68	0,02000	72	0,1861
0	0	0	0	84	0,02000	73	0,1166↑
0	0	0	0	73	0,00010↓	84	0,0756↑
0	0	0	0	96	0,00001	11	0,0012
0	0	Итого 10 ТГ	0,0215	Итого 10 ТГ	0,02548↑	Итого 10 ТГ	0,3795↑
Другие ТНВЭД	0	Другие ТНВЭД	0	Другие ТНВЭД	0,00000	Другие ТНВЭД	0
Все ТНВЭД	0	Все ТНВЭД	0,0215	Все ТНВЭД	0,02548↑	Все ТНВЭД	0,3795↑

Источник: составлено и рассчитано по данным Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2023).

— код 11 «Продукция мукомольно-крупяной промышленности» — 0,3 %.

Анализ динамики структуры товарных групп импорта из Казахстана за период 2018–2021 гг. показал, что из четырех товарных групп две явились основой взаимной торговли с Республикой Казахстан в 2020–2021 гг. и интенсивно наращивали физические объемы поставок импорта. Радикальные темпы роста импорта проявились в порядке убывания:

— код 73 «Изделия из черных металлов» — в 1100 раз;

— код 84 «Реакторы ядерные, котлы, оборудование» — в 14 раз.

Все вышеперечисленные товарные группы меняли структуру товарооборота импорта. Диверсификация импорта проявилась в появлении новых товарных групп:

— в 2020 г. по коду 68 «Изделия из камня, гипса, цемента, асбеста» весовым объемом 0,02 тыс. т; по коду 84 «Реакторы ядерные, котлы, оборудование» весовым объемом 0,02 тыс. т; по коду 96 «Разные готовые изделия» весовым объемом 0,00001 тыс. т;

— в 2021 г. по коду 72 «Черные металлы» весовым объемом 0,1861 тыс. т; по коду 11 «Продукция мукомольно-крупяной промышленности» весовым объемом 0,0012 тыс. т.

Товарные позиции по кодам 68 и 96 не восстановили свои позиции в 2021 г.

Таким образом, результаты анализа динамики импорта из Республики Казахстан в ЯНАО говорят о положительном тренде. Основу товарных потоков импорта составляют всего четыре товарные группы, представляющие продукцию машиностроения и металлургической отрасли. Товарные группы по коду 73 «Изделия из черных металлов» (в 1100 раз) и коду 84 «Реакторы ядерные, котлы, оборудование» (в 14 раз) продемонстрировали кардинальный рост.

При общей тенденции к падению импорта из Казахстана в ЯНАО имеет место положительная динамика увеличения и роста товарооборота импорта, что характеризует повышение экономической активности бизнеса благодаря снятию ограничительных мер по перевозкам в борьбе с коронавирусной инфекцией.

Таким образом, обобщая итоги компаративного анализа товарных потоков импорта в весовом объеме за период 2018–2021 гг. регионов УрФО и Республики Казахстан, можно сделать следующие выводы.

1. Тренд развития товарооборота импорта за четыре года характеризуется отрицательной динамикой и определяется как динамикой мировых цен на нефть и металлы (их колебаниями

среднегодовых значений), так и разразившимся экономическим кризисом на фоне пандемии COVID-19. Общий суммарный весовой объем импорта Республики Казахстан в регионы УрФО в 2021 г. уменьшился на 25 % к уровню 2020 г. и на 35 % к уровню 2019 г., снизившись в весовом объеме почти в два раза на 10509,5 тыс. т, с 22786,7 тыс. т в 2018 г. до 12277,2 тыс. т в 2021 г. Переломным моментом в увеличении товарооборота импорта стали 3 и 4 кварталы 2021 г. на фоне общего падения товарооборота по всем регионам УрФО во 2 и 3 кварталах 2020 г. Увеличение товарооборота импорта в 2021 г. весьма оптимистично отразилось на общем росте взаимной торговли, поскольку именно в эти месяцы осуществлялись необходимые поставки при государственной поддержке.

2. По темпам роста объема импорта в 2021 г. к аналогичному уровню 2020 г. наиболее устойчивый к внешним вызовам оказались 4 региона УрФО из 6 (табл. 6.16). Лидирует с радикальными темпами роста в 18,5 раз ЯНАО (эффект низкой базы), на втором месте Тюменская область — 121 %, далее ХМАО — 118 % и замыкает рейтинг Челябинская область — 111 %. Отрицательная динамика имеет место в Свердловской и Курганской областях, темпы падения составили соответственно 19 % и 57 %. Физические объемы импорта сократились в Свердловской области в 2021 г. на 5148,4 тыс. т к аналогичному периоду 2020 г. и на 10822,31 тыс. т к уровню 2018 г. В Курганской области на 38,873 тыс. т: с 129,324 тыс. т в 2018 г. до 90,451 тыс. т в 2021 г.

Радикальные темпы роста взаимной торговли были достигнуты по товарным группам в порядке убывания (табл. 6.16):

- код 73 «Изделия из черных металлов» — в 1100 раз (ЯНАО);
- код 84 «Реакторы ядерные, котлы, оборудование» — в 14 раз в ЯНАО; в 2,2 раза (220 %) в ХМАО и 131,1 % в Курганской области;
- код 09 «Кофе, чай, пряности» — в 4,5 раза (471, 4 %) в ХМАО;
- код 72 «Черные металлы» — в 2 раза (217 %) в Челябинской области;
- код 79 «Цинк и изделия из него» — в 1,7 раза (172,9 %) в Свердловской области.

Существенные темпы роста имели также товарные позиции в порядке убывания (табл. 6.16):

- код 72 «Черные металлы» — 145,6 % в Тюменской области; 120,5 % в Свердловской области; 119 % в Курганской области;
- код 08 «Съедобные фрукты и орехи» — 145,1 % в Курганской области;

Таблица 6.16

Товарные потоки импорта из Республики Казахстан в регионы УрФО по темпам роста и удельному весу в 2021 г., тыс. т		ТНВЭД Товарные группы	Импорт		Темп роста 2021 г. к 2020 г., %	Уд. вес, к об- щему объе- му, % 2021 г.
			2020 г.	2021 г.		
Челябинская область	Регионы УрФО	Итого (общий товароборот)	9790,33500	10924,7900	111,5	100
		Основных 10 товарных групп:	9765,82900	10892,5500	111,0	99,7
		Товарные группы по темпам роста	9690,45800	10826,8600	111,0	99
		72 «Черные металлы»	201,93200	437,9390	217,0	4
		39 «Пластмассы и изделия из них»	7,60500	9,6670	127	0,08
		27 «Топливо минеральное, нефть и продукты их пере- гонки»	1285,81800	1530,7220	119	14
		04 «Молочная продукция, яйца птиц, продукты»	6,81000	7,9390	116,5	0,072
		28 «Продукты неорганической химии, редкоземельных металлов»	29,22000	31,9890	109	0,290
		26 «Руды, шлак и зола»	8159,07300	8808,6050	108	80,0
		Итого (общий товароборот)	6367,81600	1219,4120	19	100,0
		Основных 10 товарных групп:	6344,81200	1192,7200	18,7	97,8
		Товарные группы по темпам роста	657,46700	826,1900	125	69,0
		79 «Цинк и изделия из него»	12,71800	21,9970	172,9	1,8
		28 «Продукты неорганической химии, редкоземельных металлов»	7,10300	9,5400	134,3	0,7
Свердловская область	Регионы УрФО	25 «Соль, сера, земли камень, шугаатурные материалы»	245,07800	326,3110	133,3	26,7
		72 «Черные металлы»	364,52000	439,5780	120,5	36,0
		74 «Медь и изделия из нее»	4,11400	4,6640	113,3	0,58

Продолжение табл. 6.16 на след. стр.

Продолжение табл. 6.16

Регионы УрФО	ТНВЭД Товарные группы	Импорт		Темп роста 2021 г. к 2020 г., %	Уд. вес, к об- щему объе- му, % 2021 г.
		2020 г.	2021 г.		
Свердловская Область	23 «Остатки и отходы пищевой промышленности»	13,59700	13,7480	101,1	1,18
	68 «Изделия из камня, гипса, цемента»	10,53700	10,5520	101	0,8
Курганская Область	Итого (общий товарооборот)	156,41000	90,4510	42,2	100
	Основных 10 товарных групп:	156,04500	90,2370	57,8	99,7
	Товарные группы по темпам роста	6,13400	8,0940	132	8,9
	08 «Съедобные фрукты и орехи»	1,60500	2,3290	145,1	2,57
	84 «Реакторы ядерные, котлы, оборудование, устрой- ства»	0,25700	0,3370	131,1	0,37
	07 «Овощи, корнеплоды, клубнеплоды»	3,32600	4,3010	129,3	4,7
	72 «Черные металлы»	0,94600	1,1270	119,1	1,24
	Итого (общий товарооборот)	33,32900	40,5900	121	100
	Основных 10 товарных групп:	32,23300	39,2500	121	96
	Товарные группы по темпам роста	22,65900	32,4010	142	80
Тюменская Область	72 «Черные металлы»	18,19700	26,4970	145,6	66
	68 «Изделия из камня, гипса, цемента»	2,96400	4,2100	132,8	10,3
	70 «Стекло и изделия из него»	1,11800	1,2790	114,4	3,12
	85 «Электрические машины и оборудование»	0,37700	0,4150	110	1,02

Окончание табл. 6.16 на след. стр.

Окончание табл. 6.16

Регионы УрФО	ТНВЭД Товарные группы	Импорт		Темп роста 2021 г. к 2020 г., %	Уд. вес, к об- щему объе- му, % 2021 г.
		2020 г.	2021 г.		
Ханты-Мансийский автономный округ	Итого (общий товароборот)	1,58300	1,6390	118, 5	100
	Основных 10 товарных групп:	1,38300	1,6170	117	95
	Товарные группы по темпам роста	0,41500	0,5640	136	34
	09 «Кофе, чай, пряности»	0,01400	0,0660	в 4,5 раза (471,4 %)	4
	84 «Реакторы ядерные, котлы, оборудование»	0,01000	0,0220	в 2,2 раза (220 %)	1,3
	85 «Электрические машины и оборудование»	0,39100	0,4760	121,7	29
	Итого (общий товароборот)	0,02548	0,3795	в 14,8 раз	100
Ямало-Ненецкий автономный округ	Основных 10 товарных групп:	0,02548	0,3795	в 14,8 раз	100
	Товарные группы по темпам роста	0,02010	0,1922	в 9,5 раз	50
	84 «Реакторы ядерные, котлы, оборудование, устрой- ства»	0,02000	0,0756	в 14 раз	20
	73 «Изделия из черных металлов»	0,00010	0,1166	в 1100 раз	31

Источник: Составлено и рассчитано по данным Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2025).

- код 28 «Продукты неорганической химии, редкоземельных металлов» — 134,3 % в Свердловской области;
- код 25 «Соль, сера, земли камень, штукатурные материалы» — 133,3 % в Свердловской области;
- код 68 «Изделия из камня, гипса, цемента» — 132,8 % в Тюменской области;
- код 84 «Реакторы ядерные, котлы, оборудование, устройства» — 131 % в Курганской области;
- код 07 «Овощи, корнеплоды, клубнеплоды» — 129,3 % в Курганской области;
- код 39 «Пластмассы и изделия из них» — 127 % в Челябинской области;
- код 85 «Электрические машины и оборудование» — 121,7 % в ХМАО; 110 % в Тюменской области.

По доле товарных потоков импорта в весовом объеме в общем импорте Казахстана в УрФО в 2021 г. к аналогичному уровню 2020 г. лидирует Челябинская область — 89,3 % в физическом объеме 10924,79 тыс. т и Свердловская область — 9,9 % в физическом объеме 1219,412 тыс. т. Доля остальных регионов в общем товарообороте импорта составляет 1,9 %. Товарная структура товарооборота импорта регионов УрФО в Республику Казахстан в целом осталась неизменной. В структуре импорта из Казахстана основными видами сырьевых товаров были: минеральное топливо, нефть и продукты их перегонки, руды, шлак и зола, соль, сера, земли, камень. Отмечен рост продукции высокого передела: продукции металлургической, машиностроительной, химической отраслей.

3. Вклад Республики Казахстан по импортным поставкам в разрезе товарных групп в субъекты УрФО распределился следующим образом (по убыванию доли для 10 основных групп товаров к общему объему импорта за 2021 г.) (табл. 6.16):

- ЯНАО — 100 % (из них 2 товарные группы по темпам роста составили 50 %: код 73 «Изделия из черных металлов» — 31 %; код 84 «Реакторы ядерные, котлы, оборудование, устройства» — 20 %);

- Челябинская область — 99,7 % (из них 6 товарных групп по темпам роста составили 99 %: код 26 «Руды, шлак и зола» — 80 %; код 27 «Топливо минеральное, нефть и продукты их перегонки» — 14 %; код 72 «Черные металлы» — 4 %; код 28 «Продукты неорганической химии, редкоземельных металлов» — 0,29 %; код 39 «Пластмассы и изделия из них» — 0,08 %; код 04 «Молочная продукция, яйца птиц, продукты» — 0,072 %);

— Курганская область — 99,7 % (из них 4 товарных групп по темпам роста составили 8,9 %: код 08 «Съедобные фрукты и орехи» — 2,5 %; код 84 «Реакторы ядерные, котлы, оборудование, устройства» — 0,37 %; код 07 «Овощи, корнеплоды, клубнеплоды» — 4,7 %; код 72 «Черные металлы» — 1,24 %);

— Свердловская область — 97,8 % (из них 7 товарных групп по темпам роста составили 69 %: код 72 «Черные металлы» — 36 %; код 25 «Соль, сера, земли, камень, известь и цемент» — 26,7 %; код 79 «Цинк и изделия из него» — 1,8 %; код 23 «Остатки и отходы пищевой промышленности» — 1,18 %; код 68 «Изделия из камня, гипса, цемента» — 0,8 %; код 28 «Продукты неорганической химии, редкоземельных металлов» — 0,7 %; код 74 «Медь и изделия из нее» — 0,38 %);

— Тюменская область — 96 % (из них 4 товарные группы по темпам роста составили 80 %: код 72 «Черные металлы» — 66 %; код 68 «Изделия из камня, гипса, цемента» — 10,3 %; код 70 «Стекло и изделия из него» — 3,12 %; код 85 «Электрические машины и оборудование» — 1 %);

— ХМАО — 96 % (из них 3 товарные группы по темпам роста составили 34 %: код 85 «Электрические машины и оборудование и их части» — 29 %; код 09 «Кофе, чай, пряности» — 4 %; код 84 «Реакторы ядерные, котлы, оборудование, устройства» — 1,3 %).

4. По 10 основным товарным группам выявлена более высокая товарная диверсификация за период 2020–2021 гг., чем за период 2018–2019 гг. Диверсификация товарной структуры импорта Республики Казахстан проявилась в появлении новых направлений импорта (табл. 6.17).

В Ханты-Мансийском автономном округе диверсификация импорта произошла за счет пяти товарных групп:

— в 2020 г. по коду 11 «Продукция мукомольно-крупяной промышленности, солод, крахмал» физическим объемом 0,024 тыс. т; код 63 «Текстильные изделия, одежда» физическим объемом 0,083 тыс. т;

— в 2021 г. по коду 19 «Готовые продукты из злаков, муки, крахмала» физическим объемом 0,046 тыс. т; код 25 «Соль, сера, земли и камень, шпакатурные материалы» физическим объемом 0,138 тыс. т; код 94 «Мебель постельные принадлежности, матрасы» физическим объемом 0,053 тыс. т.

Темпы роста новых товарных групп выросли в 2 раза (221 %) — с 0,107 тыс. т в 2020 г. до 0,237 тыс. т в 2021 г.

В Челябинской области изменение структуры импорта произошло по трем товарным группам в порядке убывания в весовом объеме:

**Новые товарные группы импорта из Республики Казахстан в регионы
УрФО в 2020–2021 г., тыс. т**

Регионы УрФО / Товарные группы	Объем экспорта		Темп роста к 2021 г., %
	2020 г.	2021 г.	
<i>Челябинская область</i>	10,16000	13,5380	133
22 «Алкогольные и безалкогольные напитки и уксус»	10,16000	—	—
17 «Сахар и кондитерские изделия из сахара»	—	6,8660	—
79 «Цинк и изделия из него»	—	6,6720	—
<i>Свердловская область</i>	3,38100	4,1030	121
22 «Алкогольные и безалкогольные напитки и уксус»	—	4,1030	—
86 «Железнодорожные локомотивы, подвижной состав и их части»	3,38100	—	—
<i>Тюменская область</i>	2,92400	3,2360	110
11 «Продукция мукомольно-крупяной промышленности, солод, крахмал»	2,92400	—	—
29 «Органические химические соединения»	—	3,2360	—
<i>ХМАО</i>	0,10700	0,2370	221
11 «Продукция мукомольно-крупяной промышленности, солод, крахмал»	0,02400	—	—
63 «Текстильные изделия, одежда»	0,08300	—	—
19 «Готовые продукты из злаков, муки, крахмала»	—	0,0460	—
25 «Соль, сера, земли, камень, штукатурные материалы»	—	0,1380	—
94 «Мебель постельные принадлежности, матрацы»	—	0,0530	—
<i>Курганская область</i>	0,34700	0,0720	20
73 «Изделия из черных металлов»	0,34700	—	—
85 «Электрические машины и оборудование»	—	0,0720	—
<i>ЯНАО</i>	0,04010	0,1873	467
68 «Изделия из камня, гипса, цемента, асбеста»	0,02000	—	—
84 «Реакторы ядерные, котлы, оборудование»	0,02000	—	—
96 «Разные готовые изделия»	0,00001	—	—
72 «Черные металлы»	—	0,1861	—
11 «Продукция мукомольной и крупяной промышленности»	—	0,0012	—
ВСЕГО:	16,95900	21,3730	126

Источник: Официальный сайт Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2023).

— в 2020 г. по коду 22 «Алкогольные безалкогольные напитки» физическим объемом 10,16 тыс. т;

— в 2021 г. по коду 17 «Сахар и кондитерские изделия из сахара» физическим объемом 6,866 тыс. т; код 79 «Цинк и изделия из него» физическим объемом 6,672 тыс. т.

Темпы роста новых товарных групп составили 133 % — с 10,16 тыс. т в 2020 г. до 13,538 тыс. т в 2021 г.

В Свердловской области диверсификация структуры импорта произошла за счет двух товарных групп:

— в 2020 г. по коду 86 «Железнодорожные локомотивы, подвижной состав и их части» физическим объемом 3,381 тыс. т;

— в 2021 г. по коду 22 «Алкогольные и безалкогольные напитки и уксус» физическим объемом 4,103 тыс. т.

Рост новых товарных групп составил 121 % к уровню 2020 г. — с 3,381 тыс. т в 2020 г. до 4,103 тыс. т в 2021 г.

В Тюменской области новые товарные группы импорта составили две товарные позиции:

— в 2020 г. по коду 11 «Продукция мукомольно-крупяной промышленности, солод, крахмал» физическим объемом 2,924 тыс. т;

— в 2021 г. по коду 29 «Органические химические соединения» физическим объемом 3,236 тыс. т.

