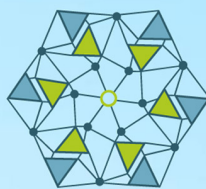


1930 **95** 2025



**КОЛЬСКИЙ
НАУЧНЫЙ
ЦЕНТР**

В. С. Жаров

**УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИННОВАЦИИ:
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЗАИМОСВЯЗИ,
МЕТОДОЛОГИЯ, ПРАКТИКА**



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

ИНСТИТУТ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ИМ. Г.П. ЛУЗИНА

В. С. Жаров

**УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИННОВАЦИИ:
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЗАИМОСВЯЗИ,
МЕТОДОЛОГИЯ, ПРАКТИКА**

Издательство Кольского научного центра РАН
2025

УДК 338.46
ББК 65.050
Ж35

Научные рецензенты:

доктор экономических наук, проф. *Т. В. Пономаренко*;
доктор экономических наук, проф. *В. А. Скрипниченко*

Жаров, В. С.

Ж35 Устойчивое развитие промышленного производства и технологические инновации: теоретические основы взаимосвязи, методология, практика : монография. — Апатиты : Изд-во Кольского научного центра РАН, 2025. — 131 с.: ил. — Библ.: с. 100–119. — Прил.: с. 120–131.

ISBN 978-5-91137-560-7

Рассматриваются теоретико-методологические проблемы и практические вопросы количественного определения влияния технологического прогресса на повышение эффективности деятельности промышленных систем на микро- и мезоуровнях иерархии управления, то есть на уровне предприятий, отраслей производства и промышленного производства регионов, а также проблемы управления устойчивым инновационно-технологическим развитием таких систем, в том числе количественное измерение уровней устойчивости их развития. Предлагаются пути их решения.

Выполнены расчеты уровней устойчивости развития крупных арктических промышленных предприятий, а также промышленного производства в девяти регионах российской Арктики.

Издание может быть полезно ученым и специалистам-практикам, изучающим проблемы оценки влияния технологического прогресса на обеспечение устойчивого развития промышленных экономических систем.

УДК 338.46
ББК 65.050

Научное издание
Редактор и корректор С. А. Шарам
Технический редактор В. Ю. Жиганов
Подписано в печать 11.12.2025. Формат бумаги 70×108 1/16.
Усл. печ. л. 11,46. Заказ № 62. Тираж 300 экз.
Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр РАН».
184209, Апатиты, Мурманская область, ул. Ферсмана, 14.

ISBN 978-5-91137-560-7
doi:10.37614/978.5.91137.560.7

© Жаров В. С., 2025
© ИЭП КНЦ РАН, 2025
© ФИЦ КНЦ РАН, 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1. Теоретические основы взаимосвязи устойчивого развития производственных систем и технологических инноваций.....	6
1.1. Устойчивое развитие и устойчивость развития.....	6
1.2. Теория развития сложных систем и их устойчивость.....	9
1.3. Теория эндогенного экономического роста и научно-технический прогресс...	12
1.4. Инновации и устойчивость развития.....	13
2. Методология экономического анализа технологического обновления производства.....	16
2.1. Критерий управления устойчивым использованием природных ресурсов	16
2.2. Инвестиционно-инновационный леверидж и взаимосвязь фондо- и материалоемкости производства.....	20
2.3. Жизненный цикл технологического развития производства.....	29
2.4. Инвестиционно-инновационный анализ технологического обновления производства.....	36
2.5. Формирование системы целевых показателей для оценки эффективности использования различных видов технологических инноваций.....	42
2.6. Эффект инновационного налогового рычага и «квзисамофинансирование» инновационной деятельности предприятий.....	46
3. Основы методологии управления устойчивым инновационно-технологическим развитием промышленного производства.....	53
3.1. Технологическая устойчивость как основа устойчивого инновационно-технологического развития промышленного производства.....	53
3.2. Формирование критериев и индикаторов уровня устойчивости промышленных систем.....	63
3.3. Оценка уровня устойчивости крупных промышленных производств.....	71
3.4. Количественное измерение уровня устойчивости технологического развития промышленных систем.....	76
3.5. Алгоритмизация процесса управления устойчивым инновационно-технологическим развитием промышленности.....	85
Заключение.....	97
Библиографический список.....	100
Приложения.....	120

ВВЕДЕНИЕ

Основной парадигмой мировой экономики в начале XXI в. является ее устойчивое развитие, предполагающее взаимосвязь трех ее аспектов: экономического, экологического и социального. Однако, во-первых, до настоящего времени у ученых и практиков нет единства в определении понятий «устойчивое развитие» и «устойчивость развития». Во-вторых, в мировой науке до сих пор не разработан единый показатель, который бы одновременно отражал все три аспекта устойчивого развития без привлечения для этого субъективных экспертных оценок специалистов. Таким образом, невозможно на единой методологической основе сформулировать критерии и индикаторы уровней устойчивости развития, а значит, и определять эти уровни качественно и измерять количественно. При этом большинство ученых и специалистов считают, что на устойчивое развитие позитивное влияние оказывают инновации, однако в научной литературе до сих пор не раскрыт механизм такого влияния на микро- и мезоуровнях экономических систем, что не позволяет решать стратегические задачи оценки влияния технологического прогресса на эффективность устойчивого развития.

В результате, с одной стороны, теряется взаимосвязь между инновационностью и устойчивостью развития, а с другой — отсутствует возможность эффективного управления процессом устойчивого инновационно-технологического развития, так как цели его однозначно не определены. Всё вышесказанное относится и к исследованию взаимосвязи между инновационно-технологическим и устойчивым развитием промышленного производства.

В первом разделе монографии представлен анализ ключевых аспектов взаимосвязи разнообразных экономических концепций с парадигмой устойчивого развития экономических систем. Акцентируется, что существующие теоретические подходы, несмотря на их значимость, не дают возможности объективно оценивать рост производственной эффективности через призму стимулирования темпов технологических преобразований. Это ограничение проявляется, в частности, на микро- и мезоуровнях хозяйственной деятельности — в рамках отдельных предприятий, производственных отраслей и региональных экономических систем. С другой стороны, до сих пор не решена проблема количественного определения уровня устойчивости промышленного развития из-за отсутствия показателя, отражающего одновременно три аспекта устойчивого развития (экономического, экологического и социального), а это, в свою очередь, не позволяет выполнить сравнение устойчивости развития между предприятиями, отраслями и промышленным производством отдельных регионов.

Во втором разделе объясняется механизм необходимости и возможности технологического обновления производственных систем, в основе которого

используется гипотеза о непосредственной взаимосвязи материало- и фондоемкости производства. В монографии она подтверждается многочисленными примерами результатов деятельности многих отечественных и зарубежных промышленных предприятий, а также промышленного производства в российских регионах, входящих в Арктическую зону Российской Федерации (АЗРФ). На этой основе предлагается новый вид экономического анализа — анализ технологического обновления производства и рассматриваются процедуры его выполнения, позволяющие определять стадию развития технологии и необходимость управленческих решений по ее изменению. Конечным результатом предлагаемого механизма является объяснение понятия «технологическая устойчивость».

В третьем разделе показан механизм анализа технологической устойчивости с формированием критериев и индикаторов определения ее уровней. Это позволяет перейти не только к качественной, но и к количественной оценке, то есть измеримости, уровней устойчивости/неустойчивости технологического развития промышленных систем различного уровня иерархии управления: технологических процессов, предприятий, отраслей производства, промышленного производства регионов в целом. Такой подход позволяет обеспечивать и соизмеримость уровней устойчивости промышленных систем разного вида между собой, а также в динамике их развития. Предложен способ повышения уровня устойчивости промышленных производств и оптимизации использования материальных и энергетических ресурсов при разработке технологии производства на стадиях НИОКР и промышленных испытаний. Для определения уровней устойчивости промышленных систем различного вида и расчета индекса их устойчивости разработан метод балльной оценки, апробированный на примере развития нескольких крупных промышленных арктических предприятий и для трех видов промышленной деятельности в экономике девяти регионов — субъектов РФ, входящих в АЗРФ, за продолжительный период (10–15 лет).

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЗАИМОСВЯЗИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ

1.1. Устойчивое развитие и устойчивость развития

Современная научная мысль подтверждает, что устойчивое развитие выступает ведущим вектором развития мировой экономики в XXI столетии. В контексте этого актуальным становится внедрение принципов ESG [1–4] в управление промышленным производством, что в мировой практике трансформировалось в ключевой элемент функционирования производственных систем. Вместе с тем для реализации эффективного управления, особенно стратегического характера [5], требуется чёткое формулирование целей — конкретных показателей, достижение которых планируется в установленные временные рамки. Важно подчеркнуть, что тактические задачи должны тесно коррелировать со стратегическими ориентирами [6], а также подлежать количественной оценке.

Устойчивое развитие — процесс, который должен продолжаться как можно дольше для обеспечения благополучия наших потомков. В соответствии с докладом «Наше общее будущее», подготовленным в 1987 г. Всемирной комиссией ООН по защите окружающей среды под руководством Г. Х. Брундландт [7], изначально предполагалось, что для этого требуется обеспечение процесса снижения воздействия экономики на окружающую природную среду отходами производства. Отсюда возникла концепция так называемой «сильной» устойчивости. Однако оказалось, что упор только на экологическую составляющую устойчивого развития может привести к нулевому экономическому росту, так как значительное увеличение затрат на природоохранную деятельность может вызвать существенное повышение издержек производства и привести его к нулевой прибыльности и возникновению убытков. Соответственно появилась концепция «слабой» устойчивости, под которой понимается обеспечение нормальных темпов экономического роста при снижении уровня загрязнения окружающей среды. При этом в конце 1990-гг. Дж. Элкингтоном была сформулирована концепция «тройного критерия», в которой устойчивое развитие рассматривается уже в трех аспектах: экологическом, экономическом и социальном [8].

В последние десятилетия устойчивое развитие как понятие используется для обоснования развития не только национальных экономик различных стран, но их территориальных единиц — регионов и даже отдельных городов. При этом основным загрязнителем окружающей среды токсичными отходами производства является промышленность, поэтому по отношению к ней концепция «слабой»

устойчивости развивается, с одной стороны, в направлении концепции круговой (циркулярной) экономики, с другой — в направлении обоснования корпоративной устойчивости, хотя оба этих направления, конечно же, взаимосвязаны.

И здесь возникает необходимость соотношения понятий «устойчивое развитие» и «устойчивость развития». Многие ученые и специалисты считают, что это синонимы, но, по нашему мнению, устойчивое развитие — это процесс развития общественных систем, поэтому количественно его измерить невозможно, так как недостаточно изучены законы развития таких систем. При этом в соответствии с теорией развития сложных систем процесс развития может быть и неустойчивым, например, когда не обеспечивается необходимый уровень снижения загрязнений. Таким образом, в процессе развития можно выделить два отдельных этапа — устойчивости и неустойчивости. Однако очевидно, что в производственных экономических системах крайне редко этап устойчивости может резко стать этапом неустойчивости вследствие инерционности деятельности таких систем. Это означает, что этапы устойчивости и неустойчивости должны иметь несколько стадий, характеризующих их различные уровни.

Таким образом, «устойчивость развития» можно определять количественно, однако для этого необходимы соответствующие показатели, позволяющие в производственных экономических системах соизмерять одновременно три аспекта устойчивого развития. К сожалению, до настоящего времени данная проблема в мировой экономической науке окончательно не решена [9]. В связи с этим различными учеными и практиками длительное время для оценки устойчивости представлены различные показатели. Так, для определения корпоративной устойчивости рядом специалистов предлагаются различные наборы показателей, отражающих с разных сторон экономические, экологические и социальные аспекты устойчивого развития [10–13]. В результате их свёртки формируются одиночные либо интегральные индексы и комплексные показатели [14–19], но во всех таких случаях для соизмерения важности отдельных показателей приходится использовать процедуру экспертного оценивания их весов [20, 21]. Подобные подходы, с одной стороны, значительно усиливают зависимость оценки устойчивости от субъективных факторов, с другой — ограничивают возможность применения разработанных метрик для объективного сопоставления результатов между хозяйствующими субъектами, отраслями и производственными комплексами.

В работе [9] рассматривается тридцать различных методологических подходов и методик разработки показателей оценки корпоративной устойчивости, из которых, на наш взгляд, наибольшее развитие получили два направления. Первое направление связано с усовершенствованием для оценки устойчивости сбалансированной системы показателей (ССП) Р. Нортон и Д. Каплана [22, 23], при этом совместно используются количественные финансовые и качественные нефинансовые показатели, но возникает проблема оценки важности отдельных показателей [24]. Кроме того, разработка стратегических карт на основе СПП

сложна сама по себе и обычно используется только на крупных предприятиях [25]. Основой второго направления является использование экономико-математических методов в виде многокритериального анализа [26]. К сожалению, здесь также приходится использовать субъективное весовое оценивание, но при этом сам методологический подход позволяет лишь сравнивать различные альтернативы оценки и выбирать из них лучшее решение. Невозможно утверждать, что это решение позволит достигать максимально возможного уровня устойчивости [27]. Соответственно данный подход нельзя использовать для сравнения устойчивости различных предприятий и отраслей производства. В последнее десятилетие также активно развиваются исследования, связанные с поиском взаимосвязи между управленческим учетом и оценкой корпоративной устойчивости, но пока еще значимых результатов в этой области не получено [28, 29].

В исследовании [9] подчеркивается, что на сегодняшний день отсутствует унифицированная методология, которая способна обеспечить разработку стандартизированной и простой метрики для количественной и качественной оценки устойчивости. Это затрудняет сопоставление уровня устойчивости различных производственных систем. Основная причина, по нашему мнению, кроется в необходимости интеграции нефинансовых показателей, отражаемых экологическим менеджментом (экологический аспект устойчивости) и принципами корпоративной социальной ответственности (социальный аспект), при этом в стороне остаётся технологический аспект: экологически ориентированные инновации («зелёные технологии»), обеспечивающие корпоративную устойчивость [30, 31], и рациональное управление ресурсами, направленное на снижение растущего спроса на природные ресурсы, включая энергоносители [32, 33]. В последние годы наблюдается рост интереса к концепции циклической экономики (экономики замкнутого цикла) и её связи с устойчивым развитием [34–37], но конкретные данные о влиянии вторичного использования производственных отходов на повышение устойчивости предприятий пока не систематизированы.

С точки зрения экономического аспекта деятельности предприятий устойчивость более детально раскрывается с финансовой стороны, то есть уже давно существуют методики определения финансовой устойчивости и ее возможных уровней [38–40], причем в литературе отмечается корреляционная взаимосвязь между корпоративной устойчивостью и финансовыми результатами [41]. Финансовая устойчивость предприятия, по нашему утверждению, выступает производной от его общей устойчивости, а её нарушение чаще вызвано нерациональными управленческими решениями, носящими субъективный характер. Глубинной причиной таких дисбалансов служит недостаточная эффективность технологического прогресса. Снижение темпов технологического развития ведёт к сокращению чистой прибыли, что, в свою очередь, уменьшает объёмы нераспределённых средств, направляемых на модернизацию производства. В этих условиях растёт зависимость от заемного капитала: соотношение заемных и собственных средств (включая нераспределённую прибыль) увеличивается, что формирует угрозу финансовой нестабильности и даже банкротства. Таким

образом, ключевым условием сохранения как финансовой, так и корпоративной устойчивости является приоритетное развитие технологической базы предприятия.

1.2. Теория развития сложных систем и их устойчивость

В настоящее время общепризнано, что системность является всеобщим свойством материи и мышления [42, 43] и, следовательно, любой материальный или идеальный объект можно представить как систему. Системные представления о строении материального мира изначально развивались в философских трудах, однако многообразие человеческих знаний в различных областях конкретных наук, их накопление, осмысление и обобщение привело в итоге к созданию в конце 1940-х гг. теории, определяющей закономерности поведения систем любой природы, — общей теории систем, основоположником которой считается австрийский биолог Л. Бергаланфи [44]. Характерно, что в то же время американским математиком Н. Винером были теоретически обобщены представления об управлении системами различной природы, которые воплотились в новую науку — кибернетику. В совокупности с информатикой, мощный толчок в развитии которой связан с появлением персональных ЭВМ, теория систем и кибернетика явились той триадой наук, которая практически перевернула весь комплекс человеческих знаний и поставила его на более высокую ступень.

И поэтому естественно, что современный ученый, изучая какую-либо проблему, должен подходить к ее решению с системных позиций, тем более что возникновение проблем как раз и связано с недостаточной системностью наших знаний и представлений [45].

Теория систем все системы разделяет на функционирующие и развивающиеся [45, 46]. В развивающихся сложных системах, а именно к таким относятся все экономические системы, для обеспечения целенаправленного развития может меняться как структура, так и функции, а в ряде случаев, в соответствии с назначением системы и условиями ее взаимодействия с окружающей внешней средой, происходит и смена целевых ориентиров [43, 45, 47–49].

Целенаправленное развитие систем обеспечивается за счет управления. В широком смысле слова управление представляет собой процесс упорядочивания системы, ее организацию для достижения намеченных целей [50, 51]. Применительно к экономическим процессам это означает сознательную деятельность человека или группы людей по осуществлению воздействия на объекты и процессы, в том числе на людей, для придания им определенной направленности действий (поведения), которая должна в конечном счете привести к желаемым результатам, то есть мотивированное воздействие субъекта управления (управляющей системы) на объект управления (управляемую систему) [51–53].

В развивающихся системах можно выделить процессы стабилизации (функционирования) и процессы развития [5], которые характеризуются как рядом общих черт, так и существенными отличиями.

Общим является то, что данная система функционирует и развивается в соответствии с определенной целью. Если цель изменяется, то перестраиваются и процессы ее функционирования. Иногда общими являются также условия и средства решения проблем функционирования и развития систем [46]. При этом проблемы развития системы гораздо сложнее проблем ее функционирования, так как связаны с необходимостью своевременного реагирования системы на ситуации (вследствие возмущений как внешней, так и внутренней среды), которые могут вывести ее из неустойчивого равновесия в так называемых «седловых точках» или точках перегиба [45, 48], к тому же последствия такого перехода из одного состояния в другое могут быть катастрофическими.

В динамических системах с заданными целями управление целесообразно дифференцировать на два блока: операционный (поддержание текущей деятельности) и стратегический (стимулирование развития). С философских позиций развитие трактуется как «интегральное преобразование взаимосвязанных количественных, качественных и структурных характеристик системы» [48, с. 4]. По типу трансформации оно подразделяется на эволюционное (постепенное) и революционное (скачкообразное) [45]. Ключевое отличие развития от простого роста заключается в следующем: рост предполагает лишь количественные изменения, тогда как развитие включает качественные перестройки. Например, накопление количественных параметров в рамках эволюционной фазы в конечном итоге провоцирует резкое качественное обновление системы, что исключает их отождествление [43].

В экономике с ее постоянно изменяющимися условиями внешней среды рост сопровождается периодами спада или кризисами, что впервые было показано Н. Д. Кондратьевым в его теории «длинных волн» [54], а в дальнейшем развито в трудах акад. РАН С. Ю. Глазьева в виде концепции смены технологических укладов [55] и в работах К. Перес о смене технико-экономических парадигм [56]. Последующие исследования ученых доказали, что в экономике имеют место и более короткие периоды подъема и спада, которые особенно характерными стали во второй половине XX в.

Характерными чертами развития всех сложных систем, по мнению И. Пригожина и И. Стенгерса [57], являются устойчивость и неустойчивость развития. Развитие — процесс необратимый [45]. В открытых же системах, а практически все системы являются открытыми [43], при необратимых процессах возникают неравновесные структуры и именно они могут сохраняться достаточно долго в пространстве и во времени за счет притока энергии, материи и информации из внешней среды [48]. Такие структуры названы И. Пригожиным диссипативными [57], а процесс развития систем в соответствии с его теорией представляет собой непрерывную последовательность переходов диссипативных структур в возрастающей степени сложности [45, 58].

Устойчивое неравновесие на определённом структурном уровне не может сохраняться бесконечно, поскольку сложные системы состоят из подсистем, подверженных непрерывным колебаниям (флуктуациям). Эти внутренние

возмущения постепенно дестабилизируют надсистему. В критический момент, именуемый в неравновесной термодинамике точкой бифуркации, существующая структура распадается. Дальнейшая траектория системы зависит от изменений внешних и внутренних условий: возможны либо деградация, либо переход к новому метастабильному состоянию, с другой стороны, абсолютная устойчивость противоречит самой сути развития. Если бы система полностью подавляла отклонения от исходного состояния, она неизбежно возвращалась бы к равновесию, делая процесс обратимым, но обратимость исключает прогрессивные преобразования, что противоречит определению развития.

Таким образом, развитие сложных систем реализуется через чередование устойчивых и неустойчивых фаз. При этом траектория развития может включать множество устойчивых и переходных режимов, диктуемых текущими управляющими параметрами [45].

В этой связи, по нашему мнению, критически важно решить три взаимосвязанные задачи: 1) провести анализ диапазона изменений управляющих параметров для определения границ устойчивости системы; 2) идентифицировать незначительные флуктуации, способные вывести систему из равновесия; 3) установить условия, при которых система не только избегает коллапса, но и трансформируется в новое метастабильное состояние. Такой подход позволит не только прогнозировать критические переходы, но и управлять эволюцией системы в направлении устойчивого развития.

В связи с этим, на наш взгляд, очень важно, во-первых, исследовать возможную область вариации управляющих параметров для отслеживания области устойчивости системы; во-вторых, определить при этом те слабые возмущения, которые могут привести систему в неустойчивое состояние; в-третьих, выявить условия, при которых система не гибнет, а переходит в новое устойчивое неравновесное состояние.

Как отмечено в работе [45], развитие сложной системы происходит не только за счет внешних управляющих воздействий, но и за счет ее самоорганизации. В соответствии с разработанной М. Эйгеном теорией самоорганизации материи [58], для возникновения процесса самоорганизации — «появления согласованных направленных процессов в системе необходимо использование информации в процессе функционирования системы» [45, с. 81].

В фазе неустойчивости каждый элемент системы должен обладать способностью оценивать полезность новых возникающих признаков — как своих собственных, так и других элементов, а также характеристик вновь появляющихся компонентов. Это обеспечивается через обмен информацией с внешней средой, где данные накапливаются и возвращаются в систему, стимулируя селекцию прогрессивных элементов и формирование устойчивых взаимосвязей. Без такого механизма система теряет адаптивность и движется к коллапсу.

На устойчивость систем, если говорить об экономических, влияет два ключевых фактора: 1) всесторонняя информированность о внутреннем состоянии элементов и изменениях внешней среды; 2) опережающий анализ потенциальных

флуктуаций (как внутренних, так и внешних) для своевременной корректировки стратегий. Лишь интеграция информационной прозрачности и прогностического подхода позволяет системе не только перейти в новое устойчивое состояние, но и обеспечить его длительное сохранение.

В этой связи интерес представляют работы проф. В.-Б. Занга в виде обоснования его теории «синергетической экономики» [59], базирующейся во многом на теории синергетики Г. Хакена [60], понимаемой им как «наука о коллективных статических и динамических явлениях в закрытых и открытых многокомпонентных системах с «кооперативным» взаимодействием между элементами системы» [59, с. 17]. В теории В.-Б. Занга понятия неустойчивости, нелинейности, бифуркации и хаоса рассматриваются как основные элементы динамических экономических систем, при этом ученый показывает, что «эволюционной экономической системы, которая всегда бы была устойчивой, не существует» [59, с. 304].

1.3. Теория эндогенного экономического роста и научно-технический прогресс

С середины 80-х годов прошлого века зарубежными учеными активно развивается теория эндогенного экономического роста, которая пришла на смену неоклассической теории экзогенного экономического роста, так как важнейший фактор экономического роста в современных условиях — технический прогресс — в неоклассических моделях является внешне заданным параметром [61]. В то же время эндогенный экономический рост зависит от экономической деятельности человека [62]. Й. Шумпетер считается предшественником современной концепции эндогенного экономического роста. В своей «Теории экономического развития» он показал, что технический прогресс является следствием деятельности монополий, которые для извлечения сверхприбыли вынуждены использовать нововведения [63]. При этом происходит процесс созидательного разрушения, когда в результате внедрения новых технологий или производства новых товаров осуществляется смена монополий.

В своем развитии теория эндогенного экономического роста прошла несколько этапов (периодов). На первом этапе разработанные модели П. Ромера [64], Р. Лукаса [65] и С. Ребело [66] в качестве внутреннего источника экономического роста использовали человеческий капитал и внешний эффект обучения, модели второго этапа уже сосредоточились на объяснении влияния на экономический рост технического прогресса и реализации инноваций (модели Research & Development П. Ромера [67], П. Агийона и П. Хьюитта [68], Г. Гроссмана и Е. Хелпмана [69] и др.). При этом учитывается и положительное влияние на экономический рост государственной экономической политики, стимулирующей внедрение инноваций, а также влияние на принятие решений в области экономического развития отдельных экономических агентов-индивидов и фирм. Это позволило приблизить модели к практической действительности, так как

появилась возможность проверять теоретические предпосылки, заложенные в моделях, на реальных статистических материалах. Однако до сих пор одной из важнейших проблем теории эндогенного экономического роста является сложность совмещения получаемых решений на микро-, мезо- и макроэкономическом уровнях экономики государств [70], но, как отмечает К. Допфер [71], движение экономической мысли должно быть направлено от микро- к мезо- и макроуровню.

В 1980-х гг. в Советском Союзе активно велись научные исследования, связанные с необходимостью реализации стратегии ускорения научно-технического прогресса (НТП) для повышения эффективности экономического развития страны, в том числе в области планирования и прогнозирования уровня НТП. Значительный вклад в методологию оценки влияния НТП на перспективы развития отдельных отраслей экономики СССР и экономики страны в целом внесли работы ученых под руководством акад. АН СССР В. А. Трапезникова [48]. При этом в работах С. В. Дубовского [48] предпринята попытка оценить влияние НТП на микроэкономическом уровне за счет замены производственной функции производственным функционалом, с помощью учета разновременности создания производственных фондов и ввода количественной характеристики научно-технического прогресса в виде *показателя технологический уровень системы*. Вычисления по моделям показали, что при постоянной фондоотдаче этот уровень равен фондовооруженности, а его изменение связано с изменением фондоотдачи и рядом других факторов (оплатой живого труда, основных фондов и научных исследований). В эти же годы акад. В. А. Трапезниковым для оценки влияния НТП на развитие сложных систем предложено использовать *показатель уровня знаний и умений*, характеризующий, во-первых, уровень накопленных в соответствующей экономической системе (отраслях промышленности) знаний, во-вторых, уровень квалификации управленческих работников на всех уровнях управленческой иерархии. В работе [48] показано, что при определенных условиях, задаваемых в моделях С. В. Дубовского, рассматриваемые показатели совпадают.

1.4. Инновации и устойчивость развития

В настоящее время многие ученые считают, что для устойчивого развития экономических систем различного уровня требуется использование инноваций [72, 73]. Основоположником теории инноваций считается Й. Шумпетер [74], его научные труды стали основой для последующего формирования и развития теории, отражающей непосредственное влияние технического прогресса на экономический рост — теории эндогенного экономического роста [64, 68, 69]. При этом теоретические и практические проблемы управления использованием технологических инноваций с 1980-х гг. рассматривались в работах Р. Фостера [75], Д. Сахала [76], Д. Твисса [77], Д. Доси [78]. До сих пор не ясно, каким образом для оценки влияния на устойчивость производственно-экономических систем использовать множество различных показателей, отражающих результативность инноваций [79].

Перспективным считается изучение влияния на устойчивость систем их жизненного цикла [80], однако оценка такого влияния фрагментарна, так как, с одной стороны, обычно исследуется какой-то один аспект устойчивости из трех, с другой стороны, жизненные циклы разнообразны. Например, рассматриваются жизненные циклы предприятий, продуктов (товаров), процессов. Наиболее активно публикуются результаты исследований по экологической оценке жизненного цикла [81, 82] и оценке стоимости жизненного цикла товаров [83], но результатов исследований жизненного цикла процессов, прежде всего технологических, в научной литературе встречается немного [84, 85]. В связи с этим широкое развитие получили исследования S-кривых [86, 87]. Большой вклад в их изучение применительно к развитию технологий на уровне отдельной фирмы внес проф. К. Кристенсен [88], хотя он рассматривал в основном изменение производительности различных технологий в зависимости от фактора времени, что не позволяет выполнять оценку их устойчивости, а следовательно, оценку устойчивости производственно-экономических систем в целом.

Большинство зарубежных публикаций, посвященных оценке влияния технологических инноваций на результаты деятельности фирм [89–91], связаны с рассмотрением открытых инноваций, которые впервые были охарактеризованы в 2003 г. Г. Чесбро [92–94]. Такие инновации разделяются на внешние (входящие), внутренние (исходящие) и сопряженные (предполагающие совместное использование внешних и внутренних открытых инноваций) [95–97]. В статьях [98–100] показано, что в большинстве публикаций отмечается положительное влияние открытых инноваций на деятельность фирм, в том числе, например, через увеличение количества патентов [98], однако остается открытым для дальнейших исследований вопрос: как отдельные виды открытых инноваций, а также «закрытые инновации» влияют на результативность фирм?

Входящие открытые инновации разделяются на приобретенные фирмами технологии и полученные знания в бестелесной форме. Первые представляют собой воплощенные технологические изменения за счет инвестиций в инновационные машины и оборудование, вторые — использование патентов, лицензий, ноу-хау, товарных знаков и программного обеспечения [101]. Исходящие открытые инновации — это знания, полученные фирмами в процессе своей деятельности и представленные на рынке в виде патентов, лицензий, ноу-хау и программного обеспечения. В свою очередь, закрытые инновации — это результаты исследований и разработок (НИОКР) фирм, которые используются ими в своих производственных процессах, то есть на рынок для использования другими фирмами они не попадают.

В зарубежных публикациях отражаются в основном результаты эмпирических исследований влияния отдельных указанных видов инноваций на экономические и финансовые результаты фирм различных типов (инновационных и неинновационных), отраслей деятельности (традиционных и высокотехнологичных) и масштабов деятельности (крупных и малых и средних предприятий (МСП)) [102, 103], при обобщении которых формируются выводы о том, что, например, в МСП и традиционных отраслях в большей степени успешно используются

открытые инновации в виде нематериальных активов, а на крупных фирмах и в высокотехнологичных отраслях — закрытые инновации в виде результатов НИОКР. Однако конкретных экономических показателей, отражающих влияние различных видов инноваций на результаты деятельности фирм, на основе значений которых можно было бы сравнивать инновационную активность различных фирм, а также отдельных фирм в динамике их развития, в литературе не показано, хотя в целом для оценки инновационной деятельности фирм используется множество разнообразных показателей [79]. В зарубежной литературе преимущественно на основе эмпирических данных отмечается, что инновации оказывают влияние на устойчивость развития, но каким образом это происходит, до сих пор не показано.

Таким образом, существующие современные теории и концепции развития экономических систем показывают, что устойчивое развитие экономики как процесс тоже должно иметь временные периоды устойчивости и неустойчивости. Выделение таких периодов позволяет переходить к количественной оценке уровня интенсивности таких периодов. Однако для этого, во-первых, необходимо определять цикличность устойчивости и неустойчивости развития с учетом изменения технологии производства при внедрении технологических инноваций не только на макроуровне, но и на уровне предприятий, то есть микроуровне. Во-вторых, для количественной оценки желательно иметь какой-либо один показатель либо набор показателей, но взаимосвязанных между собой.

2. МЕТОДОЛОГИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБНОВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА

2.1. Критерий управления устойчивым использованием природных ресурсов

Основой экономики является эффективное управление использованием природных ресурсов, которое в настоящее время приобретает все большее значение, так как, со второй половины XX в. резко увеличились объемы использования всех видов природных ресурсов (с 22 млрд т в 1970 г. до 70 млрд т в 2010 г. [104]). При этом с 1970 по 2008 гг. добыча полезных ископаемых удвоилась и в ближайшие десятилетия этот рост будет продолжаться [105] в основном за счет интенсивного развития стран Юго-Восточной Азии, чему будет способствовать уже наметившаяся тенденция роста цен на эти ресурсы [106]. Помимо этого, в развитых странах повышается производительность использования материалов и энергии. Так, по данным [107], в странах Европейского союза (ЕС-15) за период с 1970 по 2007 гг. производительность материалов увеличилась на 94 %, энергии — на 73 %. В результате в этих и других странах Евросоюза (ЕС-28) внутреннее потребление материалов имеет тенденцию к снижению (кроме Румынии) [108]: в среднем по всем странам с 2000 по 2017 гг. оно уменьшилось на 9,7 %. При этом в рамках стратегии развития ЕС «Европа-2020» выделена флагманская инициатива «Ресурсоэффективная Европа» для дальнейшего повышения уровня производительности материалов [109]. Однако в мировой экономике с 2000 г. эффективность использования материалов в целом снижается [104], хотя не только лидеры в политике повышения эффективности использования природных ресурсов (Германия и Япония), но и Китай ставят в качестве стратегических целей дальнейшего экономического развития снижение среднедушевого уровня использования материалов [110]. К сожалению, в России, по данным ЮНЕП [111], тенденция повышения уровня использования материальных ресурсов в расчете на душу населения сохраняется.

Таким образом, для предотвращения в перспективе глобального экологического кризиса, связанного с увеличением объема использования природных ресурсов, так как в среднем более 96 % всех добытых ресурсов возвращается в природную среду в качестве отходов производства и потребления [112], для всех стран требуется формирование целевых ориентиров снижения душевого уровня потребления природных ресурсов за счет ускоренного повышения производительности их использования. Однако для этого необходимо решить две взаимосвязанные между собой задачи. Во-первых, подобные количественные ориентиры должны быть определены на основе использования соответствующих показателей, принятых за основу мировым сообществом

в целом, либо, как минимум, на уровне отдельных стран для внутреннего использования. Во-вторых, эти показатели должны нацеливать государства и бизнес-сообщество на необходимость совершенствования технологий использования природных ресурсов и стимулирования внедрения новых технологий, так как только за счет этого можно существенно повысить производительность использования ресурсов. К сожалению, указанные задачи решаются разными группами ученых и специалистов, поэтому явная связь между ними отсутствует.

Первая задача более или менее успешно решается на протяжении двух последних десятилетий в странах Евросоюза и в Японии, где на национальном уровне формируется учет материальных потоков и определяются показатели внутреннего потребления материалов (Германия и другие страны ЕС-28) или добычи сырьевых ресурсов и их дальнейшего использования (Япония) [105, 113, 114]. Затем на этой основе определяется производительность материалов или ресурсов как отношение валового внутреннего продукта (ВВП) соответственно к объему внутреннего потребления материалов (DMC) либо к объему добытых и используемых сырьевых ресурсов (RMI), определяемых в натуральных показателях. Такие показатели удобно использовать для анализа динамики уровня производительности материальных ресурсов на национальном уровне и для межстранового сравнения такой динамики для выявления соответствующих тенденций, хотя для объективного расчета значений таких и им подобных показателей еще преодолены не все барьеры методологического характера. Однако при этом необходимо многоуровневое управление устойчивым использованием природных ресурсов внутри государств и на каждом уровне иерархии управления критерии устойчивости должны использоваться согласованно с другими уровнями [110]. Таким образом, возникает большое разнообразие таких критериальных показателей и необходима их классификация [109], что пока также является нерешенной задачей.

Решение второй задачи связано с практической реализацией теории эндогенного экономического роста и соответствующим определением вклада технического прогресса в развитие экономических производственных систем внутри государства на макро-, мезо- и микроуровне [67]. К сожалению, в этом направлении до сих пор существенных успехов не достигнуто, так как, во-первых, внутри теории существуют и развиваются различные научные направления, оценивающие этот вклад по-разному и преимущественно на национальном уровне [68]. Во-вторых, не предлагается ключевых показателей, которые можно было бы согласованно использовать на всех уровнях иерархии управления. В результате, например, для оценки эффективности внедрения инноваций, прежде всего технологических, в зарубежных странах используется несколько десятков всевозможных показателей-индикаторов [79], в том числе количество полученных и использованных патентов, объем затрат на технологические разработки и тому подобное. Именно технологические инновации являются связующим звеном между необходимостью и желанием государств повышать производительность используемых в экономике ресурсов и возможностью это

осуществлять бизнесом при внедрении материало- и энергосберегающих технологий. К сожалению, на практике эти желания и возможности часто расходятся, так как экономические интересы государства и бизнеса в рыночной экономике противоречивы.

Государственные интересы в сохранении экологического баланса и предотвращении экономических кризисов, связанных с ресурсной эксплуатацией, часто противоречат коммерческим целям ориентированного на максимизацию прибыли бизнеса, однако эти позиции могут быть согласованы через внедрение ресурсосберегающих технологий. Снижение материалоёмкости производства позволяет предприятиям увеличивать долю прибыли в структуре выручки, что одновременно повышает их вклад в ВВП за счёт роста добавленной стоимости. В результате государство переходит на интенсивный тип экономического роста и при этом уменьшается давление на природную среду, так как, во-первых, при снижении материалоёмкости производства бизнесу потребуется меньший объём использования материальных ресурсов. Во-вторых, за счет снижения норм расхода материальных ресурсов снизится общий объём отходов производства. В-третьих, новые технологии позволят осуществлять экономически эффективную переработку уже накопленных и складированных в окружающей среде отходов производства и потребления.

Таким образом, баланс между экологическими и экономическими целями достигается через технологическую модернизацию, одновременно усиливающую устойчивость национальной экономики и повышающую рентабельность бизнеса.

Для гармонизации взаимодействия государственных и корпоративных интересов автором монографии предложен инновационный методический алгоритм. Его концептуальная основа базируется на следующих положениях.

При анализе экономических ресурсов как производственных факторов через призму их участия в издержках или итогах хозяйственной деятельности выявляется принципиальная особенность. Все элементы, за исключением природных активов, в процессе эксплуатации непосредственно формируют стоимость конечной продукции. Трудозатраты, капитальные инвестиции и предпринимательский потенциал интегрируются в структуру валового внутреннего продукта, выступая его неотъемлемыми составляющими. Следует отметить, что ВВП также аккумулирует амортизационные отчисления по нематериальным активам как стоимостную оценку интеллектуальных ресурсов.

Принципиально иная роль отводится природно-ресурсной базе. Сырьевые материалы и энергоносители формируют стоимость промежуточного продукта (ПП), который служит основой для создания конечных экономических благ.

Соответственно, по нашему мнению, критериальным показателем эффективности управления устойчивым использованием природных ресурсов на национальном уровне может быть выражение

$$\mathcal{E} = \text{ВВП/ПП}. \quad (2.1)$$

Для уровня производственного предприятия, отрасли производства или вида производственной деятельности показатель представляется в виде:

$$\Xi = ДС/МЗ, \quad (2.2)$$

где ДС — объем добавленной стоимости в стоимости продаж предприятия; МЗ — материальные затраты на сырье, материалы, топливо и энергию в стоимости продаж.

Данная формула в расчете на 1 руб. продаж продукции предприятий преобразуется в следующий вид:

$$\Xi = Д_{дс}/МЕ = (1 - МЕ)/МЕ = МО - 1, \quad (2.3)$$

где Д_{дс} — доля добавленной стоимости в стоимости продаж продукции предприятий; МЕ — материалоемкость производства (продукции); МО — материалоотдача продукции.

Оптимизация критериального показателя устойчивого экономического развития выполняет системообразующую функцию в координации интересов ключевых акторов. Универсальность данного критерия обеспечивает конвергенцию целей государства, гражданского общества и хозяйствующих субъектов, включая наемных работников и владельцев производственных активов. Совпадение мотивационных векторов обусловлено прямой зависимостью между ростом экономических результатов и увеличением налоговых поступлений, расширением фонда оплаты труда и приростом предпринимательского дохода. Это создаёт институциональную основу для регулирования распределения добавленной стоимости между бюджетом государства, трудовыми ресурсами и владельцами капитала.

Содержательная составляющая такого показателя-индикатора отражает вклад экономических систем разного масштаба в сферу экологической безопасности. Его практическое применение формирует экономико-правовые механизмы рационального природопользования, минимизируя риски истощения ресурсной базы.

Стратегическое значение показателя проявляется в актуализации перехода к ресурсосберегающей модели роста. Выявленная корреляция между технологической модернизацией, снижением удельных затрат сырья и повышением производительности факторов производства особенно значима для стран с доминированием экстенсивных методов хозяйствования, что характерно для ряда развивающихся экономик, включая российскую.

В контексте экономико-теоретического анализа предложенный критерий выполняет две взаимодополняющие функции. С одной стороны, он нивелирует методологические расхождения между макро-, мезо- и микроуровневым анализом, с другой — обеспечивает трансформацию положений институциональной теории в практические регуляторы для отраслевых комплексов, территориальных кластеров и отдельных предприятий. Техническая реализуемость подхода обеспечена доступностью исходных данных, содержащихся в финансовой отчетности субъектов хозяйствования и макроэкономических агрегатах.

Следует подчеркнуть, что перспективы технологической модернизации в контексте снижения материалоемкости требуют дифференцированного

подхода. Эффект внедрения инновационных решений носит нелинейный характер и зависит от типа технологий, отраслевой специфики и адаптационного потенциала производственных систем, что актуализирует необходимость комплексной оценки их экономико-экологического воздействия.

2.2. Инвестиционно-инновационный леве́ридж и взаимосвязь фондо- и материалоемкости производства

В экономической теории рыночной экономики основное внимание уделяется категории прибыли и причинам ее образования. Это вполне естественно, так как основным мотивом деятельности предпринимателей в сфере рыночных отношений является увеличение массы прибыли. При этом в теории рассматриваются различные виды издержек производства, прежде всего постоянные и переменные. Соответственно в практических целях на зарубежных предприятиях активно используется маржинальный анализ (break-even-analysis) или анализ безубыточности, в основе которого лежит понятие маржинальной прибыли как разности выручки от реализации произведенной продукции и переменных затрат, то есть суммы постоянных затрат и прибыли, получаемой предприятием. Это позволяет определять критический объем продаж, при котором прибыль будет нулевой, и управлять изменением объема переменных и постоянных затрат для достижения прибыльности производства.

В результате категория прибыли стала основополагающей и в финансовом менеджменте, где в качестве объяснения причин появления и увеличения риска недополучения различных видов прибыли стали рассматриваться понятия операционного и финансового леве́риджа [115–119]. Операционный леве́ридж — рычаг, повышающий/снижающий возможность получения прибыли до вычета процентов и налогов (ЕВІТ — Earnings before interest and taxes) при изменении выручки от продаж. Его количественное значение определяет процентное изменение величины ЕВІТ при 1 %-м изменении выручки от продаж, количественно он характеризуется как отношение постоянных затрат к переменным, которые называются операционными. Соответственно финансовый леве́ридж — это рычаг, количественно показывающий процентное изменение чистой прибыли предприятия при 1 %-м изменении объема ЕВІТ в виде отношения заемного капитала предприятия к объему собственного капитала.

Таким образом, во-первых, с точки зрения формирования более полной структуры производственных издержек остались в стороне такие базовые понятия экономической теории, как факторы производства (труд, земля, капитал), так как их влияние непосредственно не отражается количественно в объемах постоянных и переменных затрат, тем более не учитывается новый фактор производства — технологический прогресс. Во-вторых, с точки зрения теории на уровне предприятий не рассматривается важность категории «добавленная стоимость» (ДС) как разности объема выручки от продаж и объема материальных затрат, хотя на практике в западном менеджменте уже появляются предложения ее рассматривать для предприятий в разных вариантах расчета, например в виде

показателя EVA — экономической добавленной стоимости. Однако все эти варианты относятся к новым направлениям развития финансового менеджмента, рассматривающим возможности максимизации стоимости акционерного капитала либо учет влияния на деятельность предприятий заинтересованных сторон (стейкхолдеров).

Российские стандарты бухгалтерского учета (РСБУ) развивались независимо от западных стандартов такого учета, ориентирующихся на разделение всех издержек предприятий на постоянные и переменные. В России еще в прошлом веке сложилась своя методология формирования себестоимости единицы продукции, выпускаемой и реализуемой предприятиями, то есть ее калькулирования, где в виде элементов производственной себестоимости (статей затрат) учитываются отдельные составляющие не только переменных, но и постоянных затрат. В результате в форме № 2 «Отчет о финансовых результатах» публичной финансовой (бухгалтерской) отчетности предприятий определяется значение себестоимости реализованной продукции, которое не соответствует операционным (переменным) издержкам в западной методологии бухгалтерского учета, поэтому маржинальный анализ в практике деятельности российских предприятий значительного развития не получил. При этом РСБУ позволяют в управленческой и финансовой отчетности (в том числе в публичной) непосредственно выделять и отражать отдельно значение материальных затрат, поэтому всегда можно рассчитать и объем ДС предприятий. Необходимо также отметить, что увеличение ДС каждого отдельного предприятия означает не только рост его налоговых отчислений в бюджет государства в виде налога на добавленную стоимость, но и повышение его вклада в валовый региональный продукт (ВРП), так как ВРП рассчитывается как сумма добавленной стоимости всех работающих в конкретном регионе предприятий. Соответственно повышается и вклад каждого предприятия в ВВП страны.

Таким образом, с точки зрения интересов страны и регионов, а также в определенной степени и интересов предприятий (причем не только их владельцев, но и работающего персонала, так как в ДС входит составной частью не только прибыль, но заработная плата) необходима максимизация объемов добавленной стоимости. Эта задача с точки зрения теории экономического роста может решаться двумя путями — экстенсивным и интенсивным, при этом имеется в виду то, что повышение цен на продукцию предприятий не может считаться объективной причиной увеличения ДС, так как обществу важен не номинальный, а реальный рост ВРП и ВВП, то есть очищенный от влияния инфляции. При экстенсивном росте пропорционально объему продаж растет объем сырья, материалов, топлива и энергии, используемых предприятиями, что противоречит процессу устойчивого развития экономики, так как увеличение уровня использования материальных ресурсов приводит ко всё большему объему загрязнения окружающей природной среды отходами производства. Следовательно, для обеспечения устойчивого развития предприятия должны увеличивать свою добавленную стоимость интенсивным путем, то есть за счет ее роста с каждой

единицы используемых материальных ресурсов (МР). Так как в учете и отчетности предприятий стоимостное выражение МР представляет собой материальные затраты (МЗ), то максимизация добавленной стоимости приводит к критерию, рассматриваемому в предыдущем подразделе 2.1 (формулы 2.1 и 2.2).

Отношение доли добавленной стоимости (ДДС) к материалоемкости (МЕ) можно назвать еще одним видом леввериджа — *инвестиционно-инновационным* (ИИЛ). Логичность появления нового, третьего вида леввериджа объясняется еще и тем обстоятельством, что в рыночной экономике любое коммерческое предприятие может осуществлять три вида деятельности — обычную (операционную) по производству товаров и услуг, финансовую и инвестиционную, а в теории и практике управления финансами используются лишь операционный и финансовый левверидж. Соответственно результаты всех видов деятельности отражаются в форме № 4 «Отчет о движении денежных средств» публичной финансовой (бухгалтерской) отчетности предприятий [120, 121].

Численное значение ИИЛ практически определяет процентное изменение МЕ предприятия при 1 %-м изменении ДДС в структуре стоимости продаж, однако значение такого вида леввериджа заключается в том, что оно определяет *инновационную эффективность инвестиций* предприятий. Она означает, во-первых, что вложенные предприятием в производство в виде технологических инноваций инвестиции только тогда будут соответствовать интенсивному и устойчивому пути развития, когда значение ИИЛ, достигнутое предприятием, будет увеличиваться, то есть будет увеличиваться материалоемкость (МО). Во-вторых, при сравнении разных вариантов вложения инвестиций в производство должен выбираться вариант, у которого рост значения ИИЛ будет максимальным среди всех рассматриваемых вариантов. К сожалению, в России и за рубежом в используемых методах оценки эффективности реализации инвестиционных проектов это обстоятельство никоим образом не учитывается [122–124], то есть в них оценивается прибыльность реализации конкретного инвестиционного проекта без учета сложившегося значения МО на предприятии, где планируется использование этого проекта. В результате при снижении ИИЛ на предприятии его общая прибыль может увеличиться, если при этом повышается объем выпускаемой продукции, однако ДДС в каждой единице объема продаж снижается, что не соответствует интересам государства.

При использовании категории ИИЛ, с одной стороны, появляется возможность сравнения значений такого леввериджа у предприятий одной отрасли деятельности и определения предприятия-лидера по этому показателю, на которое должны равняться другие предприятия отрасли, и именно предприятию-лидеру в случае необходимости государство должно оказывать финансовую поддержку при инвестировании в технологические инновации, повышающие ИИЛ. С другой стороны, определенный интерес представляет его единичное значение, при котором значение МО равно двум (руб/руб.). Если у предприятия ИИЛ больше единицы, то, во-первых, оно относится в основном к добывающей промышленности, где обычно ДДС более 0,5. В этом случае даже 1 %-й

дальнейший рост значения ДДС вызывает многопроцентное (во всяком случае, более 1 %) снижение МЕ. Соответственно при значениях ИИЛ меньше 1 такое предприятие чаще всего относится к обрабатывающей промышленности, но при этом 1 %-е повышение значения ДДС позволяет снижать МЕ лишь на уровень менее 1 %.

Таким образом, при обеспечении интенсификации производства и при переходе экономики страны на интенсивный путь экономического роста и устойчивого развития материалоемкость продукции предприятий должна снижаться [125–127]. Соответственно для этого нужны технологические инновации интенсивного типа [126, 127], то есть совершенствование существующих или внедрение в производство новых технологий, так как при этом должен снижаться расход объема материальных ресурсов на единицу выпускаемой продукции. Следовательно, предприятия должны вкладывать в технологическое обновление производства инвестиции интенсивного типа [126, 127], но тут возникает вопрос: каков должен быть их объем для обеспечения снижения материалоемкости?

Гипотетически, для снижения уровня материалоемкости продукции и соответствующего увеличения доли добавленной стоимости в стоимости продукции предприятию необходимо увеличивать объем активной части основных производственных фондов, прежде всего объем машин и оборудования, а также транспортных средств. Это, при прочих равных условиях, приведет к увеличению значений фондоотдачи активной части основных фондов и фондовооруженности, что позволит повысить уровень производительности труда, а значит, и уровень заработной платы. Однако конкретные изменения значений вышеуказанных показателей зависят от специфики предприятия и сложившихся условий хозяйственной деятельности, поэтому эти гипотетические предпосылки были использованы нами в работе [128] при анализе основных показателей деятельности крупнейшего промышленного предприятия Мурманской области — АО «Кольская горно-металлургическая компания» на основе данных публичной бухгалтерской (финансовой) отчетности, представленной на сайте предприятия. В результате на примере АО «Кольская ГМК» было показано, что на предприятии существует обратная зависимость между изменением за годовой период значений показателей фондоотдачи (ФО) и материалоемкости, а следовательно, и прямая зависимость показателей материалоемкости от фондоотдачи. Далее были рассчитаны данные, которые показывают, что такие же зависимости имеют место быть в результатах деятельности не только АО «Кольская ГМК», но и других крупных промышленных предприятий Мурманской области — АО «Ковдорский ГОК», АО «Олкон» и АО «Апатит».

На рис. 2.1 показана динамика значений ФО и МО за более длительный период времени по ПАО «Норильский никель», в который входит АО «Кольская ГМК» на правах дочерней компании, а также для других крупных промышленных предприятий Севера и Арктики — ПАО «Северсталь», ПАО АК «Алроса».

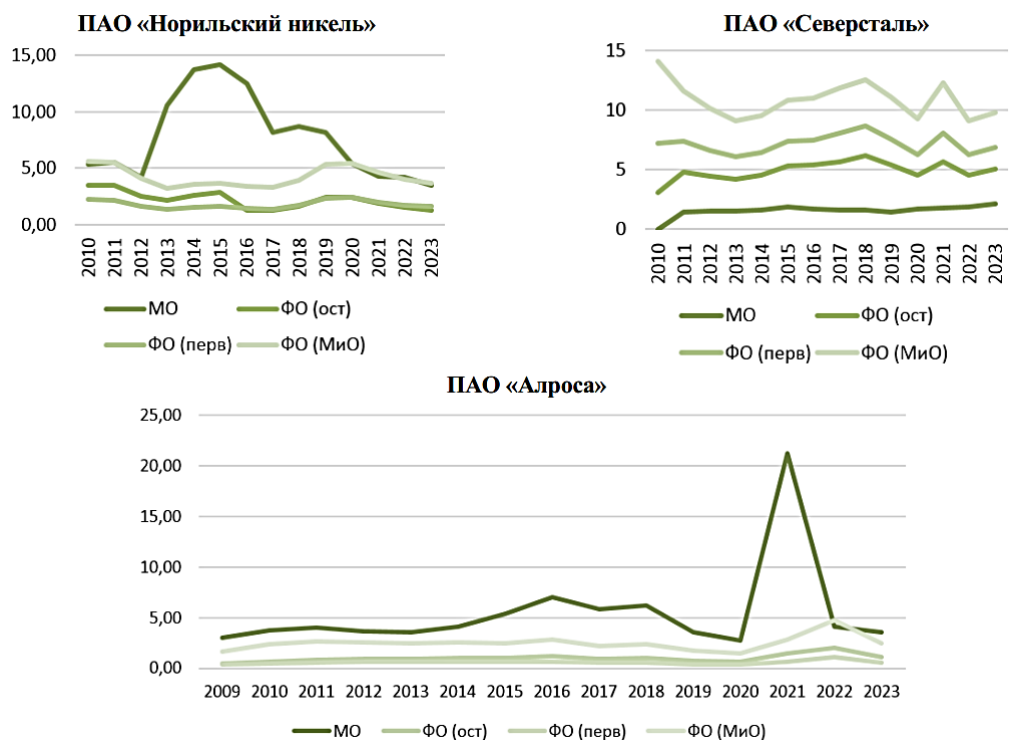


Рис. 2.1. Динамика материало- и фондоотдачи крупнейших промышленных предприятий

На рисунке фондоотдача показана в трех вариантах: по первоначальной ($FO_{перв}$) и остаточной ($FO_{ост}$) стоимости основных фондов, а также по первоначальной стоимости машин и оборудования ($FO_{МиО}$), что практически подтверждает взаимосвязь FO и MO независимо от способа расчета фондоотдачи.

Далее зависимость MO от FO была выявлена для девяти регионов Арктики по каждому из трех видов промышленной деятельности: добыча полезных ископаемых, обрабатывающие производства, производство и распределение электроэнергии, газа и воды [126]. В результате показано:

$$ИИЛ = k \cdot FO - 1, \quad (2.4)$$

где ИИЛ — инвестиционно-инновационный левэридж; k — коэффициент пропорциональности между значениями фондо- и материалоотдачи; FO — фондоотдача основных фондов.

Таким образом, для достижения требуемого в перспективе значения ИИЛ предприятию необходимо увеличить значение FO до уровня:

$$FO = (ИИЛ + 1)/k. \quad (2.5)$$

Это, в свою очередь, позволяет определить требуемый прирост объема основных фондов, а значит, и объем инвестиций в основной капитал предприятия, следующим образом:

$$\Delta O\Phi = РП_{п}/FO_{п} - O\Phi_{б}, \quad (2.6)$$

где $\Delta\text{ОФ}$ — требуемый прирост объема основных фондов; $\text{РП}_п$ — перспективный (планируемый/прогнозируемый) объем продаж; $\text{ФО}_п$ — требуемый для обеспечения перспективного значения ИИЛ уровень фондоотдачи, который определяется по формуле (2.5); $\text{ОФ}_б$ — объем основных фондов предприятия в предперспективном (базовом) периоде.

При этом нужно иметь в виду, что коэффициент пропорциональности k при изменении значений ИИЛ тоже может изменяться, причем в разных направлениях. В результате оказывается, что не всегда повышение уровня фондоотдачи снижает уровень материалоемкости продукции и, наоборот, не всегда снижение фондоотдачи приводит к повышению материалоемкости, что отражает выражение

$$\text{МЕ} = 1/(k \cdot \text{ФО}). \quad (2.7)$$

Анализ результатов функционирования промышленного производства в регионах Арктики по видам промышленной деятельности [129] показал, что производство может развиваться в зависимости от соотношения значений ФО , МЕ и k в четырех основных направлениях: *инновационно-эффективном*, при котором увеличение фондоотдачи приводит к снижению материалоемкости; *инновационно-неэффективном*, когда материалоемкость уменьшается при снижении фондоотдачи; *неинновационно-эффективном* при увеличении фондоотдачи, но и повышении материалоемкости и *неинновационном и неэффективном* при одновременном снижении фондоотдачи и увеличении материалоемкости. Соответственно, наилучшей тенденцией развития является первое направление, а наихудшей — четвертое.

Результаты расчетов коэффициента по промышленному производству регионов Арктики [129] подтвердили теоретический вывод о том, что увеличение его значений напрямую связано с существенным обновлением основных фондов, при котором обеспечивается снижение материалоемкости продукции. В результате его можно назвать *коэффициентом уровня технологичности производства* ($k_{\text{УТП}}$). Однако теоретический анализ формулы 2.7 также показывает, что инновационно-эффективное (первое) направление развития возможно в случае, когда значение коэффициента не увеличивается, а уменьшается, но меньшими темпами, чем растет фондоотдача, что определяет второй вариант первого направления развития. Соответственно четвертое направление (неинновационное и неэффективное) формируется и тогда, когда значение коэффициента, наоборот, увеличивается, но темпами меньше, чем снижается фондоотдача. В результате реализуется второй вариант этого направления развития. Таким образом, рассмотренные направления развития и их возможные варианты позволяют сформировать ***матрицу возможных направлений технологического развития*** любого промышленного предприятия (рис. 2.2).

Для обеспечения *инновационно-эффективного* развития любого предприятия по первому варианту первого направления необходимо существенное обновление преимущественно *активной* части основных фондов и поддержание этого состояния до тех пор, пока темпы роста фондоотдачи

в результате увеличения объемов производства на обновленной технологической основе не будут превышать темпы роста материалоотдачи и соответствующего снижения значений $k_{утп}$. В противном случае, то есть при превышении темпов роста ФО по отношению к темпам роста МО, предприятие будет развиваться по второму варианту первого направления развития.

Рост МЕ

Рост МЕ Снижение ФО Снижение $k_{утп}$	4-1	Рост МЕ Рост ФО Снижение $k_{утп}$	3
Рост МЕ Снижение ФО Рост $k_{утп}$	4-2		
Снижение МЕ Снижение ФО Рост $k_{утп}$	2	Снижение МЕ Рост ФО Рост $k_{утп}$	1-1
		Снижение МЕ Рост ФО Снижение $k_{утп}$	1-2

Рост ФО

Рис. 2.2. Матрица направлений технологического развития промышленного предприятия: МЕ — материалоемкость продукции; ФО — фондоотдача; $k_{утп}$ — коэффициент уровня технологичности производства; (4-1, ...) — номера направлений и вариантов развития предприятий

При обновлении активной части основных фондов и незначительном объеме производства продукция материалоемкость уменьшается, но при снижающемся уровне фондоотдачи. В результате обеспечивается рост значений $k_{утп}$, а предприятие будет развиваться *инновационно, но неэффективно*, то есть по второму направлению.

При необновлении активной части основных фондов и увеличении степени их износа материалоемкость начинает повышаться, хотя фондоотдача и увеличивается за счет роста объемов производства, что соответствует *неинновационно-эффективному* (третьему) направлению развития.

При дальнейшем уменьшении объемов производства и снижении фондоотдачи предприятие переходит на худшее — *неинновационное и неэффективное* — четвертое направление развития по первому варианту. Однако если предприятие начинает осуществлять мероприятия по уменьшению темпов снижения материалоотдачи по отношению к темпам снижения фондоотдачи, например, организационные, тогда оно будет развиваться уже по второму варианту четвертого направления развития.

Реальная ситуация с направлениями развития промышленного производства в России (по пятилетиям) на примере отдельных видов промышленной

деятельности регионов Арктики, полностью территориально входящих в АЗРФ, показана нами в работе [129]. В табл. 2.1 приведены сводные данные о тенденциях развития видов промышленной деятельности в регионах Арктики в целом за десятилетний период времени.

Таблица 2.1

Тенденции развития видов промышленной деятельности
регионов Арктики [129]

Регионы	Виды промышленной деятельности		
	Добыча полезных ископаемых	Обрабатывающие производства	Производство и распределение электроэнергии, газа и воды
Ненецкий авт. округ	IV	III	IV
Мурманская обл.	II	III	II
Ямало-Ненецкий авт. округ	IV	III	II
Чукотский авт. округ	II	II	II

Примечание. I, II, III, IV — номера направлений развития видов промышленной деятельности.

Таким образом, очевидно, что тенденции развития промышленности в регионах Арктики в целом не вполне соответствовали инновационно-эффективному направлению обеспечения экономического роста. Наиболее сложное положение сложилось в добывающей промышленности, где в двух регионах сформировалось самое неблагоприятное неинновационное и неэффективное направление.

Важнейший показатель эффективности производства, прирост значения которого определяет уровень заработной платы персонала промышленных предприятий, — производительность труда — также может рассчитываться с использованием понятия ИИЛ:

$$ПТ = ФВ \cdot ФО, \quad (2.8)$$

$$ПТ = ФВ / (k_{УП} \cdot МЕ), \quad (2.9)$$

$$ПТ = ФВ (ИИЛ + 1) / k_{УП}, \quad (2.10)$$

где ПТ — производительность труда; ФВ — фондовооруженность труда; ФО — фондоотдача; МЕ — материалоемкость продукции; $k_{УП}$ — коэффициент уровня технологичности производства; ИИЛ — инвестиционно-инновационный леверидж.

Уровень производительности труда в российской экономике в несколько раз ниже, чем в развитых странах [130], а материалоемкость производства, наоборот, существенно выше, поэтому изучение возможностей роста производительности труда является крайне актуальной задачей [131, 132].

К сожалению, снижение уровня фондоотдачи в промышленности регионов Арктики приводит к тому, что производительность труда в этих регионах увеличивается недостаточно быстро.

Данные приложения 1 показывают:

- во-первых, за пятнадцать лет производительность труда в производстве и распределении электроэнергии, газа и воды по четырем регионам Арктики, территориально полностью входящим в АЗРФ, увеличилась примерно одинаково (в 2–4 раза), но существенно меньше, чем по остальным видам деятельности (за исключением Ненецкого автономного округа);
- во-вторых, во всех регионах фондоотдача росла только в обрабатывающих производствах, поэтому темпы роста производительности труда в этом виде деятельности были существенно выше, чем даже в добыче полезных ископаемых (за исключением Ненецкого автономного округа);
- в-третьих, значительный рост производительности труда в добыче полезных ископаемых был обеспечен только за счет роста фондовооруженности труда, что, в свою очередь, объясняется повышением капиталоемкости добычных работ, связанной с увеличением доли подземной добычи и соответствующей необходимостью строительства рудников подземных работ (в основном пассивная часть основных фондов).

Таким образом, можно констатировать, что именно в менее капиталоемких обрабатывающих производствах обновление активной части основных фондов позволило обеспечить рост фондоотдачи. Такой вывод подтверждается увеличением фондоотдачи в два раза за пять лет в обрабатывающем производстве Мурманской области, где именно в этот период происходило технологическое обновление производства на «Кольской ГМК» в связи с началом реализации так называемого «серного проекта», то есть проекта по снижению объема выбрасываемого в атмосферу отходящего сернистого газа.

В работе [133] нами показано, что ситуация снижения в промышленности фондоотдачи, к сожалению, характерна не только для регионов Арктики, но и в целом для промышленности Российской Федерации.

Таким образом, использование понятий инвестиционно-инновационного левериджа и коэффициента уровня технологичности производства позволяет сформировать аналитическую взаимосвязь показателей производительности труда, фондо- и материалоотдачи. Соответственно появляется возможность управления инновационно-эффективным развитием промышленных предприятий, отраслей промышленного производства, а также промышленности регионов — субъектов Федерации и страны в целом. В результате за счет интенсификации производства может быть обеспечен существенный прирост производительности труда, ВРП регионов и ВВП страны.