Темпы роста новых товарных групп составили 110 % — с 2,924 тыс. т в 2020 г. до 3,236 тыс. т в 2021 г.

В Курганской области диверсификация импорта произошла за счет двух товарных групп:

— в 2020 г. по коду 73 «Изделия из черных металлов» физическим объемом 0,347 тыс. т;

— в 2021 г. по коду 85 «Электрические машины и оборудование» физическим объемом 0,072 тыс. т.

В Ямало-Ненецком автономном округе изменение структуры товарных потоков импорта произошло за счет пяти товарных групп:

— в 2020 г. по коду 68 «Изделия из камня, гипса, цемента, асбеста» физическим объемом 0,02 тыс. т; по коду 84 «Реакторы ядерные, котлы, оборудование» физическим объемом 0,02 тыс. т; по коду 96 «Разные готовые изделия» физическим объемом 0,00001 тыс. т;

— в 2021 г. по коду 72 «Черные металлы» физическим объемом 0,1861 тыс. т; по коду 11 «Продукция мукомольно-крупяной промышленности» весовым объемом 0,0012 тыс. т.

Общий весовой объем импорта новых товарных групп увеличился в 4,6 раза — с 0,0401 тыс. т в 2020 г. до 0,1873 тыс. т в 2021 г.

В товарной структуре импорта (в топ-10 основных товарных групп) Республики Казахстан в регионы УрФО в совокупности доля сырьевых товаров составила 90 % и включает следующие товарные группы: по коду 25 «Соль, сера, земли, камень» физическим объемом 372,21 тыс. т, по коду 27 «Топливо минеральное, нефть» физическим объемом 1732,47 тыс. т, по коду 26 «Руды, шлак, зола» физическим объемом 9007,12 тыс. т. (рис. 6.5).

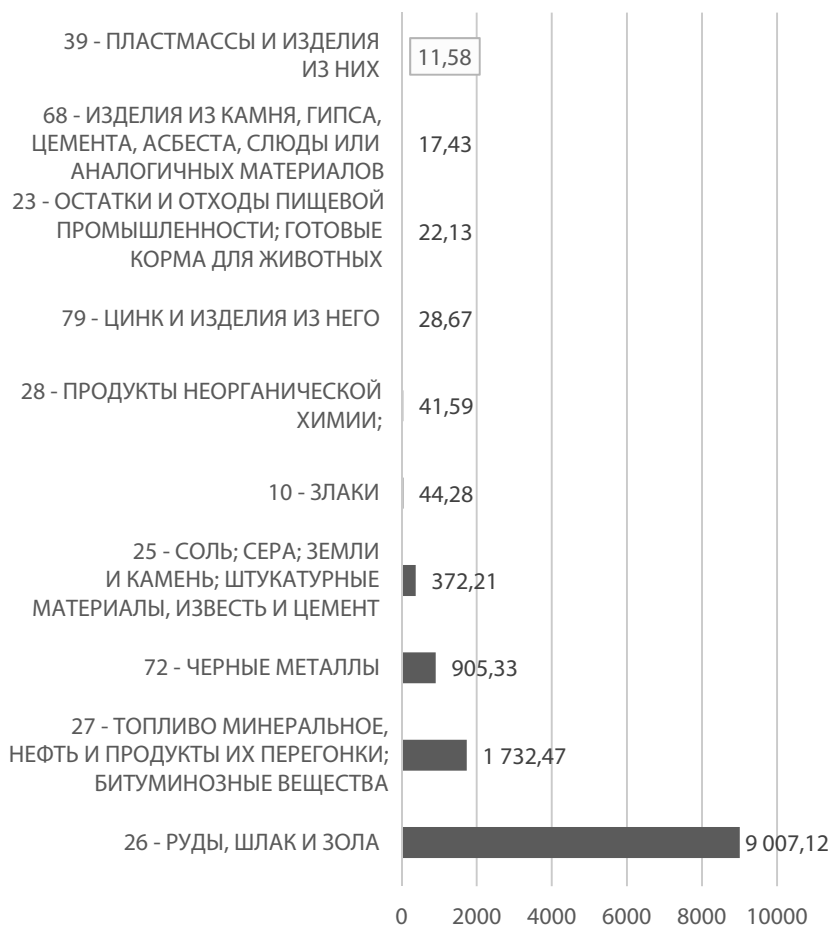


Рис. 6.5. Структура топ-10 основных товарных групп импорта из Республики Казахстан в УрФО в 2021 г., тыс. т (источник: составлено и рассчитано по данным Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2023))

Доля несырьевых товаров составила 10 %, которые включили 7 товарных групп по убыванию: код 72 «Черные металлы» весовым объемом 905,33 тыс. т, код 10 «Злаки» физическим объемом 44,28 тыс. т, код 28 «Продукты неорганической химии» физическим объемом 41,59 тыс. т, код 79 «Цинк и изделия из него» физическим объемом 28,67 тыс. т, код 23 «Остатки и отходы пищевой продукции» физическим объемом 22,13 тыс. т, код 68 «Изделия из камня, гипса» физическим объемом 17,43 тыс. т, код 39 «Пластмассы и изделия из них» физическим объемом 11,58 тыс. т.

Таким образом, анализ оценки возможных направлений товарных потоков импорта из Казахстана позволяет сделать вывод о наличии возможностей товарной диверсификации. Геополитическое положение УрФО, имеющего протяженные границы (Курганская и Челябинская области) с Республикой Казахстан, обуславливает устойчивый интерес рассмотренных регионов УрФО во взаимной торговле.

Товарооборот импорта из Республики Казахстан в регионы УрФО за четыре года объясняется как структурными факторами, так и специализацией промышленности региона и складывался под воздействием тенденций на мировом рынке, зависящем от динамики его конъюнктуры и ограничительных мер в период пандемии COVID-19. Концентрация импорта на сырьевых товарах и, как следствие, зависимость от мировых цен обусловили отрицательную динамику товарных потоков импорта из Казахстана. Импортозависимость промышленных отраслей регионов УрФО в весовом объеме в анализируемом периоде была еще велика. Однако снижение весовых объемов товарных потоков импорта говорит о высокой самообеспеченности регионов УрФО сырьем и продукцией и в полной мере замыкает логистические цепочки с целью повышения уровня конечного продукта.

В условиях сложившейся геополитической ситуации и в связи с введенными санкциями против РФ в настоящее время идет процесс двухсторонней экономической интеграции, что подстегнет к взаимному росту внешнеторговой активности. Изменившаяся ситуация будет способствовать росту и укреплению кооперационных связей казахстанских предприятий с партнерами из УрФО при условии выбора промышленно-технологических приоритетов экономики региона и активной региональной поддержки производителей УрФО.

6.3. Возможности развития внешнеторговых потоков экспорта регионов УрФО с Республикой Казахстан: оценка динамики, структуры и специализации товарных потоков экспорта

В современных условиях поддержка экспорта и обеспечение условий для его развития являются одним из приоритетов деятельности всех уровней власти и институтов развития. Прежде всего, основной задачей федеральных органов исполнительной власти является адаптация существующих мер поддержки и разработка новых инструментов под резко сменившиеся обстоятельства, учет потребности экспортеров и минимизацию рисков, связанных с внешней торговлей [174].

В данном разделе проведем анализ динамики товарных потоков экспорта и возможностей диверсификации экспорта регионов УрФО в Казахстан. Период исследования — 2018–2021 гг. На первом этапе изучим показатели экспорта и оценим товарную структуру экспорта регионов УрФО. Далее по 10 основным товарным группам экспорта, которые составляют основу товарооборота, рассмотрим такие показатели, как весовой объем товарных потоков, долю в общем объеме экспорта УрФО, темпы роста (снижения) товарных групп, а также весовые объемы и долю новых товарных групп в десяти основных. Проведенное исследование позволит нам определить конкретные направления товарной диверсификации структуры товарных потоков экспорта. Объектом анализа являются товарные потоки экспорта регионов УрФО в Казахстан в разрезе субъектов.

Динамика товарных потоков экспорта регионов УрФО в Республику Казахстан в 2018–2021 гг. с разбивкой по кварталам приведена на рисунке 6.6.

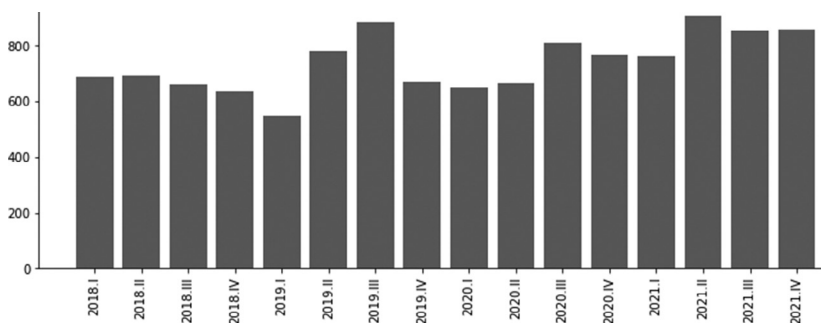


Рис. 6.6. Сравнительная динамика товарных потоков экспорта регионов УрФО в Республику Казахстан за период 2018–2021 гг. с разбивкой по кварталам, тыс. т. (источник: составлено и рассчитано по данным Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2023))

Анализ динамики товарных потоков экспорта на рисунке 6.6 регионов УрФО в Республику Казахстан за период 2018–2021 гг. доказывает положительную динамику и стабильное развитие взаимной торговли за последние четыре года. Также данные рисунка 6.6 свидетельствуют, во-первых, о высоком промышленном потенциале, а во-вторых, о резильентности российской экономики, где «ее динамика оказалась одной из лучших из 15 стран с крупнейшим ВВП и впервые прошла кризис лучше, чем мир в целом: падение ВВП составило 3,1 % против 3,5 % в глобальной экономике» [175].

Совокупный экспорт регионов УрФО в Республику Казахстан в 2021 г. показал существенные темпы роста. Увеличение поставок товаров в Казахстан в количественном выражении составило 116,8 % к уровню 2020 г. и 126,4 % к уровню 2018 г.

Результаты анализа динамики экспорта товарных потоков в разрезе регионов УрФО позволили выделить два этапа (волны спадов и пиков), где каждая волна имеет свои особенности с учетом ключевых событий, происходивших в этот период.

На первом этапе (2018–2019 гг.) физический объем экспорта регионов УрФО увеличивался как в целом по УрФО, так и по регионам. И, несмотря на введенные санкции странами Евросоюза (введение тарифных квот на черные металлы) и США, снижение цен на мировых рынках металлов и окончание контрактов с бизнес-партнерами из зарубежных стран, объемы товарных потоков экспорта в регионах УрФО росли. Темпы роста по УрФО составили 107,8 %, увеличившись в физическом объеме на 2377,6 тыс. т – с 2667,8 тыс. т в 2018 г. до 2877,2 тыс. т в 2019 г. (табл. 6.18).

По данным таблицы 6.18 можно увидеть следующие данные. В разрезе регионов УрФО радикальные темпы роста объемов экспорта имели место в Курганской области – 159 % (с 49,855 тыс. т в 2018 г. до 79,302 тыс. т в 2019 г.). Существенные темпы роста экспорта выявлены в Челябинской области – на 112 % (с 1560,901 тыс. т в 2018 г. до 1759,828 тыс. т в 2019 г.) и небольшой рост товарооборота экспорта в Свердловской области – на 103 % (с 804,723 тыс. т в 2018 г. до 830,061 тыс. т в 2019 г.).

Радикальное падение экспорта имело место в Тюменской области – на 31,2 % (с 83,74 тыс. т в 2018 г. 57,5517 тыс. т в 2019 г.) и небольшое снижение в ХМАО – на 8 % (с 173,673 тыс. т в 2018 г. до 159,808 тыс. т в 2019 г.).

На втором этапе (2020–2021 гг.) негативно сказалась на объемах экспорта в регионах УрФО первая волна COVID-19, в результате

Сравнительная динамика темпов роста физического объема товарных потоков экспорта в Республику Казахстан в разрезе субъектов УрФО за 2018–2021 гг., тыс. т

Регионы УрФО	Товарные потоки экспорта в Казахстан				Темпы роста 2019 г. к 2018 г., %	Темпы роста 2020 г. к 2019 г., %	Темпы роста 2021 г. к 2020 г., %
	2018	2019	2020	2021			
Челябинская область	1560,90100	1759,828	1628,53400	1794,372	112	92,5	110
Свердловская область	804,72300	830,061	940,06900	1120,351	103	113	119
Курганская область	49,85500	79,302	159,03100	199,861	159	200	125
Тюменская область	173,67300	159,808	78,55600	140,685	92	49	179
ХМАО	83,74700	57,551	90,37800	128,822	68	157	142
ЯНАО	4,08709	0	0,08025	0	—	100	-
УрФО ВСЕГО	2667,80000	2877,200	2887,10000	3372,900	107	100	116

Источник: составлено и рассчитано по данным Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2023).

которой было зафиксировано сокращение товарооборота экспорта на протяжении трех месяцев подряд, с февраля по апрель 2020 г.

Динамика товарооборота экспорта в разрезе регионов УрФО в Республику Казахстан за 2018–2021 гг. с разбивкой по месяцам приведена на рисунке 6.7.

Начиная с сентября 2020 г. можно отметить перелом отрицательной динамики товарооборота экспорта. Объемы росли планомерно и пик пришелся на июнь–август 2021 г. Однако в целом по результатам 2020 г. физические объемы экспорта не просели и остались на уровне 2019 г. Далее в связи с ослаблением ограничительных мер, введенных в период коронакризиса, и повышением деловой активности экспорт восстановился и рос.

Темпы роста товарных потоков экспорта по УрФО, представленных в таблице 6.19, составили 116,8 % к аналогичному периоду 2020 г., увеличившись в физическом объеме на 485,8 тыс. т

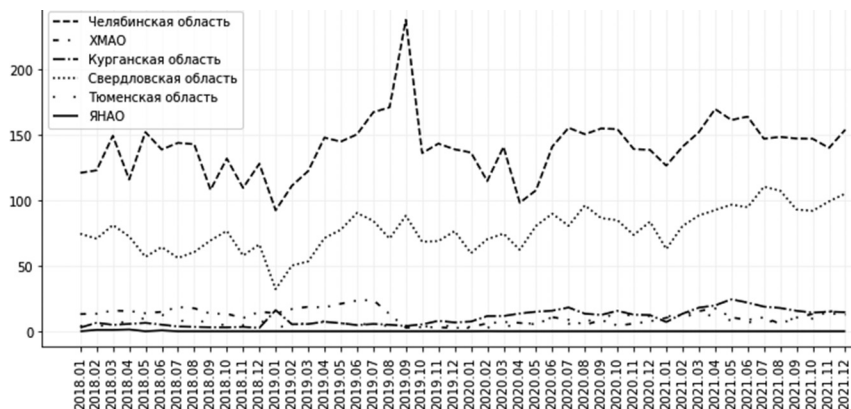


Рис. 6.7. Динамика товарных потоков экспорта в разрезе регионов УрФО в Республику Казахстан за период 2018–2021 гг., тыс. т (источник: составлено и рассчитано по данным Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2023))

(с 2887,1 тыс. т в 2020 г. до 3372,9 тыс. т в 2021 г.) и на 126 % к аналогичному периоду 2018 г. На этом этапе лидером экспорта товарных потоков по темпам роста в Республику Казахстан явился Ханты-Мансийский автономный округ, где темпы роста составили 179 %, далее по убыванию Тюменская область — 142 %, Курганская область — 124,6 %, Свердловская область — 119 %, Челябинская область — 110 %. На рост товарооборота повлияло и постепенное открытие границ между странами на фоне ослабления ограничений, и серьезный рост цен, зафиксированный во всем мире.

Лидерами физического объема экспорта регионами УрФО в Республику Казахстан на протяжении четырех лет являются Челябинская и Свердловская области, доля которых в 2021 г. в сумме составляет 86,3 % от общего товарооборота экспорта УрФО (табл. 6.19).

Наибольший объем товарных потоков экспорта в натуральном выражении в 2021 г. пришелся на Челябинскую область — 1794,372 тыс. т (53,1 %) от суммарного объема УрФО и далее по убыванию на Свердловскую область — 1120,351 тыс. т (33,2 %) и на Курганскую область — 199,861 тыс. т (5,9 %), ХМАО — 140,685 тыс. т (4,17 %), Тюменскую область — 128,822 тыс. т (3,8 %). В ЯНАО в 2021 г. товарооборот экспорта отсутствовал. Стоит отметить увеличение доли экспорта в Курганской области почти в 2,5 раза — с 1,8 % в 2018 г. до 5,9 % в 2021 г.

Таблица 6.19
Сравнительная динамика удельного веса физического объема экспорта в разрезе регионов УрФО в Республику Казахстан за 2018–2021 гг., %

Регионы УрФО	Экспорт				Доля региона в об- щем объеме экспорта УрФО в 2018 г., %	Доля региона в об- щем объеме экспорта УрФО в 2019 г., %	Доля региона в об- щем объеме экспорта УрФО в 2020 г., %	Доля региона в об- щем объеме экспорта УрФО в 2021 г., %
	2018	2019	2020	2021				
Челябинская область	1560,90100	1759,828	1628,53400	1794,372	58,5	61,1	56,4	53,1
Свердловская область	804,72300	830,061	940,06900	1120,351	30,1	28,8	32,5	33,2
Курганская область	49,85500	79,302	159,03100	199,861	1,8	2,7	5,5	5,92
ХМАО	173,67300	159,808	78,55600	140,685	6,5	5,5	2,7	4,17
Тюменская область	83,74700	57,551	90,37800	128,822	3,1	2,0	3,1	3,8
ЯНАО	4,08709	0	0,08025	0	0,1	—	0,002	—
УрФО	2667,80000	2877,200	2887,10000	3372,900	100	100	100	100
Всего								

Источник: составлено и рассчитано по данным Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2023).

Таким образом, положительная динамика в поставках экспортной продукции УрФО в Республику Казахстан в период 2018–2021 гг. объясняется сильно выросшими ценами на сырье, металлы, расширениями поставок в натуральном выражении, заключенными долгосрочными контрактами и особенностями приграничной торговли. Экспортная деятельность УрФО в Республику Казахстан в существенной мере определяется как тенденциями, складывающимися в региональном топливно-энергетическом комплексе, вовлеченном в глобальный мировой рынок и зависящем от динамики его конъюнктуры, так и ограничительными мерами, связанными с пандемией COVID-19, и характеризует ярко выраженную промышленную специализацию регионов УрФО во взаимной торговле с Казахстаном.

Рассмотрим подробно динамику структуры товарных потоков экспорта в физическом объеме за период 2018–2021 гг. по каждому региону УрФО.