Необходимо при этом также отметить, что от степени технологической модернизации производства зависит непосредственно и повышение эффективности управления устойчивым использованием природных ресурсов, так как

$$\mathcal{E} = \text{МО} - 1 = k_{\text{УТП}} \cdot \text{ФО} - 1 = \text{ИИЛ}. \quad (2.11)$$

2.3. Жизненный цикл технологического развития производства

Выше для объяснения пропорциональной взаимосвязи между показателями материало- и фондоемкости нами введено понятие *коэффициента уровня технологичности производства*. Его абсолютное значение зависит от уровня фондовооруженности предприятия, отрасли или вида деятельности. Например, в 2020 г. в добывающей промышленности регионов Арктики оно составляло 3–12 руб/руб., в обрабатывающей — от 0,2 до 1,0 руб/руб. Соответственно фондовооруженность в добывающей промышленности значительно выше, чем в обрабатывающей (10–60 против 0,4–3,0 млн руб/чел.). Увеличение этого коэффициента в основном зависит от *степени* обновления активной части основных фондов предприятия (машин и оборудования, транспортных средств), то есть, по сути, от уровня знаний, вложенных в производство новой техники и технологии, но очевидно, что эффективность деятельности работников системы управления предприятием тоже должна влиять, хотя и в меньшей степени, на это изменение. Таким образом, предложенный акад. В. А. Трапезниковым [48] еще в СССР показатель *уровня знаний и умений* для отражения темпов научно-технического прогресса по экономическому смыслу практически полностью совпадает с предложенным нами коэффициентом уровня технологичности производства, то есть эти показатели определяют количественную оценку влияния технико-технологического прогресса на развитие предприятий. Однако наш второй показатель, в отличие от первого, имеет простой количественный расчет и на уровне отдельного предприятия, и на уровне отрасли либо вида экономической деятельности региона и страны в целом, и на уровне реального сектора экономики отдельного государства, так как необходимые для расчетов показатели материало- и фондоемкости на всех уровнях управления отражаются в соответствующих статистических данных. В результате появляется возможность *взаимосвязанного управления* технологическим развитием предприятий, отраслей, экономики регионов и страны в целом, то есть на микро-, мезо- и макроуровне.

Выше нами также показано, что любая промышленная система (предприятие, отрасль, совокупность отраслей) может технологически развиваться только в четырех направлениях, но в двух из них возможны два варианта развития. При этом каждая смена направлений или вариантов направлений определяется соответствующим *индикатором* в виде изменения значений материалоемкости, фондоотдачи или коэффициента уровня технологичности производства в противоположном направлении (рис. 2.3).

Эта матрица дает представление о том, каким образом технологически может развиваться и увеличивать свою прибыль любое предприятие. В начале внедрения новой технологии предприятие развивается по второму направлению, когда идет процесс интенсивного обновления активной части основных фондов. При этом темпы роста выручки от продаж пока отстают от темпов роста объема основных фондов. Далее при освоении новой технологии предприятие переходит на инновационно-эффективный путь развития (первое направление). Индикатором начала перехода является рост значения показателя фондоотдачи.

Со временем технология устаревает, хотя ее частичная модернизация позволяет пока еще снижать материалоемкость и обеспечивать рост фондоотдачи, но предприятие уже переходит на развитие по траектории 1-2. Индикатором перехода будет являться снижение значения коэффициента уровня технологичности производства. Если в течение такого развития не принимать мер по дальнейшему технологическому обновлению производства, то в этом случае предприятие будет вынуждено развиваться по третьему направлению (неинновационно-эффективному), когда частичная модернизация технологии уже не позволит уменьшать материалоемкость продукции.

МЕ

Уменьшение ФО	4-1	Увеличение МЕ	3
Рост $k_{\text{утп}}$	4-2		
Уменьшение МЕ	2	Снижение $k_{\text{утп}}$	1-2
		Увеличение ФО	1-1

ФО

Рис. 2.3. Индикаторы направлений технологического развития промышленных систем:
 МЕ — материалоемкость продукции; ФО — фондоотдача основных фондов;
 $k_{\text{утп}}$ — коэффициент уровня технологичности производства, (4-1, ...) — номера направлений развития промышленных систем и их варианты

Таким образом, рост материалоемкости является индикатором начала этого процесса. В определенный момент времени значительный износ производственных мощностей при отсутствии их модернизации переводит предприятие на неинновационный и неэффективный путь развития (четвертая траектория).

Ключевым показателем здесь выступает уменьшение эффективности использования основных средств. Если организация продолжает функционировать в подобном режиме длительный период, рост затрат на единицу продукции приведет к сокращению прибыли и, как следствие, к угрозе финансовой несостоятельности. Если же управленческий состав осознаёт критичность ситуации, начинается этап реинвестиций в обновление оборудования и внедрение инновационных технологических решений. Старт данного этапа отражается в росте показателя технологической оснащенности производства. По мере успешной адаптации новых методов материалоемкость продукции вновь снижается, что свидетельствует о возвращении предприятия к траектории эффективного развития (второе направление).

В приложении 2 показаны направления и варианты направлений развития в 2005–2022 гг. видов промышленной деятельности четырех регионов — субъектов РФ, полностью входящих в Арктическую зону Российской Федерации, с выделением уровня технико-технологического прогресса, который отражают значения коэффициента уровня технологичности производства.

Данные приложения 2, во-первых, показывают, что действительно не только предприятия, но и виды промышленной деятельности, включающие в себя промышленные отрасли и подотрасли, могут развиваться только по вышеуказанным направлениям и их вариантам.

Во-вторых, практически во всех регионах проявляется тенденция роста уровня технико-технологического прогресса, но, с одной стороны, темпы изменения этого уровня во всех регионах и видах деятельности разные, с другой стороны, наблюдается *цикличность* динамики прогресса, так как повышение значений коэффициента уровня технологичности производства ($k_{УТП}$) иногда сменяется их снижением.

Динамика основных экономических показателей технологического развития двух крупных арктических промышленных предприятий России — ПАО АК «Алроса» и АО «Кольская ГМК» — представлена в приложениях 3 и 4 и фактически подтверждает вышеизложенные положения. Приведенные в приложениях данные также показывают, что, во-первых, направление (вариант направления) развития практически не изменяется при вариантах расчета фондоотдачи в целом по всему объему основных фондов предприятий или же только по объему их активной части.

Очевидно, это связано с тем, что на предприятиях соотношение пассивной и активной частей основных фондов длительное время существенно не меняется. Во-вторых, практически не изменяются направления и варианты направлений развития предприятий при расчетах фондоотдачи по первоначальной и остаточной стоимости основных фондов, если не происходит резкого увеличения ежегодных темпов их ввода или выбытия.

Представленная на рис. 2.3 матрица позволяет сформировать графическую модель жизненного цикла технологического развития предприятий, отраслей, регионов и реального сектора экономики страны, в которой каждая стадия определяет улучшение или ухудшение использования видов экономических ресурсов (материальных, физического капитала, то есть основных фондов, и трудовых) через изменение значений материало- и фондоотдачи, а значит, и производительности труда (ПТ), при учете влияния уровня и темпов технико-технологического прогресса. При этом эти показатели напрямую влияют на значение себестоимости продукции и прибыль предприятия. В результате появляется возможность *одновременного* управления процессом и технологического и экономического развития производственных систем, включая *цифровизацию* этого процесса.

График жизненного цикла технологического развития производства (ЖЦТРП) (рис. 2.4) показывает, что теоретически наилучшим моментом времени смены технологии производства является момент T_1 , соответствующий точке бифуркации А и максимально возможному уровню МО, который может быть достигнут при существующей технологии производства. Однако практически эта смена должна произойти в течение интервала времени (T_0-T_1) , так как момент времени T_0 показывает начало снижения эффективности применяемой технологии

производства в виде уменьшения значения коэффициента уровня технологичности производства. Если такая смена технологий своевременно не будет обеспечена, то тогда после точки бифуркации сначала будет снижаться материалоотдача (до уровня в точке В), а затем одновременно начнет снижаться и фондоотдача. Если этот процесс не остановить в точках В или С, то потеря прибыли приведет предприятие к банкротству. Соответственно, чем раньше после момента времени T_1 начнется переход на новую технологию производства (до момента времени T_2 либо T_3 включительно), тем быстрее предприятие сможет снова повышать МО после очередной точки бифуркации.

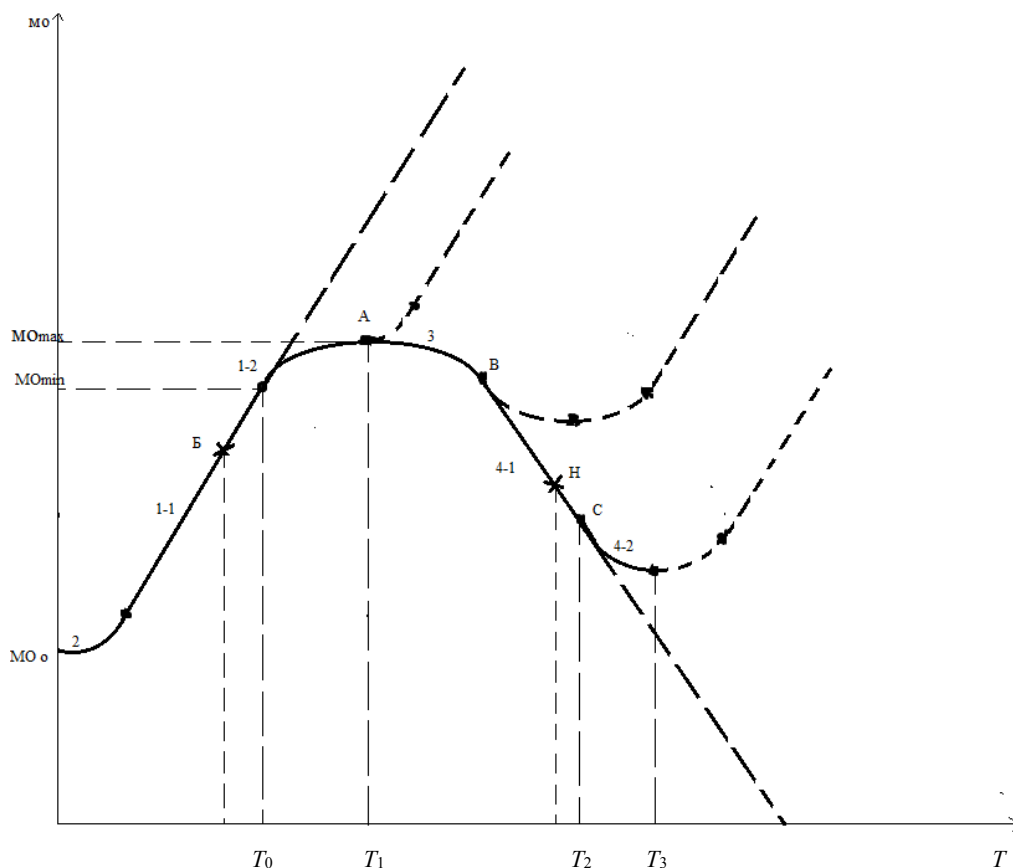


Рис. 2.4. График жизненного цикла технологического развития производственных систем

T — период времени развития систем; $МО$ — материалоотдача производства; (2,1-1,1-2,3,4-1 и 4-2) — стадии жизненного цикла развития систем; А — точка максимально возможного значения $МО$; А, В, С — точки, соответствующие возможностям перехода на новый цикл технологического развития; В — точка начала благоприятного перехода на новую технологию развития; Н — точка необходимого начала перехода на новую технологию развития, позволяющего предприятию избежать банкротства; $МО_0$ — начальное значение материалоотдачи производства; $МО_{min}$ — значение материалоотдачи производства, при котором начнется снижение коэффициента уровня технологичности производства; $МО_{max}$ — максимально возможное значение материалоотдачи производства при существующей технологии производства

Таким образом, на основе соответствующих данных развития различных производственных систем можно: 1) определить по какому направлению/варианту развивается та или иная система; 2) рассчитать экономический ущерб в виде недополучаемой прибыли от развития системы не по самому эффективному направлению за тот или иной период времени; 3) оценить экономическую эффективность реализации инвестиционного проекта внедрения в производство новой техники/технологии с учетом его будущего влияния на эффективность развития производственной системы в целом; 4) рассмотреть возможности перехода любой системы на более экономически эффективное направление развития в перспективе в процессе планирования и целевого прогнозирования.

В практических расчетах оценки эффективности деятельности *предприятий* очень важным обстоятельством является определение фактической продолжительности периодов времени отдельных стадий жизненного цикла технологического развития. Для этого, во-первых, можно использовать формулу расчета коэффициента уровня технологичности производства через показатель материалоотдачи:

$$k_{\text{УТП}} = \text{МО}/\text{ФО},$$

во-вторых, на каждой стадии нужно анализировать *темпы* изменения значений показателей материало- и фондоотдачи¹.

Рассмотрим эти условия для каждой отдельной стадии. На первой стадии (второе направление развития) материалоотдача растет, а фондоотдача уменьшается, но при этом *темпы* снижения постепенно падают до нуля в конце этой стадии. Таким образом, имея данные по этим темпам за три или более промежутка времени первой стадии, можем построить графическую либо регрессионную зависимость этих темпов от периода времени. Соответственно момент времени, в котором темпы уменьшения значения фондоотдачи будут равны нулю, и определяет окончание первой стадии.

Вторая стадия соответствует инновационно-эффективному (первому) направлению технологического развития, при котором повышаются значения всех трех индикаторов — материало-, фондоотдачи и коэффициента уровня технологичности развития. Для предприятия желательно, чтобы эта стадия продолжалась как можно больше, однако ее окончанием является момент времени, при котором темпы прироста значений МО и ФО сравниваются, после чего темпы прироста МО будут меньше ФО и значение $k_{\text{УТП}}$ соответственно начнет уменьшаться. В результате тревожным сигналом приближения завершения второй стадии будет являться начало замедления темпов прироста значения МО (точка Б на рис. 2.4).

Таким образом, с практической точки зрения совершенствование технологии производства нужно начинать именно с этого момента времени, соответствующего точке Б, однако если это не даст нужного положительного

¹ Для этого желательно иметь такие данные по отдельным месяцам или кварталам, так как в течение года может произойти смена стадий.

результата, то есть темпы прироста МО и далее будут снижаться, тогда необходимо начинать работу по внедрению новой технологии производства, которая должна завершиться не позднее окончания третьей стадии рассматриваемого жизненного цикла, если предприятие желает продолжать снижать себестоимость единицы выпускаемых видов продукции за счет уменьшения уровня ее материалоемкости. На третьей стадии, соответствующей второму варианту первого направления технологического развития, темпы прироста МО будут продолжать снижаться до нуля, что и будет свидетельствовать о завершении этой стадии.

На следующей, четвертой стадии (третье направление технологического развития) при снижении МО, то есть росте материалоемкости и повышении за счет этого себестоимости единицы продукции предприятия, фондоотдача еще будет продолжать увеличиваться, то есть производительность труда за счет этого фактора еще будет повышаться, но темпы прироста значений фондоотдачи уже начинают снижаться. Соответственно завершением этой стадии будет момент времени, при котором эти темпы будут равны нулю. Таким образом, если предприятие желает и далее увеличивать производительность труда интенсивным путем, а не только экстенсивным за счет роста фондовооруженности труда, тогда до или, в крайнем случае, после завершения этой стадии оно должно переходить на путь технологического обновления производства.

Если же этого не произойдет, то предприятие на следующей пятой стадии переходит на четвертый — наихудший из всех возможных — путь развития (неинновационный и неэффективный), когда одновременно снижаются значения всех трех индикаторов, но темпы снижения уровня МО будут превышать темпы падения уровня фондоотдачи, поэтому значение $k_{УТП}$ будет и далее снижаться. Соответственно себестоимость единицы продукции предприятия начнет повышаться еще больше за счет увеличения доли амортизационных отчислений вследствие снижения уровня фондоотдачи. В конечном счете потеря прибыли приведет предприятие к банкротству, если же на этой стадии оно начнет технологическое обновление производства, тогда может наступить благоприятный момент и темпы снижения МО будут замедляться (точка Н на рис. 2.4). В таком случае эта стадия завершится в момент времени равенства темпов снижения МО и ФО и начнется последняя, шестая стадия жизненного цикла технологического развития предприятия.

На этой стадии, соответствующей второму варианту четвертого направления развития, материалоемкость еще будет продолжать снижаться, но уже меньшими темпами, чем фондоотдача. В результате значение $k_{УТП}$ снова начнет расти. Завершением этой стадии станут нулевые темпы снижения МО, после чего начнется новый цикл технологического развития предприятия и МО снова будет увеличиваться.

Совершенствование существующей либо внедрение новой технологии производства предполагает разработку и реализацию соответствующего инвестиционного проекта или, как минимум, выполнение необходимых технико-

экономических расчетов по обоснованию экономической эффективности предполагаемых мероприятий (например, при замене устаревших машин и оборудования новыми более производительными видами). Тогда возникает вопрос: какие значения MO , FO и $k_{утп}$ должна иметь новая техника и технология, чтобы не снизить, а увеличить уровень их значений в целом по предприятию? Очевидно, что при использовании существующей техники и технологии производства предприятие не сможет увеличить $k_{утп}$ сверх уровня, который может быть при завершении второй стадии цикла технологического развития, а значение MO при этом не может быть выше уровня, который предприятие могло бы достигнуть при завершении третьей стадии (MO_{max} на рис. 2.4). В результате использования этих соображений и определяется минимально необходимое значение фондоотдачи. Необходимо учитывать, что предлагаемый к реализации инвестиционный проект может иметь положительное значение чистой приведенной стоимости (NPV) и требуемое значение внутренней нормы доходности (IRR), но при этом не обеспечит необходимого значения уровня фондоотдачи, так как ее расчет не предполагается при использовании действующей в России и за рубежом методологии оценки экономической эффективности инвестиционных проектов [122, 124, 134].

Также необходимо отметить, что во всех предлагаемых выше расчетах показателей ME или MO и их изменений на соответствующих стадиях жизненного цикла технологического развития предприятий предполагается обеспечение сопоставимости по уровню цен на материальные ресурсы в различные периоды времени, а также по уровню цен на выпускаемую предприятиями продукцию, хотя, с другой стороны, для предприятия важна реальная прибыль, а не условно расчетная, поэтому внедрение новой техники и технологии должно перекрывать возможное снижение материалоотдачи и за счет повышения уровня цен на материальные ресурсы.

В системе сбалансированных показателей Р. Каплана и Д. Нортонa, ставшей широко известной с 1990-х гг., себестоимость продукции признается одним из важнейших параметров оценки основных внутренних бизнес-процессов [135, с. 117], однако, как и при оценке эффективности инвестиционных проектов [121], в ССП не рассматривается влияние внедрения новой технологии производства на изменение значений отдельных элементов себестоимости, а следовательно, и на возможности увеличения за счет этого прибыльности единицы продукции и общего объема прибыли предприятия. В то же время формирование на перспективу целевых (управляющих) значений инвестиционно-инновационного левериджа и коэффициента уровня технологичности развития позволяет определять на основе использования разработанной нами динамической имитационной модели аналитического типа [136] прогнозируемые значения показателей материалоемкости, фондоотдачи и производительности труда, то есть определять будущую структуру затрат предприятия, следовательно, и объем ожидаемой предприятием прибыли и все связанные с ней финансово-экономические показатели, в том числе необходимый и возможный (для обеспечения необходимого

уровня финансовой устойчивости) объемы инвестиций, а также объемы налогов во все уровни бюджетной системы.

Таким образом, обобщая вышеизложенное, можем констатировать, что появляется реальная возможность управления процессом технологической модернизации экономики страны, в том числе в рамках ее новой индустриализации (реализации стратегии «Индустрия 4.0»). Для этого необходимо развивать новый вид экономического анализа деятельности производственных систем — инвестиционно-инновационный (ретроспективный, текущий и перспективный (прогнозный)).

2.4. Инвестиционно-инновационный анализ технологического обновления производства

Жизненный цикл технологического развития применительно к конкретному предприятию позволяет определить стадию его развития в соответствующий период времени и на этой основе сформулировать представления о его возможном будущем развитии. Соответственно появляется возможность формирования нового вида экономического анализа — инвестиционно-инновационного, который позволяет осуществлять оценку влияния технологических инноваций через обновление основных фондов на эффективность производства *на различных стадиях технологического развития промышленных систем*. Как и другие виды традиционного экономического анализа (управленческого и финансового) деятельности предприятий, такой анализ также может быть ретроспективным и перспективным (прогнозным), при этом основным анализируемым показателем является коэффициент уровня технологичности развития. Его достоинством при выполнении анализа является, во-первых, простота расчета на основе имеющейся на предприятиях информации о результатах управленческого и финансового учета. Во-вторых, данный показатель легко рассчитывается и на уровне отраслей производства, видов деятельности производства регионов и страны в целом по данным статистической и финансовой отчетности предприятий, которую обрабатывают (агрегируют) статистические службы регионов и страны. В-третьих, его (показатель) можно считать универсальным, так как внутри предприятия он может рассчитываться по отдельным видам выпускаемой продукции, технологическим процессам, единицам техники и оборудования, а также по отдельным структурным единицам предприятия: заводам (фабрикам) и цехам и, в случае необходимости, даже по отдельным участкам цехов и бригадам рабочих, обслуживающим соответствующую технику или технологический процесс. В-четвертых, рассматриваемый показатель дает возможность сравнить его значения по конкретному предприятию с соответствующими значениями по другим предприятиям одной отрасли производства в отдельных регионах и в стране в целом. Соответственно такое сравнение обеспечивается и по производству в отдельных регионах, в том числе в отраслевом разрезе и по видам производственной деятельности.

Несмотря на простоту расчета коэффициента уровня технологичности производства, изменение его значений зависит от многих факторов, которые определяют уровень материало- и фондоемкости (соответственно материало- и фондоотдачи). По нашему мнению, основными факторами могут являться:

1. Инфляция.
2. Вид деятельности предприятия.
3. Износ основных фондов.
4. Структура основных фондов предприятия (соотношение активной и пассивной частей).
5. Темпы обновления основных фондов.
6. Уровень управления предприятием.

Представим характеристику возможного влияния каждого фактора в отдельности. Несомненно, что инфляция оказывает существенное влияние на изменение стоимости используемых в производстве материальных ресурсов и в меньшей степени — на изменение стоимости основных фондов, так как их обновление осуществляется в течение многих лет. В результате объективно за счет этого фактора значение коэффициента уровня технологичности производства несколько снижается. Следовательно, при проведении внутреннего инвестиционно-инновационного анализа это нужно учитывать, как минимум, за счет приведения цен на материальные ресурсы в сопоставимый вид за весь период анализа, если он включает несколько лет. С другой стороны, предприятия получают реальную, а не условно-расчетную прибыль, поэтому для ее увеличения необходимо управлять предприятием таким образом, чтобы учитывать и преодолевать действие всех объективных факторов, снижающих эту прибыль.

Вид деятельности предприятия объективно влияет на абсолютную величину $k_{УТП}$, так как предприятия могут быть более или менее фондоемкими в зависимости от специфики деятельности. Например, добывающая промышленность в основном более фондоемка, чем перерабатывающая, особенно если добыча руды осуществляется подземным способом. Но при выполнении инвестиционно-инновационного анализа важны тенденции изменения значений $k_{УТП}$, а не их абсолютные значения.

На первый взгляд степень износа основных фондов должна существенным образом влиять на изменение значения $k_{УТП}$, так как очевидно, что при высокой степени износа добиваться снижения материалоемкости продукции крайне сложно. Тем не менее, выполненный нами анализ влияния износа основных фондов на динамику значений $k_{УТП}$ путем расчета значений фондоотдачи через первоначальную и остаточную стоимость основных фондов на двух крупных предприятиях — ПАО «Новатэк» и ПАО «Сибур» за период 2010–2020 гг. показал, что тенденции изменения значений $k_{УТП}$ в обоих случаях практически одинаковы (приложения 5 и 6).

Данные приложения 6 также показывают, что на динамику значений $k_{УТП}$ не оказывает влияния и соотношение активной и пассивной частей основных фондов рассматриваемого предприятия, так как тенденции изменения уровня фондоотдачи, рассчитанной по всему объему основных фондов, и отдельно

по объему активной их части, включающей машины, оборудование и транспортные средства, оказались одинаковыми.

Основное влияние на изменение значений $k_{УТП}$ связано с темпами обновления основных фондов, то есть, по сути дела, с темпами совершенствования применяемой техники и технологии производства либо внедрения новой, что более предпочтительно. Таким образом, действительно ввод в эксплуатацию новых фондов вызывает рост фондоотдачи, хотя и не всегда, а это, в свою очередь, может приводить к снижению материалоемкости продукции. Возникает вопрос: почему не всегда увеличивается фондоотдача и снижается материалоемкость?

На наш взгляд, это обстоятельство вытекает из теории эндогенного экономического роста и ее различных направлений, разрабатываемых в 1980–1990-е гг. за рубежом [137] и в СССР [138–140], которые показали, что влияние технического прогресса на развитие экономики различных стран многогранно. На микроэкономическом уровне отдельных предприятий это означает, что кроме главного объективного фактора технического прогресса — внедрения технологических инноваций существует еще и главный субъективный фактор — уровень управления использованием таких инноваций, то есть уровень опыта, знаний и квалификации не только служащих, но рабочего персонала. Нужно отметить, что отсутствие знаний, например, в области инвестиционно-инновационного анализа как раз и может приводить к тому, что не всегда и не все технологические инновации будут вызывать рост фондоотдачи и снижение материалоемкости.

Таким образом, рассмотренные факторы, оказывающие наибольшее воздействие на изменение значений коэффициента уровня технологичности производства, подтверждают вывод академика АН СССР А. Н. Трапезникова, сформулированный им в 1980-е гг., что темп научно-технического прогресса отражает «показатель знаний и умений» [48], то есть предполагалось, что нужно не только знать, какие нововведения использовать, но и должны быть управленческие умения их использовать с максимально возможной экономической эффективностью.

В процессе проведения ретроспективного анализа сначала нужно выявить тенденции изменения значений коэффициента уровня технологичности производства. Для этого желательно использовать годовые данные за период времени 5–10 лет. На этой основе рассчитываются годовые темпы прироста/спада, а также среднегодовые темпы за анализируемый период времени. Если выявляется благоприятная тенденция роста коэффициента $k_{УТП}$, в этом случае ее желательно сравнить с такой же тенденцией по другим предприятиям отрасли производства, чтобы сформулировать представление о месте анализируемого предприятия с точки зрения использования достижений технического прогресса. Далее можно переходить к детальному анализу данных деятельности предприятия за последний отчетный период — год с разделением его по кварталам, если выполняется внешний анализ, либо последний квартал с разделением по месяцам, если анализ внутренний.

Если же в процессе ретроспективного анализа выявляется негативная тенденция снижения значений $k_{УТП}$, тогда следует более детально (по кварталам) выполнить расчет его значений за последние три года при внешнем анализе либо ежемесячно — при внутреннем анализе. То же самое необходимо выполнить, если устойчивой тенденции не выявлено.

Так как рост значений рассматриваемого коэффициента не всегда связан с одновременным ростом фондоотдачи и снижением материалоемкости, то анализируются и ежегодные темпы изменения этих показателей, что позволяет определить номер направления и варианта направления развития предприятия на каждый год, а также квартал либо месяц (в случае необходимости) ретроспективного периода. Эти номера соответствуют определенным стадиям цикла технологического развития предприятия и позволяют рассматривать выявленные ранее тенденции более предметно с точки зрения эффективности используемых ресурсов.

Детальный инвестиционно-инновационный анализ за последний отчетный год (по кварталам) либо за квартал (по месяцам), во-первых, должен дать представление об устойчивости стадии развития (см. рис. 2.4), если она не изменяется в течение нескольких кварталов или месяцев. Во-вторых, если стадия устойчива, необходимо определить период времени до ее завершения. Для этого нужно выявить тенденцию снижения темпов прироста значений базового для каждой стадии показателя (МО, ФО или $k_{УТП}$).

Если последняя в ретроспективном периоде стадия является устойчивой, то далее определяются возможные управленческие действия предприятия в зависимости от характера самой стадии. Если продолжается стадия 1-1 (наилучшая) и темпы прироста значений $k_{УТП}$ продолжают увеличиваться, то имеющийся на предприятии темп и характер обновления основных фондов нужно продолжать и дальше, рассчитывая при этом ежемесячно значения МО, ФО и $k_{УТП}$. Как только темпы прироста $k_{УТП}$ начнут снижаться, рассчитывают период времени до окончания стадии и, исходя из продолжительности этого периода, формируют требования к обновлению основных фондов, то есть к замене используемой предприятием техники более прогрессивной, и к совершенствованию технологии производства либо к внедрению новой.

Если в течение более трех месяцев продолжается стадия 1-2, можно определить период времени до ее окончания по темпам снижения прироста значения МО до нуля. При этом нужно понимать, что на следующей стадии материалоемкость начнет снижаться, поэтому новую технику и технологию желательно внедрять в производство до окончания этой стадии.

Эта техника и технология должна обеспечить предприятию дальнейшее повышение уровня МО сверх уровня, которое будет получено в конце стадии 1-2, и дальнейший рост значения $k_{УТП}$ сверх уровня, полученного в конце стадии 1-1. На этой основе рассчитывается минимальное требуемое от внедрения технологических инноваций значение ФО, что, в свою очередь, позволит определить необходимый прирост объема новых основных фондов, а значит, и инвестиций в основной капитал предприятия.

Если же на предприятии продолжается стадия, соответствующая третьему направлению развития, это означает снижение эффективности использования материальных ресурсов, так как уже уменьшается МО и, следовательно, повышается материалоемкость (МЕ), что снижает получаемую предприятием прибыль. На этой стадии ФО все еще увеличивается, хотя темпы ее прироста снижаются и в конце стадии становятся нулевыми. Таким образом, если предприятие не желает терять прибыль, необходимо внедрение технологических инноваций. Если предполагается внедрение новой технологии, а это процесс длительный, следует определить действительные сроки реализации соответствующего инвестиционного проекта. Однако при расчете его экономической эффективности необходимо учесть следующие обстоятельства.

Во-первых, до начала реализации проекта из-за роста МЕ предприятие будет иметь определенный размер упущенной выгоды в виде потери прибыли, поэтому при рассмотрении различных вариантов реализации проекта в разные периоды времени, например из-за сложности получения заемного капитала, важно учитывать возможное увеличение этой потери. Во-вторых, существующая методология оценки экономической эффективности инвестиционных проектов, используемая в России и за рубежом [122–124], по сути дела, разделяет проект и существующее производство с точки зрения их прибыльности. В результате может быть реализован экономически эффективный проект, который будет снижать общую прибыльность предприятия, например в виде уменьшения уровня рентабельности продаж (ROS). Соответственно для того, чтобы этого избежать, при оценке эффективности реализуемого инвестиционного проекта в процессе расчета себестоимости предполагаемой к выпуску продукции нужно рассчитывать ее материалоемкость, уровень которой должен быть ниже минимального, который предприятие достигало в конце стадии 1-2, то есть выше максимально возможного уровня МО при устаревшей технологии производства. Кроме того, фондоотдача по инвестиционному проекту должна быть не ниже уровня, который предприятие могло бы достигнуть при завершении стадии 3.

Когда развитие предприятия осуществляется по четвертому (наихудшему) направлению, возможны два варианта этого направления. Если реализуется вариант (стадия) 4-1, то с увеличением его продолжительности прибыль предприятия все больше и больше уменьшается, так как на это оказывает влияние не только рост материалоемкости, но и на снижение фондоотдачи, то есть еще большее увеличение себестоимости единицы продукции за счет увеличения доли амортизационных отчислений. Кроме того, при снижении фондоотдачи будет падать и производительность труда, что приведет к повышению в себестоимости продукции доли заработной платы и еще большему снижению прибыли. В результате развитие предприятия по этому направлению в течение длительного периода времени неминуемо приведет его к банкротству вследствие полной потери прибыли и возникновения убытка. При экстраполяции темпов увеличения материалоемкости и снижения фондоотдачи можно рассчитать период времени до начала убыточности предприятия и соответственно рассчитать объем

прибыли, который предприятие будет терять каждый месяц, квартал или год. Это позволит руководству предприятия более объективно оценить потребность в скорейшем технологическом обновлении производства и более корректно выполнить оценку экономической эффективности инвестиционного проекта внедрения новой технологии с учетом ущерба от снижения прибыли и необходимости достижения указанных выше минимальных значений МЕ и максимальных — ФО.