В Ханты-Мансийском автономном округе оценка динамики внешнеторгового оборота экспорта за 2018–2021 гг. свидетельствует, что ключевые события как в мире, так и в России, например, повышение цен на нефть и металлы, инфляция, ковидные ограничения, отрицательно повлияли на объем экспорта в Республику Казахстан (табл. 6.20). Небольшой спад товарооборота по экспорту выявлен в конце 2019 г., а продолжительное максимальное падение в течение 2020 г. Восстановление товарооборота по экспорту началось только в 3 и 4 кварталах 2021 г., достигшее рекордных значений в физическом выражении. Падение экспорта в 2019 г. составило 92 % к аналогичному периоду 2018 г. и на 50 % в 2020 г. к аналогичному периоду 2019 г. В 2021 г. экспорт вырос, темпы роста составили 179 % к уровню 2020 г. В весовом выражении экспорт в 2021 г. увеличился на 62,129 тыс. т — с 78,556 тыс. т в 2020 г. до 140,685 тыс. т в 2021 г. Однако уровень 2018 г. так и не был достигнут (173,673 тыс. т).

Анализ структуры товарных групп экспорта за четыре года показал, что 10 основных товарных групп составляли 99 % от общего объема экспорта региона в Республику Казахстан. Динамика объемов товарооборота экспорта по 10 товарным группам полностью соответствует общему тренду товарных потоков экспорта по региону. А именно, в 2021 г. темпы роста составили 179 % к уровню 2020 г. (табл. 6.20).

На протяжении анализируемого периода товарная структура экспорта ХМАО в Республику Казахстан в целом оставалась

Таблица 6.20

Оценка динамики товарных потоков экспорта из Ханты-Мансийского автономного округа в Республику Казахстан за 2018–2021 гг., тыс. т

ТНВЭД	Экспорт 2018 г.	ТНВЭД	Экспорт 2019 г.	ТНВЭД	Экспорт 2020 г.	ТНВЭД	Экспорт, 2021 г.
44	173,277	44	159,484↓	44	77,492↓	44	138,625↑
85	0,124	16	0,108	89	0,535	84	1,595↑
10	0,121	73	0,059↑	72	0,181↑	16	0,168↑
84	0,088	85	0,054↓	16	0,112↑	27	0,095
87	0,024	87	0,040↑	84	0,081↑	87	0,085↑
25	0,020	84	0,039↓	87	0,054↑	25	0,036↑
73	0,006	39	0,009↑	85	0,053↓	72	0,025↓
90	0,005	28	0,004↓	73	0,027	28	0,014↑
28	0,003	72	0,003	25	0,005	86	0,012
72	0,002	34	0,002	28	0,004	40	0,007
Итого 10 ТГ	173,670	Итого 10 ТГ	159,802↓	Итого 10 ТГ	78,544↓	Итого 10 ТГ	140,662↑
Другие ТНВЭД	0,004	Другие ТНВЭД	0,008↑	Другие ТНВЭД	0,011↑	Другие ТНВЭД	0,022↑
Все ТНВЭД	173,673	Все ТНВЭД	159,808↓	Все ТНВЭД	78,556↓	Все ТНВЭД	140,685↑

Источник: составлено и рассчитано по данным Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2023).

неизменной. Структура товарных групп дифференцирована и имеет значительный промышленный уклон в сторону лесоматериалов и продукции машиностроения.

В структуре экспортируемых товаров ХМАО в 2021 г. основную долю в общем объеме экспорта занимает товарная группа по коду 44 «Древесина и изделия из нее» — 98 %, с большим отставанием идет товарная группа по коду 84 «Реакторы ядерные, котлы, оборудование, устройства» — 1,13 %. В натуральном выражении объем экспорта по этим двум товарным группам в 2021 г. увеличился на 62,647 тыс. т — с 77,573 тыс. т в 2020 г. до 140,22 тыс. т в 2021 г. (табл. 6.20).

Удельный вес остальных 8 товарных групп равен всего 0,25 %, доля которых составляет в порядке убывания:

— код 16 «Готовые продукты из мяса, рыбы или ракообразных» — 0,11 %;

- код 27 «Топливо минеральное, нефть и продукты их перегонки» — 0,06 %;
- код 87 «Средства наземного транспорта и их части» — 0,06 %;
- код 25 «Соль, сера, земли, камень, штукатурные материалы» — 0,017 %;
- код 72 «Черные металлы» — 0,017 %;
- код 28 «Продукты неорганической химии» — 0,009 %;
- код 86 «Реакторы ядерные, котлы, оборудование, устройства» — 0,008 %;
- код 40 «Каучук, резина и изделия из них» — 0,004 %.

Анализ структуры товарных потоков экспорта по темпам роста в разрезе 10 товарных групп в таблице 6.20 свидетельствует о кардинальном значении темпов роста товарооборота экспорта в 2021 г. по товарным группам по кодам:

- 84 «Реакторы ядерные, котлы, оборудование, устройства» в 19,6 раза (1969 %), при этом весовые объемы экспорта увеличились на 1,514 тыс. т с 0,008 тыс. т в 2020 г. до 1,595 тыс. т в 2021 г.;
- 25 «Соль, сера, земли, камень, штукатурные материалы» — в 7,2 раза (720 %);
- 28 «Продукты неорганической химии» — в 3,5 раз (350 %).

Радикальные темпы роста имели место и в товарной группе по коду 44 «Древесина и изделия из нее» — на 178 %, которая лидирует по физическим объемам экспорта. Увеличение в 2021 г. составило 61,133 тыс. т — с 77,492 тыс. т в 2020 г. до 138,625 тыс. т в 2021 г.

Существенные темпы роста также выявлены по товарным группам в порядке убывания:

- код 16 «Готовые продукты из мяса, рыбы или ракообразных» — 150 %;
- код 87 «Средства наземного транспорта и их части» — 161 %.

Пандемия COVID-19 существенно повлияла на поставки экспорта по товарной группе код 72 «Черные металлы»: поставки упали на 86 %.

В 2020 г. ограничительные меры во время пандемии оказали негативное воздействие на объемы экспорта по товарным группам по убыванию:

- код 44 «Древесина и изделия из нее» — на 51 %;
- код 85 «Электрические машины и оборудование» — на 1,8 %.

Восстановление товарооборота экспорта обусловило диверсификацию экспортной продукции. Выявлены новые направления товарооборота экспорта.

В 2020 г. изменение структуры экспорта произошло за счет товарных групп:

— код 89 «Суда, лодки, плавучие конструкции» в весовом объеме 0,535 тыс. т;

— код 73 «Изделия их черных металлов» на сумму» в весовом объеме 0,027 тыс. т;

— код 25 «Соль, сера, земли, камень, штукатурные материалы» в весовом объеме 0,005 тыс. т.

В 2021 г. изменение структуры экспорта произошло за счет товарных групп:

— код 86 «Реакторы ядерные, котлы, оборудование, устройства» в физическом объеме 0,012 тыс. т;

— код 40 «Каучук, резина и изделия из них» в физическом объеме 0,007 тыс. т.

Суммарный весовой объем экспорта по новым товарным группам в 2020 г. составил 0,567 тыс. т (доля 0,7 % от общего товарооборота экспорта), а в 2021 г. — объемом 0,007 тыс. т (доля 0,013 % от общего товарооборота экспорта).

Таким образом, рост экспорта из ХМАО в Республику Казахстан обусловлен как структурными факторами, так и ограниченными возможностями внутреннего производства, а также особенностями потребительских предпочтений населения региона. В существенной мере экспортная деятельность определялась тенденциями, складывающимися на мировом рынке, зависящем от динамики его конъюнктуры, а также ограничительными мерами, связанными с пандемией COVID-19. Объемы экспорта снизились на 8 % в 2019 г. к аналогичному периоду 2018 г. и на 50 % в 2020 г. к аналогичному периоду 2019 г. В 2021 г. экспорт восстановился и вырос. Темпы роста составили 179 % к уровню 2020 г.

Десять основных товарных групп составляли 99 % от общего объема экспорта региона в Республику Казахстан. Главный из несырьевых товаров, экспортируемый из региона в Казахстан — древесина и изделия из нее. Весовой объем экспортных поставок составил в 2021 г. 138,625 тыс. т, 98 % от общего объема экспорта. Вторая позиция — продукция машиностроения — 1,13 % в физическом объеме 1,595 тыс. т. В натуральном выражении объем экспорта по этим двум товарным группам в 2021 г. увеличился на 62,647 тыс. т.

Кардинальный рост показали: продукция машиностроения — в 19,6 раза (389 %); строительные материалы — в 3,4 раза (340 %); керамические изделия — в два раза (1969 %), строительные

материалы — в 7,2 раза (720 %); химическая продукция — в 3,5 раз (350 %), а также древесина — на 78 %, пищевая продукция — на 50 %.

Стоит отметить, что регион оперативно отреагировал на внешние вызовы, где усилия были направлены на изменение структуры экспорта по развитию несырьевого неэнергетического экспорта, что крайне важно при сохранении баланса добывающих и обрабатывающих мощностей.

Оценка динамики объема товарных потоков экспорта Тюменской области в Республику Казахстан в 2018–2021 гг. свидетельствует о положительной динамике роста товарооборота экспорта (табл. 6.21). Небольшое падение весовых объемов экспорта выявлено в 2019 г. Товарооборот экспорта существенно снизился на 31,2 % — с 83,747 тыс. т в 2018 г. до 57,551 тыс. т в 2019 г. Рост торговой напряженности в связи с принятыми ограничениями в период коронакризиса не повлиял на объемы товарооборота в Тюменской области в последующих периодах и восстанавливался уверенными темпами. Так, в 2021 г. темпы роста общего объема экспорта составили 142 % к аналогичному уровню 2020 г., 223 % к аналогичному уровню 2019 г., 153,8 % к аналогичному уровню 2018 г. В натуральном выражении экспорт увеличился в 2021 г. на 38,444 тыс. т к уровню 2020 г. — с 90,378 тыс. т в 2020 г. до 128,822 тыс. т в 2021 г.

Анализ в разрезе товарных групп структуры экспорта Тюменской области в Республику Казахстана за 2018–2021 гг. показал, что 10 основных видов товарных групп обеспечивали 90 % экспорта в 2020 г. и 96 % в 2021 г. В 2021 г. темп роста товарооборота импорта по 10 основным видам товарных групп увеличился на 149,6 % к уровню 2020 г., в 2020 г. на 151 % к уровню 2019 г. (табл. 6.21).

Структура экспорта на протяжении четырех лет диверсифицируется, наращивается доля экспорта продукции деревообработки, химической, зерновой продукции, стройматериалы. Доля трех товарных групп по кодам 39 «Пластмассы и изделия из них» (26,7 %), 44 «Древесина и изделия из нее» (22,4 %), 69 «Керамические изделия» (16,2 %) в 2021 г. составила в сумме 65,3 % от общего объема товарооборота импорта общим объемом 84,29 тыс. т. В натуральном выражении объем экспорта в 2021 г. увеличился на 38,44 тыс. т — с 90,378 тыс. т в 2020 г. до 128,822 тыс. т в 2021 г.

Удельный вес остальных 7 товарных групп равен 31,2 %, доля которых составляет в порядке убывания:

- код 10 «Злаки» — 11,2 %;
- код 68 «Изделия из камня, гипса, цемента» — 6,5 %;

Таблица 6.21

**Оценка динамики товарных потоков экспорта из Тюменской области
в Республику Казахстан за 2018–2021 гг., тыс. т**

ТНВЭД	Экспорт 2018 г.	ТНВЭД	Экспорт 2019 г.	ТНВЭД	Экспорт 2020 г.	ТНВЭД	Экспорт 2021 г.
44	21,797	44	15,454↓	44	27,022↑	39	34,410↑
39	17,874	39	13,657↓	39	19,094↑	44	28,967↑
68	13,369	68	7,129↓	69	10,364	69	20,913↑
27	8,725	04	5,693	84	8,686↑	10	14,542↑
70	6,880	10	5,129	04	5,182↑	68	8,458↑
04	5,099	70	2,372↓	10	3,732↑	04	6,917↑
10	4,151	84	2,274	70	2,938↓	73	2,912
19	0,738	27	1,273↓	68	2,483	29	2,785↑
07	0,602	94	1,081	29	1,540	70	2,532↓
85	0,577	19	0,582	85	1,515	85	1,140↓
Итого 10 ТГ	79,812	Итого 10 ТГ	54,644↓	Итого 10 ТГ	82,556↑	Итого 10 ТГ	123,576↑
Другие ТНВЭД	3,936	Другие ТНВЭД	2,909↓	Другие ТНВЭД	7,821↑	Другие ТНВЭД	5,246↓
Все ТНВЭД	83,747	Все ТНВЭД	57,551↓	Все ТНВЭД	90,378↑	Все ТНВЭД	128,822↑

Источник: составлено и рассчитано по данным Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2023).

— код 04 «Молочная продукция, яйца птиц, мед, пищевые продукты» — 6,5 %;
 — код 73 «Изделия из черных металлов» — 2,2 %;
 — код 29 «Органические химические соединения» — 2,1 %;
 — код 70 «Стекло и изделия из него» — 1,9 %;
 — код 85 «Электрические машины и оборудование, и их части» — 0,8 %.

По данным таблицы 6.21 можно увидеть, что в 2021 г. Тюменская область восстановила и нарастила объемы экспорта по традиционным товарным позициям. Кардинальные темпы роста имели место по следующим товарным группам в порядке убывания:

- код 10 «Злаки» — почти в четыре раза (389 %);
- код 68 «Изделия из камня, гипса, цемента» — в три раза (340 %);
- код 69 «Керамические изделия» — почти в два раза (196,5 %);
- код 39 «Пластмассы и изделия из них» — 180 %;
- код 29 «Органические химические соединения» — 180 %.

Существенные темпы роста выявлены также по товарным группам в порядке убывания:

— код 04 «Молочная продукция, яйца птиц, мед, пищевые продукты» — 133 %;

— код 44 «Древесина и изделия из нее» — 107 %.

Наибольшее влияние пандемия COVID-19 оказала на сокращение экспорта в 2021 г., где зафиксировано снижение по трем товарным группам в порядке убывания:

— код 85 «Электрические машины и оборудование, и их части» — на 24,7 %;

— код 70 «Стекло и изделия из него» — на 13,8 %.

Изменения структуры экспорта 10 товарных групп наблюдалось в течение 2019–2021 гг. Диверсификация экспорта проявилась в появлении новых товарных групп:

— в 2019 г.: код 84 «Реакторы ядерные, котлы, оборудование» физическим объемом 2,274 тыс. т; код 94 «Мебель, постельные принадлежности, матрасы» физическим объемом 1,081 тыс. т; код 19 «Готовые продукты из зерна, злаков, муки, крахмала» физическим объемом 0,582 тыс. т. Общий весовой объем экспорта новых товарных составил 3,937 тыс. т. Доля этих товарных групп составила 6,8 % от общего товарооборота экспорта региона;

— в 2020 г.: код 29 «Органические химические соединения» физическим объемом 1,54 тыс. т; код 68 «Изделия из камня, гипса, цемента» физическим объемом 2,483 тыс. т; код 69 «Керамические изделия» физическим объемом 10,364 тыс. т; код 85 «Электрические машины и оборудование, и их части» физическим объемом 1,515 тыс. т. Общий весовой объем экспорта новых товарных составил 12,421 тыс. т;

— в 2021 г.: код 73 «Изделия из черных металлов» физическим объемом 2,912 тыс. т.

Таким образом, состояние экспортной деятельности Тюменской области в Республику Казахстан определяется трендом на его наращивание. Регион оперативно отреагировал на внешние вызовы, где усилия были направлены на изменение структуры экспорта. Снижение объемов экспорта в 2019 г. на 31 % в связи с изменениями по схеме отправки продукции на экспорт и учетом таможенной статистики, где экспорт не учитывался в региональной таможенной статистики и решений ОПКЕК+ [169], сменилось ростом поставок в 2021 г. на 142,6 % к аналогичному уровню 2020 г., 223 % к аналогичному уровню 2019 г. В натуральном выражении экспорт

увеличился в 2021 г. на 38,444 тыс. т к уровню 2020 г. — с 90,378 тыс. т в 2020 г. до 128,822 тыс. т в 2021 г.

В структуре товарных потоков основная доля пришлась на химическую продукцию (26,7 %), продукцию деревообработки (22,4 %), строительные материалы (16,2 %). 10 основных товарных групп составляют 96 % к общему объему экспорта. Тюменская область в 2021 г. радикально нарастила объемы товарооборота экспорта, превысив допандемийный уровень на 50 %. Радикальный рост показали: зерновая продукция — почти в четыре раза (389 %); строительные материалы — в 3,4 раза (340 %); керамические изделия — в два раза (196,5 %); химическая продукция — на 180 %.

Выровнять объемы товарооборота экспортных поставок удалось за счет увеличения объемов поставок в условиях снижения мировых цен и инфляции, что характеризует Тюменскую область как экспортно-ориентированный регион в части несырьевого экспорта.

Оценка динамики товарных потоков экспорта из Курганской области в Республику Казахстан за период 2018–2021 гг. показала ежегодные темпы роста товарооборота экспорта, достигнув максимума в 2021 г. в весовом объеме 199,861 тыс. т. (табл. 6.22). Темпы роста составили 125,6 % к аналогичному периоду 2020 г., радикальный рост в 2,5 раза (252 %) к аналогичному периоду 2019 г. и в 4 раза (400 %) к аналогичному периоду 2018 г.

Весовой объем экспортных поставок из региона в 2021 г. составил 199,861 тыс. т, увеличившись на 40,851 тыс. т в сравнении с 2020 г.

Анализ структуры товарных групп экспорта за четыре года показал, что 10 основных товарных групп составляли 97 % от общего объема экспорта региона в Республику Казахстан. Динамика объемов товарооборота экспорта по 10 товарным группам полностью соответствует общему тренду товарных потоков экспорта по региону. А именно, в 2021 г. темпы роста составили 127 % к уровню 2020 г.

На протяжении всего анализируемого периода товарная структура экспорта из Курганской области в Республику Казахстан в целом оставалась неизменной. Структура товарных групп дифференцирована и имеет значительный промышленный уклон в части лесоматериалов, продукции машиностроения, продуктов питания.

По данным таблицы 6.22, в структуре экспортируемых товаров из Курганской области в 2021 г. основную долю в общем объеме экспорта занимают товарные группы: по коду 44 «Древесина и изделия из нее» — 58 %, с большим отставанием идут товарные группы по коду 68 «Изделия из камня, гипса, цемента» — 21,2 % и коду

Таблица 6.22

**Оценка динамики товарных потоков экспорта из Курганской области
в Республику Казахстан за 2018–2021 гг., тыс. т**

ТНВЭД	Экспорт, 2018 г.	ТНВЭД	Экспорт, 2019 г.	ТНВЭД	Экспорт, 2020 г.	ТНВЭД	Экспорт, 2021 г.
44	17,522	73	24,227↑	44	69,343↑	44	116,391↑
73	7,001	44	18,119↑	10	29,443↑	68	42,384↑
10	6,580	10	15,061↑	69	17,280↑	69	20,525↑
69	3,495	69	6,886↑	68	16,733	10	6,439↓
21	3,358	21	3,235↓	73	10,337↓	21	2,751↓
04	2,066	04	2,050↓	21	3,285↑	19	1,473↓
19	1,740	19	1,630	12	1,648	84	1,274↓
86	1,513	84	1,242↑	19	1,545↓	22	1,024
87	1,308	87	1,042↓	07	1,422↑	87	0,863
84	0,976	07	0,894	84	1,363↓	04	0,860
Итого 10 ТГ	45,559	Итого 10 ТГ	74,386↑	Итого 10 ТГ	152,399↑	Итого 10 ТГ	193,984↑
Другие ТНВЭД	4,296	Другие ТНВЭД	4,918↑	Другие ТНВЭД	6,632↑	Другие ТНВЭД	5,878↑
Все ТНВЭД	49,855	Все ТНВЭД	79,302↑	Все ТНВЭД	159,031↑	Все ТНВЭД	199,861↑

Источник: составлено и рассчитано по данным Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2023).