При полном завершении процесса технологического обновления производства, что покажет начало повышения уровня ФО, предприятие снова будет развиваться по первому варианту наилучшего первого направления, то есть будут расти значения всех трех важнейших показателей инвестиционно-инновационного анализа — коэффициента уровня технологичности производства, материало- и фондоотдачи.

В тех случаях, когда в последний отчетный период (год или квартал) стадия развития предприятия неустойчива, то есть каждый квартал или месяц происходит смена стадий, причем не взаимосвязанных между собой, что может указывать на неэффективное управление производством на нижних уровнях управленческой иерархии — в цехах, на участках, в бригадах. Это означает снижение требовательности руководства к подчиненным, нарушение трудовой и производственной дисциплины и соответственно увеличение выхода брака, превышение норм расхода материальных ресурсов, увеличение времени простоя оборудования и т. п. В таких случаях инвестиционно-инновационный анализ необходимо проводить и на этих уровнях управления. В целом это и есть влияние на эффективность использования экономических ресурсов субъективного фактора на нижних уровнях управления. На верхних уровнях (топ-менеджмент) этот фактор проявляется в том, что руководство предприятия не оценивает либо не может объективно оценивать необходимость своевременного технологического обновления производства. Эти соображения позволяют выполнять экономическую оценку ущерба от повышения себестоимости продукции и снижения прибыли в результате неэффективного управления на любом его уровне, что значительно повышает важность и нужность рассматриваемого нами нового направления экономического анализа.

Если предприятие длительное время максимально эффективно использует экономические ресурсы, то есть развитие осуществляется по первому варианту первого направления, то очевидно, что должны ставиться задачи по дальнейшему технологическому обновлению производства. В таком случае инвестиционно-инновационный анализ будет иметь прогнозный характер. Его основой являются определение значений целевых показателей развития на каждый год прогнозного периода и дальнейшие расчеты достижимости этих значений в зависимости от финансовых возможностей предприятия, то есть возможностей привлечения заемного капитала, прежде всего кредитов коммерческих банков, без потери своей финансовой устойчивости. Для обеспечения интенсивного экономического роста и снижения загрязнения окружающей природной среды важнейшим

целевым показателем должна быть доля добавленной стоимости в стоимости продаж продукции предприятия, которая, по сути, и отражает величину материалоемкости продукции. Для первоначального определения целевых значений этих взаимосвязанных показателей можно использовать их значения на лучших предприятиях соответствующей отрасли производства в регионе, стране и в других развитых странах. Такой же подход можно использовать и для первоначального определения другого целевого показателя — коэффициента уровня технологичности производства. Тогда третий важнейший показатель — необходимый уровень фондоотдачи определяется из отношения МО к $k_{\text{УТП}}$. Далее используется разработанная нами ранее имитационная динамическая модель [139] для использования показателей доли добавленной стоимости и фондоотдачи, позволяющая рассчитывать любые финансово-экономические, а в случае необходимости и технико-экономические показатели развития предприятия на любой прогнозный период времени. В процессе расчетов проверяется возможность достижения целевых значений вышеуказанных показателей при прогнозируемых вариантах объемов продаж для достижения нормального уровня финансовой устойчивости. Если устойчивость не обеспечивается, то целевые значения соответствующим образом корректируются.

Таким образом, становится возможной полная формализация процедуры выполнения инвестиционно-инновационного анализа во взаимосвязи ретроспективного и прогнозного его видов, который можно назвать «экономическим анализом технологического обновления производства» (ЭАТОП). Его методология более полно раскрыта в отечественных и зарубежных публикациях автора монографии [141–174].

2.5. Формирование системы целевых показателей для оценки эффективности использования различных видов технологических инноваций

Основу промышленной деятельности арктических регионов России в настоящее время составляют несколько крупных предприятий, которые добывают и осуществляют первичную переработку минерально-сырьевых и топливно-энергетических ресурсов [175, 176]. В соответствии с требованиями законодательства на своих интернет-сайтах они показывают годовые отчеты о своей деятельности, а также годовую финансовую отчетность по правилам российских стандартов бухгалтерского учета и, при необходимости, по правилам международных стандартов финансовой отчетности (МСФО). При формировании бухгалтерского баланса как одного из основных документов финансовой отчетности объемы внешних открытых инноваций [177] и закрытых инноваций [98, 100] в стоимостном виде как части имущества фирм отражаются в активе баланса следующим образом: закрытые инновации представляют собой стоимостные результаты исследований и разработок; открытые инновации в виде знаний (приобретенных фирмами патентов, лицензий и т. п.) отражаются в виде

стоимости нематериальных активов, а открытые овеществленные технологические инновации, то есть вложенные фирмами инвестиции в новые машины и оборудование, приобретают вид активной части основных средств и образуют соответствующую часть их стоимости. Таким образом, затраты на вышеуказанные виды инноваций представляют собой части стоимости имущества предприятия, которое должно использоваться эффективным образом, при этом для определения эффективности оперируют результатами деятельности фирм. Одним из основных результатов, который отражается в публичной финансовой отчетности, является выручка от продаж, поэтому понятно, что результативность инноваций, то есть их эффективность, можно определять делением выручки на объем инноваций соответствующих видов. Для расчета эффективности закрытых инноваций обычно так и поступают, но она для удобства использования рассчитывается в виде долей, выраженных в процентах, то есть затраты на исследования и разработки, отраженные в балансе, делятся на объем выручки от продаж соответствующего периода времени.

Такой подход к оценке эффективности инноваций можно использовать и для двух видов открытых инноваций, рассчитывая соответственно долю в объеме продаж нематериальных активов (для оценки приобретенных предприятием знаний) и долю основных средств в виде стоимости машин и оборудования. Однако такие показатели предприятиями не рассчитываются. При этом для оценки результативности использования прав на интеллектуальную собственность зарубежные [100–101] и некоторые арктические предприятия приводят количество используемых патентов либо общее число документов, подтверждающих эти права, хотя очевидно, что это не отражает эффективность использования полученных фирмой знаний, если при этом не рассчитывается соответствующий экономический эффект. Однако, во-первых, такой эффект в целом по предприятию от использования всех видов прав на интеллектуальную собственность в конкретный период времени рассчитать сложно, а во-вторых, его значения зависят от методики расчета, что является внутренним делом каждого отдельного предприятия. Тем не менее, указанный эффект более конкретно оценивает результативность открытых инноваций в виде знаний, так как позволяет выявить резервы увеличения прибыли, в том числе за счет повышения эффективности используемых предприятием основных видов производственных ресурсов (трудовых, материальных) и физического капитала в виде основных фондов.

Что касается входящих инноваций другого вида, то есть воплощенных результатов технического прогресса в виде новых машин и оборудования, то оценка эффективности их использования на российских предприятиях чаще всего сводится к расчету значений фондоотдачи, хотя почему-то этот показатель обычно не включается в число показателей, характеризующих инновационность развития предприятий.

В работах [178–180] показано, что закрытые инновации в основном являются продуктовыми технологическими инновациями, то есть оказывают влияние на расширение производимыми фирмами ассортимента выпускаемых товаров, поэтому использование доли НИОКР в выручке от продаж в качестве

показателя эффективности такого вида инноваций вполне оправдано. Также стоит отметить, что в работах [181–183] показано, что открытые входящие инновации в большей степени оказываются процессными технологическими инновациями, то есть за их счет обеспечиваются технические изменения производственных процессов, которые, по нашему мнению, должны приводить к удельной экономии основных видов производственных ресурсов, то есть в расчете на единицу выпускаемых товаров, что отражает влияние технико-технологического прогресса на экономику производства товаров. С позиции эффективности использования производственных ресурсов это должно приводить к повышению предприятиями уровня производительности труда (ПТ), материало- и фондоотдачи. Конечно, для предприятий желательно, когда в результате использования процессных технологических инноваций одновременно повышалась бы эффективность использования всех трех видов производственных ресурсов, так как это непосредственно приводит к максимизации повышения их удельной и общей прибыли. Но возможно ли это в принципе? Если возможно, то при каких условиях и как эти условия обеспечить?

До сих пор в отечественной и в зарубежной литературе ответов на эти вопросы не было, так как была непонятна общая взаимосвязь ПТ, МО и ФО. С точки зрения влияния технико-технологического прогресса на экономику производства товаров должно быть ясно, что он должен обеспечивать через внедрение новых технологий с использованием новых машин и оборудования снижение материалоемкости выпускаемой продукции при соответствующем снижении фондоемкости (ФЕ) производства. В работах [162, 184] на примере динамики результатов деятельности крупных промышленных предприятий, работающих в Арктике, нами показано, что такая закономерность действительно присутствует, причем в дальнейшем она была выявлена и для отдельных видов промышленной деятельности экономики всех регионов Севера и Арктики Российской Федерации. Таким образом, нами была выявлена пропорциональная зависимость между изменением значений ФЕ и МЕ, которую количественно определяет коэффициент пропорциональности (k). Дальнейшими исследованиями было установлено, что значение его непостоянно и изменяется в большую/меньшую сторону в зависимости в основном от уровня технологического обновления производства [165]. Таким образом, значения этого коэффициента (k) можно считать мерой эффективности открытых технологических инноваций, воплощенных в производственных процессах фирм в виде новых машин и оборудования. Соответственно появляется возможность сравнить уровень инновационности применяемых фирмами технологий в динамике их развития, включая сравнение этого уровня у фирм одной отраслевой принадлежности, так как в разных отраслях абсолютное значение этого коэффициента может существенно отличаться из-за различного уровня фондовооруженности.

Результаты применения инноваций на крупных промышленных предприятиях, функционирующих в Арктической зоне Российской Федерации, только *частично* отражают годовые отчеты об их деятельности, публикуемые

на соответствующих сайтах, причем это относится не ко всем предприятиям. Наиболее полно результаты инновационной деятельности в течение многих лет отражает ПАО АК «Алроса», а такие предприятия, как ПАО «Норильский никель», АО «Новатэк», лишь сообщают о проведенных мероприятиях в этой сфере деятельности (разрабатываемых технологиях по отдельным производственным подразделениям, об использовании патентов и лицензий в отдельные периоды времени и тому подобное) без их количественной характеристики, которая бы могла показать эффективность инновационной деятельности.

Так, ПАО АК «Алроса» в годовых отчетах в динамике показывает не только количество разработанных и внедренных в производство научно-технических разработок и общий объем затрат на исследования и разработки, но и приводит данные о доле затрат на научно-исследовательские работы (в процентах) по отношению к выручке от продаж, а за последние годы представлены количественные данные по экономическому эффекту от внедрения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, а также технологических разработок. При этом менее полная, но примерно одинаковая информация о результатах использования инноваций отражается в годовых отчетах крупнейших предприятий топливно-энергетического комплекса РФ — ПАО «Роснефть» и ПАО «Газпром». На обоих предприятиях в динамике за многие годы представлены данные о расходах на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР), но отсутствует информация о доле таких расходов в выручке от продаж. При этом ПАО «Роснефть» в отдельные годы приведены сведения о количестве поданных заявок на патенты, полезные модели и программное обеспечение, а ПАО «Газпром» в динамике показаны данные о количестве полученных и использованных патентов. В последние годы эти предприятия также стали публиковать сведения об экономическом эффекте от использования НИОКР.

Таким образом, выполненный анализ информации по отражению результатов использования инноваций различных видов показывает, что большинство крупных промышленных предприятий, работающих в Арктике, такую информацию в своих годовых отчетах показывают неполно, фрагментарно, что не позволяет выполнить не только сравнительную оценку эффективности их инновационной деятельности в динамике как в целом, так и по отдельным видам использования инноваций, но и провести ретроспективный сравнительный анализ такой эффективности для каждого отдельного предприятия. Однако самое важное, на наш взгляд, обстоятельство заключается в том, что *все* предприятия *не показывают* результаты использования открытых входящих овеществленных инноваций, в виде новых машин и оборудования, транспортных средств, то есть активной части основных производственных фондов, с точки зрения повышения уровня эффективности использования основных производственных ресурсов, что непосредственно определяет рентабельность деятельности предприятий.

В приложении 7 в соответствии с рассмотренными выше положениями экономического анализа технологического обновления производства показаны результаты влияния таких инноваций в динамике на деятельность ПАО АК «Алроса». Они свидетельствуют, что за рассматриваемый период времени основной показатель — коэффициент уровня технологичности развития имеет выраженную тенденцию к росту, при этом значения отдельных показателей ресурсной эффективности (материало- и фондоотдачи) повышались не в каждый год, то есть общая результативность использования активной части основных производственных фондов в такие годы не была максимально возможной, хотя и близкой к достижению такого уровня.

2.6. Эффект инновационного налогового рычага и «квазисамофинансирование» инновационной деятельности предприятий

В последние двадцать лет в литературе по инновациям особенно активно используется понятие «зеленых» инноваций, что связано с большим вниманием науки и политики к решению проблем устойчивого развития мировой экономики [185]. Также активно используется в виде синонима понятие «экоинновации» [186]. Соответственно оба эти понятия означают инновации различного вида (технологические, организационные, маркетинговые) в процессы и товары для уменьшения уровня загрязнения окружающей среды [187], в том числе за счет переработки отходов производства и снижения его материало- и энергоемкости. Последнее направление экологизации экономики обеспечивается за счет «зеленых» технологий, которые называются также экологическими, чистыми, а также устойчивыми технологиями [185]. Таким образом, «зеленые» технологии способствуют повышению эффективности бизнеса [188].

За последние два десятилетия также было опубликовано несколько тысяч статей о различных аспектах влияния инноваций, в первую очередь технологических, на производительность компаний [189–191]. В то же время большинство публикаций связано с оценкой влияния на эффективность открытых инноваций [192–194].

Отличительной особенностью современного промышленного развития России является очень низкий уровень использования как открытых бестелесных инноваций, так и закрытых, то есть, с одной стороны, предприятия используют патенты и лицензии на внедрение новых технологий незначительно, с другой — даже на крупных предприятиях уровень НИОКР остается низким. Согласно работе [195], отношение затрат на НИОКР к выручке от продаж составляет в среднем около 0,75 %, что менее чем в три раза ниже по сравнению с крупными предприятиями в США и Канаде. При этом промышленность в российской экономике, по сравнению с развитыми странами, является более ресурсоемкой, так как материалоемкость продукции в ней выше, а производительность труда значительно ниже [130–132].

Все это является следствием низкой эффективности функционирования российской национальной инновационной системы (НИС), в которой система стимулирования инновационной активности предприятий фактически не работает [196, 197], например, в отличие от Скандинавских стран [198, 199]. Таким образом, для технологического обновления производства (преимущественно в виде использования машин и оборудования) инновационно активные предприятия вынуждены использовать собственные финансовые ресурсы, поскольку заемный капитал (в основном в виде кредитов российских коммерческих банков) недоступен большинству предприятий из-за высоких процентных ставок.

В последние годы в связи с глубокой озабоченностью мирового сообщества изменяющимся на нашей планете климатом вследствие обусловленного увеличением объема выбросов парниковых газов потепления Мирового океана в научной литературе широко рассматривается влияние «зеленых» технологических инноваций на снижение энергоемкости производства [200–202]. При этом отмечается, что проблема снижения энергопотребления становится одной из главных задач Европейского союза и развитых стран в области экологической политики [203]. Существует несколько вариантов воздействия государств на активизацию внедрения бизнесом экоинноваций как инструментов проведения экологической политики, но все они относятся к принуждению соответствующих действий, то есть к политике «кнута», и в значительно меньшей мере экономическая политика рассматривается в виде разнообразных инструментов стимулирования таких инноваций, называемых политикой «пряника». Очевидно, это связано с тем, что в развитых странах такие инструменты используются целенаправленно в течение длительного времени [204]. При этом существуют различные источники финансирования инноваций, среди которых, во-первых, существенное место занимает государственная поддержка [205], во-вторых, применяются различные варианты льготного налогообложения [206–210]. В отдельных публикациях показано, что налоговое стимулирование более эффективно, чем прямые субсидии бизнесу [211], однако в работе [212] отмечается, что разные уровни налогообложения по-разному влияют на реакцию компаний. Тем не менее, например, на ближайшие годы в программе Европейского союза по финансированию инноваций на субсидирование инновационной активности предприятий, в том числе малого бизнеса, по-прежнему выделяется существенный объем финансовых ресурсов [213].

В России прямое государственное финансирование инновационной деятельности является селективным, то есть оно направлено на поддержку крупных приоритетных промышленных предприятий, а государственная поддержка в форме льготного налогообложения недостаточно эффективна [214], поскольку объем налоговых льгот ограничен возможностями бюджетов всех уровней [215]. Поэтому, как отмечается в работах [216, 217], основным видом финансирования инновационной деятельности предприятий является самофинансирование, что также связано с ограниченными возможностями банковского кредитования из-за высоких процентных ставок.

Учитывая эти условия, некоторые специалисты рассматривают различные варианты повышения эффективности управления инструментами и методами финансирования инноваций [218], а также способы оптимизации их применения [219]. В то же время ряд исследователей указывают на необходимость эффективного использования государственно-частного партнерства [220, 221], но не отмечают характерных условий использования такого партнерства.

Выше было показано, что технологические инновации могут повлиять на снижение материалоемкости производства, а значит, и увеличить долю добавленной стоимости в стоимости единицы реализованной продукции. При этом с каждой единицы стоимости продаж увеличивается сумма налога на добавленную стоимость и возникает эффект инновационного налогового рычага (ИНР).

Это объясняется тем, что в результате использования технологических инноваций в виде усовершенствованных либо новых машин и оборудования для производства продукции может снижаться расход материальных ресурсов (сырья, материалов, топлива и энергии) на каждую единицу выпуска продукции за счет снижения количества отходов производства либо использования новых, но более дешевых ресурсов, но такое снижение не обеспечивается автоматически, им нужно управлять, для чего нужны целевые показатели и критерии достижения их значений.

В подразделе 2.2 отмечено, что важнейшим количественным параметром, определяющим возможность и эффективность управления использованием на предприятиях достижений технического прогресса, является показатель, характеризующий отношение ДС к МЗ, поэтому он был назван нами инвестиционно-инновационным левериджем. Его значение (плечо рычага) показывает процентное изменение уровня МЕ при увеличении на 1 % доли ДС в выручке от продаж продукции. Соответственно инновационный налоговый рычаг является модификацией инвестиционно-инновационного рычага.

Эффект ИНР заключается в том, что при увеличении на 1 % доли ДС в структуре стоимости реализованной продукции более чем на 1 % может возрасти налог на прибыль и (или) налог на доходы физических лиц (НДФЛ), кроме того, увеличатся отчисления в государственные социальные фонды. Причина этого в том, что доля прибыли в стоимости продукции и доля заработной платы и отчислений в социальные фонды всегда меньше доли ДС, поскольку они являются составляющими этого показателя вместе с амортизацией и прочими расходами. Эффект ИНР представлен на рис. 2.5, показывающем структуру стоимости продаж предприятия до и после внедрения технологических инноваций.

Предположим, что в результате внедрения предприятием «зеленых» технологических инноваций доля ДС в структуре стоимости продаж выросла на 10 % (с 0,40 до 0,44). В этом случае доля заработной платы, включая отчисления в государственные социальные фонды (ОГСФ), может увеличиться на 20 % (с 0,20 до 0,24), если амортизация и прочие расходы останутся неизменными.

С другой стороны, максимальная доля прибыли может вырасти на 40 % (с 0,10 до 0,14) при условии, что доли других компонентов структуры стоимости продаж не изменятся.

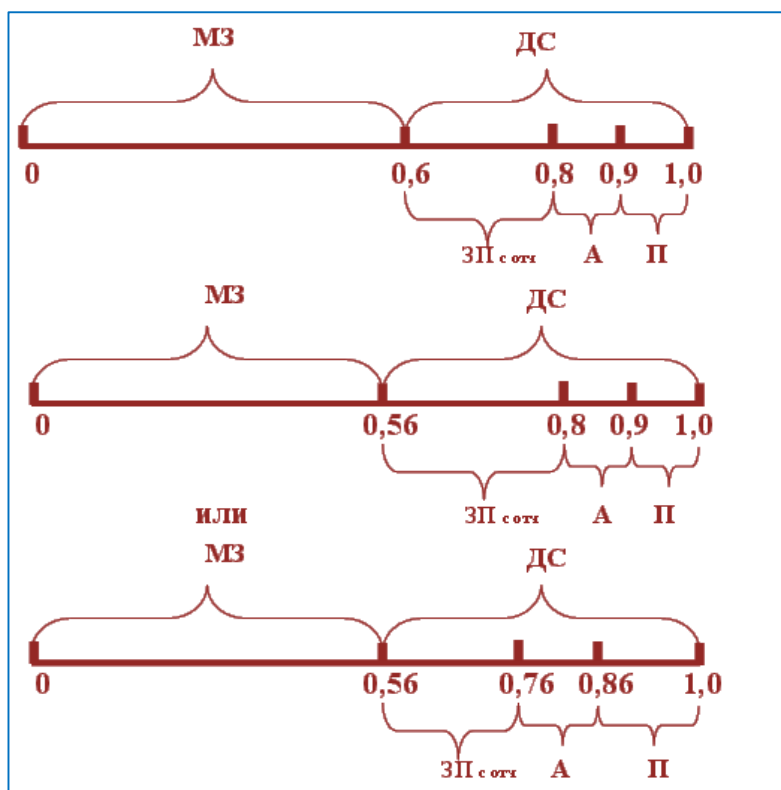


Рис. 2.5. Действие инновационного налогового рычага:

МЗ — материальные затраты; ДС — добавленная стоимость; А — амортизация;
ЗП — заработная плата с отчислениями; П — прибыль

Тогда понятно, что величина ИНР — это отношение доли ДС в структуре стоимости продаж к доле заработной платы, включая отчисления в государственные социальные фонды, или к доле прибыли за период времени до учета результатов инноваций.

Максимально возможный эффект налогового инновационного рычага по налогу на доходы физических лиц, ОГСФ или налогу на прибыль предприятий (то есть возможное увеличение этих налоговых вычетов в результате внедрения предприятием «зеленых» технологических инноваций) рассчитывается нами по формулам, приведенным в работе [151].

Эффект инновационного налогового рычага может быть использован для управления структурой затрат на продукцию инновационно активных предприятий с целью максимизации общего увеличения объемов вышеуказанных налогов и отчислений, например, в процессе планирования и прогнозирования использования «зеленых» технологических инноваций. На практике в результате

инновационной деятельности предприятий и приросте доли добавленной стоимости доля заработной платы со взносами в государственные социальные фонды и доля прибыли в структуре продаж могут варьироваться. Однако если увеличение доли амортизационных отчислений и прочих расходов не будет в абсолютном выражении больше, чем увеличение ДС, тогда предприятие в любом случае получит прирост налогов. В этой ситуации увеличение по налогу на доходы физических лиц, ОГСФ и налогу на прибыль также определяется нами по формулам, приведенным в [151].

При использовании этих формул следует иметь в виду, что, во-первых, фактические значения долей заработной платы и прибыли должны быть больше их значений в период, предшествующий использованию «зеленых» технологических инноваций, иначе увеличения налогов и отчислений не будет. Во-вторых, фактическое увеличение доли заработной платы и отчислений в государственные социальные фонды или доли прибыли не должно быть выше абсолютного увеличения доли ДС. В противном случае увеличение подоходного налога с физических лиц и ОГСФ или налога на прибыль является максимально возможным.

Если доля материальных затрат в структуре стоимости продаж составляет более 0,5, то при снижении на 1 % в результате внедрения инноваций (но не более 0,5) доля ДС увеличится более чем на 1 %. Конкретное значение такого инновационного налогового рычага по НДС также рассчитывается по формулам, приведенным в работе [151].

Таким образом, показано, что эффект инновационного налогового рычага, возникающий в процессе деятельности инновационно активных предприятий, может способствовать увеличению налога на добавленную стоимость, налога на доходы физических лиц, налога на прибыль и отчислений в государственные социальные фонды. Стоит отметить, что внедрение технологических инноваций создает определенные финансовые риски для предприятий, поэтому, на наш взгляд, государству не следует изымать дополнительную сумму вычетов в виде налогов (НДС, НДФЛ, налог на прибыль), возникающих в результате внедрения инноваций. С одной стороны, такую модель взаимоотношений государства и бизнеса можно назвать «квазисамофинансированием» инновационно активных предприятий, поскольку в процессе инновационной модернизации производства предприятия получают дополнительные финансовые ресурсы, необходимые для дальнейшего внедрения технологических инноваций, с другой стороны, такую модель отношений можно охарактеризовать как государственно-частное партнерство, поскольку суммы налоговых вычетов, возросшие в результате внедрения предприятием технологических инноваций, могут накапливаться государством в виде инновационных фондов на федеральном и региональном уровнях. Такие фонды могут инвестировать средства во внедрение инновационных разработок предприятиями на конкурсной основе. Кроме того, «квазисамофинансирование» может быть юридически оформлено государством или регионом на договорной основе, например, в виде долгосрочных инвестиционных проектов, что предусмотрено законодательством Российской Федерации.

Выше нами было показано, что существует обратно пропорциональная зависимость между показателями материалоемкости и фондоотдачи промышленных систем, в результате чего для каждого конкретного предприятия становится возможным рассчитать коэффициент пропорциональности между изменением объема материальных затрат и объемом ввода в действие основных фондов на основе анализа годовой финансовой (бухгалтерской) отчетности предприятия, что дает возможность рассчитать объем инвестиций в основной капитал, необходимый предприятию для осуществления инновационной деятельности в прогнозном периоде времени. Очевидно, что снижение значения показателя МЕ приведет к увеличению требуемого объема инвестиций, а увеличение его значения усилит влияние инновационного налогового рычага на объем налоговых вычетов. Поэтому теоретически становится возможным рассчитать предельный показатель доли добавленной стоимости в стоимости продаж, при котором предприятие имеет возможность обеспечить весь необходимый объем инвестиций за счет избыточных налоговых вычетов в результате внедрения инноваций, то есть полностью осуществить процесс «квзисамофинансирования» (рис. 2.6).

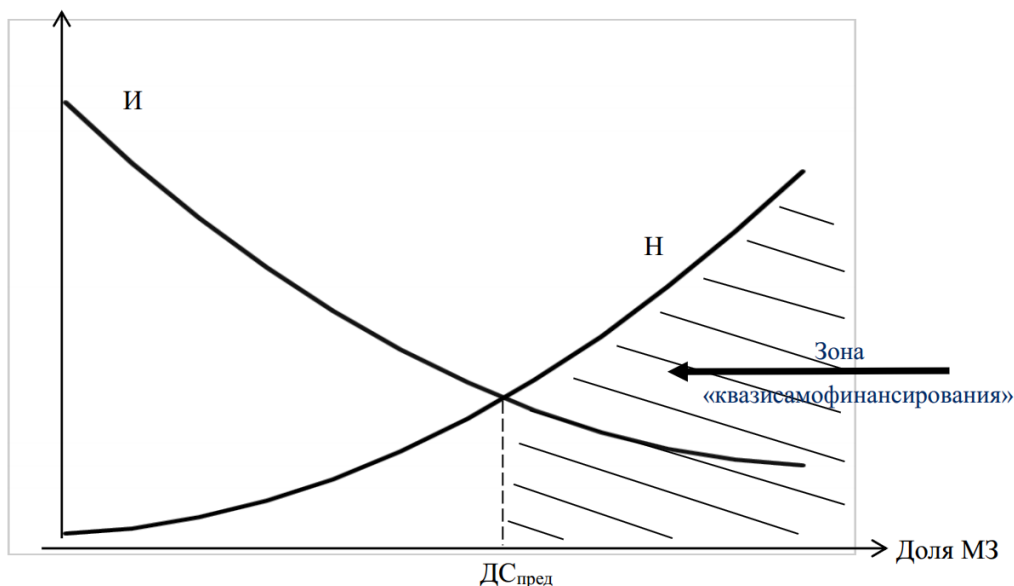


Рис. 2.6. Зависимость увеличения объема инвестиций в «зеленые» технологические инновации и роста налогов от инновационной деятельности от доли материалозатрат в стоимости продаж.
 Обозначения: И — увеличение инвестиций в инновации; Н — увеличение налогов от инноваций; $ДС_{пред}$ — доля добавленной стоимости, при которой имеется возможность полного «квзисамофинансирования»

На рис. 2.7 показано, что при доле МЗ в стоимости продаж, равной 0,5, значение ИНР по ДС соответствует 1. При этом в зависимости от этой доли оно может принимать значения от нуля до бесконечности.

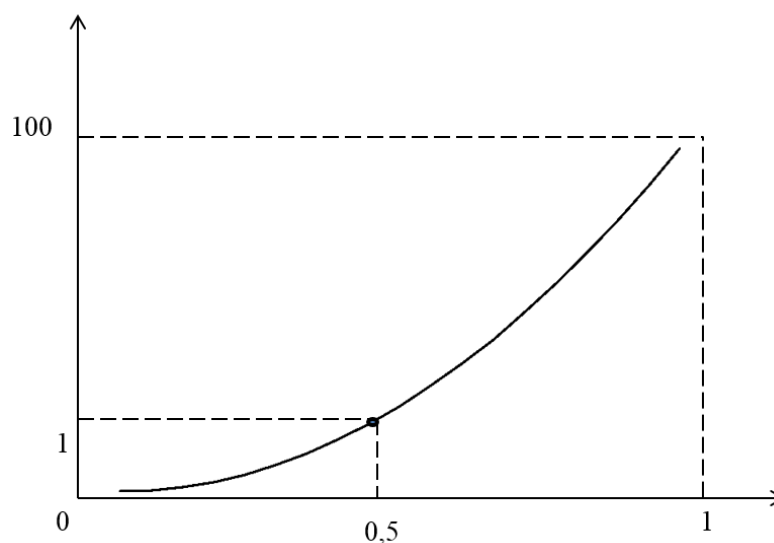


Рис. 2.7. Зависимость значений ИНР по ДС от доли МЗ в стоимости продаж

Следует отметить, что с практической точки зрения интересен следующий факт: при низкой доле добавленной стоимости в стоимости продаж НДС будет увеличиваться существенно, даже если значение материалоемкости снизится немного, то есть у предприятия значительно возрастет возможность полного «квзисамофинансирования» «зеленых» технологических инноваций.

Таким образом, можно предположить, что реализация «мягкой» государственной индустриально-инновационной политики с предоставлением возможности «квзисамофинансирования» инновационного развития предприятий должна в первую очередь проводиться в регионах с высокой долей обрабатывающей промышленности в структуре промышленного производства. Это объясняется тем, что на многих предприятиях российской обрабатывающей промышленности доля ДС в стоимости продаж имеет значение меньше 0,5 в отличие от горнодобывающих предприятий, где она превышает 0,5. При этом особенно важным является использование механизма «квзисамофинансирования» для стимулирования инновационной деятельности промышленных предприятий, функционирующих в российских регионах Севера и Арктики, причем не только в сфере переработки минерально-сырьевых и топливно-энергетических ресурсов, но и в сфере их добычи. Это связано с тем, что на Севере и, особенно в Арктике, природная среда крайне уязвима к выбросам отходов производства, поэтому снижение материалоемкости промышленного производства за счет внедрения новых технологических разработок позволит в перспективе обеспечить устойчивое социально-экономическое развитие северных и арктических территорий.

3. ОСНОВЫ МЕТОДОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ ИННОВАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ РАЗВИТИЕМ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

3.1. Технологическая устойчивость как основа устойчивого инновационно-технологического развития промышленного производства

Современные научные представления об устойчивости экономических систем с 1987 г., то есть после доклада Генеральной Ассамблеи ООН Всемирной комиссии по окружающей среде и развитию под руководством премьер-министра Норвегии Г. Х. Брундландт [7], претерпели существенные изменения и в настоящее время переносят свой взгляд с охраны окружающей среды на триаду оценки устойчивости: экологической, экономической и социальной [10–12].

В настоящее время большинством ученых признается, что для устойчивого развития таких систем, развития умного человека, государства нужны инновации [72, 73]. При реализации в мировой экономике концепции развития «Индустрия 4.0» усиливается внимание к оценке влияния технологических аспектов IV промышленной революции с различных позиций (экологических, экономических и социальных), то есть ставится задача оценить устойчивость экономических систем при использовании технологических инноваций, цифровизации экономики и внедрении в системы управления производством элементов искусственного интеллекта.

В современной зарубежной литературе активно публикуются результаты научных исследований, посвященных анализу влияния на устойчивость жизненного цикла систем [80], но эти итоги пока разноплановы и фрагментарны. Наиболее развиты исследования, рассматривающие экологическую оценку жизненного цикла [81, 82] и, в определенной степени, оценку стоимости жизненного цикла продуктов (товаров) [83]. Результатов исследований жизненного цикла процессов, прежде всего технологических, крайне мало [84, 85]. В этой связи значительное развитие получили исследования S-кривых [86, 87], в изучении которых применительно к изменению технологий производства на уровне отдельной фирмы существенный вклад внес проф. К. Кристенсен [88]. Однако работы в этом направлении прежде всего связаны с изменением результативности (производительности) технологий во времени и не определяют взаимосвязь изменения издержек и стадий технологии производства.

В последнее десятилетие в зарубежной литературе также активно, преимущественно на теоретическом уровне, дискутируются вопросы, относящиеся к разработке различных бизнес-моделей, в том числе связанных с использованием технологических инноваций [222], однако оценка устойчивости предприятий

при этом не рассматривается. В последнее время обсуждается также взаимовлияние технологических, управленческих и маркетинговых инноваций [73] с точки зрения оценки возможного повышения эффективности деятельности фирм в различных отраслях экономики, однако выводы, как правило, основываются на результатах обработки разнообразных данных методами корреляционного анализа и не связаны с устойчивостью фирм. При этом до сих пор не определены конкретные показатели результативности инноваций, значения которых однозначно показывают связь с устойчивостью фирм [79].

Ключевым условием прогресса национальной и региональной экономики выступает достижение устойчивого развития, что требует одновременно обеспечивать максимально возможные темпы роста за счет оптимизации эксплуатации базовых ресурсов: материальных, трудовых и физического капитала. В экономической теории на макроэкономическом уровне это хорошо демонстрирует кривая производственных возможностей, которая и является границей достижения такого состояния. Однако реализация такого потенциала возможна исключительно при внедрении передовых технологических решений. Возникает закономерный вопрос: каким образом технологическая составляющая производства влияет на рациональное использование ресурсов в рамках отдельных хозяйствующих субъектов?

С точки зрения теории развития сложных систем и рассмотрения их жизненного цикла устойчивость обеспечивается только на отдельных стадиях кривой жизненного цикла и, прежде всего, на стадии количественного накопления элементов в системе, то есть на стадии роста, до того момента, когда негативные внешние и внутренние условия развития системы приводят ее в состояние неустойчивости и затем к точке бифуркации, характеризующей революционные изменения в системе.

Любую используемую в производстве товаров технологию также можно рассматривать как систему с точки зрения ее развития, то есть ее внедрения в производство, совершенствования, устаревания и последующей замены новой технологией. При этом непонятно, как эти этапы непосредственно связаны с эффективностью использования производственных ресурсов и как эту эффективность определить при совместном использовании производственных ресурсов?

Ответы на эти вопросы можно получить при использовании разработанного нами нового вида экономического анализа деятельности производственных систем, то есть анализа технологического их обновления, где показано, что между фондоемкостью и материалоемкостью производства существует пропорциональная аналитическая зависимость. Такую зависимость в качестве меры пропорциональности количественно выражает коэффициент уровня технологичности производства ($k_{УТП}$), так как увеличение его значения непосредственно определяется степенью обновления основных производственных фондов предприятия, и прежде всего их активной части, то есть машин, оборудования и транспортных средств. Количественно $k_{УТП}$ рассчитывается как

отношение фондоемкости к материалоемкости или как отношение материалоемкости к фондоотдаче. В результате совместного изучения изменения значений материалоемкости и фондоотдачи (как обратной величины фондоемкости) и соответствующего изменения значений $k_{УТП}$ на примере деятельности многих промышленных предприятий за длительный период времени (15 лет) нами была разработана матрица возможных направлений их развития (рис. 2.2), а на ее основе — графическая модель жизненного цикла технологического развития производственных систем (предприятий и отраслей производства) в виде кривой, которая по внешнему виду соответствует графику развития любой системы (рис. 2.4). Полученная кривая показывает изменение значений материалоемкости как обратной величины материалоемкости в зависимости от степени обновления основных производственных фондов и соответствующих этому изменений значений фондоотдачи и $k_{УТП}$. Таким образом, эта кривая непосредственно показывает влияние уровня новизны применяемой технологии одновременно на экономическую эффективность использования всех трех основных видов производственных ресурсов, так как известно, что рост уровня фондоотдачи является интенсивным фактором повышения уровня производительности труда.

Кривая жизненного цикла технологического развития производства показывает, что, во-первых, используемая технология позволяет повысить значение материалоемкости, то есть снизить материалоемкость производства, только до определенного уровня даже при ее совершенствовании, причем этот уровень можно рассчитать для каждого конкретного предприятия на основе анализа данных его отчетности. Во-вторых, один полный цикл развития технологии включает шесть этапов, в которых на трех этапах материалоемкости, фондоотдачи и коэффициент уровня технологичности производства повышаются, а на остальных трех снижаются, причем *только на одном этапе значения всех трех параметров повышаются одновременно*. Таким образом, только на этом единственном этапе развития технологии достигается максимально возможная эффективность использования материальных, трудовых ресурсов и физического капитала, а значит, и максимально возможное увеличение прибыли с каждой единицы произведенной и реализованной продукции. Следовательно, технологическое развитие производственных систем на трех этапах, на которых уровень материалоемкости повышается, соответствует понятию «*технологическая устойчивость*». По нашему мнению, именно технологическая устойчивость отражает влияние технологического прогресса на повышение эффективности использования производственными системами основных производственных ресурсов и обеспечивает их экономическую устойчивость, но не только ее.

Дело в том, что, во-первых, при совершенствовании технологии снижение материалоемкости производства приводит к падению объемов производственных отходов, а внедрение новой технологии позволит использовать ранее накопленные отходы производства, то есть обеспечивается экологическая устойчивость производства. Во-вторых, за счет максимизации уровня фондоотдачи вследствие

интенсивного обновления основных производственных фондов будет существенно повышаться уровень производительности труда, а следовательно, и уровень средней заработной платы на предприятиях и в отраслях производства. Если при этом на предприятиях за счет активного использования технологических инноваций темп роста средней зарплаты будет превышать среднеотраслевой темп или средний по стране в целом, то тогда появляется возможность использовать часть фонда заработной платы для формирования фонда гарантированного дохода для выплаты высвобождаемому вследствие роста производительности труда персоналу предприятий либо на другие социальные мероприятия. Кроме того, внедрение новых технологий производства способствует более полной автоматизации производственных процессов, что, в свою очередь, облегчает условия труда производственного персонала предприятий, следовательно, на них будет обеспечиваться и социальная устойчивость.

Таким образом, достижение производственными системами технологической устойчивости одновременно будет обуславливать экономическую, экологическую и социальную устойчивость, что и будет соответствовать понятию «устойчивое технологическое развитие».

Необходимо отметить, что концепция технологической устойчивости, используемая в зарубежной литературе, имеет либо узко направленный характер как устойчивость технологий / технологических процессов и используется для оценки только экологической устойчивости² либо трактуется очень широко — как воздействие технологий на обеспечение устойчивости развития предприятий³. Второй вариант рассматривается и российскими учеными как способность предприятий использовать достижения технологического прогресса⁴ или как уровень прогрессивности применяемых технологий⁵. Однако при этом, в отличие от нашего подхода, оценка уровня технологической устойчивости обеспечивается лишь качественно, не затрагивая количественной оценки влияния технологий на эффективность использования основных производственных ресурсов.

Рассмотренные ранее теоретические положения были использованы для оценки устойчивости технологического промышленного развития пяти регионов — субъектов Федерации, территориально не полностью входящих в АЗРФ, за период 2005–2022 гг. (табл. 3.1–3.5).

² См., например, Environmental and exergetic sustainability assessment of power generation from biomass / L. Stougie [et al.] // *Renewable Energy*. 2018. Vol. 128. P. 520–528.

³ Aman Z., Al Mubarak M. Technological Sustainability of Supply Chain Management in Food and Beverage Sector // *Social Responsibility, Technology and AI (Developments in Corporate Governance and Responsibility / Ed. D. Crowther, S. Seifi; Emerald Publishing Limited, Leeds*. 2024. Vol. 23. P. 111–124. <https://doi.org/10.1108/S2043-052320240000023006>.

⁴ Васильев В. Н. Знай «как» и спи спокойно... технологическая устойчивость предприятия // *Российское предпринимательство*. 2006. № 4. С. 26–32.

⁵ Королев М. И. Экономическая безопасность фирмы: теория, практика, выбор стратегии. М.: Экономика, 2011. 284 с.

Таблица 3.1

Параметры оценки устойчивости технологического развития
промышленности в Республике Саха (Якутия)

Индикаторы	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Добыча полезных ископаемых						
Материалоемкость	0,356	0,276	0,279	0,328	0,286	0,278
Фондоотдача	1,036	1,090	0,923	0,548	0,877	0,960
Коэффициент уровня технологичности производства	2,71	3,33	3,89	5,56	3,98	3,74
Номер стадии развития	–	1	4-2	4-2	1-2	1-2
Обрабатывающие производства						
Материалоемкость	0,623	0,669	0,700	0,651	0,550	0,686
Фондоотдача	1,687	1,711	2,175	0,816	0,734	2,282
Коэффициент уровня технологичности производства	9,54	0,87	0,66	1,89	2,48	0,64
Номер стадии развития		3	4-2	2	2	3
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды						
Материалоемкость	0,622	0,572	0,484	0,427	0,336	0,534
Фондоотдача	0,430	0,446	0,367	0,221	0,226	0,352
Коэффициент уровня технологичности производства	3,74	3,92	5,63	10,59	13,17	5,32
Номер стадии развития	–	1	1	2	1-1	3

Таблица 3.2

Параметры оценки устойчивости технологического развития
промышленности в Республике Карелия

Индикаторы	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Добыча полезных ископаемых						
Материалоотдача	3,786	1,78	1,602	2,47	4,486	1,613
Фондоотдача	1,96	1,596	1,308	1,467	2,875	1,675
Коэффициент уровня технологичности производства	1,93	1,12	1,22	1,68	1,56	0,96
Номер стадии развития	–	4-1	4-2	1-1	1-2	4-1
Обрабатывающие производства						
Материалоотдача	1,766	1,683	1,729	1,592	1,741	1,211
Фондоотдача	1,869	1,761	1,569	1,784	2,086	0,959
Коэффициент уровня технологичности производства	0,94	0,96	1,1	0,89	0,83	1,26
Номер стадии развития		4-2	2	3	1-2	4-2

Окончание таблицы 3.2

Индикаторы	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды						
Материалоотдача	1,552	1,717	1,89	1,506	1,429	3,817
Фондоотдача	0,55	0,558	0,357	0,292	0,327	0,402
Коэффициент уровня технологичности производства	2,82	3,08	5,29	5,17	4,37	9,49
Номер стадии развития		1-1	2	4-1	3	1-1

Таблица 3.3

Параметры оценки устойчивости технологического развития промышленности в Республике Коми

Индикаторы	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Добыча полезных ископаемых						
Материалоотдача	3,933	3,476	2,811	2,953	5,255	1,608
Фондоотдача	1,046	0,615	0,576	0,289	0,485	1,675
Коэффициент уровня технологичности производства	3,76	5,65	4,87	10,18	10,83	0,96
Номер стадии развития		4-2	4-1	2	1-1	3
Обрабатывающие производства						
Материалоотдача	1,397	1,515	1,543	1,552	1,77	1,208
Фондоотдача	2,513	1,669	0,958	1,051	1,052	0,959
Коэффициент уровня технологичности производства	0,56	0,91	1,61	1,48	1,68	1,26
Номер стадии развития		2	2	1-2	1-1	4-2
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды						
Материалоотдача	1,711	2,058	1,588	1,599	1,511	3,815
Фондоотдача	0,51	0,64	0,449	0,359	0,385	0,402
Коэффициент уровня технологичности производства	3,35	3,21	3,53	4,46	3,93	9,49
Номер стадии развития		1-2	4-2	2	3	1-1

Промышленность Республики Саха (Якутия) занимает центральное место в экономике региона благодаря уникальной ресурсной базе, сформированной природными богатствами северо-восточной части России. Доминирующую роль играют добывающие отрасли: алмазодобыча обеспечивает лидерство в общероссийском производстве, золотодобыча сохраняет историческую значимость,

а угольная промышленность и нефтегазовые проекты (включая Талаканское месторождение) укрепляют энергетический потенциал. Энергетический сектор, ориентированный на преодоление экстремальных климатических условий, сочетает традиционные ТЭС и перспективные гидроэнергетические объекты. В последние годы активизировались процессы диверсификации: развитие перерабатывающих производств, внедрение цифровых технологий в геологоразведку и логистику, создание высокотехнологичных кластеров для обработки алмазов и углекислотного синтеза.

Таблица 3.4

Параметры оценки устойчивости технологического развития промышленности в Архангельской области

Индикаторы	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Добыча полезных ископаемых						
Материалоотдача	–	–	3,807	2,909	3,159	1,608
Фондоотдача	–	–	0,733	0,515	0,765	1,675
Коэффициент уровня технологичности производства	–	–	5,19	5,65	4,13	0,96
Номер стадии развития	–	–	1-1	4-1	1-2	3
Обрабатывающие производства						
Материалоотдача	–	–	2,326	2,172	1,734	1,208
Фондоотдача	–	–	1,218	0,927	1,496	0,959
Коэффициент уровня технологичности производства	–	–	1,91	2,34	1,16	1,26
Номер стадии развития	–	–	2	4-2	3	4-2
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды						
Материалоотдача	–	–	1,734	1,885	2,02	3,815
Фондоотдача	–	–	1,018	0,438	0,473	0,402
Коэффициент уровня технологичности производства	–	–	1,7	4,3	4,27	9,49
Номер стадии развития	–	–	4-2	2	1-2	2

Несмотря на прогресс, промышленное развитие сталкивается с системными ограничениями. Суровые климатические условия, включая многолетнюю мерзлоту и температуры до -60°C , увеличивают себестоимость добычи и требуют применения специализированных технологий. Транспортная инфраструктура, зависящая от сезонных автодорог и речных путей, затрудняет интеграцию региона в национальные и международные рынки. Для преодоления этих барьеров активизируются проекты государственно-частного партнерства,

направленные на модернизацию логистических коридоров и внедрение ресурсосберегающих технологий, что особенно важно для перехода от сырьевой модели к инновационной экономике.

Таблица 3.5

Параметры оценки устойчивости технологического развития промышленности в Красноярском крае

Индикаторы	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Добыча полезных ископаемых						
Материалоотдача	2,84	4,858	4,568	3,26	4,358	1,608
Фондоотдача	0,548	1,196	0,591	0,488	0,605	1,675
Коэффициент уровня технологичности производства	5,18	4,06	7,73	6,68	7,2	0,96
Номер стадии развития		1-2	4-2	4-1	1-1	3
Обрабатывающие производства						
Материалоотдача	3,14	2,758	2,574	2,714	2,385	1,208
Фондоотдача	2,569	2,662	2,753	3,144	2,818	0,959
Коэффициент уровня технологичности производства	1,22	1,04	0,93	0,86	0,85	1,26
Номер стадии развития		3	3	1-2	4-1	4-2
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды						
Материалоотдача	1,873	1,752	1,957	2,046	1,834	3,815
Фондоотдача	0,354	0,546	0,397	0,365	0,379	0,402
Коэффициент уровня технологичности производства	5,29	3,21	4,93	5,61	4,84	9,49
Номер стадии развития		3	2	2	3	1-1

Республика Карелия, расположенная на северо-западе России, обладает уникальным природно-ресурсным потенциалом, который определяет её экономический профиль. Густые хвойные леса, занимающие свыше 50 % территории, и обширная озёрная система, включающая Ладожское и Онежское озёра, формируют основу для развития лесопромышленного комплекса и рекреационного сектора. Лесозаготовка и глубокая переработка древесины (производство целлюлозы, пиломатериалов, мебели) остаются ключевыми направлениями, дополняемыми добычей нерудных и рудных полезных ископаемых — шунгита, гранита и кварцитов. Рыбохозяйственный комплекс, опирающийся на богатство внутренних водоёмов и Балтийского моря, специализируется на промысле лососёвых видов и производстве консервной продукции. Энергетика региона базируется на малых ГЭС и биоэнергетике, что согласуется с экологическим характером местной экономики.

В последние годы акцент смещается на развитие всесезонного туризма: создание инфраструктуры вокруг водопада Кивач, музея-заповедника «Кижский» и горного парка «Рускеала» демонстрирует попытки трансформировать природные богатства в устойчивый экономический ресурс.

Реализация промышленного потенциала сталкивается с рядом ограничений. Удалённость от крупных рынков сбыта, обусловленная приграничным положением и недостаточной плотностью транспортной сети, увеличивает логистические издержки. Климатические особенности — продолжительные зимы и повышенная влажность — осложняют эксплуатацию техники и требуют дополнительных инвестиций в модернизацию производств. Критическим вызовом остаётся обновление материально-технической базы лесоперерабатывающих и горнодобывающих предприятий, особенно на фоне ужесточения экологических стандартов и санкционных ограничений на импорт оборудования. Чтобы преодолеть эти барьеры, регион активно привлекает федеральные программы поддержки, внедряет энергоэффективные технологии и развивает кластерные инициативы, направленные на создание замкнутых циклов переработки сырья.

Промышленный комплекс Республики Коми, расположенной в северо-западной части Уральского федерального округа, базируется на эксплуатации ресурсно-сырьевого потенциала. Республика входит в число стратегических центров топливно-энергетического комплекса России благодаря крупным месторождениям нефти (Усинское, Ярегское) и газа (Вуктыльское), обеспечивающим до 3 % общероссийской добычи углеводородов. Угольный кластер Инта — Воркута сохраняет значение для обеспечения энергобезопасности европейской части страны. Лесопромышленный сектор, опирающийся на таёжные массивы, сочетает традиционную лесозаготовку с современными производствами по выпуску целлюлозы, фанеры и древесных гранул. Особое внимание уделяется созданию перерабатывающих мощностей — от нефтехимических предприятий в Ухте до деревообрабатывающих комбинатов в Сыктывкаре, что позволяет снижать сырьевую зависимость экономики.

Развитие промышленности осложняется комплексом географических и климатических факторов. Экстремальные температуры, достигающие -45°C , и распространение многолетней мерзлоты увеличивают эксплуатационные расходы, требуя использования морозоустойчивых технологий. Удалённость от промышленных центров и портов, частично компенсируемая Северной железной дорогой и судоходными реками Печора и Вычегда, сохраняет высокие транспортно-логистические издержки. Модернизационный вызов обусловлен необходимостью замены устаревшего оборудования в условиях санкционного давления и ужесточения экологических требований. Для решения этих задач регион активизирует участие в федеральных программах, таких как «Социально-экономическое развитие Арктической зоны РФ», и внедряет инновационные решения — от цифровизации нефтепромыслов до биоэнергетических проектов на основе отходов лесопиления.

Архангельская область, занимающая обширные территории на севере европейской части России, демонстрирует ярко выраженную ресурсно-

производственную специализацию. Основу экономики области формирует лесопромышленный комплекс, включающий заготовку древесины в таёжных массивах и её глубокую переработку на предприятиях Архангельска, Новодвинска и Коряжмы. Крупнейшие целлюлозно-бумажные комбинаты, такие как АО «Архангельский ЦБК», обеспечивают до 10 % общероссийского производства картона и бумаги. Уникальность промышленного профиля дополняет судостроительный кластер: верфи «Севмаш» и «Звёздочка» в Северодвинске реализуют стратегические проекты по строительству атомных подводных лодок и гражданских судов ледового класса, укрепляя позиции России в освоении Арктики. Минерально-сырьевой сектор представлен добычей алмазов на месторождении имени Ломоносова, бокситов в Плесецком районе, редкоземельных металлов, играющих ключевую роль в импортозамещении. Транспортно-логистические преимущества региона связаны с выходом к Белому морю и развитой сетью судоходных рек (Северная Двина, Онега), что обеспечивает интеграцию в Северный морской путь и международные торговые коридоры.

Несмотря на значительный потенциал, промышленное развитие сталкивается с объективными ограничениями. Экстремальные климатические условия — продолжительные зимы с температурами ниже -30°C и вечномерзлотные грунты увеличивают себестоимость строительства и эксплуатации инфраструктуры. Удалённость ресурсных баз от транспортных узлов частично компенсируется модернизацией железнодорожной ветки «Архангельск — Карпогоры» и развитием портовых мощностей в Архангельске. Технологическое обновление производств остаётся критическим вызовом: износ оборудования в лесоперерабатывающей отрасли превышает 60 %, в горнодобывающем секторе требуется внедрение цифровых систем мониторинга. Для решения этих задач регион активно привлекает инвестиции в рамках нацпроектов, развивает кластерные инициативы (например, Арктический инновационный центр) и внедряет ресурсосберегающие технологии, такие как безотходная переработка древесины и использование альтернативной энергетики на удалённых месторождениях.

Красноярский край — один из крупнейших промышленных центров России, известный мощными горнодобывающими и металлургическими предприятиями. Здесь активно разрабатываются месторождения золота, серебра, алмазов, угля и цветных металлов, что формирует основу минерально-сырьевой специализации региона. Кроме того, край обладает развитой химической промышленностью и энергетическим комплексом, где ключевую роль играют гидроэлектростанции. Так, каскад ГЭС на Енисее, включая Красноярскую и Саяно-Шушенскую, не только обеспечивает потребности промышленности в электроэнергии, но также способствует регулированию водного режима реки, создавая условия для судоходства и ирригации.

Природным преимуществом региона являются его водные ресурсы. Енисей, являясь одной из крупнейших водных артерий России, пересекает край, обеспечивая водой промышленные предприятия, сельское хозяйство и население. Озера и реки (Телецкое и Красноярское водохранилище) играют важную роль в поддержании экологического баланса и служат объектами рекреационного

и туристического значения. Однако протяжённость территории и суровый климат создают сложности для транспортировки ресурсов, что компенсируется стратегическим положением края как транзитного коридора между западными и восточными регионами страны. Богатая ресурсная база и уникальные водные объекты делают Красноярский край ключевым элементом национальной экономики, несмотря на вызовы, связанные с географическими и климатическими условиями.

Расчетные данные (см. табл. 3.1–3.5) показывают, что во всех регионах наиболее технологически устойчиво развивалось производство электроэнергии, газа и воды, однако максимальная эффективность использования ресурсов (стадия развития 1-1): материальных и физического капитала (основных фондов) достигалась в каждом регионе только в отдельные годы.

Относительно технологически устойчиво (с меньшим уровнем эффективности использования ресурсов) во всех регионах развивалась добыча полезных ископаемых.

Таким образом, наиболее проблемная ситуация с устойчивостью технологического развития из трех видов промышленной деятельности сложилась в перерабатывающем производстве, особенно в Красноярском крае, там в анализируемый период времени коэффициент уровня технологичности производства имел сформировавшуюся тенденцию к снижению.

3.2. Формирование критериев и индикаторов уровня устойчивости промышленных систем

Концепция устойчивого развития имеет зонтичный характер [223], то есть она определяет общее направление необходимых действий, которые на практике могут быть реализованы в виде различных стратегий развития экономических систем [224]. Однако для научного обоснования реализации любой стратегии необходимы соответствующие методы оценки этих действий, а сама оценка должна включать метрики ее выполнения, то есть возможность измерять (количественно или качественно) управленческие воздействия, приводящие какую-либо экономическую систему к достижению поставленных перед ней целей.

К сожалению, до настоящего времени у ученых и специалистов, как показывает множество их публикаций в ведущих журналах, нет единого подхода ни к методам [225, 226], ни к метрикам [227–229], к которым прибегают при обосновании реализации различных стратегий устойчивого развития.

Наиболее часто используются два метода: анализ материальных потоков (MFA) и оценка жизненного цикла (LCA), на которые приходится более половины всех публикаций в ведущих зарубежных журналах за последние годы [230], хотя существует и ряд других методов, а также их различные комбинации, рассмотренные, например, в работе [231]. Там же показаны их сильные и слабые стороны и формируется вывод о том, что еще не создана концептуальная основа для разработки единого методологического подхода.

Методы определяют научный подход к оценке вариантов достижения устойчивости производственных систем и повышения уровня цикличности используемых природных ресурсов, но для принятия конкретных управленческих решений по достижению целей устойчивого развития (ЦУР), провозглашенных ООН в 2015 г., и повышению стоимости используемых в производстве материалов и энергии как основной цели круговой экономики [231] необходимо измерение эффективности вариантов соответствующих действий: экономической, экологической и социальной как трех основных столпов устойчивого развития [8, 232]. К сожалению, в этой области исследований существует еще большее разнообразие, чем в методах оценки. Отмечается около 300 показателей, позволяющих оценивать устойчивость экономических систем различного уровня, в том числе производственных [230]. Однако, с одной стороны, большинство из них не позволяет совместно оценивать все три аспекта устойчивости, с другой — отсутствуют, по сути дела, показатели для количественного измерения уровня устойчивости, прежде всего производственных систем. Все предложенные показатели при этом либо комплексные, включающие в себя несколько отдельных показателей, часто не взаимосвязанных между собой, либо они агрегированы и используются в виде соответствующих индексов для оценки устойчивости экономических систем различного уровня [233, 234]. В мировой экономике, например, используют глобальный индекс GRI и индекс Доу-Джонса (DJSI) [234–236], различающиеся методами раскрытия информации, однако они не являются универсальными, которые можно было бы использовать для любых систем.

Все вышесказанное в полной мере относится и к оценке влияния на устойчивость развития разрабатываемых производственных технологий. Так, американским обществом инженеров-химиков для использования в химической промышленности предложена система из семи отдельных показателей, которая учитывает все три аспекта устойчивости [237]. Примечательно, что в этой системе показатель материалоемкости отнесен к экологическому аспекту определения устойчивости фирм.

Таким образом, существует проблема измерения уровня устойчивости развития промышленных производств. В работе [238] нами показано, что для качественного измерения такого уровня можно использовать разработанную нами ранее методологию анализа технологического обновления производства (ЭАТОП), основы которой кратко изложены нами выше (раздел 2). Для этого в графической модели жизненного цикла технологического развития производства, включающего шесть стадий, выделены три, соответствующие различным уровням устойчивости развития, остальные три — уровням неустойчивости. Соответственно были определены индикаторы, показывающие отличие одного уровня устойчивости/неустойчивости от другого в виде направленности изменения показателей (роста/снижения) МО, ФО и $k_{УП}$ (табл. 3.6).

В последнее десятилетие существенно выросло количество публикаций, посвященных круговой экономике [234, 239–245], хотя считается, что впервые этот термин был научно обоснован еще в 1990 г. [246]. Это в значительной мере связано с продолжающейся активизацией использования в мировой экономике

природных ресурсов, в первую очередь минерально-сырьевых и топливно-энергетических [247–249], а следовательно — и с необходимостью более эффективного их использования. Естественно, что при этом резко увеличивается и количество отходов, загрязняющих окружающую природную среду, поэтому концепция круговой экономики тесно связана с концепцией устойчивого развития [250, 251]. Более того, можно считать, что круговая экономика является средством достижения целей устойчивого развития, принятых ООН в 2015 г. и одобренных 193 странами. При этом одной из основных стратегий концепции круговой экономики является стратегия повышения эффективности использования материалов и энергии [13] путем разработки и использования в производстве новых энергоресурсно-эффективных технологий.

Таблица 3.6

Критерии и индикаторы оценки уровня устойчивости
промышленных производств [238]

Номер стадии	Индикаторы уровня устойчивости	Критерии оценки уровней
2	МО увеличивается	Повышение уровня
1-1	МО увеличивается	Максимальный уровень
1-2	МО увеличивается	Снижение уровня
3	МО снижается	Повышение уровня
4-1	МО снижается	Максимальный уровень
4-2	МО снижается	Снижение уровня

Примечание. В выделенных цветом строках указаны изменения значений одного из трех индикаторов для каждой стадии, свидетельствующих о переходе на соответствующий уровень устойчивости/неустойчивости.

В нашей работе [238] было также показано, что разработанные индикаторы оценки уровней устойчивости/неустойчивости можно использовать не только для промышленных производств в целом, но и для отдельных технологических процессов либо технологий, в том числе энергоресурсно-эффективных технологий использования промышленных отходов для получения ценной продукции. Для этого показатели МО и ФО, рассчитываемые по предприятию в целом, необходимо трансформировать применительно к какому-либо отдельному основному виду выпускаемой продукции и в расчете на ее единицу следующим образом:

$$MO = RP/MZ = (Q \cdot P)/(MЗ_{уд} \cdot Q), \quad (3.1)$$

где РП — выручка от реализации всего объема продукции; МЗ — материальные затраты в стоимостном выражении (затраты на сырье, материалы, топливо и энергию) на весь объем реализуемой продукции; Q — объем реализуемой продукции в натуральном (физическом) выражении; P — цена выпускаемой продукции; $MЗ_{уд}$ — материальные затраты на единицу выпускаемой продукции.

Соответственно

$$MO_{уд} = P/MЗ_{уд} = 1/MЗ_{уд}/P, \quad (3.2)$$

где $MO_{уд}$ — материалоотдача в расчете на единицу выпускаемой продукции; $MЗ_{уд}/P$ — доля материальных затрат в цене выпускаемой продукции, то есть материалоемкость продукции ($ME_{пр}$).

Тогда

$$MO_{уд} = 1/ME_{пр}. \quad (3.3)$$

Затем видоизменяем ΦO :

$$\Phi O = RP/O\Phi_{ср} = ((Q \cdot P) \cdot N_a)/A = ((Q \cdot P) \cdot N_a)/(A_{уд} \cdot Q), \quad (3.4)$$

где $O\Phi_{ср}$ — средняя стоимость основных фондов; N_a — норма амортизационных отчислений от стоимости основных фондов, используемых в соответствующей технологии производства, в долях единицы; A — общий объем амортизационных отчислений; $A_{уд}$ — амортизационные отчисления на единицу выпускаемой продукции.

Тогда

$$\Phi O_{уд} = P \cdot N_a/A_{уд} = N_a/A_{уд}/P, \quad (3.5)$$

где $\Phi O_{уд}$ — фондоотдача в расчете на единицу выпускаемой продукции; $A_{уд}/P$ — доля амортизационных отчислений в цене выпускаемой продукции, то есть амортизационемкость продукции $A_{пр}$.

В таком случае:

$$\Phi O_{уд} = N_a/A_{пр}, \quad (3.6)$$

следовательно

$$k_{утп\ уд} = MO_{уд}/\Phi O_{уд} = A_{пр}/(ME_{пр} \cdot N_a). \quad (3.7)$$

Если же учесть, что при разработке вариантов соответствующей технологии состав производственного оборудования существенно не изменяется, то тогда N_a можно считать константой и соответственно в расчетах $k_{утп\ уд}$ ее не учитывать, то есть:

$$k_{утп\ уд} = MO_{уд}/\Phi O_{уд} = A_{пр}/ME_{пр}. \quad (3.8)$$

Таким образом, зная лишь цену выпускаемой продукции и доли в ней удельных материальных затрат и удельных амортизационных отчислений, мы можем сформировать теоретическую графическую модель жизненного цикла любой технологии производства (ЖЦТП), в том числе и технологии использования промышленных отходов энергоемких производств (рис. 3.1).