69 «Керамические изделия» — 10,27 %. Доля трех групп в общей сумме составила 89,4 %.

В натуральном выражении объем экспорта по этим трем товарным группам в 2021 г. увеличился на 75,944 тыс. т — с 103,356 тыс. т в 2020 г. до 179,3 тыс. т в 2021 г.

Удельный вес остальных 8 товарных групп равен всего 7,38 %, доля которых составляет в порядке убывания:

- код 10 «Злаки» — 3,2 %;
- код 21 «Разные пищевые продукты» — 1,37 %;
- код 19 «Готовые продукты из зерна, злаков, муки» — 0,7 %;
- код 84 «Реакторы ядерные, котлы, оборудование» — 0,6 %;
- код 22 «Алкогольные и безалкогольные напитки» — 0,51 %;
- код 87 «Средства наземного транспорта, их части и принадлежности» — 0,4 %;
- код 04 «Молочная продукция, яйца птиц, мед, пищевые продукты» — 0,6 %.

Анализ динамики структуры экспорта Курганской области в разрезе 10 товарных групп в таблице 6.22 свидетельствует, что радикальные темпы роста в 2021 г. продемонстрировала товарная группа по коду 68 «Изделия из камня, гипса, цемента» — в 2,5 раза (253 %) и составила в весовом объеме 42,384 тыс. т.

Также существенные темпы роста показали следующие товарные группы по убыванию:

- код 44 «Древесина и изделия из нее» — 167 %;
- код 69 «Керамические изделия» — 118 %.

Падение товарооборота экспорта в 2021 г. наблюдается по следующим товарным группам по убыванию:

- код 10 «Злаки» — на 78 %;
- код 21 «Разные пищевые продукты» — 16,2 %;
- код 19 «Готовые продукты из зерна, злаков, муки» — 4,6 %;
- код 84 «Реакторы ядерные, котлы, оборудование» — 6,5 %.

Ежегодно на протяжении 4 лет происходила диверсификация 10 товарных групп. Изменение структуры экспорта произошло за счет появления новых товарных групп:

— в 2021 г.: по коду 22 «Алкогольные и безалкогольные напитки» весовым объемом 1,024 тыс. т; по коду 87 «Средства наземного транспорта, их части и принадлежности» весовым объемом 0,863 тыс. т; по коду 04 «Молочная продукция, яйца птиц, мед, пищевые продукты» весовым объемом 0,86 тыс. т. Удельный вес составил 1,51 % от общего объема экспорта;

— в 2020 г.: по коду 68 «Изделия из камня, гипса, цемента» весовым объемом 16,733 тыс. т; по коду 12 «Масличные семена и плоды» весовым объемом 1,648 тыс. т. Доля двух товарных групп составила 11,5 % от общего объема экспорта.

Из товарооборота 10 основных товарных групп за 2020–2021 гг. выпали товарные группы: код 04 «Молочная продукция, яйца птиц, мед, пищевые продукты», код 07 «Овощи корнеплоды», код 87 «Средства наземного транспорта».

Таким образом, анализ товарных потоков из Курганской области в Республику Казахстан за период 2018–2021 гг. демонстрирует положительную динамику. Темпы роста объемов экспорта ежегодно росли и в 2021 г. составили 125,6 % к аналогичному периоду 2020 г., в 2,5 раза (252 %) к аналогичному периоду 2019 г. и в 4 раза (400 %) к аналогичному периоду 2018 г. Весовой объем экспортных поставок из региона в 2021 г. составил 199,861 тыс. т, увеличившись на 40,851 тыс. т в сравнении с 2020 г. и на 150,006 тыс. т к аналогичному периоду 2018 г.

Анализ структуры товарных групп экспорта за четыре года показал, что 10 основных товарных групп составляли 97 % от общего объема экспорта региона в Республику Казахстан. Основой экспортных поставок региона в Казахстан в 2021 г. явилась продукция лесопереработки (58 %) и строительные материалы (31,47 %), весомым объемом 179,3 тыс. т, увеличившись на 75,944 тыс. т к уровню 2020 г. Радикальные темпы роста в 2021 г. продемонстрировала товарная группа по коду 68 «Изделия из камня, гипса, цемента» — в 2,5 раза (253 %) в весовом объеме 42,384 тыс. т и по коду 44 «Древесина и изделия из нее» — 167 %. Снижение деловой активности в 2020 г. в виде сокращения количества сделок внесло свои коррективы в товарную структуру импорта. В десятку основных товарных групп импорта из Республики Казахстан впервые за два года не вошли товарные группы по коду 86 «Железнодорожные локомотивы и их части» и по коду 73 «Изделия из черных металлов», которые составляли основу экспорта в 2018–2019 гг. Диверсификация экспорта произошла: в 2021 г. за счет пищевой продукции (коды ТНВЭД 22, 04) и продукции машиностроения (код ТНВЭД 87); в 2021 г. за счет строительных материалов (код ТНВЭД 68) и пищевой продукции (код ТНВЭД 12).

Экспортная деятельность Курганской области успешно преодолела колебания мировых цен на нефть и металлы, ограничительные меры по введению локдаунов и закрытие границы, связанные с пандемией COVID-19, используя свое конкурентное преимущество в виде прогрессивной товарной структуры экспорта.

Анализ динамики товарных потоков экспорта из Свердловской области в Республику Казахстан за период 2018–2021 гг. выявил устойчивую динамику роста товарооборота экспорта (табл. 6.23). Весовые объемы экспорта ежегодно росли, максимальный пик роста пришелся на 2021 г. Темпы роста в 2021 г. составили 119,1 % к аналогичному периоду 2020 г., 135 % к аналогичному периоду 2019 г., 139 % к аналогичному периоду 2019 г. Весовой объем экспорта в 2021 г. увеличился на 180,282 тыс. т — с 940,069 тыс. т в 2020 г. до 1120,351 тыс. т в 2021 г.

Товарная структура импорта не претерпела существенных изменений. Удельный вес 10 основных товарных групп экспорта в Республику Казахстан от общего объема экспорта на протяжении четырех лет составлял 90–91 %.

Доля четырех товарных групп по коду 44 «Древесина и изделия из нее» (21,4 %), коду 28 «Продукты неорганической химии» (16,9 %), коду 72 «Черные металлы» (15,5 %), коду 25 «Соль, сера, земля, камень, штукатурные материалы» (9,3 %) в 2021 г. составила

**Оценка динамики товарных потоков экспорта из Свердловской области
в Республику Казахстан за 2018–2021 гг., тыс. т**

ТНВЭД	Экспорт 2018 г.	ТНВЭД	Экспорт 2019 г.	ТНВЭД	Экспорт 2020 г.	ТНВЭД	Экспорт 2021 г.
44	204,737	44	226,529↑	28	261,343↑	44	240,305↑
72	135,630	72	138,605↑	44	167,311↓	28	190,449↓
73	111,855	25	87,588↑	72	114,678↓	72	173,973↑
25	84,590	73	77,008↓	73	91,307↑	25	104,297↑
26	77,538	69	68,036↑	25	78,372↓	69	88,426↑
69	66,578	28	68,033	69	67,958↓	73	81,989↓
68	29,688	68	29,684↓	68	31,881↑	27	58,858↑
38	9,011	94	25,324	27	22,754	68	38,366↑
39	8,773	26	12,415↓	39	13,796	26	23,901↑
86	8,069	86	11,118↑	26	8,599↓	39	21,889↑
Итого 10 ТГ	736,469	Итого 10 ТГ	744,340↑	Итого 10 ТГ	857,999↑	Итого 10 ТГ	1022,453↑
Другие ТНВЭД	68,254	Другие ТНВЭД	85,722↑	Другие ТНВЭД	82,070↓	Другие ТНВЭД	97,899↑
Все ТНВЭД	804,723	Все ТНВЭД	830,061↑	Все ТНВЭД	940,069↑	Все ТНВЭД	1120,351↑

Источник: составлено и рассчитано по данным Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2023).

в сумме 63 % от общего объема товарооборота импорта общим объемом 709,024 тыс. т.

В натуральном выражении объем экспорта в 2021 г. увеличился на 180,069 тыс. т — с 940,069 тыс. т в 2020 г. до 1120,351 тыс. т в 2021 г.

Удельный вес остальных 6 товарных групп равен 26,1 %, доля которых составляет в порядке убывания:

- код 69 «Керамические изделия» — 7,8 %;
- код 73 «Изделия из черных металлов» — 7,3 %;
- код 27 «Топливо минеральное, нефть и продукты их перегонки» — 5,2 %;
- код 68 «Изделия из камня, гипса, цемента» — 3,4 %;
- код 26 «Руды, шлак, зола» — 2 %;
- код 39 «Пластмассы и изделия из них» — 1,8 %.

По данным таблицы 6.23, Свердловская область нарастила объемы экспорта в Казахстан по традиционным товарным позициям, по которым имело место увеличение поставок весовых объемов

товаров. А именно, радикальные темпы роста объема экспорта в 2021 г. в сравнении с 2020 г. показали две товарные позиции в порядке убывания:

- код 26 «Руды, шлак и зола» — на 277,9 %;
- код 27 «Топливо минеральное, нефть и продукты их перегонки» — на 258,6 %.

Существенные темпы роста также выявлены по товарным группам в порядке убывания:

- код 39 «Пластмассы и изделия из них» — на 158,6 %;
- код 72 «Черные металлы» — на 151,7 %;
- код 44 «Древесина и изделия из нее» — на 143,6 %;
- код 25 «Соль, сера, земли, камень, штукатурные материалы» — на 133 %;
- код 68 «Изделия из камня, гипса, цемента» — на 120,3 %.

Пандемия COVID-19 повлияла только на две товарные группы, где падение объемов экспорта имело место по двум товарным группам:

- код 28 «Продукты неорганической химии» — на 27 %;
- код 73 «Изделия из черных металлов» — на 10 %.

Стоит отметить, что ограничительные меры в период пандемии внесли изменения в топ-10 товарных групп импорта.

В 2020–2021 гг. в десятку основных товарных групп экспорта Свердловской области в Казахстан не вошли товарные группы: код 86 «Железнодорожные локомотивы, подвижной состав и их части», код 94 «Мебель, постельные принадлежности, матрацы» и код 38 «Прочие химические продукты», которые составляли основу экспорта в 2018–2019 гг.

В 2020 г. в товарной структуре экспорта появились новые группы товаров, которые в течение двух лет не входили в топ-10: товарная группа по коду 27 «Топливо минеральное, нефть и продукты их перегонки» физическим объемом 22,754 тыс. т и по коду 39 «Пластмассы и изделия из них» физическим объемом 13,796 тыс. т.

Таким образом, в Свердловской области товарная структура импорта дифференцирована и имеет значительный промышленный уклон. В номенклатуре поставок в 2021 г. зафиксирован рост свердловского экспорта минерального и строительного сырья, древесины, металлургической продукции и химической продукции. Четыре ведущие товарные группы экспорта (по кодам ТНВЭД 44, 25, 28, 72) в Республику Казахстан составляют 63 % от общего объема экспорта региона. Пандемия в целом не оказала существенного влияния на внешнеторговую деятельность с Республикой

Казахстан. Темпы роста в 2021 г. составили 119,1 % к аналогичному периоду 2020 г., 135 % к аналогичному периоду 2019 г., 139 % к аналогичному периоду 2019 г.

Увеличение объемов экспорта сырья и металлургической продукции связано в основном со снижением цен на мировых рынках. Выровнять показатели удалось за счет конъюнктуры на отраслевых рынках и увеличения объемов поставок в условиях снижения цены основной экспортной продукции, что характеризует Свердловскую область как самый экспортно-ориентированный регион в части несырьевого экспорта.

В Челябинской области наблюдается устойчивое увеличение товарооборота экспортной продукции (табл. 6.24). Темпы роста товарооборота экспорта в 2021 г. составили 110 % к аналогичному уровню 2020 г., 102 % к уровню 2019 г., 149 % к уровню 2018 г. В 2021 г. экспорт товарных поток в весовом объеме увеличился на 165,838 тыс. т — с 1628,534 тыс. т в 2020 г. до 1794,372 тыс. т в 2021 г.

Таблица 6.24

Оценка динамики товарных потоков экспорта из Челябинской области в Республику Казахстан в период 2018–2021 гг., тыс. т

ТНВЭД	Экспорт 2018 г.	ТНВЭД	Экспорт 2019 г.	ТНВЭД	Экспорт 2020 г.	ТНВЭД	Экспорт, 2021 г.
72	703,924	72	673,129	72	556,863↓	72	653,166↑
27	251,313	73	261,991↑	25	294,652↑	25	328,321↑
25	192,987	25	251,119↑	27	177,504↑	27	183,970↑
73	124,001	27	171,333	73	145,017↓	69	149,660↑
69	78,299	69	68,242	69	100,640↑	73	125,123↓
68	46,908	68	60,284↑	68	76,314↑	68	94,025↑
28	15,968	28	43,634↑	10	45,175↑	10	36,773↓
10	13,929	10	41,409↑	26	34,622	44	36,561↑
19	12,630	44	26,226	44	30,343↑	20	17,688↑
20	12,286	38	15,535	20	17,136	84	14,626
Итого 10 ТГ	1452,245	Итого 10 ТГ	1612,902↑	Итого 10 ТГ	1478,266↓	Итого 10 ТГ	1639,913↑
Другие ТНВЭД	108,656	Другие ТНВЭД	146,924↑	Другие ТНВЭД	150,267↓	Другие ТНВЭД	154,460↑
Все ТНВЭД	1560,901	Все ТНВЭД	1759,828↑	Все ТНВЭД	1628,534↓	Все ТНВЭД	1794,372↑

Источник: составлено и рассчитано по данным Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2023).

Анализ структуры товарных групп экспорта в 2021 г. свидетельствует, что пандемия не внесла сильных изменений в товарную структуру экспорта Челябинской области (табл. 6.24).

Удельный вес в 2020–2021 гг. 10 основных товарных групп составил 91 % от всего объема экспорта Республики Казахстан в Челябинскую область. А доля трех товарных групп по коду 72 «Черные металлы» (36 %), коду 25 «Соль, сера, земли, камень, штукатурные материалы» (18 %) и коду 27 «Топливо минеральное, нефть и продукты их перегонки» (10 %) в 2021 г. составила в сумме 64 % от общего объема товарооборота импорта общим объемом 1165,45 тыс. т (табл. 6.24).

В натуральном выражении объем экспорта в 2021 г. увеличился на 165,838 тыс. т — с 1628,534 тыс. т в 2020 г. до 1794,372 тыс. т в 2021 г.

Удельный вес остальных 7 товарных групп равен 26,1 %, доля которых составляет в порядке убывания:

- код 69 «Керамические изделия» — 8,3 %;
- код 73 «Изделия из черных металлов» — 6,9 %;
- код 68 «Изделия из камня, гипса, цемента» — 5,2 %;
- код 10 «Злаки» — 2 %;
- код 44 «Древесина и изделия из нее» — 2 %;
- код 20 «Продукты переработки овощей, фруктов, орехов» — 0,9 %;
- код 84 «Реакторы ядерные, котлы, оборудование» — 0,8 %.

Судя по данным таблицы 6.24, в товарной структуре экспорта наибольший прирост в 2021 г. отмечен по 5 товарным группам в порядке убывания:

- код 69 «Керамические изделия» — на 48,7 %;
- код 68 «Изделия из камня, гипса, цемента» — на 23,2 %;
- код 44 «Древесина и изделия из нее» — на 20,4 %;
- код 72 «Черные металлы» — на 17,2 %.

По темпам роста топ-10 закрыли три товарные позиции:

- код 25 «Соль, сера, земли, камень, штукатурные материалы» — на 11,4 %;
- код 27 «Топливо минеральное, нефть и продукты их перегонки» — на 3,6 %;
- код 20 «Продукты переработки овощей, фруктов, орехов» — на 3,2 %.

Пандемия COVID-19 в 2021 г. повлияла на изменение товарной структуры экспорта по 2-м товарным группам. Снижение темпов роста к аналогичному периоду 2020 г. в порядке убывания составило:

— код 73 «Изделия из черных металлов» — на 13,7 %;

— код 10 «Злаки» — на 19,4 %.

Особо стоит отметить появление новых товарных позиций:

— в 2020 г.: код 26 «Руды, шлак, зола» в натуральном выражении объемом 134,622 тыс. т; код 20 «Продукты переработки овощей, фруктов, орехов» физическим объемом 17,136 тыс. т, который в 2021 г. вырос на 3,2 %;

— в 2021 г.: код 84 «Реакторы ядерные, котлы, оборудование» в физическом объеме 14,626 тыс. т.

Таким образом, за исследуемый период результаты анализа показателей взаимной торговли Челябинской области с Казахстаном демонстрирует положительную динамику внешнеторгового оборота как в целом по области, так и по товарным группам. Темпы роста товарооборота экспорта в 2021 г. составили 110 % к аналогичному уровню 2020 г. и 149 % к уровню 2018 г. Удельный вес 10 основных товарных групп составляет 91 % от всего объема экспорта Республики Казахстан в Челябинскую область.

Товарная структура экспорта Челябинской области в Казахстан стабильна и раскрывает промышленную специализацию региона. Основу экспорта составляла продукция металлургической отрасли по коду 72 «Черные металлы» (36 %) и коду 73 «Изделия из черных металлов» (6,9 %); сырьё: по коду 25 «Соль, сера, земли камень, штукатурные материалы» (18 %), коду 27 «Топливо минеральное, нефть и продукты их перегонки» (10 %), коду 68 «Изделия из камня, гипса, цемента» (5,2 %), коду 44 «Древесина и изделия из нее» (2 %) и зерновой продукции по коду 10 «Злаки» (2 %).

В десятку основных товарных групп экспорта из Республики Казахстан в 2021 г. впервые за три года не вошли товарные группы по коду 19 «Готовые продукты из зерна, злаков, муки, крахмала» и по коду 28 «Продукты неорганической химии» и не восстановили свои позиции в десятке основных групп товаров в 2020–2021 гг.