При разработке такой технологии возникает вопрос о количественном значении $MO_{уд}^0$. Очевидно, что любая технология использования промышленных отходов, исходя из концепции устойчивого развития и концепции круговой экономики, должна повышать уровень устойчивости производства, а это значит, что она, прежде всего, должна способствовать снижению материалоемкости

производства, то есть повышению уровня материалоотдачи. Следовательно, значение $MO_{уд}^0$ не должно быть ниже уровня MO , уже достигнутого предприятием, на котором будет внедрена разрабатываемая технология. Казалось бы, что это условие должно соблюдаться автоматически, так как при использовании отходов производства в себестоимости выпускаемой продукции не будет затрат на сырье. Однако, во-первых, возможное увеличение затрат на материалы, топливо и энергию может быть больше экономии затрат на сырье. Во-вторых, если создается новое отдельное предприятие по использованию промышленных отходов, то отходы в этом случае будут приобретаться по конкретной цене, предельное значение которой определяется уровнем $MO_{уд}^0$.

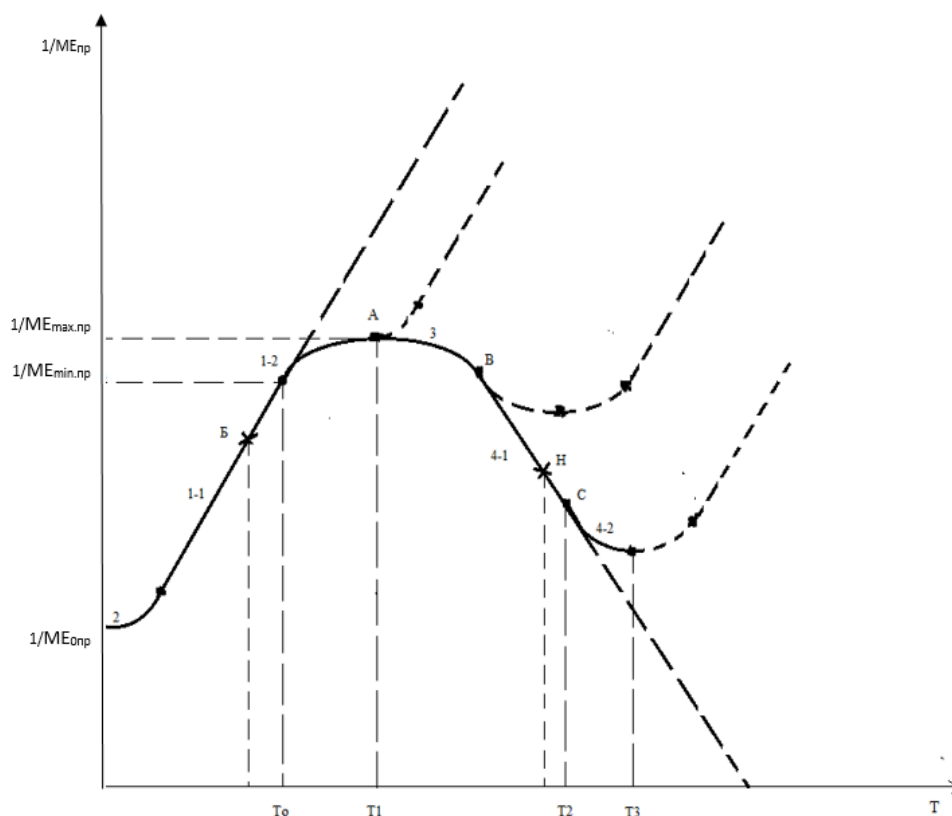


Рис. 3.1. График жизненного цикла технологий производства.

Обозначения: T — период времени; $1/ME_{пр}$ — материалоотдача в расчете на единицу продукции; (2, 1-1, 1-2, 3, 4-1 и 4-2) — стадии жизненного цикла; А — точка максимально возможного значения $1/ME_{пр}$; (А, В, С) — точки возможного перехода на новый цикл развития технологии; В — точка начала благоприятного перехода на новую технологию развития; Н — точка необходимого начала перехода на новую технологию развития для избежания предприятием банкротства; $1/ME_{опр}$ — начальное значение MO на единицу выпускаемой продукции; $1/ME_{min.пр}$ — значение MO на единицу выпускаемой продукции, после которого значение $k_{УТП}$ начинает снижаться; $1/ME_{max.пр}$ — максимально возможное значение MO на единицу выпускаемой продукции при существующей технологии производства

Таким образом, теоретическая графическая модель ЖЦТП будет внешне выглядеть также, как и ЖЦТРП (рис. 2.7), то есть включать в себя три стадии устойчивости и три стадии неустойчивости. Однако обозначения показателей на вертикальной оси и система показателей-индикаторов уровней этих стадий будет несколько иной (табл. 3.7).

Таблица 3.7

Индикаторы оценки уровня устойчивости промышленных технологий

Стадия развития технологии	Индикаторы стадии развития и уровня устойчивости	Уровень
2	$MO_{уд}(1/ME_{пр})$ увеличивается $FO_{уд}(N_a/A_{пр})$ снижается $k_{утп\ уд}(A_{пр}/(ME_{пр} \cdot N_a))$ увеличивается	Низкий уровень устойчивости
1-1	$MO_{уд}(1/ME_{пр})$ увеличивается $FO_{уд}(N_a/A_{пр})$ увеличивается $k_{утп\ уд}(A_{пр}/(ME_{пр} \cdot N_a))$ увеличивается	Высокий уровень устойчивости
1-2	$MO_{уд}(1/ME_{пр})$ увеличивается $FO_{уд}(N_a/A_{пр})$ увеличивается $k_{утп\ уд}(A_{пр}/(ME_{пр} \cdot N_a))$ снижается	Средний уровень устойчивости
3	$MO_{уд}(1/ME_{пр})$ снижается $FO_{уд}(N_a/A_{пр})$ увеличивается $k_{утп\ уд}(A_{пр}/(ME_{пр} \cdot N_a))$ снижается	Низкий уровень неустойчивости
4-1	$MO_{уд}(1/ME_{пр})$ снижается $FO_{уд}(N_a/A_{пр})$ снижается $k_{утп\ уд}(A_{пр}/(ME_{пр} \cdot N_a))$ снижается	Высокий уровень неустойчивости
4-2	$MO_{уд}(1/ME_{пр})$ снижается $FO_{уд}(N_a/A_{пр})$ снижается $k_{утп\ уд}(A_{пр}/(ME_{пр} \cdot N_a))$ увеличивается	Средний уровень неустойчивости

Примечание. Жирным шрифтом выделены изменения значений одного из трех индикаторов для каждой стадии, свидетельствующие о переходе на соответствующий уровень устойчивости/неустойчивости.

В принципе, таких индикаторов достаточно при разработке устойчивых энергоресурсно-эффективных технологий переработки отходов промышленных производств на стадии научно-исследовательских работ. Так, например, очевидно, что для достижения высокого уровня устойчивости нужно выбирать такой вариант технологии, в котором при неизменяющемся составе оборудования $MZ_{уд}$ будут иметь минимально возможное значение, то есть будет минимум $ME_{пр}$ и, соответственно, максимум $MO_{уд}$.

Если же при сравнении вариантов разрабатываемой технологии состав оборудования изменяется, то в таком случае нужно рассчитывать значения $A_{уд}$ и $A_{пр}$. В результате наилучшему варианту технологии будут соответствовать их минимальные значения, но при условии неповышения достигнутого уровня $MЗ_{уд}$, то есть в таком случае максимизируется значение $k_{утп\ уд}$. Также в процессе разработки технологии могут изменяться отдельные составляющие $MЗ_{уд}$, то есть удельный расход материалов, топлива и энергии в физическом выражении, включая их отдельные элементы, и цены на них. Такие ситуации могут возникать при различном уровне извлечения из промышленных отходов (например, металлургических шлаков, отходов (хвостов) обогащения рудного сырья) ценных компонентов, однако принцип выбора наилучшей технологии остается прежним, то есть по минимуму $MЗ_{уд}$.

Кроме того, необходимо отметить, что если при разработке технологии будет выпускаться не один вид, а несколько видов продукции, то тогда при расчете $MЗ_{уд}$ и $A_{уд}$ к цене единицы основного вида продукции следует добавить ценность получаемых при этом остальных видов путем умножения физического выпуска (на единицу основного продукта) других продуктов на их цены. Такой вариант необходимых действий возможен, например, при решении вопроса о количестве извлекаемых ценных компонентов при комплексном использовании промышленных отходов.

На стадии опытно-конструкторских работ процедура доработки лучшего варианта технологии в целом остается такой же, как и на стадии НИР, однако при этом весьма значимыми становятся выбор высокоэффективного оборудования с целью достижения максимума $k_{утп\ уд}$ и проверка достижения минимального уровня $MЗ_{уд}$, указанного в техническом задании по итогам выполнения НИР, который по итогам проектирования технологии не должен быть, как указывалось выше, больше значения $ME_{пр}$.

При использовании разработанной технологии в производственном процессе в течение определенного периода времени показатели индикаторов устойчивости ($MЗ_{уд}$, $A_{уд}$ и $k_{утп\ уд}$) начинают изменяться, что отражается в ежемесячной калькуляции себестоимости выпускаемой продукции. Если в течение года выявляется тенденция снижения только значений $k_{утп\ уд}$, то нужно принимать необходимые действия по совершенствованию технологии, так как в противном случае в дальнейшем $MЗ_{уд}$ будет повышаться и соответственно технология переходит в режим неустойчивости. Если же в процессе совершенствования $k_{утп\ уд}$ увеличиваться не будет, это означает предел улучшения существующей технологии и ее нужно замещать новой, иначе она становится неустойчивой, что в конечном счете негативно повлияет и на устойчивость развития предприятия в целом.

Таким образом, для повышения уровня устойчивости развития ресурсоемких промышленных производств, которые являются основой социально-экономического развития регионов Арктики, требуется максимально возможное, но экономически обоснованное увеличение MO , то есть снижение уровня ME ,

за счет внедрения технологических инноваций в виде новых технологий производства, прежде всего энергоресурсно-эффективных технологий использования промышленных отходов. Это приводит к росту доли добавленной стоимости в единице стоимости выпускаемых товаров, а значит, и к общему объему добавленной стоимости предприятия, что соответствует экономическим интересам и предприятий и общества. Общество в лице государства повышает объем ВВП и увеличивает объем поступающих в бюджет налогов, а у предприятий растет прибыль, соответственно, улучшаются и финансовые результаты, что, в свою очередь, повышает уровень их финансовой устойчивости. Однако этот взаимный интерес, особенно в части внедрения в производство новейших технологий использования промышленных отходов, государство должно поддерживать путем стимулирования такой деятельности различными способами. Наиболее широко используется налоговое стимулирование [252], однако, по нашему мнению, такой инструмент по отношению к предприятиям должен быть более предметным. Это значит, что совсем не обязательно снижать объем налогов (например, налога на прибыль) для всех предприятий, использующих отходы производства. Вполне достаточно компенсировать ресурсоэнергоёмким предприятиям прирост основных налогов (налог на добавленную стоимость и налог на прибыль), возникающих вследствие внедрения новых технологий использования сырья и переработки отходов производства, в результате чего снижается МЕ, то есть увеличивается объем добавленной стоимости и прибыль. При этом возникает открытый нами эффект инновационного налогового рычага.

Инновационный налоговый рычаг рассчитывается как отношение доли добавленной стоимости в стоимости единицы продукции к доле прибыли в этой единице, определяемое до внедрения технологических инноваций. В результате получается, что при снижении МЕ и увеличении доли ДС на 1 % доля прибыли в единице стоимости продукции увеличивается на количество процентов, соответствующее значению ИНР. Следовательно, на это количество процентов увеличивается прибыль предприятия и налог на прибыль.

Таким образом, дополнительно полученные государством налоги от снижения МЕ являются полностью заслугой предприятия, поэтому вполне логично, что они должны оставаться в его распоряжении. Для этого предприятием оформляется соответствующий налоговый вычет. Такая система финансирования инновационной деятельности названа нами «квазисамофинансированием».

Более отчетливо взаимосвязь развития технологии и ее устойчивости в определенный период времени, например, за год или несколько лет, можно увидеть, если за каждый месяц такого периода определять номер стадии развития и соответствующий ей уровень устойчивости. Однако по таким данным все же сложно выявлять стабильную тенденцию повышения либо снижения уровня устойчивости и ее сравнения с подобной тенденцией всего предприятия. Более того, практически невозможно сравнивать уровни устойчивости развития различных технологий переработки промышленных отходов, а также предприятий, использующих такие технологии, за различные периоды времени, то есть в динамике. Для такого сравнения необходимо количественное измерение устойчивости.

Таким образом, показана возможность использования показателей — индикаторов устойчивости развития промышленных производств в виде материало-, фондоотдачи и коэффициента уровня технологичности производства для определения уровня устойчивости отдельных энергоресурсно-эффективных технологий, в том числе для использования промышленных отходов.

Обоснован выбор наилучшего варианта технологии, обеспечивающего максимальный уровень устойчивости, при ее разработке на стадии научно-исследовательских работ, в том числе при изменении состава используемых материальных ресурсов и оборудования и выпуске из отходов нескольких видов продукции.

Показано, что повышение уровня устойчивости развития ресурсоемких промышленных объектов непосредственно определяет снижение материалоемкости производства и связано с цикличностью их технологического развития.

Обоснована необходимость дополнительного государственного стимулирования деятельности предприятий, использующих технологии переработки промышленных отходов, в виде возврата им прироста налога на добавленную стоимость и налога на прибыль, возникающих вследствие снижения уровня материалоемкости производства и соответствующего повышения объемов добавленной стоимости и прибыли.

3.3. Оценка уровня устойчивости крупных промышленных производств

Рассмотренная выше методология оценки устойчивости промышленных производств была использована нами для определения уровня устойчивости нескольких десятков крупных промышленных предприятий. Ниже приведены результаты такого определения применительно к данным за десятилетний период деятельности (2011–2020 гг.) четырех крупных металлургических предприятий разных стран: ПАО «ГМК «Норильский никель» (Россия), ПАО «Северсталь» (Россия), Boliden AB (Швеция) и Freeport-McMoRan Inc (США). Необходимые данные получены из их годовой финансовой отчетности, представленной на соответствующих сайтах [253–256].

Для этих предприятий показаны рассчитанные нами по данным их годовой финансовой отчетности значения МО и ФО, причем ФО определялась в трех вариантах: по первоначальной и остаточной стоимости всего объема ОФ, а также по первоначальной стоимости только машин и оборудования (табл. 3.8). Кроме того, рассчитаны значения $k_{\text{УТП уд}}$ как отношения МО к ФО, определенной по первоначальной стоимости всего объема ОФ. По направленности изменения значений (увеличения/уменьшения) этих трех показателей-индикаторов в какой-либо год по отношению к предыдущему году определялась стадия ЖЦТРП. Для всех четырех предприятий показаны тенденции изменения значений материало- и фондоотдачи, рассчитанные в трех вариантах (рис. 3.2). Рис. 3.2 показывает, во-первых, что тенденции изменения значений МО и ФО имеют одинаковую направленность, то есть между ними действительно существует пропорциональная зависимость, во-вторых, эта зависимость существует при любых вариантах расчета ФО.

Динамика значений показателей-индикаторов устойчивости технологического развития крупных промышленных предприятий

Показатель	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ГМК "Норильский никель"										
МО	5,51	4,16	3,95	4,96	5,35	4,68	3,59	3,99	4,86	3,94
ФО перв	2,02	1,54	1,28	1,47	1,50	1,34	1,35	1,59	2,35	2,34
КУТ _П (перв)	2,73	2,71	3,10	3,38	3,56	3,50	2,66	2,51	2,07	1,68
Стадия Ж.Ц.	-	IV-1	IV-2	I-1	I-1	IV-2	III	I-2	I-2	IV-1
ПАО "Северсталь"										
МО	1,44	1,51	1,53	1,65	1,85	1,73	1,62	1,62	1,45	1,60
ФО перв	2,62	2,05	1,84	1,83	2,02	2,07	2,37	2,53	2,42	1,97
КУТ _П (перв)	0,55	0,74	0,83	0,90	0,92	0,84	0,68	0,64	0,60	0,81
Стадия Ж.Ц.	-	II	II	II	I-1	III	III	III	IV-1	II
Boliden AB										
МО	1,74	1,74	1,76	1,85	1,86	2,27	2,27	2,23	2,35	2,20
ФО перв	0,91	0,81	0,64	0,64	0,68	0,57	0,66	0,63	0,54	0,59
КУТ _П (перв)	1,92	2,14	2,73	2,88	2,75	3,95	3,46	3,53	4,33	3,74
Стадия Ж.Ц.	-	II	II	II	I-1	IV-1	I-1	IV-1	II	II
McMoRan Inc										
МО	2,11	1,73	1,77	1,93	1,48	1,39	1,60	1,59	1,25	1,42
ФО перв	0,80	0,61	0,61	0,57	0,39	0,41	0,44	0,26	0,20	0,19
КУТ _П (перв)	2,62	2,86	2,89	3,37	3,76	3,36	3,61	6,07	6,36	7,47
Стадия Ж.Ц.	-	IV-2	I-1	II	IV-2	III	I-1	IV-2	IV-2	II

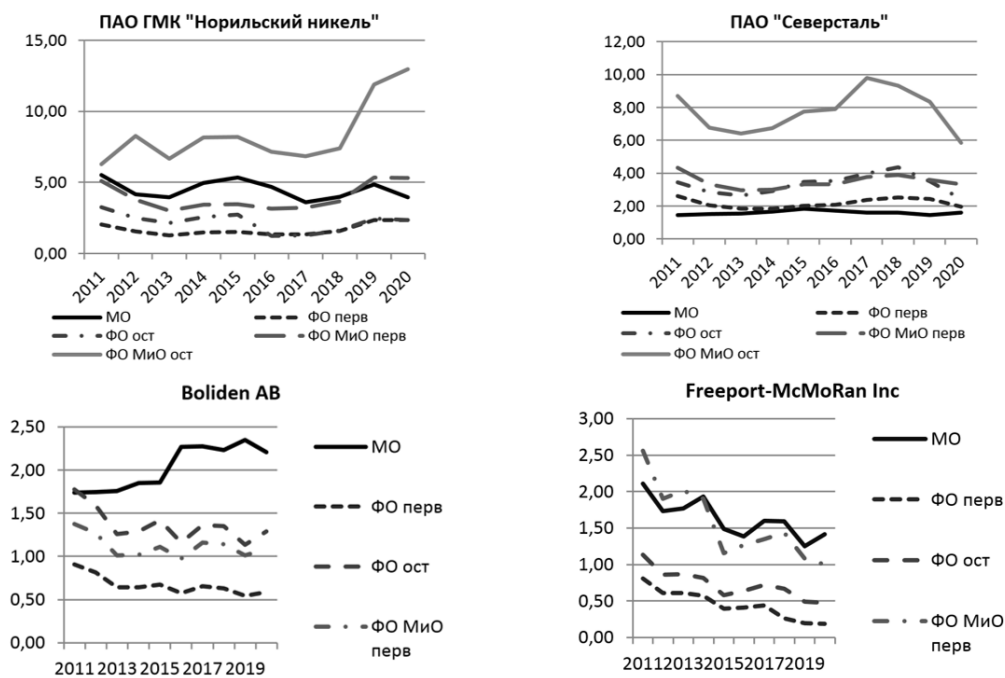


Рис 3.2. Динамика значений материало- и фондоотдачи крупных промышленных предприятий

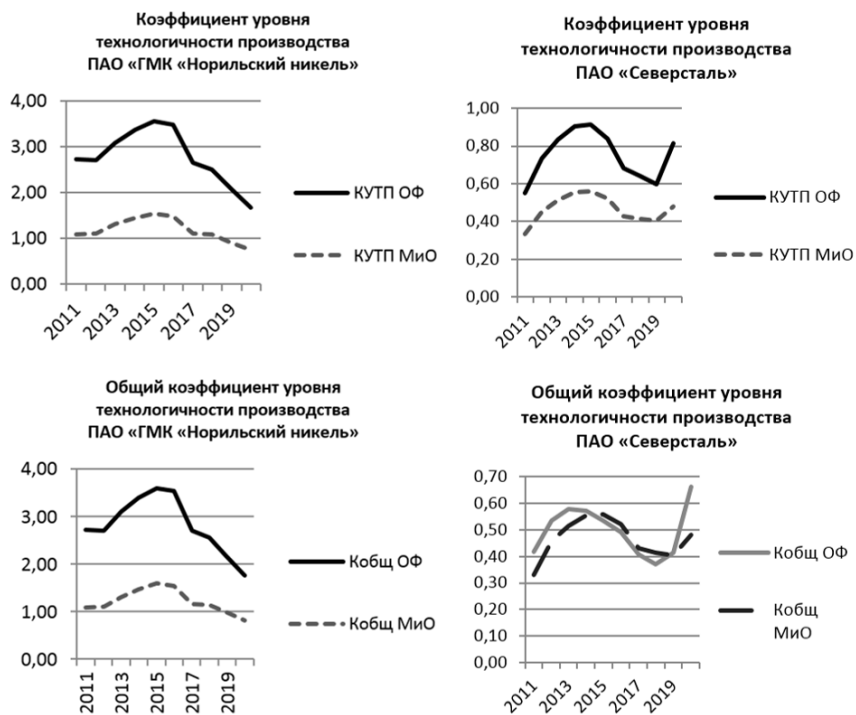


Рис. 3.3. Показатели уровня технологичности производства отечественных предприятий

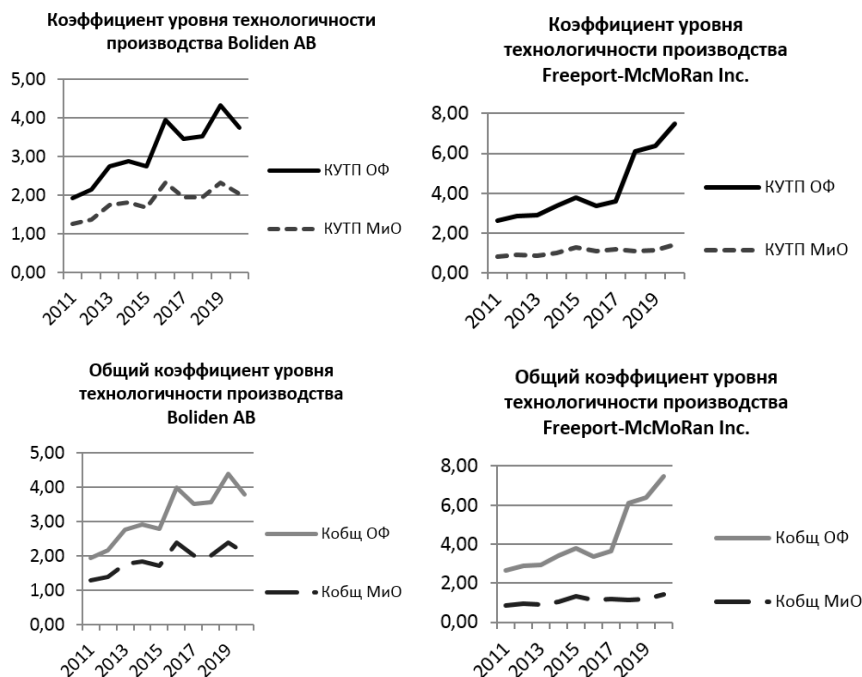


Рис. 3.4. Показатели уровня технологичности производства зарубежных предприятий

Для каждого из четырех предприятий на рис. 3.3 и 3.4 сначала показаны графики, отражающие динамику значений $k_{утп}$, рассчитанных по первоначальной стоимости всего объема OF и по первоначальной стоимости только машин и оборудования. Затем приведены тенденции изменения значений $k_{общ}$, при расчете которого учитываются значения не только «овеществленных» открытых технологических инноваций в виде основных фондов, но и «бестелесных» открытых технологических инноваций (патентов, лицензий, компьютерных программ) в виде нематериальных активов (НМА), а также закрытых технологических инноваций в виде объема исследований и разработок (ИР).

Оба отечественных предприятия имеют схожую динамику коэффициента уровня технологичности производства. Пик технологического развития пришелся на период 2013–2015 гг., что может быть связано с повышением инвестиционной активности, однако у ПАО «Северсталь», в отличие от ПАО «ГМК «Норильский никель»», в 2020 г., возможно, начался новый инвестиционный цикл.

При сравнении этих графиков между всеми предприятиями можно сделать вывод, что, во-первых, значения $k_{утп}$ и $k_{общ}$ действительно тяготеют к росту на всех предприятиях, но на последних двух эта тенденция выражена более отчетливо, что связано прежде всего с более активным обновлением основных фондов. Во-вторых, $k_{утп}$ OF и Mio имеют одинаковые тенденции, это, по всей видимости, означает, что доля Mio в общей стоимости OF остается постоянной. В-третьих, графики изменения значений $k_{утп}$ и $k_{общ}$ практически одинаковы. Это означает, что доли НМА и ИР по отношению к стоимости OF остаются незначительными, однако при этом очень важно оценить их отдельное влияние

на изменение значений МО. На рис. 3.5 показаны графики изменения значений $k_{НМА}$ и $k_{ИР}$ для всех предприятий. Исходя из рис. 3.5 можно предполагать, что тенденция снижения значений МО на предприятии Freeport-McMoRan Inc. связана с существенным снижением его расходов на исследования и разработки, так как рост таких расходов на Boliden AB показывает и соответствующее увеличение при этом значений МО. Такой вывод подтверждает и отсутствие тенденций роста значений $k_{ИР}$ на ПАО «ГМК «Норильский никель» и ПАО «Северсталь», следовательно, на этих предприятиях практически отсутствует и рост МО.

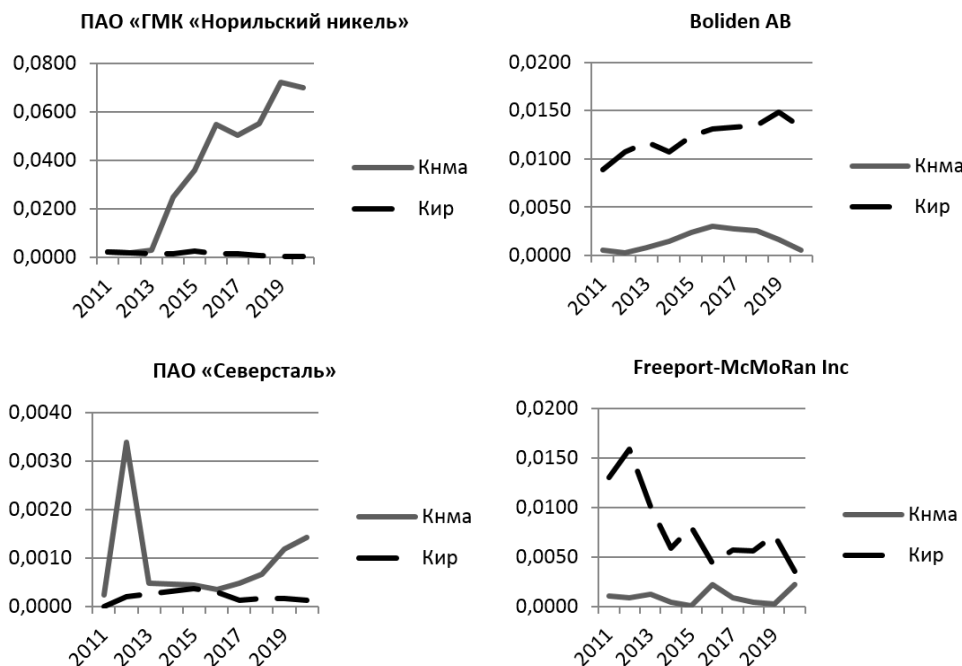


Рис. 3.5. Динамика показателей $k_{НМА}$ и $k_{ИР}$ крупных промышленных предприятий

В соответствии с графической моделью ЖЦТРП и таблицей критериев оценки устойчивости промышленных производств общий вывод в отношении устойчивости технологического развития четырех рассмотренных в качестве примера предприятий будет следующим. В целом наиболее устойчиво в течение десятилетнего периода развивалось Boliden AB, так у него наибольшее количество лет (семь), когда технологическое развитие соответствовало стадиям разного уровня устойчивого развития (в течение двух лет стадия 1-1 и в течение пяти лет стадия 2), однако даже на этом предприятии технологическая граница производственных возможностей не достигалась полностью за весь анализируемый период, соответственно, и возможности роста значений МО и ФО были использованы не полностью.

Таким образом, рассмотренная нами методология оценки устойчивости промышленных производств на практике может быть использована для определения

уровня устойчивости отдельных предприятий и, в случае необходимости, для сравнения этого уровня по нескольким предприятиям. Для этого достаточно выполнение различными стейкхолдерами внешнего экономического анализа с использованием публичной финансовой отчетности предприятий.

Недостатком такого подхода может быть отсутствие возможности учета ценового фактора, то есть ежегодные темпы роста цен на сырье, материалы, топливо и энергию (как элементов МЗ) могут отличаться от темпов роста цен на машины и оборудование (как элементов ОФ). В результате расчетные ежегодные значения $k_{УТП}$ могут оказаться меньше фактических, однако при внешнем анализе более важны тенденции изменения уровня устойчивости за длительный период времени, а они в данном случае менее чувствительны к влиянию ценового фактора. Если же выполняется внутренний анализ деятельности конкретного предприятия, тогда ценовой фактор полностью нивелируется, так как при этом появляется возможность учета ежегодных темпов изменения цен даже по отдельным элементам МЗ и ОФ.

3.4. Количественное измерение уровня устойчивости технологического развития промышленных систем

Как отмечено в начале монографии, в мировой науке и практике проблема количественного измерения устойчивости до сих пор не решена [9]. Там же было показано, что устойчивость развития промышленности напрямую связана с ее технологическим развитием за счет внедрения в производство технологических инноваций. Соответственно нами обосновано понятие технологической устойчивости, включающей одновременное обеспечение трех аспектов — экономического, экологического и социального. Таким образом, технологическая устойчивость обеспечивает достижение предприятиями корпоративной устойчивости.

На основе матрицы возможных направлений развития производственных систем и графической теоретической модели жизненного цикла технологического развития производства, разработанных нами ранее, было показано, что технологическая устойчивость обеспечивается на трех стадиях из шести возможных, но уровень устойчивости на каждой стадии разный. В соответствии с этим для каждой стадии были разработаны индикаторы определения уровня устойчивости [238]. При этом максимальный уровень устойчивости достигается на одной стадии технологического развития, когда обеспечивается одновременное увеличение значений материало- и фондоотдачи и рост значения $k_{УТП}$ как отношения МО к ФО.

Практическое использование вышеуказанной методологии для оценки уровня устойчивости технологического развития, а следовательно, и общей устойчивости различных промышленных предприятий, отраслей производства и промышленности в целом на уровне регионов — субъектов Федерации показало, что технологическое инновационное развитие, качество и тенденции которого показывают значения $k_{УТП}$, действительно оказывает определяющее

влияние на уровень технологической устойчивости производственных систем, однако смена стадий технологического развития, определяемых по данным финансовой отчетности предприятий и статистическим данным по развитию субъектов Федерации, не всегда происходит последовательно в соответствии с графиком ЖЦТРП. Это объясняется, с одной стороны, множеством воздействий на деятельность производственных систем различных объективных факторов, в том числе форс-мажорных, например, аварийных ситуаций. С другой стороны, присутствуют и субъективные факторы, в том числе недостаточно эффективная управленческая деятельность и несовершенный управленческий и статистический учет производственной деятельности.

Таким образом, становится сложным определить тенденции изменения уровня технологической и корпоративной устойчивости на длительном промежутке деятельности производственных систем (десять и более лет), а без этого невозможно оценить и перспективы устойчивого технологического развития, так как любая технико-экономическая система развивается инерционно. Выход из этой ситуации был найден в определении сравнительной балльной оценки уровня устойчивости и неустойчивости каждой стадии технологического развития на основе разработанных нами ранее индикаторов. В результате каждой из шести стадий присвоен балл от 1 до 6 (табл. 3.9), при этом три стадии с баллами 4, 5 и 6 характеризуют нарастающий уровень устойчивости, а стадии с баллами 3, 2 и 1 показывают уровни увеличивающейся неустойчивости.

При определении баллов учитывались следующие факторы. Во-первых, стадии 1-1 с максимально высоким уровнем устойчивости, на которой увеличиваются значения всех трех индикаторов устойчивости, соответствует и максимальная оценка в 6 баллов. Во-вторых, для стадии 1-2 определен средний уровень устойчивости и соответственно оценка уровня в 5 баллов, так как на этой стадии все еще увеличиваются показатели МО и ФО, то есть ресурсоэффективности. В то же время на стадии 2 значение ФО снижается, поэтому с точки зрения эффективности использования производственных ресурсов и соответственно устойчивости развития эта стадия менее значима, поэтому ей присвоено 4 балла.

Такие же факторы явились основой определения баллов для уровней неустойчивости, то есть стадии 4-1 с максимально высоким уровнем неустойчивости соответствует оценка в 1 балл, так как именно на этой стадии одновременно снижаются значения всех трех индикаторов устойчивости. Следовательно, на стадии 3 все еще увеличивается фондоотдача, однако материалоотдача уже снижается, поэтому данной стадии соответствует низкий уровень неустойчивости с оценкой в 3 балла. Таким образом, стадия 4-2 будет характеризовать средний уровень неустойчивости, потому что ФО будет снижаться уже большими темпами, чем МО. В результате начинает увеличиваться $k_{утп}$, поэтому оценка этого уровня неустойчивости будет 2 балла.

Необходимо отметить, что градация баллов может быть различной, например, от -3 до +3. Тогда баллы от 1 до 3 будут показывать увеличивающийся уровень

устойчивости, а баллы от –1 до –3 — повышающийся уровень неустойчивости, нулевая оценка будет определять границу устойчивости и неустойчивости.

Таблица 3.9

Балльная оценка уровня устойчивости промышленных систем

Стадия технологического развития	Индикаторы уровня устойчивости	Уровень устойчивости	Уровень устойчивости, балл
2	МО увеличивается ФО снижается <i>k_{УТП}</i> увеличивается	Низкий уровень устойчивости	4
1-1	МО увеличивается ФО увеличивается <i>k_{УТП}</i> увеличивается	Высокий уровень устойчивости	6
1-2	МО увеличивается ФО увеличивается <i>k_{УТП}</i> снижается	Средний уровень устойчивости	5
3	МО снижается ФО увеличивается <i>k_{УТП}</i> снижается	Низкий уровень неустойчивости	3
4-1	МО снижается ФО снижается <i>k_{УТП}</i> снижается	Высокий уровень неустойчивости	1
4-2	МО снижается ФО снижается <i>k_{УТП}</i> увеличивается	Средний уровень неустойчивости	2

Предлагаемый подход к количественному измерению уровня устойчивости технологического развития может быть использован для производственных систем различного уровня иерархии (предприятий, отраслей производства, видов производственной деятельности). Следовательно, его можно использовать для сравнения уровня устойчивости каждой из этих систем в различные периоды времени и выполнения соответствующего ретроспективного анализа технологического обновления производства, а также для сравнения уровня устойчивости производственных систем различного вида в определенный период времени. Для этого рассчитывается средний балл устойчивости за любой анализируемый период времени, при этом используется простое среднеарифметическое значение. Например, можно рассчитывать его за последние пять, десять или пятнадцать лет, что позволяет учитывать динамику изменения уровня устойчивости и формировать на этой основе перспективы будущего технологического развития производственных систем. В таком случае получаемое среднеарифметическое значение можно назвать индексом устойчивости производственных систем различного вида. В отличие от всех рассмотренных в работе [9] методов оценки и измерения устойчивости, такой простой показатель (индекс) рассчитывается на единой методологической базе для производственных

систем любого вида и уровня, то есть может быть стандартизирован, и имеет верхнюю количественную границу, характеризующую максимально возможный уровень устойчивости.

Предложенный метод количественного измерения уровня устойчивости производственных систем был апробирован нами на примере деятельности за более чем десятилетний период времени, трех крупных промышленных арктических предприятий (ПАО «Алроса», ПАО «Новатэк» и ПАО «ГМК «Норильский никель»)), а также АО «Кольская горно-металлургическая компания» (дочернее предприятие ПАО «ГМК «Норильский никель»)). Соответствующие расчеты выполнены на основе открытых данных годовой финансовой отчетности этих предприятий, отраженной на их сайтах (см. приложение 8), где МО и ФО показывают расчетные показатели материало- и фондоотдачи (по первоначальной стоимости) соответственно, $k_{УТП}$ — коэффициент уровня технологичности производства, № — номер стадии технологического развития в соответствии с индикаторами. Динамика их значений, полученных в результате анализа четырех предприятий, представлена на рис. 3.6–3.9.



Рис. 3.6. Тенденции технологического развития ПАО АК «Алроса» и оценка его устойчивости

Приведенные данные показывают практическую возможность расчета единого индекса устойчивости за любой период времени. За двенадцать лет более устойчиво из трех предприятий развивалось ПАО АК «Алроса», хотя и у него средняя оценка уровня устойчивости оказалась низкой (3,64 по сравнению с максимально возможным значением 6,00). У АО «Кольская горно-металлургическая компания» индекс устойчивости существенно выше, чем у материнской компании (4,00 по сравнению с 3,08), что отражает более высокие темпы технологического обновления производства ($k_{УТП}$ за двенадцать лет увеличился почти в три раза, а у ПАО «ГМК «Норильский никель»» остался практически на одном и том же уровне). Во-вторых, можно увидеть цикличность изменения уровня устойчивости за рассматриваемый период, что особенно ярко выражено у ПАО «Норильский никель» и связано с тем, что технологическое развитие предприятий тоже имеет циклический характер, это отражает динамика коэффициента уровня технологичности производства. Учет этого фактора позволит предприятиям более предметно обосновывать перспективы повышения уровня своей устойчивости.



Рис. 3.7. Тенденции технологического развития ПАО «Новатэк» и оценка его устойчивости



Рис. 3.8. Тенденции технологического развития ПАО «ГМК «Норильский никель»» и оценка его устойчивости



Рис. 3.9. Тенденции технологического развития АО «Кольская ГМК» и оценка его устойчивости

Рассмотренный подход к определению уровня устойчивости производственных систем за длительный пятнадцатилетний период был использован нами также применительно к развитию промышленного производства в четырех

субъектах Федерации, полностью входящих в Арктическую зону РФ (Мурманская область, Ненецкий (НАО), Ямало-Ненецкий (ЯНАО) и Чукотский (ЧАО) автономные округа), результаты оценки которого приведены в работе [257]. При этом для более объективной оценки уровня устойчивости отдельно были проанализированы три вида промышленной деятельности: добыча полезных ископаемых, обрабатывающие производства, производство электроэнергии, газа и воды.

В результате показано, что за рассматриваемый период времени средний уровень устойчивости технологического развития по всем регионам составил более 3, но менее 4 баллов, то есть устойчивость развития находится на низком уровне. При этом среди всех регионов наивысший балл у Чукотского (3,67) и Ямало-Ненецкого (3,60) автономных округов, в последнем такой уровень устойчивости был обеспечен за счет технологического развития преобладающего вида деятельности — добычи полезных ископаемых, а в первом — производства электроэнергии, газа и воды.

В Мурманской области определяющее воздействие на низкий уровень устойчивости (3,27 балла) оказало развитие обрабатывающих производств (средний балл 3,27), а в Ненецком автономном округе, наоборот, обрабатывающая промышленность развивалась устойчиво (средний балл 4,07), но в структуре видов промышленной деятельности она имеет низкий удельный вес, поэтому общий средний балл оказался также менее четырех (3,47).

Результаты оценки уровня устойчивости для пяти регионов, входящих в Арктическую зону РФ территориально не полностью, представлены в табл. 3.10, а динамика уровня их устойчивости по промышленности в целом с расчетом средней оценки за шестнадцатилетний период — в рис. 3.10. Приведенные данные показывают, что во всех регионах уровень устойчивости имел волнообразный характер, при этом средняя оценка уровня устойчивости за анализируемый период колеблется от 3,00 (Республика Карелия) до 3,67 (Архангельская область), то есть находится на низком уровне.

По итогам выполненного анализа можно констатировать, что в ближайшей перспективе, по крайней мере в течение 5 лет, промышленное производство в регионах Арктики будет и далее развиваться на низком уровне устойчивости, так как для существенного технологического обновления производства потребуется новейшее высокопроизводительное оборудование. В условиях западных санкций это весьма проблематично, а полное импортозамещение отечественным оборудованием за такой период практически невозможно, так как машиностроение в стране после распада СССР оказалось на крайне низком производственно-технологическом уровне.

Таким образом, показано, что в мировой науке и практике проблема количественного измерения уровня устойчивости предприятий до настоящего времени однозначно не решена. Соответственно нами предложен новый методологический подход к оценке уровней устойчивости производственных систем различного уровня иерархии.

Оценка уровня устойчивости технологического развития промышленности

Индикаторы	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Сред. балл
Республика Саха (Якутия)														
<i>Добыча полезных ископаемых</i>														
№	–	4-2	1-1	4-2	1-2	4-2	1-2	2	1-2	4-2	4-2	3	3	–
Балл	–	2	6	2	5	2	5	4	5	2	2	3	3	3,2
<i>Обрабатывающие производства</i>														
№	2	3	3	4-2	1-2	3	1-1	1-2	1-2	2	2	4-2	1-2	–
Балл	4	3	3	2	5	3	6	5	5	4	4	2	5	3,9
<i>Производство и распределение электроэнергии, газа и воды</i>														
№	–	4-2	4-2	3	3	3	4-2	2	4-2	1-1	2	1-1	1-2	–
Балл	–	2	2	3	3	3	2	4	2	6	4	6	5	3,5
Республика Карелия														
<i>Добыча полезных ископаемых</i>														
№	4-1	3	1-2	4-2	1-2	3	2	4-2	2	4-1	4-1	1-2	4-1	–
Балл	1	3	5	2	5	3	4	2	4	1	1	5	1	3,1
<i>Обрабатывающие производства</i>														
№	3	1-2	4-2	2	1-2	4-1	4-1	2	4-2	3	3	1-2	4-2	–
Балл	3	5	2	4	5	1	1	4	2	3	3	5	2	3,2
<i>Производство и распределение электроэнергии, газа и воды</i>														
№	3	2	3	1-1	1-2	4-2	4-1	2	3	1-1	2	3	1-1	–
Балл	3	4	3	6	5	2	1	4	3	6	4	3	6	3,6
Республика Коми														
<i>Добыча полезных ископаемых</i>														
№	2	4-1	1-1	4-1	2	3	3	4-2	2	3	4-2	1-1	3	–
Балл	4	1	6	1	4	3	3	2	4	3	2	6	3	3,5

Индикаторы	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Сред. балл
Обрабатывающие производства														
№	3	2	2	4-2	2	1-2	4-2	4-2	4-2	1-1	1-2	1-1	4-2	-
Балл	3	4	4	2	4	5	2	2	2	6	5	6	2	3,8
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды														
№	3	4-1	2	3	4-2	4-2	2	3	2	4-1	4-2	3	1-1	-
Балл	3	1	4	3	2	2	4	3	4	1	2	3	6	3,1
Архангельская область														
Добыча полезных ископаемых														
№	-	-	-	-	-	-	4-1	3	1-1	1-1	4-1	1-2	3	-
Балл	-	-	-	-	-	-	1	3	6	6	1	5	3	3,9
Обрабатывающие производства														
№	-	-	-	-	-	-	3	3	2	2	3	3	4-2	-
Балл	-	-	-	-	-	-	3	3	4	4	3	3	2	3,3
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды														
№	-	-	-	-	-	-	3	2	3	4-2	2	1-2	2	-
Балл	-	-	-	-	-	-	3	4	3	2	4	5	4	3,4
Красноярский край														
Добыча полезных ископаемых														
№	2	3	3	2	1-2	4-1	2	4-2	2	2	4-2	1-1	3	-
Балл	4	3	3	4	5	1	4	2	4	4	2	6	3	3,4
Обрабатывающие производства														
№	1-2	3	4-1	4-2	1-2	2	4-1	4-2	1-2	1-1	1-2	4-1	4-2	-
Балл	5	3	1	2	5	4	1	2	5	6	5	1	2	3,4
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды														
№	3	2	1-2	3	3	2	4-2	2	1-1	2	2	3	1-1	-
Балл	3	4	5	3	3	4	2	4	6	4	4	3	6	3,6

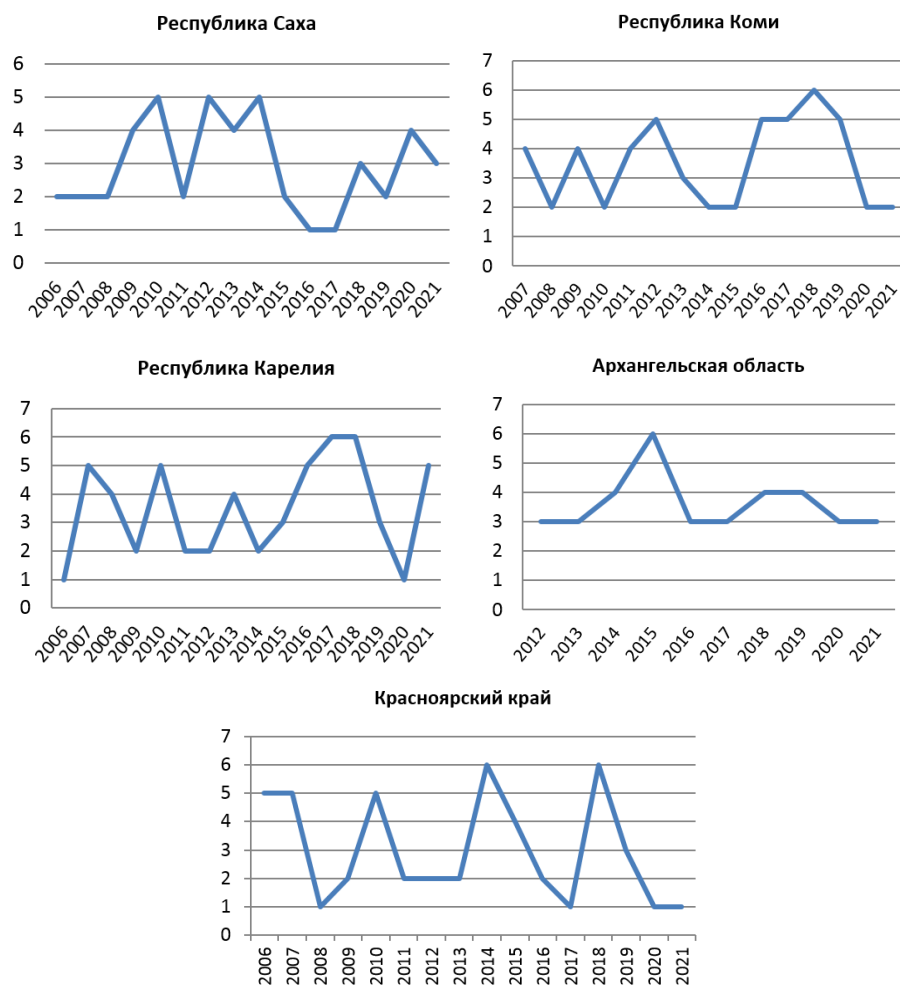


Рис. 3.10. Динамика уровня устойчивости технологического развития промышленности регионов в целом. Средняя оценка уровня устойчивости: Республика Саха — 3,33; Республика Карелия — 3; Республика Коми — 3,42; Архангельская область — 3,67; Красноярский край — 3

На основе разработанных ранее графической модели жизненного цикла технологического развития производства и индикаторов уровня устойчивости предложен метод балльной оценки устойчивости производственных систем различного вида и уровня иерархии (предприятий, отраслей, видов производственной деятельности), а также расчет индекса устойчивости, который позволяет обеспечивать сравнение уровня их устойчивости в различные периоды времени и между собой. Практическая реализация метода рассмотрена на примере деятельности трех крупных промышленных арктических предприятий (ПАО «Алроса», ПАО «Новатэк», ПАО «ГМК «Норильский никель»») и АО «Кольская горно-металлургическая компания» как дочернего предприятия ПАО «ГМК «Норильский никель»» за двенадцатилетний период, а также промышленного производства (по видам промышленной деятельности) девяти регионов РФ,

входящих в Арктическую зону РФ. Выполненные расчеты показали низкий уровень устойчивости практически всех анализируемых объектов.

Для повышения уровня устойчивости рассмотренных производственных систем в перспективе органам власти вышеуказанных регионов, а также руководителям промышленных предприятий особое внимание следует обратить на ускорение совершенствования применяемых технологий производства и внедрение новых технологических разработок, в том числе за счет стимулирования сферы НИОКР.

3.5. Алгоритмизация процесса управления устойчивым инновационно-технологическим развитием промышленности

Север России и особенно ее арктическая часть являются в обозримой перспективе основной кладовой топливно-энергетических и минерально-сырьевых ресурсов. Именно поэтому для их освоения в этих регионах будет и далее развиваться промышленное производство, связанное с добычей и первичной переработкой полезных ископаемых, которое, с одной стороны, уже в настоящее время позволяет обеспечивать в этих регионах преобладающую долю получения ВРП, с другой — является и основным загрязнителем окружающей природной среды, причем более уязвимой к выбросам загрязняющих веществ по сравнению с остальными регионами страны в связи с более низким уровнем ее ассимиляционной способности поглощать загрязнение. Следовательно, в этих регионах крайне необходимо обеспечение устойчивого развития промышленности, что возможно лишь за счет ее технологического обновления, то есть использования в производственных процессах технологических инноваций [258, 259]. Именно они позволяют не только снижать объемы выбрасываемых отходов в окружающую среду, но и обеспечивать переработку уже накопленных твердых отходов, прежде всего отвалов забалансовых руд, хвостов обогащения и металлургических шлаков, по сути дела представляющих собой техногенные месторождения полезных ископаемых.

Необходимо при этом заметить, что при общем понимании учеными и практиками важности внедрения в производство таких инноваций конкретных ответов на вопрос количественных результатов их непосредственного влияния на устойчивое развитие промышленности до сих пор не имеется [260]. Следовательно, недостаточно изученной является и проблема управления устойчивым развитием, так как для обеспечения эффективности процесса управления прежде всего должна быть сформирована система целеполагания, то есть должны быть определены целевые показатели, значения которых должны достигаться в соответствующий перспективный период времени. В свою очередь, для этого необходимые управляющие действия должны быть сформулированы в определенной последовательности в виде соответствующих этапов, при этом в настоящий период развития информационных систем необходима цифровизация такого процесса управления, в основе которой лежит его алгоритмизация.

Ранее показано, что любая производственная система может развиваться устойчиво либо неустойчиво, что отражает понятие «технологическая устойчивость», уровни которой графически отображаются в виде трех стадий устойчивости и трех стадий неустойчивости на графической модели жизненного цикла технологического развития производства. Эта модель теоретически показывает циклическое изменение материало-, фондоотдачи и коэффициента уровня технологичности производства в процессе его технологического развития. Для роста этих показателей производственная система должна обеспечивать постоянное технологическое обновление процессов производства продукции.

На графике ЖЦТРП наивысший уровень устойчивости отражает лишь одна стадия из трех. Для ее достижения необходимо обеспечивать повышение всех трех вышеуказанных базовых показателей одновременно. Однако, как показывает практика анализа деятельности развития производственных систем различного уровня иерархии управления, поддерживать длительное время такое идеальное состояние устойчивости в любой системе невозможно, хотя к этому и нужно стремиться в процессе управления развитием. Дело в том, что на любую систему, в том числе и производственную, действуют различные внешние и внутренние факторы, выводящие ее из идеального устойчивого равновесия. Например, таким существенным фактором может являться недостаток у системы необходимого объема инвестиций для технологического обновления производства (объективный внешний фактор) либо отсутствие требуемого уровня квалификации управленческого персонала (субъективный внутренний фактор).

В результате система может развиваться с разным уровнем устойчивости и, более того, переходить на разные стадии неустойчивости. Соответственно основной задачей эффективного управления устойчивым развитием производственных систем является обеспечение максимального уровня устойчивости. При этом развитие производства в соответствии с концепциями Индустрия 4.0 и 5.0 требует автоматизации процесса управления в виде его цифровизации и соответствующей алгоритмизации управленческих действий.

Использование вышерассмотренной методологии экономического анализа технологического развития производства для алгоритмизации процесса управления устойчивостью развития производственных систем позволило выделить следующие четыре этапа формирования алгоритма действий:

1. Сбор и анализ данных о развитии промышленного производства в соответствующем регионе за ретроспективный период.
2. Определение уровня устойчивости развития промышленности региона (в целом и отдельно по видам промышленной деятельности).
3. Разработка имитационной модели для управления устойчивым промышленным развитием региона.
4. Формирование возможных сценариев развития промышленного производства в регионе с соответствующими расчетами по имитационной модели.

На первом этапе должен быть выполнен ретроспективный анализ динамики базовых показателей, являющихся в процессе управления целеориентированными, (МО, ФО и $k_{УП}$), соответственно необходимо предварительно их рассчитать.

Если рассматривать промышленность регионов РФ в целом и по отдельным видам промышленной деятельности, можно использовать ежегодные статистические сборники Росстата «Регионы России. Социально-экономические показатели», где в сопоставимом виде, начиная с 2005 г., дана вся информация по развитию субъектов РФ

Так как одним из основных целевых показателей является материалоотдача, то для ее определения предварительно необходим расчет валовой добавленной стоимости отдельно по видам промышленной деятельности, а затем и в целом по промышленности. Далее на основе приведенных в статистическом сборнике данных об объемах произведенной и отгруженной продукции в стоимостном выражении определяются значения промежуточного продукта (использованных для производства продукции материальных ресурсов), а также по видам промышленной деятельности и по промышленности в целом, что и позволяет затем рассчитать значения МО.

Для расчета фондоотдачи используются приведенные в статистическом сборнике данные о стоимости основных фондов на конец каждого года по видам экономической деятельности, в том числе и по видам промышленной деятельности. После определения МО и ФО рассчитывается $k_{УТП}$ как отношение между ними. Затем рассматривается динамика этих трех показателей, которая теоретически может быть повышательной, понижательной и волнообразной (колебательной). При этом желательно, чтобы МО повышалась в большей степени, чем ФО, что в результате обеспечивает рост $k_{УТП}$ и, таким образом, достижение наивысшего уровня устойчивости развития. Однако в действительности ярко выраженных тенденций роста либо уменьшения значений МО и ФО, а следовательно, и $k_{УТП}$ не наблюдается по различным объективным и субъективным причинам, как указывалось выше.

Для сравнения показаны реальные тенденции изменения трех показателей за период 2005–2021 гг. в промышленности Мурманской области и Ненецкого автономного округа (рис. 3.11–3.14), которые входят в Северо-Западный федеральный округ, при этом необходимо отметить, что Мурманская область — старопромышленный регион, а Ненецкий автономный округ, наоборот, является регионом нового промышленного освоения.

Приведенные данные (рис. 3.11) показывают, что, например, в Ненецком автономном округе в добыче полезных ископаемых зафиксированы колебания значений МО, такая ситуация наблюдается и в Мурманской области. В то же время значения ФО в этих регионах имеют понижающую тенденцию, за период 2005–2021 гг. показатель уменьшился практически в два раза. В результате $k_{УТП}$ стремится к росту, однако данный тренд не вполне благоприятен. Это означает, что усложнение добычных работ приводит к увеличению объема основных фондов преимущественно пассивной части, а использование машин и оборудования не обеспечивает снижения удельного расхода материальных и энергетических ресурсов.

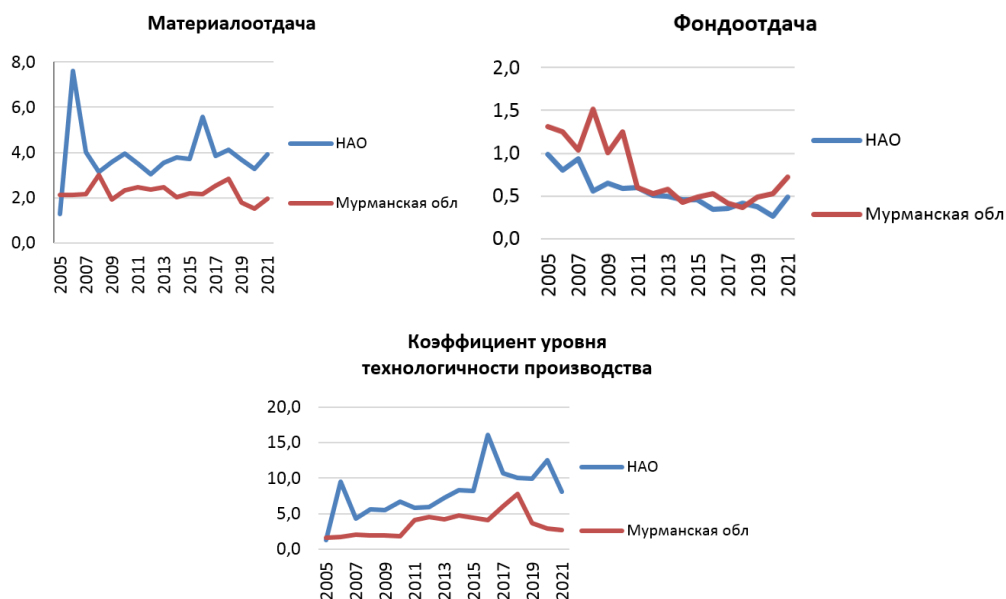


Рис. 3.11. Динамика показателей технологического развития в добывающей отрасли промышленности Мурманской области и Ненецкого автономного округа, руб/руб.

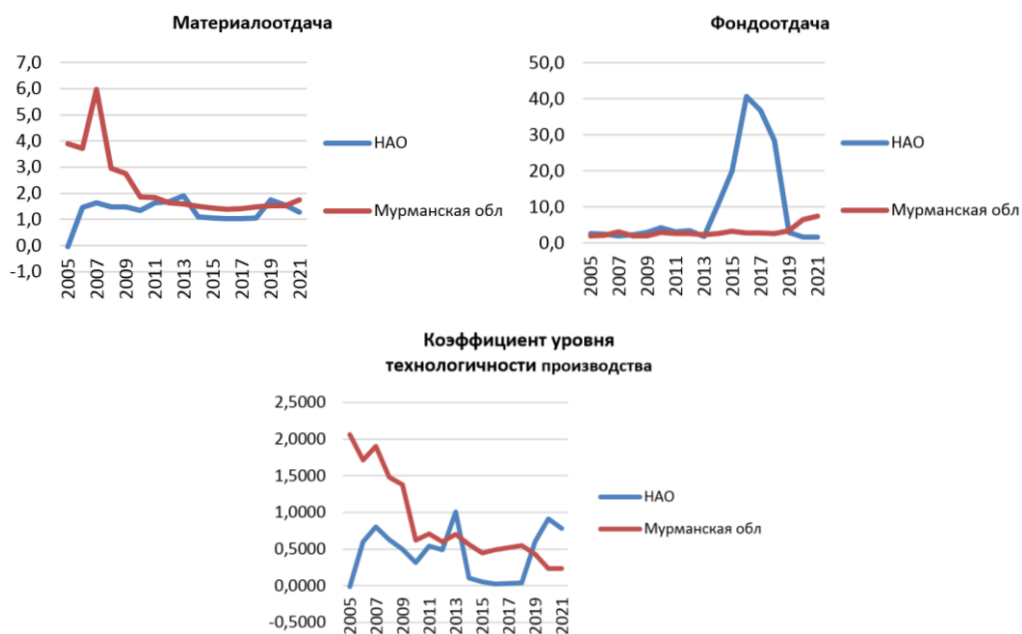


Рис. 3.12. Динамика показателей технологического развития в обрабатывающей отрасли промышленности Мурманской области и Ненецкого автономного округа, руб/руб.

Колебательная динамика материалотдачи отмечалась в обрабатывающей отрасли промышленности НАО (рис. 3.12). В результате за анализируемый период ее величина практически не изменилась, однако в 2013 г. пиковое

значение более чем в полтора раза превысило таковое в 2021 г. В Мурманской области наблюдалась устойчивая тенденция снижения МО до 2017 г., а далее уже имеет место быть направленность к росту, но при этом даже в 2021 г. эти значения превысили лишь уровень 2012 г. Фондоотдача в НАО резко возростала в период 2014–2018 гг., но к 2021 г. упала и даже преодолела уровень 2005 г. В Мурманской области данный показатель отличался незначительными колебаниями, но в последние три года начался его существенный рост.

В обрабатывающем производстве Мурманской области на увеличение материало- и фондоотдачи преобладающее влияние оказала модернизация производства на АО «Кольская горно-металлургическая компания». В Ненецком автономном округе варьировался также и коэффициент уровня технологичности производства, к финалу анализируемого периода он незначительно превысил результаты 2006 г. В Мурманской области $k_{\text{УТП}}$ за этот период тоже циклически изменялся, но с преобладающей тенденцией снижения — к 2021 г. почти в десять раз, лишь в 2016–2019 гг. зафиксирован незначительный всплеск.

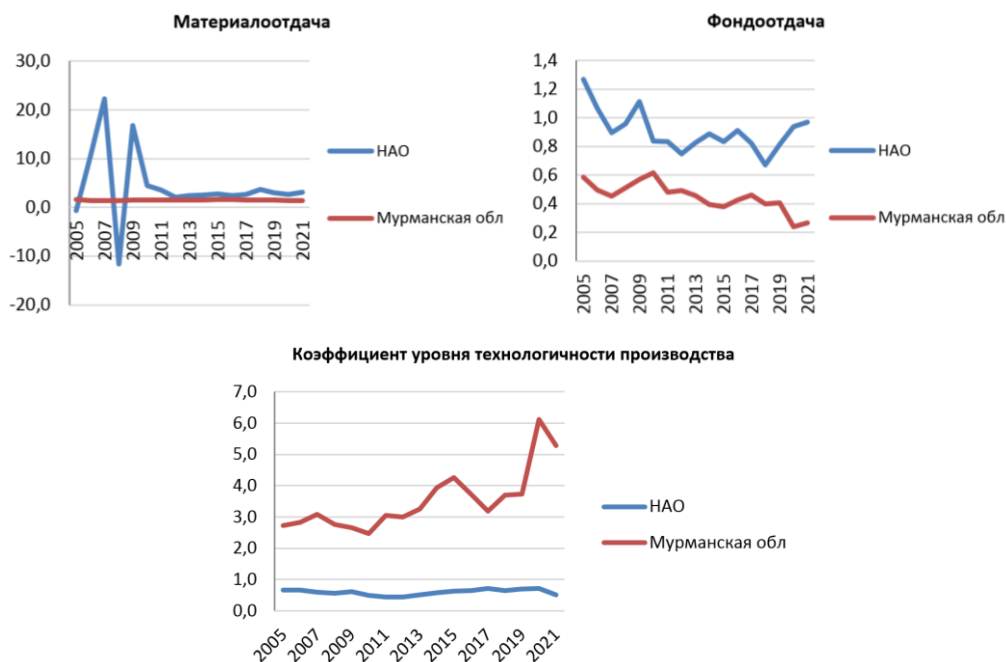


Рис. 3.13. Динамика показателей технологического развития в обеспечении электроэнергией, газом и водой Мурманской области и Ненецкого автономного округа

По виду промышленной деятельности «Обеспечение электроэнергией, газом и водой, кондиционирование воздуха» (рис. 3.13) (до 2018 г. наименование вида деятельности было иное), значения МО в Мурманской области практически не изменялись, а в НАО наблюдались значительные колебания, особенно в период 2006–2010 гг. При этом динамика фондоотдачи в обоих регионах имела

понижающую направленность, однако в НАО в последние три года она сменилась на противоположный вектор, то есть в сторону роста, как следствие, значения $k_{УТП}$ в НАО отличались существенным разбросом с 3,0 (начало периода) до 6,0. В Мурманской области колебания были не такие значимые, но преобладающая тенденция характеризовалась падением показателя.