Результаты анализа динамики товарных потоков экспорта Ямало-Ненецкого автономного округе в Казахстан за период 2018–2021 гг. показали, что весовые объемы экспорта неуклонно снижались, достигнув минимальных значений в 2021 г. (табл. 6.25). Пик максимального падения имел место в 2019 г. В этом периоде выявлено отсутствие поставок экспорта. Восстановление началось в 2020 г. всего по трем товарным группам и составило в весовом объеме 0,08025 тыс. т. Далее объемы экспорта вновь максимально снизились. Падение как общего товарооборота экспорта, так и трех основных товарных групп в 2021 г. случилось в 400 раз к аналогичному

Таблица 6.25

Оценка динамики товарных потоков экспорта из Ямало-Ненецкого автономного округа в Республику Казахстан за 2018–2021 гг., тыс. т

ТНВЭД	Экспорт 2018 г.	ТНВЭД	Экспорт 2019 г.	ТНВЭД	Экспорт 2020 г.	ТНВЭД	Экспорт, 2021 г.
27	4,08709	0	0	25	0,08000	33	0,00001
90	0	0	0	38	0,00024	0	0
73	0	0	0	40	0,00001	0	0
Итого 10 ТГ	4,08709	Итого 10 ТГ	0	Итого 10 ТГ	0,08025↓	Итого 10 ТГ	0,00001↓
Другие ТНВЭД	0	Другие ТНВЭД	0	Другие ТНВЭД	0	Другие ТНВЭД	0
Все ТНВЭД	4,08709	Все ТНВЭД	0	Все ТНВЭД	0,08025↓	Все ТНВЭД	0,00001↓

Источник: составлено и рассчитано по данным Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2023).

периоду 2018 г. — с 4,08709 тыс. т в 2018 г. до 0,00001 тыс. т в 2021 г., и в 80 раз к аналогичному периоду 2020 г.

Судя по данным таблицы 6.25, в течение четырех лет товарные группы экспорта ежегодно меняли свою структуру. Основой экспорта являлись топливно-энергетические товары по коду 27 «Топливо минеральное, нефть и продукты перегонки» (в 2018 г.) и строительных материалы по коду 25 «Соль, сера, земли, камень, штукатурные материалы» (в 2021 г.). Наибольшую долю по удельному весу составляли товарные группы:

— в 2018 г.: по коду 27 «Топливо минеральное, нефть и продукты перегонки» — 100 % общего товарооборота экспорта, весовым объемом 4,08709 тыс. т;

— в 2020 г.: по коду 25 «Соль, сера, земли, камень, штукатурные материалы» — 99,6 % весовым объемом 0,08 тыс. т; по коду 38 «Прочие химические продукты» — 0,29 % весовым объемом 0,00024 тыс. т; по коду 40 «Каучук, резина и изделия из него» — 0,012 % весовым объемом 0,00001 тыс. т;

— в 2021 г.: по коду 33 «Эфирные масла и резиноиды, косметические и туалетные средства» весовым объемом 0,00001 тыс. т.

Таким образом, в ЯНАО основной экспорт товарных потоков в Республику Казахстан за период 2018–2021 гг. приходился на добывающую промышленность, испытывая существенные колебания. Товарную структуру составлял как сырьевой экспорт (топливо минеральное, нефть, строительные материалы) так и несырьевой

(продукция химической промышленности). Радикальное падение объясняется специализацией региона на сырьевом экспорте энергоносителей, ограничительными мерами, нарушением логистических цепочек, а также падением цен на нефть на мировых рынках за этот период.

Таким образом, результаты дескриптивного анализа динамики товарных потоков экспорта в весовом выражении регионов УрФО с Республикой Казахстан за период 2018–2021 гг. позволяют сделать следующие выводы.

1. Тренд развития и состояния экспортной деятельности регионов УрФО с Республикой Казахстан в физическом выражении определяется динамикой мировых цен на нефть и металлы, их колебаниями среднегодовых значений в 2018–2019 гг. (рост), разразившимся кризисом на фоне пандемии COVID-19, введением локдаунов и закрытием границ — 2020 г. (падение) и восстановлением товарооборота экспортных поставок в условиях открытия границ между странами, снятия ограничительных мер пандемии COVID-19 и серьезный рост цен на нефть и металлы, зафиксированный во всем мире — 2021 г. (рост). Все регионы УрФО (за исключение ЯНАО) успешно преодолели кризис с трендом на увеличение товарооборота экспорта и показали радикальные темпы роста. Стоит отметить, что экспорт восстановился быстрее импорта. Темпы роста экспорта превысили темпы роста импорта на 50 %.

По итогам 2021 г. темпы роста общего товарооборота экспорта регионов по УрФО составили 116,8 % к аналогичному периоду 2020 г., увеличившись в физическом объеме на 485,8 тыс. т (с 2887,1 тыс. т в 2020 г. до 3372,9 тыс. т в 2021 г.) и на 126 % к аналогичному периоду 2018 г.

2. Радикальные темпы роста объема товарооборота экспорта в физическом объеме в Республику Казахстан продемонстрировали в 2021 г. к уровню 2020 г. следующие субъекты УрФО по убыванию (табл. 6.26): Ханты-Мансийский автономный округ — 179 %, Тюменская область — 142 %, Курганская область — 124,6 %, Свердловская область — 119 %, Челябинская область — 110 %. Кардинальное снижение товарных потоков товарооборота экспорта имело место только в ЯНАО.

3. Структура товарооборота экспорта регионов УрФО в Республику Казахстан в целом осталась неизменной (табл. 6.26). В основном преобладала продукция машиностроительной, химической отраслей, строительных материалов, древесины и продуктов питания.

Таблица 6.26
10 товарных групп экспорта в Республику Казахстан в разрезе субъектов УрФО по темпам роста и удельному весу в 2020–2021 гг., тыс. т

Код товарной группы	Регионы УрФО / ТНВЭД	Экспорт		Темп роста 2021 г. к 2020 г., %	Уд. вес, к 2021 г., %
		2020 г., тыс. т	2021 г., тыс. т		
	ХМАО — Всего	78,55600	140,68500	179	100
	Основных 10 товарных групп	78,54400	140,66200	179	99
	Товарные группы по темпам роста:	77,74800	140,52500	180	99
44	«Древесина и изделия из нее»	77,49200	138,62500	178	98
84	«Реакторы ядерные, котлы, оборудование, устройства»	0,08100	1,59500	19,6 раза (1969)	1,13
25	«Соль, сера, земля, камень, штукатурные материалы»	0,00500	0,03600	в 7,2 раза (720)	0,017
28	«Продукты неорганической химии»	0,00400	0,01400	в 3,5 (350 %)	0,009
16	«Готовые продукты из мяса, рыбы или ракообразных»	0,11200	0,16800	150	0,11
87	«Средства наземного транспорта и их части»	0,05400	0,08500	161	0,06
	Тюменская область — Всего	90,37800	128,82200	142,6	100
	Основных 10 товарных групп	78,54400	123,57600	127	97
	Товарные группы по темпам роста:	69,41700	116,99200	168	58
10	«Злаки»	3,73200	14,54200	в 3,8 раза (389)	11,2
68	«Изделия из камня, гипса, цемента»	2,48300	8,45800	в 3,4 раза (340)	6,5
69	«Керамические изделия»	10,36400	20,91500	в 2 раза (196,5)	16,2
39	«Пластмассы и изделия из них»	19,09400	34,41000	180	26,7
29	«Органические химические соединения»	1,54000	2,78500	180	2,1

Продолжение табл. 6.26 на след. стр.

Продолжение табл. 6.26

Код товарной группы	Регионы УрФО / ТНВЭД	Экспорт		Темп роста 2021 г. к 2020 г., %	Уд. вес, к 2021 г., %
		2020 г., тыс. т	2021 г., тыс. т		
04	«Молочная продукция, яйца птиц, мед, пищевые продукты»	5,18200	6,91700	133	6,5
44	«Древесина и изделия из нее»	27,02200	28,96700	107	22,4
	Курганская область — Всего	159,05100	199,86100	125,6	100
	Основных 10 товарных групп	152,39900	193,98400	127	97
	Товарные группы по темпам роста:	103,35600	161,30000	156	80
44	«Древесина и изделия из нее»	69,34300	116,39100	167	58
68	«Изделия из камня, гипса, цемента, асбеста»	16,73500	42,38400	в 2,5 раза (253)	21,2
69	«Керамические изделия»	17,28000	20,52500	118	10,27
	Свердловская область — Всего	940,06900	1120,35100	119,1	100
	Основных 10 товарных групп	857,99900	1022,45300	119,1	91
	Товарные группы по темпам роста:	437,39100	661,58900	151,2	
26	«Руды, шлак и зола»	8,59900	23,90100	в 2,7 раза (277)	2
27	«Топливо минеральное, нефть и продукты их перегонки», на %	22,75400	58,85800	в 2,5 раза (258,6)	5,2
39	«Пластмассы и изделия из них»	13,79600	21,88900	158,6	1,8
72	«Черные металлы	114,67800	173,97300	151,7	15,5
44	«Древесина и изделия из нее»	167,31100	240,30500	143,6	21,4
25	«Соль, сера, земли, камень, шпугатурные материалы»	78,37200	104,29700	133	9,3
68	«Изделия из камня, гипса, цемента»	31,88100	38,36600	120,3	3,4

Окончание табл. 6.26 на след. стр.

Окончание табл. 6.26

Код товарной группы	Регионы УрФО / ТНВЭД	Экспорт		Темп роста 2021 г. к 2020 г., %	Уд. вес, к 2021 г., %
		2020 г., тыс. т	2021 г., тыс. т		
	Челябинская область — Всего	1628,53400	1794,37200	110	100
	Основных 10 товарных групп	1478,26600	1639,91300	110	91
	Товарные группы по темпам роста:	1253,45200	1463,39100	116	81
69	«Керамические изделия»	100,64000	149,66000	148,7	8,3
68	«Изделия из камня, гипса, цемента, асбеста»	76,31400	94,02500	123,2	5,2
44	«Древесина и изделия из нее»	30,34300	36,56100	120,4	2
72	«Черные металлы»	556,86300	653,16600	117,2	36
25	«Соль, сера, земля, камень, штукатурные материалы»	294,65200	328,32100	111,4	18
27	«Топливо минеральное, нефть и продукты нефтегонки»	177,50400	183,97000	103,6	10
20	«Продукты переработки овощей, фруктов, орехов»	17,13600	17,68800	103,2	0,9
	ЯНАО — Всего	0,08025	0,00001	Падение в 400 раз	100
	Основных 4 товарных групп:	0,08025	0,00001	Падение в 400 раз	100
25	«Соль, сера, земля, камень, штукатурные материалы»	0,08000	0	—	—
38	«Прочие химические продукты»	0,00024	0	—	—
33	«Эфирные масла и резиноиды, косметические и туалетные средства»	0	0,00001	—	—
40	«Каучук, резина и изделия из него»	0,00001	0	—	—

Источник: составлено и рассчитано по данным Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2023).

Судя по данным таблицы 6.26, вклады регионов УрФО во взаимный экспорт с Республикой Казахстан по доле 10 основных групп товаров в физическом объеме к общему объему экспорта субъекта за 2021 г. распределились следующим образом по убыванию:

— ХМАО — 99,13 % (доля 2 товарных групп составила 99,13 %: код 44 «Древесина и изделия из нее» — 98 %, код 84 «Реакторы ядерные, котлы, оборудование, устройства» — 1,13 %);

— Тюменская область — 97 % (доля 5 товарных групп составили 81,5 %: код 39 «Пластмассы и изделия из них» — 26,7 %, код 44 «Древесина и изделия из нее» — 22,4 %, код 69 «Керамические изделия» — 16,2 %, код 10 «Злаки» — 11,2 %, код 68 «Изделия из камня, гипса, цемента, асбеста» — 6,5 %);

— Курганская область — 97 % (из них 3 товарные группы составили 89,7 %: код 44 «Древесина и изделия из нее» — 58 %, код 68 «Изделия из камня, гипса, цемента» — 21,2 %, код 69 «Керамические изделия» — 10,27 %);

— Свердловская область — 91 % (из них 4 товарные группы составили 63 %: код 44 «Древесина и изделия из нее» — 21,4 %, код 28 «Продукты неорганической химии» — 16,9 %, код 72 «Черные металлы» — 15,5 %, код 25 «Соль, сера, земли, камень, штукатурные материалы» — 9,3 %);

— Челябинская область — 91 % (из них 5 товарных групп составили 77,5 %: код 72 «Черные металлы» — 36 %, код 25 «Соль, сера, земли, камень, штукатурные материалы» — 18 %, код 27 «Топливо минеральное, нефть и продукты их перегонки» — 10 %, код 69 «Керамические изделия» — 8,3 %, код 68 «Изделия из камня, гипса, цемента» — 5,2 %);

— ЯНАО — 100 % (из них 1 товарная группа составила 100 % — код 33 «Эфирные масла и резиноиды, косметические и туалетные средства»).

4. Лидерами физического объема экспорта регионами УрФО в Республику Казахстан на протяжении четырех лет являются Челябинская область (53 %) и Свердловская область (33 %), доля которых в 2021 г. в сумме составила 86 % от общего товарооборота экспорта УрФО. По физическим объемам поставок экспортной продукции в Республику Казахстан в 2021 г. в Уральском федеральном округе лидирует Челябинская область весовым объемом 1794,372 тыс. т, на втором месте Свердловская область весовым объемом 1120,351 тыс. т, на третьем месте Курганская область весовым объемом 199,861 тыс. т и далее по убыванию ХМАО весовым объемом

140,685 тыс. т, Тюменская область весовым объемом 128,822 тыс. т и ЯНАО весовым объемом 0,00001 тыс. т.

5. Восстановление и увеличение товарооборота обусловило изменение структуры экспорта с Республикой Казахстан в 2020–2021 гг. Диверсификация экспорта проявилась в новых направлениях экспорта по товарным группам (табл. 6.27).

В Свердловской области изменения товарной структуры объемов экспорта произошло в порядке по убыванию в весовом объеме:

— в 2020 г. общим весовым объемом 36,796 тыс. т (доля составила 3,9 % от общего товарооборота экспорта региона):

— по коду 27 «Топливо минеральное, нефть и продукты их перегонки» физическим объемом 22,754 тыс. т;

— по коду 39 «Пластмассы и изделия из них» физическим объемом 13,796 тыс. т;

— в 2021 г. общим весовым объемом 80,747 тыс. т (доля составила 7,2 % от общего товарооборота экспорта региона):

— по коду 27 «Топливо минеральное, нефть и продукты их перегонки» физическим объемом 58,858 тыс. т;

— по коду 39 «Пластмассы и изделия из них» физическим объемом 21,889 тыс. т.

Темпы роста новых товарных групп увеличились в два раза (219 %) — с 36,796 тыс. т в 2020 г. до 80,747 тыс. т в 2021 г.

В Курганской области:

— в 2020 г. общим весовым объемом 18,381 тыс. т (доля составила 11,5 % от общего товарооборота экспорта региона):

— по коду 68 «Изделия из камня, гипса, цемента, асбеста» физическим объемом 16,733 тыс. т;

— по коду 12 «Масличные семена и плоды» физическим объемом 1,648 тыс. т;

— в 2021 г. общим весовым объемом 45,587 тыс. т (доля составила 22,8 % от общего товарооборота экспорта региона):

— по коду 68 «Изделия из камня, гипса, цемента, асбеста» физическим объемом 42,384 тыс. т (темпы роста увеличились в 2,5 раза);

— по коду 22 «Алкогольные и безалкогольные напитки» физическим объемом 1,024 тыс. т;

— по коду 87 «Средства наземного транспорта, их части и принадлежности» физическим объемом 0,863 тыс. т;

— по коду 04 «Молочная продукция, яйца птиц, мед, пищевые продукты» физическим объемом 0,86 тыс. т.

Темпы роста новых товарных групп увеличились в 2,4 раза (248 %) — с 18,381 тыс. т в 2020 г. до 45,587 тыс. т в 2021 г.

Таблица 6.27

**Диверсификация 10 товарных групп экспорта регионов УрФО
в Республику Казахстан за период 2020–2021 г., тыс. т**

Регионы УрФО / Новые товарные группы экспорта	Объем экспорта		Темп роста к 2021 г., %
	2020 г.	2021 г.	
<i>Свердловская область — Итого</i>	36,79600	80,74700	в 2 раза (219)
27 «Топливо минеральное, нефть и продукты их перегонки»	22,75400	58,85800	в 2 раза (258,6)
39 «Пластмассы и изделия из них»	13,79600	21,88900	158, 6
<i>Курганская область — Итого</i>	18,38100	45,58700	248
68 «Изделия из камня, гипса, цемента, асбеста»	16,73300	42,38400	253
12 «Масличные семена и плоды»	1,64800	—	—
22 «Алкогольные и безалкогольные напитки»	—	1,02400	—
87 «Средства наземного транспорта, их части и принадлежности»	—	0,86300	—
04 «Молочная продукция, яйца птиц, мед, пищевые продукты»	—	0,86000	—
<i>Тюменская область — Итого</i>	15,90200	32,28300	в 2 раза (230)
73 «Изделия из черных металлов»	—	2,91200	
68 «Изделия из камня, гипса, цемен- та»	2,48300	8,45800	в 3 раза (340);
69 «Керамические изделия»	10,36400	20,91300	в 2 раза (196,5)
85 «Электрические машины и обору- дование, и их части»	1,51500	—	—
29 «Органические химические соеди- нения»	1,540	—	—
<i>ХМАО — Итого</i>	0,56700	0,15000	Падение на 73 %
89 «Суда, лодки, плавучие конструк- ции»	0,53500	—	—
73 «Изделия из черных металлов»	0,02700	—	—
86 «Реакторы ядерные, котлы, обору- дование, устройства»	—	0,01200	—
40 «Каучук, резина и изделия из него»	—	0,00700	—

Окончание табл. 6.27 на след. стр.

Окончание табл. 6.27

Регионы УрФО / Новые товарные группы экспорта	Объем экспорта		Темп роста к 2021 г., %
	2020 г.	2021 г.	
27 «Топливо минеральное, нефть и продукты перегонки»	—	0,09500	—
25 «Соль, сера, земли, камень, штука- турные материалы»	0,00500	0,03600	в 7,2 раза (720)
<i>Челябинская область — Итого</i>	51,13600	14,62600	Падение на 71 %
26 «Руды, шлак, зола»	34,62200	—	—
20 «Продукты переработки овощей, фруктов, орехов»	17,13600	—	—
84 «Реакторы ядерные, котлы, обору- дование»	—	14,62600	—
<i>ЯНАО — Итого</i>	0,08025	0,00001	Падение в 400 раз
25 «Соль, сера, земли, камень, штука- турные материалы»	0,08000	—	—
38 «Прочие химические продукты»	0,00024	—	—
40 «Каучук, резина и изделия из него»	0,00001	—	—
33 «Эфирные масла и резиноиды, кос- метические и туалетные средства»	—	0,00001	—
ВСЕГО	122,86200	173,39300	141

Источник: составлено и рассчитано по данным Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2023).

В Тюменской области:

— в 2020 г. общим весовым объемом 15,902 тыс. т (доля состави-
ла 17,5 % от общего товарооборота экспорта региона):

— по коду 68 «Изделия из камня, гипса, цемента» физическим
объемом 2,483 тыс. т;

— по коду 69 «Керамические изделия» физическим объемом
10,364 тыс. т;

— по коду 85 «Электрические машины и оборудование, и их ча-
сти» физическим объемом 1,515 тыс. т;

— по коду 29 «Органические химические соединения» физиче-
ским объемом 1,54 тыс. т;

— в 2021 г. общим весовым объемом 32,283 тыс. т (доля состави-
ла 25 % от общего товарооборота экспорта региона):

— по коду 73 «Изделия из черных металлов» физическим объемом 2,912 тыс. т;

— по коду 68 «Изделия из камня, гипса, цемента» физическим объемом 8,458 тыс. т (темпы роста увеличились в 3,4 раза);

— по коду 69 «Керамические изделия» физическим объемом 20,913 тыс. т (темпы роста увеличились в 2 раза).

Темпы роста новых товарных групп увеличились в 2 раза (230 %) — с 15,902 тыс. т в 2020 г. до 32,283 тыс. т в 2021 г.

В Ханты-Мансийском автономном округе:

— в 2020 г. общим весовым объемом 0,567 тыс. т (доля составила 0,7 % от общего товарооборота экспорта региона):

— по коду 89 «Суда, лодки, плавучие конструкции» физическим объемом 0,535 тыс. т;

— по коду 73 «Изделия из черных металлов» физическим объемом 0,027 тыс. т;

— по коду 25 «Соль, сера, земли, камень, штукатурные материалы» физическим объемом 0,005 тыс. т;

— в 2021 г. общим весовым объемом 0,15 тыс. т (доля составила 0,1 % от общего товарооборота экспорта региона):

— по коду 86 «Реакторы ядерные, котлы, оборудование, устройства» физическим объемом 0,012 тыс. т;

— по коду 40 «Каучук, резина и изделия из него» физическим объемом 0,007 тыс. т;

— по коду 27 «Топливо минеральное, нефть и продукты перегонки» физическим объемом 0,095 тыс. т.

В Челябинской области:

— в 2020 г. общим весовым объемом 51,136 тыс. т (доля составила 3,4 % от общего товарооборота экспорта региона):

— по коду 26 «Руды, шлак, зола» физическим объемом 34,622 тыс. т;

— по коду 20 «Продукты переработки овощей, фруктов, орехов» физическим объемом 17,136 тыс. т;

— в 2021 г. общим весовым объемом 14,626 тыс. т (доля составила 0,8 % от общего товарооборота экспорта региона):

— по коду 84 «Реакторы ядерные, котлы, оборудование» физическим объемом 14,626 тыс. т.

В Ямало-Ненецком автономном округе:

— в 2020 г. общим весовым объемом 0,08025 тыс. т (доля составила 100 % от общего товарооборота экспорта региона):

— по коду 25 «Соль, сера, земли, камень, штукатурные материалы» физическим объемом 0,08 тыс. т;

— по коду 38 «Прочие химические продукты» физическим объемом 0,08 тыс. т;

— по коду 40 «Каучук, резина и изделия из него» физическим объемом 0,00001 тыс. т;

— в 2021 г. общим весовым объемом 0,00001 тыс. т (доля составила 100 % от общего товарооборота экспорта региона):

— по коду 33 «Эфирные масла и резиноиды, косметические и туалетные средства» физическим объемом 0,00001 тыс. т.

Темпы роста товарооборота экспорта по новым товарным группам за период 2020–2021 гг. увеличивали долю в общем объеме товарооборота экспорта по регионам УрФО: в 2020 г. — 4,2 %, увеличившись до 5,1 % в 2021 г.

В товарной структуре экспорта (в топ-10 основных товарных групп) регионов УрФО в Республику Казахстан на рисунке 6.8 в совокупности доля несырьевых товаров составила 89 %, включая в себя следующие товарные группы: по коду 10 «Злаки» — 57,76 тыс. т, по коду 39 «Пластмассы и изделия из них» физическим объемом 66,31 тыс. т, по коду 68 «Изделия из камня, гипса» физическим объемом 204,84 тыс. т, по коду 73 «Изделия из черных металлов» физическим объемом 201,71 тыс. т, по коду 69 «Керамические изделия» физическим объемом 279,94 тыс. т, по коду 44 «Древесина и изделия из нее» физическим объемом 560,85 тыс. т, по коду «Черные металлы» физическим объемом 827,99 тыс. т. Доля сырьевых товаров составила 11 %.

Таким образом, анализ возможных направлений товарных потоков экспорта регионов УрФО в Республику Казахстан позволяет сделать вывод о высоком экспортном потенциале и наличии возможностей товарной диверсификации. Об этом свидетельствуют радикальные темпы роста товарных потоков экспорта в физическом объеме в 2021 г. к уровню 2020 г. в Ханты-Мансийском автономном округе — 179 %, Тюменской области — 142 %, Курганской области — 124,6 %, Свердловской области — 119 % и Челябинской области — 110 %, доля несырьевых товаров — 89 %. Товарная структура объема экспорта регионов УрФО в Республику Казахстан в целом осталась неизменной. В основном преобладала продукция машиностроительной, химической отраслей, строительных материалов, древесины и продуктов питания. Риски, связанные с закрытием границ и введением локдаунов из-за пандемии COVID-19, значительно не повлияли на объем экспорта УрФО и были сбалансированы диверсификацией экспорта и промышленной специализацией регионов УрФО. Сложившиеся исторические связи субъектов УрФО

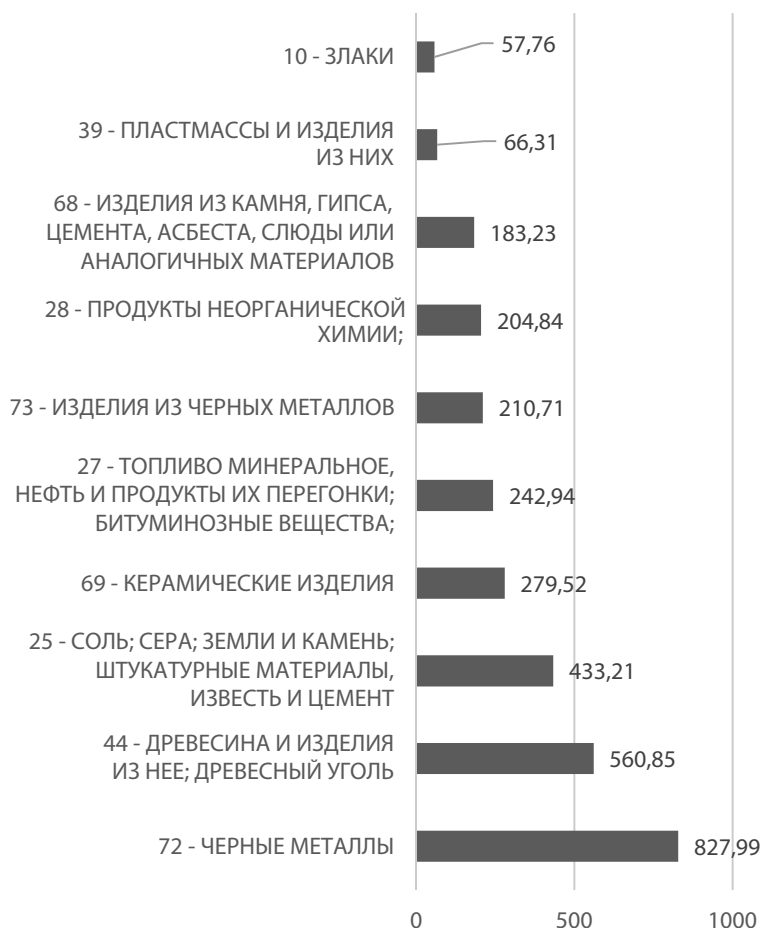


Рис. 6.8. Структура топ-10 основных товарных групп экспорта УрФО в Республику Казахстан в 2021 г., тыс. т (источник: составлено и рассчитано по данным Федеральной Таможенной службы. Статистика РФ. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 17.05.2023))

с предприятиями Казахстана, геополитическое положение УрФО, имеющего протяженные границы (Курганская и Челябинская области) с Республикой Казахстан обуславливают устойчивый интерес рассмотренных регионов УрФО во взаимной торговле.

Таким образом, проведенный анализ динамики товарных потоков регионов УрФО со странами ЕАЭС и Республикой Казахстан позволяет сделать вывод, что Уральский федеральный округ, являясь

«мостом в обеспечении экономических связей со странами ЕАЭС» благодаря своему географическому положению, через приграничные территории Челябинской и Курганской областей с Казахстаном, с сухопутной границей, в пределах которой проходит более 70 % внешнеторгового оборота экспорта и 50 % импорта, имеет значительный потенциал увеличения внешней торговли и получает новые импульсы в рамках Евразийского экономического союза. Его реализация может происходить как на двухсторонней основе, так и путем расширения взаимодействия ЕАЭС с азиатскими странами или их интеграционными объединениями.

В любом случае дальнейшее увеличение доли стран ЕАЭС во внешнеэкономических связях будет определяться темпами взаимной адаптации их экономик, которые тесно связаны с созданием современной транспортно-логистической системы их обслуживания (пока она не соответствует задачам поворота на Восток), налаживанием технологических и инвестиционных связей в рамках избранных проектов, усилением влияния на азиатские рынки ближних к ним российских регионов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Быстро меняющиеся геополитические факторы и геостратегический статус России диктуют необходимость радикальной модернизации экономической парадигмы. Требуется переход к полностью суверенной экономике, мобилизация ресурсов для новой индустриализации и достижения технологического суверенитета, переход на качественно иной уровень управляемости и стратегичности развития производительных сил. Соответственно, новые требования и цели развития остро затрагивают большие инфраструктуры универсального назначения, где приоритет системности и комплементарности выходит на передний план. Весь комплекс проблем больших инфраструктурных систем проявляется на срединных территориях, где эти системы работают на максимально широкий круг отраслей, предъявляющих энергетике и транспорту как общие, так и специфические потребности.

К сожалению, по причине разрушения плановой экономики начиная с 1990-х гг. комплексным подходом в развитии региональных хозяйственных систем пришлось пожертвовать в угоду приоритетам встраивания в глобальную экономику, причем преимущественно в роли поставщика сырья и энергоресурсов. Пожалуй, в тот период примером наиболее системной идеологии инфраструктур стали международные транспортные коридоры, но и они зачастую мало отвечали интересам отдельных отраслей и территорий, не работая на перспективное развитие производственной и социальной сфер.

По результатам проведенных структурных реформ в электроэнергетической отрасли оказался сниженным уровень системного единства, а значит и потенциал системной оптимизации, потесненной элементами рыночной конкуренции. Эти процессы, начатые во имя предпосылок к снижению цен на электроэнергию, привели к ускорению роста этих цен и необходимости их сдерживать вне рыночными методами, а также к малообоснованному и нерациональному различию в ценах по регионам. Еще большей опасности подвергнуты процессы развития отрасли, т. к. нет в экономическом поведении компаний надежных гарантий к своевременному вводу новых мощностей на фоне ускорения энергопотребления. Особенно это касается генерирующих мощностей, имеющих длинный инвестиционный лаг, когда индуцированные инвестиции могут запаздывать или быть неэластичными по отношению к динамике

энергетических потребностей. Лишь в последние годы к проблеме стали снова возвращаться. Надежный инфраструктурный потенциал означает гарантированную возможность предложить востребованные на каждый момент плановой перспективы объем и структуру инфраструктурного обеспечения территории и объектов на ней.

В монографии предпринята попытка научного обоснования путей обеспечения процессов развития больших инфраструктурных систем для более полного сопряжения с крупными проектами обслуживаемых регионов и отраслей для достижения целей национального и регионального развития. Без решения этих задач будут создаваться ограничения экономическому росту и промышленному развитию.

Для Урала в качестве базового (модерирующего современное развитие смежных ЭПЦ в ТПК макрорегиона) выделен энергопроизводственный цикл цветных металлов, который по-прежнему актуален как для горнопромышленного освоения макрорегиона, так и для современного развития сопряженных с ним ключевых уральских отраслей: электроэнергетики, машиностроения и приборостроения. На примере исследования его эволюции в плане технико-технологического прогресса ключевых составляющих (добывающего и обрабатывающего звеньев энергопроизводственной цепочки) показано, что развитие обрабатывающего звена опережает развитие добывающего, требующего к нему большего внимания в плане технико-технологических и фундаментальных научных разработок.

В плане перспективных новаций ЭПЦ выделены технологии Ванюкова, позволяющие наиболее эффективно из внедренных технологий решать задачи металлопроизводства, утилизации отходов, сжигания ТБО и производства тепла и электрической энергии, что требует их внедрения и на других профильных предприятиях Урала, а не только на СУМЗе и «Южуралникеле».

В пространственно-инфраструктурном отношении показано, что наиболее актуальным в настоящее время является развитие юго-восточного сектора добывающего комплекса ЭПЦ цветных металлов и, в частности, железнодорожной инфраструктуры, связывающей месторождения, расположенные вдоль прихребтовой оси Учалы — Сибай — Бурибай — Гай — Орск, т. к. данная «медная» ось делает в целом целесообразным развитие Восточно-Уральской прихребтовой железной дороги Миасс–Орск как опорной для региона.

На территориях регионального и надрегионального уровня необходимо формирование наиболее востребованных и экономически целесообразных ЭПЦ с учетом перспектив их собственного

технологического развития и модернизирующего влияния на сопряженные отрасли, а также установление приоритетов в иерархии самих ЭПЦ и обслуживающей их транспортно-энергетической инфраструктуры. Эволюционно-логическое обоснование характерных для Урала циклов приведено в данной монографии. Под такие циклы или сети технологического сопряжения, что делалось в ряде предшествующих работ ее авторов, целесообразно адаптировать и транспортно-энергетическую инфраструктуру. Так, для анализа приоритетов формирования макрорегионального межотраслевого ТПК и его инфраструктурного развития на промышленном Урале в качестве исходного удобно взять пирометаллургический цикл цветных металлов, поскольку с ним в наибольшей мере ныне связаны другие макрорегиональные ЭПЦ, что позволяет комплексно оценивать и прогнозировать тенденции их технико-технологического и пространственного развития, а соответственно, и наиболее целесообразно развивать региональную инфраструктуру.

В настоящем исследовании детализированы вопросы эффективного ресурсообеспечения. Рассмотрены процессы обеспечения отрасли инвестиционными и кадровыми ресурсами развития. Четвертая глава целиком посвящена процессам и экономическим механизмам технического перевооружения в энергогенерирующем комплексе. Здесь рассмотрены методические особенности исследования областей эффективности альтернативных вариантов технического перевооружения. Для повышения эффективности функционирования и развития региональных электроэнергетических систем нужны как обновление организационно-экономических механизмов, так и модернизация методов и моделей обоснований, не ограниченные общеэкономическими подходами к оценке инвестиционных решений и учитывающие значимость многих критериев, а также неопределенность исходной информации.

Мы провели эконометрический анализ влияния электропотребления отдельных отраслей промышленности, входящих в состав добывающего и обрабатывающего производства в краткосрочном периоде на объем промышленного производства регионов. Он, в частности, показал, что электропотребление в химическом и металлургическом секторах в наибольшей степени положительно влияет на объем промышленного производства. В то же время электропотребление при производстве пластмасс и резиновых изделий, а также при производстве автотранспортных средств и оборудования оказалось несущественным фактором. В результате на основе динамической модели исследованы краткосрочные зависимости

между электропотреблением в ведущих отраслях добывающего и обрабатывающего производства и объемом промышленного производства. Полученные результаты могут иметь важное значение при анализе энергоемкости и энергосбережения в этих отраслях. В свою очередь, такой анализ — непрменный рабочий инструмент прогнозирования электропотребления.

Прогнозирование потребностей в электроэнергетике становится остро проблемной зоной в управлении развитием отрасли. Одна из проблем расширения горизонта прогнозирования сегодня — высокая сценарная неопределенность по энергоемкости экономического роста и ее зависимость от прогнозируемого темпа развития. В этих условиях углубление вариантной проработки сценариев развития энергетики и промышленности невозможно без радикального обновления теоретико-методологической базы и совершенствования модельно-методического инструментария сопровождения энергетической стратегии и крупных проектов.

В отношении зависимости состава рабочей мощности генерирующего комплекса существует диапазон вариаций, зависящий от использования возможностей снижения совмещенного максимума нагрузок путем выравнивания суточных графиков. В исследовании была предложена модель задействования таких возможностей на микро- и мезоуровне путем ценозависимого переноса пика нагрузки в базисную часть графика.

Также в монографии была представлена методология использования транспортной гравитационной модели для анализа региональных транспортных потоков. Подробно разобраны вопросы, касающиеся ее теоретического обоснования, важных математических свойств, оценки параметров на основе доступных эмпирических данных, а также валидации модели. Особенностью предлагаемой версии гравитационной модели является включение в нее стохастической составляющей. В частности, рассматриваются аддитивное и мультипликативное добавление случайной ошибки, а также независимый случайный выбор перемещения. Для каждого из этих способов даны соответствующие методы калибровки модели. Подробно рассмотрены и сравнены различные подходы к обоснованию гравитационной модели и ее строгому математическому выводу на основании более простых и интуитивно понятных допущений. Показано, что гравитационная модель инвариантна относительно перехода к произвольной подсистеме замкнутой системы.

Все это позволяет сделать вывод, что гравитационная модель обладает необходимой обоснованностью, точностью, надежностью

и простотой реализации для моделирования региональных транспортных потоков. Ее вариации применимы к различным ситуациям при проектировании транспортных схем.

Ко всему прочему была исследована роль регионов УрФО во внешнеторговой деятельности со странами ЕАЭС и Республикой Казахстан за период 2018–2021 гг. и характерные особенности условий осуществления внешнеэкономических связей на современном этапе. Выявлены тенденции, факторы и особенности структурных изменений товарных потоков в торговле между УрФО и странами ЕАЭС, а также Республикой Казахстан, явившихся следствием конъюнктуры рынков и пандемии COVID-19. Дана оценка потенциальных возможностей регионов УрФО в интеграционном взаимодействии со странами ЕАЭС и зарождающихся тенденций транспортных потоков со странами ЕАЭС.

Столь широкий круг вопросов, включенный в коллективную монографию, отражает многие особенности прямых и обратных связей транспортной и энергетической инфраструктур с экономикой страны и ее регионов. Их рассмотрение здесь еще раз подтвердило продуктивность выделения макрорегиональных совокупностей в качестве основного уровня организации и управления развитием этих инфраструктурных систем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Блауберг, И. В., Садовский, В. Н., Юдин, Э. Г. (1970). *Проблемы методологии системного анализа*. М.: Наука, 456.
2. Гнеденко, Б. В. (Ред.). (1971). *Большие системы. Теория, методология, моделирование*. М.: Наука, 320.
3. Винер, Н. (1968). *Кибернетика*. М.: Советское радио, 326.
4. Месарович, М., Мако, Д., Такахара, М. (1973). *Теория иерархических многоуровневых систем*. М.: Мир, 344.
5. Лаврикова, Ю. Г. (Ред.). (2020). *Приоритеты научно-технологического развития регионов: механизмы реализации*. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 603.
6. Галабурда, В. Г. (2012). *Единая транспортная система России*. М.: Транспорт, 321.
7. Петров, М. Б. (Ред.). (2022). *Транспортная и энергетическая инфраструктура в развитии производительных сил макрорегиона*. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 275.
8. Мелентьев, Л. А. (1983). *Системные исследования в энергетике*. М.: Наука, 456.
9. Арзамасцев, Д. А. (1984). *Введение в многоцелевую оптимизацию энергосистем*. Свердловск: УПИ, 82.
10. Гамм, А. З. и др. (1986). *Теоретические основы системных исследований в энергетике*. Новосибирск: Наука, 334.
11. Воропай, Н. И., Подковальников, С. В., Труфанов, В. В. (2002). Методические основы обоснования развития электроэнергетических систем в либерализованных условиях. *Изв. РАН. Энергетика*, 4, 30–39.
12. Волькенау, И. М. (2005). Об управлении развитием ЕЭС России в новых условиях. *Энергетик*, 3, 2–5; 5, 16–19.
13. Волков, Э. П., Баринов, В. А. (2006). Методические принципы обоснования развития электроэнергетики России в условиях ее либерализации. *Изв. РАН. Энергетика*, 6, 3–19.
14. Макаров, А. А., Вигдорчик, А. Г. (1979). *Топливо-энергетический комплекс. Методы исследования оптимальных направлений развития*. М.: Наука, 279.
15. Волькенау, И. М., Зейлигер, А. Н., Хабачев, Л. Д. (1981). *Экономика формирования энергосистем*. М.: Энергоатомиздат, 256.
16. *Методические положения оптимизации развития топливно-энергетического комплекса. Утв. Госпланом СССР*. М.: Наука, 1975, 88.
17. Макаров, А. А. (2001). *Методические рекомендации по разработке энергетической стратегии. Формирование энергетической стратегии России*. М.: Папирус ПРО, 25.

18. Макаров, А. А. и др. (2007). *Методические основы разработки перспектив развития электроэнергетики*. М.: ИНЭИ, 102.
19. Макаров, А. А., Воропай, Н. И. (Ред.). (2018). *Системные исследования в энергетике. Методология и результаты*. М.: ИНЭИ РАН, 309.
20. Литовский, В. В. (2022). К проблеме новой индустриализации и эволюции технологических укладов на Урале. Часть 1. Первичные практики. *История и современное мировоззрение*, 4(2), 12–19.
21. Литовский, В. В. (2022). К проблеме новой индустриализации и эволюции технологических укладов на Урале. Часть 2. Советские практики. *История и современное мировоззрение*, 4(3), 26–40.
22. Литовский, В. В. (2023). К вопросу о трансформации энергопроизводственных циклов в рамках фундаментальных представлений об их эволюции на примере Урала. Часть 1. Золотопромышленность. *История и современное мировоззрение*, 5(3), 26–40.
23. Харитонов, Т. В. (Сост.). (2016). *Пермская медь: обзор литературы: аннот. библиогр. указ*. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 1100.
24. Лурье, А. М. (1965). Меденосность осадочного чехла Русской платформы (156–165). В кн.: *Рудоносность Русской платформы*. М.: Наука.
25. Харитонов, Т. В. (2022). Заводы Приуралья XVIII–XIX вв., работавшие на рудах пермских медистых песчаников. отвалы их рудников. Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. *Научные чтения памяти П. Н. Чирвинского: сборник научных статей*. ПГНИУ. Вып. 25. Пермь, 278–286.
26. Литовский, В. В., Левковский, В. В. (2014). Инфраструктурное развитие приграничных территорий Оренбуржья и Башкортостана. *Эко-потенциал*, 3(7), 59–68.
27. Литовский, В. В. (2016). Гравиогеография горнозаводских городов Урала меднорудной специализации. Сообщение 1. Север Свердловской области. *Эко-потенциал*, 4(16), 22–32.
28. Литовский, В. В. (2016). Гравиогеография горнозаводских городов Урала меднорудной специализации. Сообщение 2. Средний Урал и север Южного Урала. *Эко-потенциал*, 4(16), 33–49.
29. Литовский, В. В., Левковский, В. В. (2016). Гравиогеография горнозаводских городов Урала меднорудной специализации. Сообщение 3. Южный Урал (Республика Башкортостан, Оренбургская область). *Эко-потенциал*, 4(16), 50–64.
30. *Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2020 году»*. М.: Министерство природных ресурсов и экологии РФ, 2021, 570.
31. Butler, C., Parkhill, K. & Luzecka, P. (2018). Rethinking energy demand governance: Exploring impact beyond energy policy. *Technological Energy Research & Social Science*, 36, 70–78. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.11.011>.
32. Domnikov, A., Khodorovsky, M. & Domnikova L. (2021). Identification and classification of the states of cogeneration systems by competitiveness levels of

power generating companies. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 254, 25–32. <https://doi.org/10.2495/ESUS210031>.

33. Zadeh, L. (2015). Fuzzy logic – A personal perspective. *Fuzzy Sets and System*, 281, 4–20. <https://doi.org/10.1016/j.fss.2015.05.009>.

34. Zadeh, L. (1973). *The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning*. New York: American Elsevier Publishing Company.

35. Jardine, N., Sibson, R. (1971). *Mathematical Taxonomy*. London: John Wiley and Sons.

36. Kahraman, C. (2008). *Fuzzy Engineering Economics with Applications*. Berlin-Heidelberg-N.-Y.: Springer Verlag.

37. Lance, G. N. (1967). A general theory of classificatory sorting strategies. 1. Hierarchical systems. *Comput. J.*, 9(4), 373–380.

38. Ward, J. H. Jr. (1963). Hierarchical grouping to optimize an objective function. *J. Amer. Statist. Assoc.*, 58(301), 236–244.

39. *Открытый семинар «Экономика энергетики» (семинар А. С. Некрасова)* (2014). Российская Академия наук. Институт народнохозяйственного прогнозирования. М.: Издательство ИНИП РАН.

40. Методические указания по расчету регулируемых тарифов и цен на электрическую (тепловую) энергию на розничном (потребительском) рынке, утвержденные приказом ФСТ России от 06.08.2004 № 20-э/2.

41. Плисецкий, Е. Л., Плисецкий, Е. Е. (2020). Инфраструктурный потенциал территории как фактор устойчивого регионального развития. *Вопросы государственного и муниципального управления*, 3, 165–186. <https://doi.org/10.24891/re.17.12.2337>.

42. Гасанов, М. А. (2019). Устойчивое развитие отраслей инфраструктуры региона с позиции системного подхода. *Региональная экономика: теория и практика*, 17(12), 2337–2346. <https://doi.org/10.24891/re.17.12.2337>.

43. Кожевников, С. А. (2021). Проблемы обеспечения пространственной интеграции регионов России. *Научные труды вольного экономического общества России*, 4, 339–345. <https://doi.org/10.38197/2072-2060-2021-230-4-339-345>.

44. Казакова, М. В., Поспелова, Е. А. (2017). Качество инфраструктуры как одно из ограничений экономического роста: сравнительный анализ России и стран мира. *Экономические отношения*, 4(3), 247–268. <https://doi.org/10.18334/eo.7.3.38071>.

45. Глазунова, А. (2019). *Транспортная инфраструктура и экономический рост: доклад*. М.: Издательство Перо, 142.

46. Жук, Н. П., Межевич, Н. П., Лачинский, С. С. (2015). Инфраструктурные ограничения развития экономического пространства: практики макрорегиона Северо-Запад. *Экономика и управление*, 11, 77–86.

47. Завьялова, К. А. (2014). Проблемы взаимодействия рынка труда и рынка образовательных услуг. *Современные проблемы науки и образования*, 6.

48. Дронов, В. П. (1996). Инфраструктура как территориальная система. *Известия Российской Академии наук, Серия географическая*, 2, 72–84.

49. Рыбаковский, Л. Л., Рыбаковский, О. Л. (2023). Депопуляция в России: итоги за 1992–2022 гг., компоненты и компенсация миграцией на региональном уровне. *Социально-трудовые исследования*, 2, 16–26. <https://doi.org/10.34022/2658-3712-2023-51-2-16-26>.
50. Ростовская, Т. К. и др. (2022). *Демографическое самочувствие регионов России. Национальный демографический доклад*. М.: ИТД «ПЕРСПЕКТИВА», 220.
51. Рыбаковский, О. Л., Судоплатова, В. С. (2014). Общий анализ компонент демографической динамики. *Народонаселение*, 4(66), 4–17.
52. Широ, А. А. (Ред.). (2022). *Потенциальные возможности роста российской экономики: анализ и прогноз. Научный доклад*. М.: Артик Принт, 296. <https://doi.org/10.47711/sr2-2022>.
53. Захаров, С. В. (Отв. Ред.). (2020). *Население России 2018: двадцать шестой ежегодный демографический доклад*. М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 352.
54. Бондаренко, А. Б. (2022). Проблемы кадрового обеспечения отраслей ТЭК. *Энергетическая политика*, 11, 6–15. <https://doi.org/10.46920/2409-5516-2022-11177-6>.
55. Аристов, С. А. (2018). Перспективные решения в сфере кадрового обеспечения транспортной отрасли. *Транспорт Российской Федерации*, 1, 3–5.
56. Распоряжение Правительства РФ от 27 ноября 2021 г. №3363-р «Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года». <http://static.government.ru/media/files/7enYF2uL5kFZIOOpQhLl0nUT91RjCbeR.pdf> (дата обращения: 02.09.2023).
57. Распоряжение Правительства РФ от 9 июня 2020 г. №1523-р «Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года». <http://static.government.ru/media/files/w4sigFOiDjGVDYT4IgsApssm6mZRb7wx.pdf> (дата обращения: 02.09.2023).
58. Макаров, О. А., Барбашина, Е. А. (2016). Анализ проблем современной электроэнергетической отрасли и стратегические пути их решения в соответствии с концепцией Энергетической стратегии до 2035 года. *Вестник ВГУИТ*, 2, 366–2. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-2-366-373>.
59. Распоряжение Правительства РФ от 6 февраля 2021 г. №255-р «Об утверждении Концепции подготовки кадров для транспортного комплекса до 2035 года». <http://static.government.ru/media/files/08kdjMvcFw1DWwASgiu9e7VL9DpZnssz.pdf> (дата обращения: 21.08.2023).
60. Клейнер, Г. Б. (2015). Государство — регион — отрасль — предприятие: каркас системной устойчивости экономики России (часть 2). *Экономика региона*, 3, 9–17. <https://doi.org/10.17059/2015-3-1 УДК 330.1:332.1>.
61. Domnikov, A., Khodorovsky, M. & Domnikova, L. (2021). Methodological approach to the research of energy cogeneration systems operational reliability indicators. *International Journal of Energy Production and Management*, 6(3), WIT Press, 263–276. <https://doi.org/10.2495/EQ-V6-N3-263-276>.

62. Domnikov, A., Khodorovsky, M. & Domnikova, L. (2021). Decision support system used to improve the competitiveness of a power generating company under conditions of uncertainty. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 254, 15–23. <https://doi.org/10.2495/ESUS210021>.
63. Goldbach, K. et al. (2018). Which digital energy services improve energy efficiency? A multi-criteria investigation with European experts. *Energy Policy*, 115, 239–248. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.12.036>.
64. Zadeh, L. (1973). *The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning*. New York: American Elsevier Publishing Company, 1–10.
65. Zadeh, L. (2015). Fuzzy logic – A personal perspective. *Fuzzy Sets and System*, 281, 4–20. <https://doi.org/10.1016/j.fss.2015.05.009>.
66. Kahraman, C. (2008). *Fuzzy Engineering Economics with Applications* / C. Kahraman. Berlin-Heidelberg-N.-Y.: Springer Verlag, 390.
67. Jardine, N., Sibson, R. (1971). *Mathematical Taxonomy*. London: John Wiley and Sons, 286.
68. Lance, G. N. (1967). A general theory of classificatory sorting strategies. 1. Hierarchical systems. *Comput. J.*, 9(4), 373–380.
69. Ward, J. H. Jr. (1963). Hierarchical grouping to optimize an objective function. *J. Amer. Statist. Assoc.*, 58(301), 236–244.
70. McInerney, C., Bunn, D. (2019). Expansion of the investor base for the energy transition. *Energy Policy*, 129, 1240–1244. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.03.035>.
71. Mehigan, L. (2018). A review of the role of distributed generation (DG) in future electricity systems. *Energy*, 163, 822–836. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.08.022>.
72. Morley, J., Widdicks, K. & Hazas, M. (2018). Digitalisation, energy and data demand: The impact of Internet traffic on overall and peak electricity consumption. *Energy Research & Social Science*, 38, 128–137. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.01.018>.
73. Scholten, D., Künneke, R. (2016). Towards the comprehensive design of energy infrastructures. *Sustainability*, 8(12), 1291–1295. <https://doi.org/10.3390/su8121291>.
74. Domnikov, A., Petrov, M. & Domnikova, L. (2018). *Evaluation of Energy-Related Projects in Remote Areas. Challenges and Solutions in the Russian Energy Sector*. Springer, 133–140.
75. Карпов, К. А. (2019). Закономерности развития мирового энергопотребления. *Проблемы прогнозирования*, 1, 55–62.
76. Ahmad, N. et al. (2020). Citation-based systematic literature review of energy-growth nexus: An overview of the field and content analysis of the top 50 influential papers. *Energy Economics. Elsevier*, 86. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.104642>.
77. Ozturk, I. (2010). A Literature Survey on Energy-Growth Nexus. *Energy Policy*, 38, 340–349. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.09.024>.
78. Akarca, A. T., Long, T. V. (1980). On the relationship between energy and GNP: a reexamination. *Journal of Energy Development*, 5, 326–331.
79. Григорьев, Л. М., Курдин, А. А. (2013). Экономический рост и спрос на энергию. *Экономический журнал ВШЭ*, 3, 390–406.

80. Kraft, J., Kraft, A. (1978). On the relationship between energy and GNP. *Journal of Energy and Development*, 3, 401–403.
81. Дружинин, П. В., Щербак, А. П., Тишков, С. В. (2018). Моделирование взаимосвязи экономики и энергетики на основе мультипликативных двухфакторных функций. *Проблемы прогнозирования*, 3, 75–84.
82. Куренкова, А. Ю., Любимова, Н. Г. (2018). Анализ и прогноз электропотребления в Алтайском крае. *Вестник университета*, 7, 97–103. <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2018-7-97-103>.
83. Веселов, Ф. В., Малахов, В. А. (2009). Влияние мер по ограничению эмиссии парниковых газов на развитие экономики и энергетики России на перспективу до 2030 года (46). *Постоянно действующий открытый семинар «Экономические проблемы энергетического комплекса»*. ИНИ РАН, Москва. 105-е заседание, 24 ноября.
84. Theophilus, I. et al. (2016). Electricity Consumption and Industrial Production in Nigeria. *Journal of Policy and Development Studies*, 2, 8–19.
85. Janovská, Š. et al. (2012). Analysis of Energy Demandingness of Metallurgical Production. *Metallurgija*, 51, 277–279.
86. Dietz, T., Rosa, E. A. (1997). Effects of population and affluence on CO2 emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 94, 175–179.
87. Ратникова, Т. А., Фурманов, К. К. (2014). *Анализ панельных данных и данных о длительности состояний*. М.: Издательский дом НИУ ВШЭ, 373.
88. Arellano, M., Bond, S. (1991). Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations. *The Review of Economic Studies*, 58, 277–297.
89. Anderson, T. W., Hsiao, C. (1981). Estimation of Dynamic Models with Error Components. *Journal of the American Statistical Association*, 76, 598–606.
90. Blundell, R., Bond, S. (1998). Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. *Journal of Econometrics*, 87, 115–134.
91. Воропай, Н. И. и др. (2015). *Обоснование развития электроэнергетических систем: Методология, модели, методы, их использование*. Новосибирск: Наука, 448.
92. Петров, М. Б. (Ред.). (2017). *Проблемы инфраструктурного обеспечения пространственного социально-экономического развития макрорегионов*. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 233.
93. Петров, М. Б., Серков, Л. А., Кожов, К. Б. (2021). Анализ пространственных особенностей регионального электропотребления в РФ. *Прикладная эконометрика*, 1(61), 5–27.
94. Петров, М. Б., Кожов, К. Б. (2019). Оценка депрессивности регионального энергетического комплекса на основе кластерного анализа. *Вестник Уральского государственного университета путей сообщения*, 3(43), 89–101.
95. Серков, Л. А., Кожов, К. Б. (2020). Межрегиональное распределение энергетического потенциала на основе пространственной автокорреляции.

Журнал экономической теории, 17(4), 799–810. <https://doi.org/10.31063/2073-6517/2020.17-4.5>.

96. Dziuba, A. P. (2021). Overview of global electricity demand management programmes. *Social and economic systems management*, 3, 5–11. (In Russ., abstr. in Eng.)

97. Torriti, J. (2015). *Peak energy demand and demand side response*. London: Book, 188.

98. World energy balances 2017 IEA. Report of International Energy Agency, 747. <http://data.iewa.org/> (accessed: 31.05.2021).

99. Barton, S. et al. (2013). The evolution of electricity demand and the role for demand side participation, in buildings and transport. *Energy Policy*, 85–102. California ISO. Demand response and load participation. <http://www.caiso.com/participate/Pages/Load/Default.aspx/> (accessed: 31.05.2021).

100. Chao, H. (2010). Price-Responsive Demand Management for a Smart Grid World. *The Electricity Journal*, 23(1), 7–20.

101. Kadar, P. (2009). Multi Objective Optimization of Smart Grid Structure. *15th International Conference on Intelligent System Applications to Power Systems*, 1–5.

102. Баев, И. А., Соловьева, И. А., Дзюба, А. П. (2018). Управление спросом на поставку энергоресурсов в условиях развития информационно-коммуникационных технологий. *Известия Уральского государственного экономического университета*, 19(3), 111–125.

103. Кобец, Б. Б., Волкова, И. О. (2010). *Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции SMART GRID*. М.: ИАЦ Энергия, 208.

104. Волкова, И. О., Сальникова, Е. А., Шувалова, Д. Г. (2011). Активный потребитель в интеллектуальной энергетике. *Академия энергетике*, 1, 50–57.

105. Litjens, G., Sark, W. V. & Worrell, E. (2017). *On the influence of electricity demand patterns, battery storage and PV system design on PV self-consumption and grid interaction*. IEEE 44th Photovoltaic Specialist Conference (PVSC), 2021–2024.

106. Na, Y., Shenyu, C. & Linlin, S. (2014). Coordination and optimization model of wind power grid integrated system considering demand response. *International Conference on Power System Technology*, 949–955.

107. Гительман, Л. Д., Ратников, Б. Е., Кожевников, М. В. (2013). Управление спросом на энергию в регионе. *Экономика региона*, 2, 71–84.

108. Дзюба, А. П., Соловьева, И. А. (2021). Перспективы управления спросом на энергоресурсы в регионах России. *Экономика региона*, 17(2), 502–519. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-2-11>.

109. Дзюба, А. П. (2020). Влияние формы графиков электрических нагрузок потребителей на эффективность ценозависимого управления на основе систем накопителей электроэнергии. *Вестник ВГУИТ*, 82(1), 291–303. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-291-303.

110. Ortuzar, J. D., Willumsen, L. G. (2011). *Modelling Transport*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 606.

111. Гасников, А. В. и др. (2010). *Введение в математическое моделирование транспортных потоков*. М.: МФТИ, 360.

112. Grosche, T., Rothlauf, F. & Heinzl, A. (2007). Gravity models for airline passenger volume estimation. *Journal of Air Transport Management* 13(4), 175–183.
113. Evans, A. W. (1970). Some properties of trip distribution methods. *Transportation Research*, 4, 19–36.
114. Lenormand, M., Bassolas, A. & Ramasco, J. J. (2016). Systematic comparison of trip distribution laws and models. *Journal of Transport Geography, Elsevier*, 51, 158–169.
115. Шумилов, А. В. (2017). Оценивание гравитационных моделей международной торговли: обзор основных подходов. *Экономический журнал ВШЭ*, 2, 224–250.
116. Anderson, J. E. (2011). The Gravity Model. *The Annual Review of Economics*, 3, 133–160.
117. Anderson, J. E., van Wincoop, E. (2003). Gravity with Gravitas: A Solution to the Border Puzzle. *American Economic Review*, 63, 881–892.
118. Мартыненко, А. В. (2022). Модификация гравитационной модели Андерсона и ван Винкоопа для анализа торговли между Россией и Беларусью. *AlterEconomics*, 19(2), 326–350.
119. Мартыненко, А. В., Шевцов, А. А. (2021). Оценка матрицы пассажирских корреспонденций с использованием метода наименьших квадратов для калибровки гравитационной модели. *Вестник Уральского государственного университета путей сообщения*, 4(52), 4–13.
120. Hyman, G. M. (1969). The calibration of trip distribution models. *Environment and Planning*, 1, 105–112.
121. Evans, A. W. (1971). The calibration of trip distribution models with exponential or similar cost functions. *Transportation Research*, 5, 15–38.
122. Мартыненко, А. В., Филиппова, Е. Г. (2021). Моделирование пространственного распределения междугородных автомобильных поездок на основе данных сервисов карпулинга. *Транспорт Урала*, 3(70), 33–38. <https://doi.org/10.20291/1815-9400-2021-3-33-38>.
123. Timofeeva, G., Ie, O. (2020). Evaluation of origin-destination matrices based on analysis of data on transport passenger flows. *Applications of Mathematics in Engineering and Economics, AMEE 2020: Proceedings of the 46th International Conference, Sofia, 07–13 июня 2020 года*. Sofia: American Institute of Physics Inc., 100002. <https://doi.org/10.1063/5.0041801>.
124. Black, J. A., Salter, R. J. (1975). A statistical evaluation of the accuracy of a family of gravity models. *Proc. Insfn. Ciu. Eilgrs*, 59, 1–20.
125. Knudsen, D. C., Fotheringham, A. S. (1986). Matrix comparison, goodness-of-fit, and spatial inter-action modeling. *International Regional Science Review*, 10, 127–147.
126. Ivanov, D. et al. (2019). Digital Supply Chain Twins: Managing the Ripple Effect, Resilience, and Disruption Risks by Data-Driven Optimization, Simulation, and Visibility. In *Handbook of Ripple Effects in the Supply Chain* (309–332). Springer, Cham.

127. Мухина, И. И., Смирнова, А. В. (2021). Современные тенденции управления транспортно-логистическими комплексами. *Мировые цивилизации, 1*. <https://wcj.world/PDF/19ECMZ121.pdf> (дата обращения: 27.11.2022)
128. Утушкина, А. Е., Шведов, В. Е. (2019). Перевозки контейнерных грузов через мультимодальный хаб. *Вестник Санкт-Петербургского университета гражданской авиации, 1*, 133–142.
129. Efthymiou, O. K., Ponis, S. T. (2019). Current Status of Industry 4.0 in Material Handling Automation and In-house Logistics. *International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering, 13*(10), 1370–1374.
130. Мухина, И. И., Смирнова, А. В. (2021). Современные тенденции управления транспортно-логистическими комплексами. *Мировые цивилизации, 1*. <https://wcj.world/PDF/19ECMZ121.pdf> (дата обращения: 27.11.2022)
131. Straube, F., Pfohl, H. C. (2008). *Trends und Strategien in der Logistik-Globale Netzwerke im Wandel*. Umwelt, Sicherheit, Internationalisierung, Menschen; Technical Report; Darmstadt Technical University, Department of Business Administration; Bundesvereinigung Logistik (BVL) e. V.: Bremen, Germany.
132. Armentano, R. et al. (2017). *The Internet of Things: Foundation for Smart Cities, EHealth, and Ubiquitous Computing*. Chapman and Hall/CRC.
133. Lee, I., Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. *Business Horizons, 58*(4), 431–440.
134. Bokefode, J. D. et al. (2016). Developing a secure cloud storage system for storing IoT data by applying role based encryption. *Procedia Computer Science, 89*, 43–50.
135. Meirav, H. et al. (2013). Group planning with time constraints. *Annals of mathematics and artificial intelligence, 69*(3), 243–291.
136. Кругликов, С. В., Ивашкин, М. В. (2021). Цифровые платформы как инструмент эволюции информационных коммуникаций. *Вестник Академии знаний, 6*(47), 227–235.
137. Кругликов, С. В., Ивашкин, М. В. (2022). Применение информационных технологий для организации логистического сервиса. *Вестник Уральского государственного университета путей сообщения, 4*(56), 47–59.
138. Mell, P. M., Grance, T. (2011). *SP 800-145. The NIST Definition of Cloud Computing*; Technical Report; National Institute of Standards & Technology: Gaithersburg, MD, USA.
139. Lu, Y. et al. (2020). Digital Twin-driven smart manufacturing: Connotation, reference model, applications and research issues. *Robot. Comput. Integr. Manuf., 61*, 101837.
140. Kaiblinger, A., Woschank, M. (2022). State of the Art and Future Directions of Digital Twins for Production Logistics: A Systematic Literature Review. *Appl. Sci., 12*, 669. <https://doi.org/10.3390/app12020669>.
141. Grieves, M. (2014). Digital twin: Manufacturing excellence through virtual factory replication. *White Pap., 1*, 1–7.
142. Glaessgen, E., Stargel, D. (2012). The Digital Twin Paradigm for Future NASA and U.S. Air Force Vehicles. In *Proceedings of the 53rd AIAA/ASME/ASCE/*

AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference — Special Session on the Digital Twin, Honolulu, Hawaii, 23–26 April 2012; American Institute of Aeronautics and Astronautics: Reston, VA, USA, 1818.

143. Tao, F. et al. (2018). Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, 94, 3563–3576.

144. Tao, F., Qi, Q. (2017). New IT Driven Service-Oriented Smart Manufacturing: Framework and Characteristics. *IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Syst.*, 49, 81–91.

145. Grieves, M. (2014). Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication. *White Pap.*, 1, 1–7.

146. Uhlemann, T. H.-J., Lehmann, C. & Steinhilper, R. (2017). The digital twin: Realizing the cyber-physical production system for industry 4.0. *Procedia CIRP*, 61, 335–340.

147. Blomkvist, Y., Ullemar Loenbom, L. (2020). *Improving Supply Chain Visibility within Logistics by Implementing a Digital Twin: A Case Study at Scania Logistics*. Sweden: KTH Royal Institute of Technology.

148. Elgarah, W. et al. (2005). Data Exchange in Inter-Organizational Relationships: A Review through Multiple Conceptual Lenses. In *Data Base for Advances in Information Systems*; ACM SIGMIS Database; Association for Computing Machinery: New York, NY, USA, 8–29.

149. Uhlemann, T. H.-J., Lehmann, C. & Steinhilper, R. (2017). The digital twin: Realizing the cyber-physical production system for industry 4.0. *Procedia CIRP*, 61, 335–340

150. Магомадов, Э. М. (2022). Статистический анализ тенденций развития внешней торговли России. *Вопросы экономики и права*, 5(167). https://law-journal.ru/wp-content/uploads/202205_81.pdf.

151. Спартак, А. Н., Лихачев, А. Е. (2018). Долговременные тренды и новые явления в международной торговле. *Российский внешнеэкономический вестник*, 2, 7–24. <https://cyberleninka.ru/article/n/dolgovremennyye-trendy-i-novyye-yavleniya-v-mezhdunarodnoy-torgovle/viewer>.

152. Жулькин, И. (2023). *США и их союзники наложили новые санкции на российскую экономику*. <https://journal.tinkoff.ru/news/sanctions-feb2023/> (дата обращения: 20.06.2023).

153. Евросоюз ввел торговые ограничения против России еще на 11,4 млрд евро. <https://tass.ru/ekonomika/17140819> (дата обращения: 21.06.2023)

154. Грузооборот российского транспорта. <https://seanews.ru/2023/02/14/ru-gruzooborot-rossijskogo-transporta-itogi-2022-perevozki-snizilis-na-1-2/> (дата обращения: 21.06.2023)

155. Погрузка на сети РЖД в 2022 году снизилась Пресс Центр ОАО РЖД. <https://company.rzd.ru/ru/9401/page/78314?id=207195> (дата обращения: 21.06.2023).

156. ГТЛК представляет обзор транспортного комплекса. Официальный сайт https://www.gtlk.ru/press_room/news/gtlk-predstavlyayet-obzor-transportnogo-kompleksa-rossii-po-itogam-2022-goda/ (дата обращения: 21.06.2023).

157. Погрузка на сети РЖД в 2022 году снизилась. <https://company.rzd.ru/ru/9401/page/78314?id=207195> (дата обращения: 22.06.2023).
158. Strany EAES, Tamozhennyu soyuz. Mezhdunarodnye perevozki грузов Aziya — Evropa [EAEU countries, Customs Union | International cargo transportation Asia — Europe]. <https://proftrans-consult.com> (дата обращения: 22.06.2023).
159. Караваев, А. (2023). Вертикаль Евразии. <https://zagranburo.org/вертикаль-евразии/> (дата обращения: 12.09.2023).
160. Глинская, М. В., Абросимова, В. В. (2021). Торгово-экономические отношения между странами ЕАЭС в период пандемии COVID-2019. *Евразийская интеграция: экономика, право, политика*, 14(2), 49–56. <https://doi.org/10.22394/2073-2929-2021-02-49-56>.
161. Жильцов, С. С. (2022). Развитие ЕАЭС в условиях геополитического соперничества: основные итоги и вызовы. *Большая Евразия: развитие, безопасность сотрудничество Ежегодник. Вып. 5. Часть 1*. М.: Институт научной информации по общественным наукам РАН. <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitiye-eaes-v-usloviyah-geopoliticheskogo-sopernichestva-osnovnye-itogi-i-vyzovu/viewer> (дата обращения: 13.09.2023).
162. Об итогах внешней и взаимной торговли товарами государств — членов Евразийского экономического союза. [http://www.eurasiancommission.org/ru/act/integr_i_makroec/dep_stat/tradestat/analytics/Documents/express/Jan-Dec%2021.pdf](http://www.eurasiancommission.org/ru/act/integr_i_makroec/dep_stat/tradestat/analytics/Documents/express/Jan-Dec%202021.pdf) (дата обращения: 1.09.2023).
163. В МИД России оценили объем внешней торговли ЕАЭС в 2021 году. https://1prime.ru/state_regulation/20220210/836033119.html (дата обращения: 13.09.2023).
164. Джанталеева, М. Ш. (2022). Перспективы расширения и развития ЕАЭС. *Каспийский регион: политика, экономика, культура*, 1(70), 91–97. <https://kaspy.asu.edu.ru/archive/2022/issue/1/article/2083> (дата обращения: 13.09.2023).
165. Отчет о научно-исследовательской работе «Комплексный механизм макрорегионального управления комплексным развитием «территориально-производственных систем и их обустройством (промежуточный, этап 2) № 0327-2021-0013 Рег. № НИОКТР 121040800109-8 Минобрнауки ФГБУН И, УрО РАН.
166. Петров, М. Б. (Ред.). (2022). *Транспортная и энергетическая инфраструктура в развитии производительных сил макрорегиона*. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 213.
167. Петров, М. Б. (Ред.). (2022). *Оценка промышленно-технологического взаимодействия России и Беларуси: макрорегиональный аспект*. Екатеринбург: УрО РАН, 60.
168. Диабатэ, В., Холина, В. Н., Фролова, Е. Д. (2020). Изменение структуры внешней торговли африканских стран в условиях усиления регионализации мировой экономики. *Экономика региона*, 16(1), 242–256.
169. Шкваря, Л. В., Фролова, Е. Д. (2022). Компаративный анализ развития внешней торговли в цифровом сегменте по регионам мира. *Экономика региона*, 18(2), 479–493. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-13>.

170. Казахстан прекращает параллельный импорт в Россию, прогнувшись перед США. <https://www.mk.ru/economics/2023/03/24/kazakhstan-prekrashhaet-parallelnyy-import-v-rossiyu-prognuvshis-pered-ssha.html> (дата обращения: 16.09.2023).

171. В Беларуси легализован параллельный импорт. <https://www.belta.by/economics/view/v-belarusi-legalizovan-parallelnyj-import-543540-2023/> (дата обращения: 16.09.2023).

172. Диалоговое партнерство Россия — АСЕАН. Официальный сайт Министерства экономического развития. https://www.economy.gov.ru/material/directions/vneshneekonomicheskaya_deyatelnost/mnogostoronnee_ekonomicheskoe_sotrudnichestvo/dialogovoe_partnerstvo_rossiya_asean/ (дата обращения: 16.09.2023).

173. Ахунбаев, А. Основные тенденции интеграционного развития Казахстана в 2019 г. https://www.researchgate.net/publication/343712068_Osnovnye_tendencii_integracionnogo_razvitiya_Kazahstana_v_2019_g (дата обращения: 16.08.2023).

174. Экспорт Урала на 2,6 млрд долларов поддержал Российский экспортный центр в 2022 году. <https://madeinrussia.ru/ru/news/22555> (дата обращения: 16.08.2023).

175. Акбердина, В. В. (2021). Резильентность экономики: факторы устойчивости к шокам. «Стратегии развития социальных общностей, институтов и территорий»: материалы VII Международной научно-практической конференции: в 2-х томах. Том 1. Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. Екатеринбург: Издательство Уральского университета. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47123035>.

176. Продавать тюменское: почему просел экспорт местных товаров за границу. <https://www.kommersant.ru/doc/5128733> (дата обращения: 23.08.2023).

177. Тарасов, А. В. и др. (2022). *Производство меди. Энциклопедия технологий 2.0: Производство металлов*. М.-СПб.: Реноме, 121–212.

178. Загребин, С. А. и др. (2022). Интеграция предприятий цветной металлургии Уральской горно-металлургической компании с целью комплексной переработки техногенного сырья. В кн.: *Зелёные проекты: ФГАУ «НИИ «ЦЭПП»*. М.: Деловой экспресс, 26–35.

179. Chen, Y. (2015). The distance-decay function of geographical gravity model: Power law or exponential law? *Chaos, Solitons & Fractals*, 77, 174–189.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Петров Михаил Борисович — доктор технических наук, доцент, руководитель Центра развития и размещения производительных сил Института экономики Уральского отделения РАН. E-mail: petrov.mb@uiec.ru (*Введение, заключение, глава 1, раздел 5.2*)

Литовский Владимир Васильевич — доктор географических наук, зав. сектором производительных сил и территориального планирования Института экономики Уральского отделения РАН. E-mail: litovskii.vv@uiec.ru (*Глава 2*)

Домников Алексей Юрьевич — доктор экономических наук, ведущий научный сотрудник Центра развития и размещения производительных сил Института экономики Уральского отделения РАН. E-mail: domnikov.ay@uiec.ru (*Раздел 3.1, глава 4*)

Серков Леонид Александрович — кандидат физико-математических наук, доцент, старший научный сотрудник Центра развития и размещения производительных сил Института экономики Уральского отделения РАН. E-mail: serkov.la@uiec.ru (*Раздел 5.1*)

Кожов Константин Борисович — кандидат технических наук, старший научный сотрудник Центра развития и размещения производительных сил Института экономики Уральского отделения РАН. E-mail: kozhov.kb@uiec.ru (*Глава 1, раздел 5.2*)

Мартыненко Валерий Александрович — кандидат физико-математических наук, доцент, старший научный сотрудник Центра развития и размещения производительных сил Института экономики Уральского отделения РАН. E-mail: martynenko.av@uiec.ru (*Раздел 5.3, глава 6*)

Турыгин Олег Михайлович — кандидат экономических наук, старший научный сотрудник Центра развития и размещения производительных сил Института экономики Уральского отделения РАН. E-mail: turygin.om@uiec.ru (*Раздел 3.2*)

Ли Валентина Аркадьевна — младший научный сотрудник Центра развития и размещения производительных сил Института экономики Уральского отделения РАН. E-mail: li.va@uiec.ru (*Глава 6*)

Ивашкин Михаил Владимирович — младший научный сотрудник Центра развития и размещения производительных сил Института экономики Уральского отделения РАН. E-mail: ivashkin.mv@uiec.ru (*Раздел 5.2, раздел 5.4*)

Завьялова Ксения Андреевна — ведущий экономист сектора инфраструктурного развития и ЭММ Института экономики Уральского отделения РАН. E-mail: zavialova.ka@uiec.ru (*Раздел 3.3*)

Научное издание

М.Б. Петров, В.В. Литовский, А.Ю. Домников, Л.А. Серков, К.Б. Кожов,
А.В. Мартыненко, О.М.Турьгин, М.В. Ивашкин, В.А. Ли, К.А. Завьялова

**БОЛЬШИЕ ИНФРАСТРУКТУРНЫЕ СИСТЕМЫ
СЕРЕДИННОГО МАКРОРЕГИОНА: СОВРЕМЕННАЯ ЭВОЛЮЦИЯ
И СТРАТЕГИЧЕСКАЯ ПЕРСПЕКТИВА**

Рекомендовано к изданию Ученым советом
Института экономики УрО РАН.
Протокол Ученого совета №11 от 24.10.2023.
Рег. №10(23) (протокол редсовета №6 от 23.10.2023)

Редактор: А. А. Кононенко
Компьютерная верстка Е. В. Леготиной

Дата подписания в печать 13.02.2024
Дата выхода в свет 27.02. 2024
Формат 60x90 1/16. Бумага ВХИ.
Усл. печ. л. 16,1. Уч.-изд. л. 13
Тираж 300 экз. Заказ № 12/02-1

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук»
620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29

Отпечатано с готового оригинал-макета
Издательский Дом «Ажур»
г. Екатеринбург, ул. Восточная, д. 54
т. (343) 350-78-28, (343) 350-78-49
<https://azhur66.ru/>