За пятнадцатилетний период в целом по промышленности (рис. 3.14) материалоотдача в НАО снизилась (по отношению к 2006 г.) почти в два раза, в Мурманской области — в полтора. Соответственно фондоотдача в НАО тоже снизилась в два раза, но в Мурманской области ее падение (в полтора раза) наблюдалось только до 2015 г., далее начался рост в два раза (до конца периода анализа). В итоге общее увеличение ФО составило почти 40 %. Что же касается $k_{УТП}$, то в НАО он отличался большой вариативностью, при этом к концу периода наблюдался четырехкратный показатель. В Мурманской области колебания были незначительными, с общей тенденцией уменьшения значений почти в два раза.

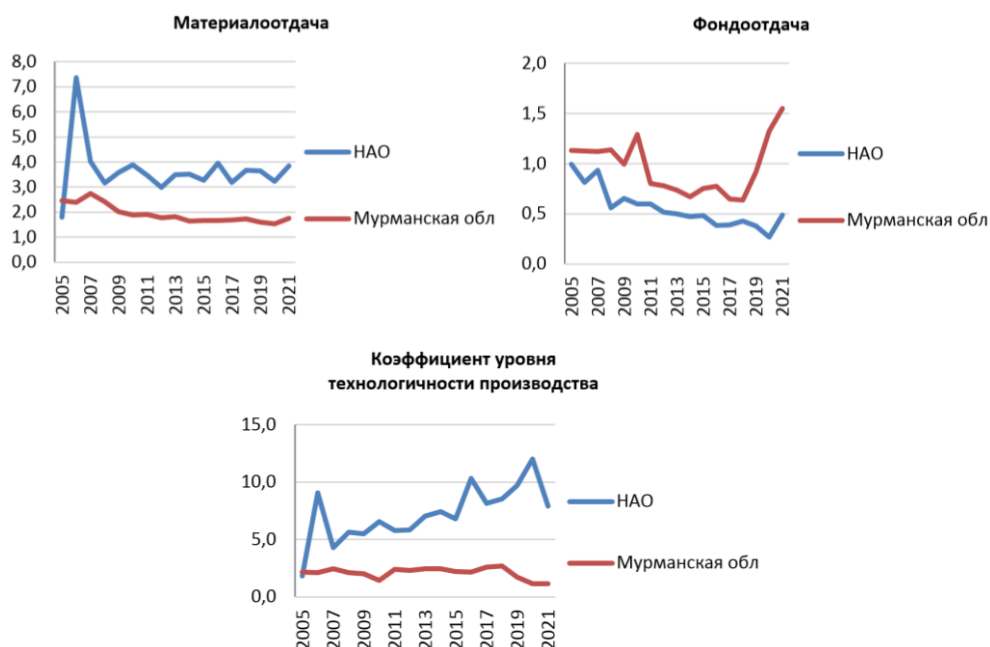


Рис. 3.14. Динамика показателей технологического развития в целом по промышленности Мурманской области и Ненецкого автономного округа, руб/руб.

Таким образом, выполненный анализ за период 2005–2021 гг. в целом показал, что отсутствие технического прогресса, под которым подразумевается существенное использование новых машин, оборудования и технологий производства, в промышленности двух арктических регионов не привело к росту материало- и фондоотдачи (за исключением обрабатывающего производства в Мурманской области в последние годы), то есть, с одной стороны, к повышению эффективности производства, с другой стороны, к возможности увеличения уровня его устойчивости.

На втором этапе процесса алгоритмизации за анализируемый период определяется уровень устойчивости развития промышленности регионов РФ в целом и по отдельным видам промышленной деятельности. Для этого используются, во-первых, данные ежегодных показателей материало- и фондоотдачи, коэффициента уровня технологического производства, анализируемые на первом этапе, и, во-вторых, график ЖЦТРП для ежегодного определения номеров стадий такого жизненного цикла.

Как уже было показано выше, из шести возможных стадий три стадии — 2, 1-1 и 1-2 — соответствуют устойчивому развитию, а стадии — 3, 4-1 и 4-2 — неустойчивому. Однако такое определение устойчивости или неустойчивости не вполне показательно, так как не позволяет иллюстрировать динамику изменения уровней устойчивости/неустойчивости.

Ранее нами предложен балльный метод оценки этих уровней, где каждой стадии присвоен определенный балл, характеризующий соответствующий уровень. Соответственно трем уровням устойчивости присвоены баллы от 4 до 6, а уровням неустойчивости — от 1 до 3. Возможны и другие варианты оценки этих уровней, например, 1, 2, 3 — уровни устойчивости, а 1, -2, -3 — уровни неустойчивости. Главное, что такой подход к оценке устойчивости позволяет определять динамику уровней устойчивости-неустойчивости за любой анализируемый период времени и количественно сравнивать уровень устойчивости различных производственных систем. Для этого за любой анализируемый период времени для сравниваемых систем рассчитывается индекс устойчивости в виде среднего арифметического.

Сравнительная динамика уровня устойчивости промышленного производства в Ненецком автономном округе и Мурманской области по видам промышленной деятельности и промышленности в целом показана на рис. 3.15, кроме того, здесь приведена средняя оценка (индекс устойчивости). Эти данные показывают, что, во-первых, в обоих регионах уровень устойчивости по видам промышленной деятельности и в целом по промышленности также оказался низким. Во-вторых, величина средних оценок в них примерно одинакова, за исключением добычи полезных ископаемых, где индекс устойчивости в Мурманской области оказался существенно выше, чем в Ненецком автономном округе (3,7 по сравнению с 3,25).

Реализация второго этапа дает возможность перейти непосредственно к управлению устойчивостью развития производства в перспективном периоде. Для этого на третьем этапе необходимо разработать имитационную динамическую модель (ИДМ) аналитического типа, в которой можно было бы рассчитывать достижение определенного уровня устойчивости развития для каждого года прогнозируемого периода времени исходя из имеющегося у системы или возможного получения объема инвестиционных ресурсов.

Такие подобные ИДМ разрабатывались нами ранее для предприятий и отраслей производства в регионах, но не для расчета возможного уровня

устойчивости развития, а для целевого прогноза возможных темпов их промышленного развития экономики.

В каждой ИДМ на ее входе должны быть обозначены управляющие параметры, то есть показатели, изменение значений которых при расчетах по модели позволяет всякий раз получать соответствующие результаты на ее выходе. Так как основным финансово-экономическим результатом деятельности предприятий и отраслей производства является получение прибыли, то основой ИДМ аналитического типа должна быть система уравнений, связывающих изменение значений управляющих параметров с расчетом ожидаемой прибыли.

После расчета чистой прибыли и амортизационных отчислений (как основных источников самофинансирования развития) их объем сравнивается с объемом инвестиций в основной капитал, необходимым для достижения задаваемого уровня устойчивости. Такой объем инвестиций определяется исходя из необходимого уровня прироста основных фондов, который рассчитывается на основе разницы фондоотдачи в прогнозируемом и предыдущем году, а также необходимого объема восполнения основных фондов за счет их выбытия из эксплуатации в прогнозируемом году.

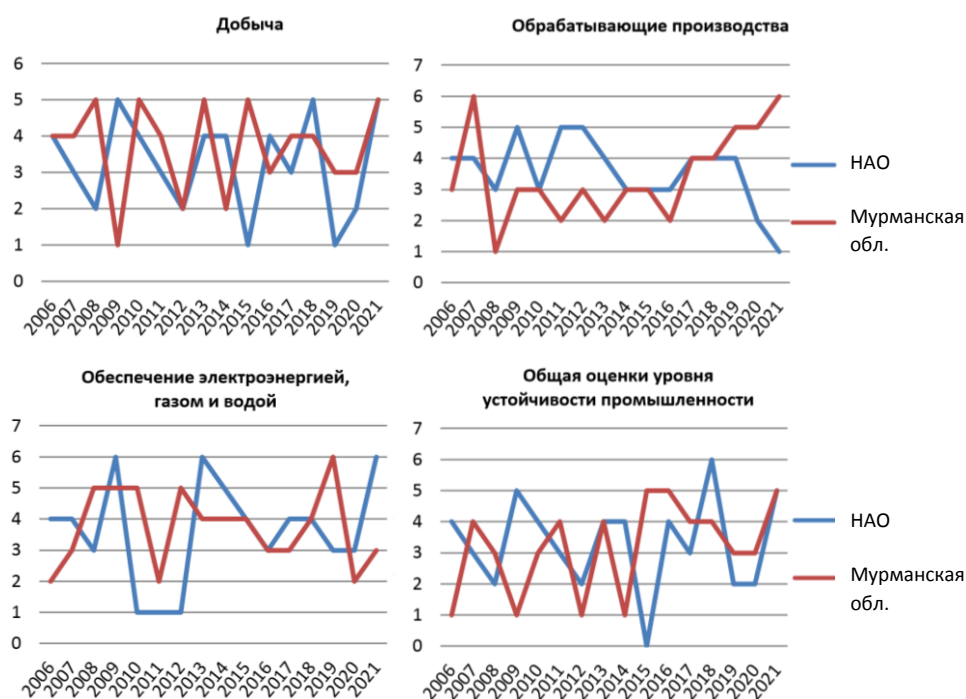


Рис. 3.15. Динамика оценки уровня устойчивости по видам экономической деятельности и промышленности в целом Ненецкого автономного округа и Мурманской области.

Средняя оценка за весь период в НАО и Мурманской обл. соответственно:
 добыча полезных ископаемых — 3,25 и 3,7; обрабатывающее производство —
 3,6 и 3,4; обеспечение электроэнергией, газом и водой — 3,6 и 3,7;
 промышленность в целом — 3,3 и 3,2

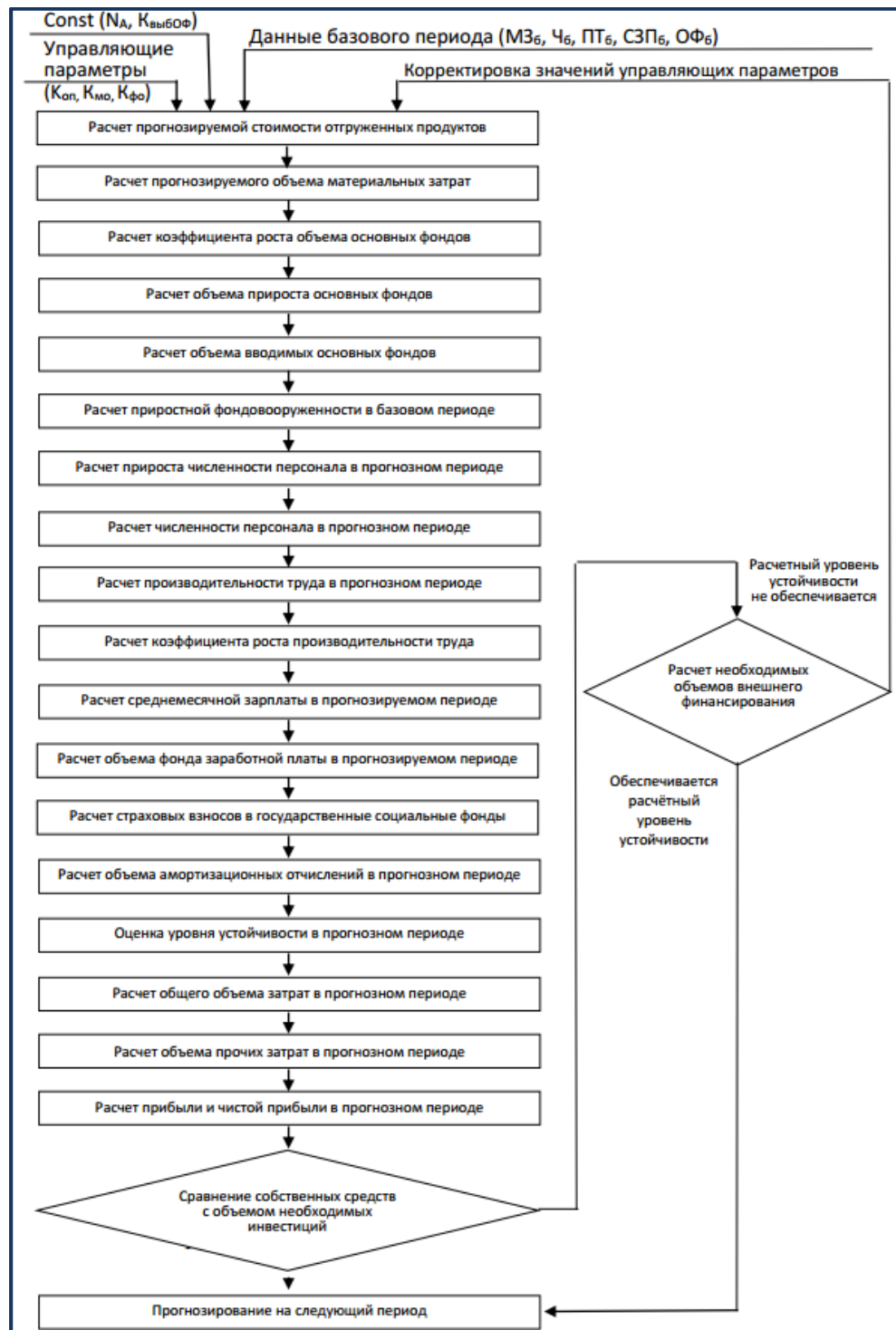
Если при сравнении окажется, что прироста собственных финансовых ресурсов будет достаточно для приобретения дополнительного объема основных фондов, то в этом случае процесс расчета можно повторять при увеличении значений управляющих параметров, прежде всего материалоотдачи и $k_{утп}$ (в зависимости от формируемых сценариев развития), до тех пор, пока сравниваемые величины будут отличаться не более чем на 5 %. В иной ситуации сначала определяется разница между объемами требуемых инвестиций и прироста собственных финансовых ресурсов, она и будет составлять необходимый дополнительный объем финансовых ресурсов.

Далее выявляется возможность финансирования полученной разницы за счет внешних источников, прежде всего кредитов коммерческих банков. Для этого рассчитывается коэффициент финансового левериджа ($K_{фл}$) в прогнозируемом году как отношение заемного капитала к собственному. При этом сначала необходимо определить его значение в предпрогнозируемом году. Для предприятий это легко рассчитывается на основе данных формы № 1 «Бухгалтерский баланс» публичной финансовой бухгалтерской отчетности, однако при прогнозировании развития видов промышленной деятельности необходимо использовать статистический сборник «Промышленность», который формируется в каждом субъекте РФ и публикуется в сети Интернет. В нем приведены данные по финансовой задолженности в виде кредитов и займов, по кредиторской задолженности, то есть по величине заемного капитала. Кроме того, приводится финансовый результат (прибыль-убыток) по видам промышленной деятельности и значения рентабельности активов, что позволяет выполнить расчет объема активов. Так как их объем равен объему пассивов, то при вычитании из активов заемного капитала можно определить объем собственного. Таким образом, прирост необходимого объема дополнительного финансирования будет формировать объем заемного капитала в прогнозируемом году, а прирост чистой прибыли определит величину собственного капитала.

Если в прогнозируемом году $K_{фл}$ окажется больше 1, нарушится финансовая устойчивость, поэтому значения управляющих параметров необходимо снижать и вновь выполнять расчеты по модели до тех пор, пока $K_{фл}$ не снизится до 1.

Основой формирования уравнений, связывающих значения управляющих параметров с расчетом ожидаемой чистой прибыли, является использование предложенного нами ранее метода «конструирования» элементов затрат по их видам, отражаемых в Российских стандартах бухгалтерского учета (РСБУ), то есть материальных затрат (МЗ), амортизационных отчислений (А), заработной платы (ЗП), отчислений от нее в государственные социальные фонды (ОГСФ) и прочих затрат (Пр). Поэтапный расчет значений этих элементов позволяет определить общий объем затрат (З) и соответственно ожидаемую прибыль (П) и чистую прибыль (ЧП), так как объем выручки от реализации продукции определяется значениями управляющих параметров.

Блок-схема расчетов по рассматриваемой ИДМ приведена на рис. 3.16. Процесс начинается с определения используемых в модели значений констант, то есть показателей, которые не изменяются в процессе расчетов.



Далее формируются интервалы значений управляющих параметров от минимального до максимально возможных уровней, при этом желательно, чтобы обеспечивался рост всех трех показателей, определяющих устойчивость развития, то есть МО, ФО и $k_{УТП}$. Однако конкретные интервалы их изменения будут зависеть, во-первых, от их значений в ретроспективном периоде и, во-вторых, от стратегии дальнейшего обеспечения устойчивости развития, определяемой разработкой соответствующих сценариев развития, которые являются основой содержания четвертого этапа.

На четвертом этапе формируются три основных сценария развития промышленного производства в арктических регионах. Первый сценарий инерционный, предполагающий продолжение на будущее тенденций ретроспективного периода в отношении изменения показателей МО, ФО и $k_{УТП}$. Таким образом, их изменение в прогнозируемом периоде времени будет определяться проанализированной на первом этапе динамикой в ретроспективе. При росте либо снижении их значений ранее такая тенденция будет продолжаться в виде темпов прироста (спада) за весь проанализированный период. При циклической динамике в расчет принимается средний темп роста (спада) в последней волне на период второй половины продолжительности этой волны.

Второй сценарий определяется возможным увеличением в регионах объемов природоохранных затрат, в том числе на совершенствование технологии производства. При этом будет обеспечиваться уменьшение объемов отходов в действующем производстве и, следовательно, будет повышаться его МО. Примером такого подхода является реализация ПАО «ГМК «Норильский никель»» так называемого «серного проекта», в соответствии с которым поставлена задача существенного снижения выбросов в атмосферу сернистых газов его структурными подразделениями за счет совершенствования технологии переработки медно-никелевого сырья.

Третий сценарий — самый оптимистический, в отличие от первого — пессимистического, нацелен на существенную модернизацию действующего промышленного производства с внедрением технологических инноваций и организацией новых производств, в том числе для переработки накопленных объемов твердых отходов. По этому сценарию, в отличие от предыдущего, предполагается существенное увеличение значений МО и $k_{УТП}$.

Рис. 3.16. Блок-схема имитационной динамической модели.

Обозначения: N_A — норма амортизационных отчислений; $K_{\text{выб ОФ}}$ — коэффициент выбытия ОФ; $K_{\text{оп}}$ — коэффициент роста (спада) стоимости отгруженной продукции в прогнозируемом году; $K_{\text{МО}}$ и $K_{\text{ФО}}$ — коэффициенты изменения значений материало- и фондоотдачи соответственно в прогнозируемом году; $MЗ_б$, $Ч_б$, $ПТ_б$, $СЗП_б$, $ОФ_б$ — показатели материальных затрат, численности работающих, производительности труда, среднемесячной заработной платы и стоимости ОФ соответственно в базовом году

Необходимо отметить, что реализация этого сценария будет возможна лишь при финансовой поддержке предприятий, предполагающих существенное технологическое обновление производства, арктическими регионами — субъектами РФ и, прежде всего, государством. При этом наиболее широко используемым вариантом такой помощи является частичное снижение налога на прибыль, поступающего в региональный и федеральный бюджеты, при заключении соответствующих специальных инвестиционных контрактов. Может быть использован и более «тонкий» механизм подобной финансовой поддержки в виде предлагаемой нами системы «квазисамофинансирования» инновационной деятельности, суть которой заключается в возврате предприятиям объема налогов на добавленную стоимость и прибыль с той части их увеличения, которая возникает у них в результате существенной технологической модернизации производства и соответствующего снижения его материалоемкости.

Таким образом, показано, что для эффективного управления устойчивым развитием промышленности регионов Арктики нужна алгоритмизация процесса управления. Сформулированы и раскрыты ее четыре основных этапа.

Реализация двух первых этапов предполагает использование разработанной нами ранее методологии экономического анализа технологического обновления производства. Для третьего этапа разработана блок-схема имитационной динамической модели аналитического типа и предложена процедура выполнения расчетов по модели.

Для осуществления четвертого этапа рассмотрены три основных сценария возможного развития промышленности арктических регионов с достижением различного уровня устойчивости:

- 1) пессимистический (инерционный), с повышением эффективности природоохранной деятельности (экологический);
- 2) оптимистический (целевой), при осуществлении модернизации технологии производства.

В дальнейшем по трем сценариям развития предполагается проведение серии расчетов по разрабатываемой имитационной модели. Они должны показать возможное достижение в перспективе соответствующего уровня устойчивости промышленного производства при ограничениях на финансовые ресурсы, в том числе по источникам и объемам их получения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ существующих экономических концепций выявил их ограниченные возможности в интеграции влияния технологических преобразований и циклических процессов на принципы устойчивого развития производственных систем мезо- и микроуровня — отраслевых комплексов и отдельных предприятий. Современные теоретические подходы не позволяют формализовать комплексные целевые критерии, одновременно учитывающие три взаимосвязанных компонента устойчивости — экономические, экологические и социальные аспекты.

В рамках исследования предложена методологическая основа нового направления анализа хозяйственной деятельности — технологического обновления производства (инвестиционно-инновационного анализа). Этот инструментарий направлен на оценку потребности и потенциала модернизации производственных систем в целях повышения их конкурентоспособности и эффективности использования ресурсов. Ключевым элементом методологии выступает системный подход к взаимосвязи инноваций, инвестиций и показателей устойчивости, что позволяет формировать обоснованные управленческие решения.

Выявлена идентичность показателя темпа технического прогресса в моделях экзогенного экономического роста и предложенного коэффициента уровня технологичности производства, который может быть определен на основе данных статистической отчетности. Сформирована матрица возможных направлений и вариантов развития промышленных предприятий и отраслей в зависимости от эффективности используемых экономических ресурсов. На основе матрицы разработана графическая модель жизненного цикла технологического развития промышленных систем, включающего шесть стадий, с определением индикаторов перехода с одной стадии на другую и выбора максимально эффективной стадии.

Рассмотрена процедура выполнения ретроспективного инвестиционно-инновационного анализа. Показана возможность оценки экономического ущерба в виде повышения себестоимости продукции и снижения прибыли предприятия от неэффективного управления. Разработан алгоритм достижения уровня целевых показателей — индикаторов технологического обновления (коэффициента уровня технологичности производства, материало-, фондоотдачи и производительности труда) в процессе прогнозирования и планирования развития, что позволяет повысить эффективность процесса управления технологической модернизацией в условиях цифровизации экономики.

Впервые в мировой науке обоснован новый методологический подход к управлению устойчивым инновационным и эффективным развитием производственных систем различного уровня иерархии управления — технологических процессов, предприятий, отраслей производства, видов

промышленной деятельности. Он основывается на разработанной методологии экономического анализа технологического обновления производства, а его сущность заключается в установлении прямой взаимосвязи между циклическим развитием инновационных технологий производства и устойчивостью развития производственных систем и соответствующем формировании целевых показателей устойчивого инновационно-технологического пути развития.

Сформулированы понятия «технологическая устойчивость» и «устойчивое технологическое развитие», показывающие взаимосвязь ресурсоэффективности (материало- и фондоотдачи, производительности труда) с уровнем новизны применяемой промышленными предприятиями технологии производства продукции и определяющие возможность совмещения экономических, экологических и социальных аспектов устойчивого развития.

Показано, что устойчивое технологическое развитие определяет, с одной стороны, достижение предприятиями границы производственных возможностей, с другой — максимизацию значения материалоотдачи и, следовательно, максимизацию вклада предприятий в ВРП субъекта Федерации и ВВП страны. На основе графической модели жизненного цикла технологического развития определены границы необходимости и возможности перехода предприятий на новую технологию производства, что является основой разработки алгоритма управления устойчивым инновационно-технологическим развитием промышленного производства.

Определено, что в мировой науке и практике проблема количественного измерения уровня устойчивости предприятий до настоящего времени однозначно не решена. Нами предложен новый методологический подход к оценке уровня устойчивости производственных систем различного уровня иерархии управления.

Показана возможность использования показателей — индикаторов устойчивости развития промышленных производств в виде материало-, фондоотдачи и коэффициента уровня технологичности производства для определения уровня устойчивости отдельных энергоресурсно-эффективных технологий, в том числе для использования промышленных отходов.

Обоснован выбор наилучшего варианта технологии, обеспечивающего максимальный уровень устойчивости при ее разработке на стадиях научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, в том числе при изменении состава используемых материальных ресурсов и оборудования и выпуске из отходов нескольких видов продукции.

Показано также, что повышение уровня устойчивости развития ресурсоэнергоёмких промышленных объектов непосредственно определяется снижением материалоемкости производства и связано с циклическостью их технологического развития.

Обоснована необходимость дополнительного государственного стимулирования деятельности предприятий, использующих технологии переработки промышленных отходов, в виде возврата им прироста налога на добавленную стоимость и налога на прибыль, возникающих вследствие

снижения уровня материалоемкости производства и соответствующего повышения объемов добавленной стоимости и прибыли (квазисамофинансирование).

На основе ранее созданной графической модели жизненного цикла технологического развития и системы индикаторов устойчивости предложен метод балльной оценки уровня устойчивости производственных систем разного масштаба и иерархии — от технологических процессов до отраслевых комплексов. Введенный комплексный показатель устойчивости обеспечивает возможность сравнительного анализа состояния систем в разные временные периоды и между собой. Практическая апробация метода проведена на данных крупных промышленных объектов Арктической зоны РФ за 12 лет, а также на примере промышленных секторов девяти российских регионов, входящих в состав Арктической зоны. Расчеты выявили критически низкие значения устойчивости подавляющего большинства исследуемых объектов.

Показано, что для повышения уровня устойчивости рассмотренных производственных систем в перспективе органам власти арктических регионов, а также руководителям промышленных предприятий особое внимание нужно обратить на ускорение совершенствования применяемых технологий производства и внедрение новых технологических разработок, в том числе за счет стимулирования сферы НИОКР. При разработке технологий и их использовании в производственных процессах необходимо обеспечивать повышение уровня материалоотдачи по сравнению с уже достигнутым максимальным ее уровнем.

Определено, что технологическое развитие производственных предприятий, оказывающее основное влияние на уровень устойчивости, имеет циклический характер, поэтому в дальнейших исследованиях авторы намереваются рассмотреть влияние этого фактора при обосновании перспектив повышения уровня устойчивости конкретных промышленных систем — промышленных предприятий и промышленного производства в регионах АЗРФ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Alsayegh, M. F.* Corporate Economic, Environmental, and Social Sustainability Performance Transformation through ESG Disclosure / M. F. Alsayegh, R. Abdul Rahman, S. Homayoun // Sustainability. 2020. Vol. 12 (9). P 3910. DOI:10.3390/su12093910.
2. *Taliento, M.* Impact of Environmental, Social, and Governance Information on Economic Performance: Evidence of a Corporate ‘Sustainability Advantage’ from Europe / M. Taliento, C. Favino, A. Netti // Sustainability. 2019. Vol. 11 (6). P 1738. DOI:10.3390/su11061738.
3. *Hummel, K.* The relationship between sustainability performance and sustainability disclosure — Reconciling voluntary disclosure theory and legitimacy theory / K. Hummel, C. Schlick // J. Accounting and Public Policy. 2016. Vol. 35. P. 455–476. DOI:10.1016/j.jaccpubpol.2016.06.001.
4. *Глушакова, О. В.* Институционализация ESG-принципов на международном уровне и в Российской Федерации, их влияние на деятельность предприятий черной металлургии [сообщение 1] / О. В. Глушакова, О. П. Черникова // Известия вузов. Черная металлургия. 2023. № 66 (2). С. 253–264. DOI:10.17073/0368-0797-2023-2-253-264.
5. *León-Soriano, R.* Methodology for sustainability strategic planning and management / R. León-Soriano, M. Jesús Muñoz-Torres, R. Chalmeta-Rosaleñ // Industrial management & data systems. 2010. Vol. 110 (2). P. 249–68. DOI:10.1108/02635571011020331.
6. *Hristov, I.* Sustainability value creation, survival, and growth of the company: A critical perspective in the Sustainability Balanced Scorecard (SBSC) / I. Hristov, A. Chirico, A. Appolloni // Sustainability. 2019. Vol. 11 (7). P. 2119. DOI:10.3390/su11072119.
7. World Commission on Environment and Development (WCED). Our Common Future. New York : Oxford University Press, 1987. 400 p.
8. *Elkington, J.* Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business / J. Elkington, I. H. Rowlands // Alternatives J. 1999. Vol. 25, No. 4. P. 42.
9. *Pazienza, M.* Why Corporate Sustainability Is Not Yet Measured / M. Pazienza, M. Jong de, D. Schoenmaker // Sustainability. 2023. No. 15. P. 6275. DOI:10.3390/su15076275
10. *Kates R. W.* What is sustainable development? Goals, indicators, values, and practice / R. W. Kates, T. M. Parris, A. A. Leiserowitz // Environ. Sci. Policy Sustain. Dev. 2005. No. 47. P. 8–21. DOI:10.1080/00139157.2005.10524444.
11. *Strange, T.* Sustainable development: Linking economy, society, environment / T. Strange, A. Bayley. Paris : OECD Insights, 2008.

12. *Kuhlman, T.* What is Sustainability? / T. Kuhlman, J. Farrington // *Sustainability*. 2010. Vol. 2. P. 3436–3448. DOI:10.3390/su2113436.
13. *Meshalkin, V. P.* Strategy of Chemical Supply Chain Management and Sustainable Development / V. P. Meshalkin, V. G. Dovi³, A. Marsanich. Moscow : Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, 2003. 542 p.
14. *Kocmanová, A.* Determination of environmental, social and corporate governance indicators: Framework in the measurement of sustainable performance / A. Kocmanová, I. Šimberová // *J. Business Economics and Management*. 2014. No. 15. P. 1017–1033. DOI:10.3846/16111699.2013.791637.
15. *Dočekalová, M. P.* Composite indicator for measuring corporate sustainability / M. P. Dočekalová, A. Kocmanová // *Ecological Indicators*. 2016. No. 61. P. 612–623. DOI:10.1016/j.ecolind.2015.10.012.
16. *Nikolaou, I. E.* A framework to measure corporate sustainability performance: A strong sustainability-based view of firm / I. E. Nikolaou, T. A. Tsalis, K. I. Evangelinos // *Sustainable Production and Consumption*. 2019. No. 18. P. 1–18. DOI:10.1016/j.spc.2018.10.004.
17. *Journeault, M.* The Integrated Scorecard in support of corporate sustainability strategies / M. Journeault // *J. Environmental Management*. 2016. No. 182. P. 214–229. DOI:10.1016/j.jenvman.2016.07.074.
18. *Christofi, A.* Corporate sustainability: Historical development and reporting practices / A. Christofi, P. Christofi, S. Sisaye // *Management Research Review*. 2012. No. 35. P. 157–172. DOI:10.1108/01409171211195170.
19. Measurement of corporate social responsibility: A review of corporate sustainability indexes, rankings and ratings / B. Diez-Cañamero [et al.] // *Sustainability*. 2020. Vol. 12. P. 2153. DOI:10.3390/su12052153.
20. *Bamford, D.* Evaluation of corporate sustainability / D. Bamford, J.-B. Yang, P. Sureeyatanapas // *Frontiers of Engineering Management*. 2014. No. 1. P. 176–194. DOI:10.15302/J-FEM-2014025.
21. *Büyükožkan, G.* Sustainability performance evaluation: Literature review and future directions / G. Büyükožkan, Y. Karabulut // *J. Environmental Management*. 2018. No. 217. P. 253–267. DOI:10.1016/j.jenvman.2018.03.064.
22. *Kaplan, R. S.* The Balanced Scorecard — Translating Strategies into Action / R. S. Kaplan, D. P. Norton. Boston : Harvard Business Review Press, 1996. 322 p.
23. The sustainability balanced scorecard-linking sustainability management to business strategy / F. Figge, T. Hahn, S. Schaltegger, M. Wagner // *Business Strategy and the Environment*. 2002. No. 11. P. 269–284. DOI:10.1002/bse.339.
24. *Chalmeta, R.* Methodological proposal for business sustainability management by means of the Balanced Scorecard / R. Chalmeta, S. Palomero // *J. Operational Research Society*. 2011. Vol. 62 (7). P. 134–456. DOI:10.1057/jors.2010.69.
25. *Schaltegger, S.* Sustainability as a driver for corporate economic success. Consequences for the development of sustainability management control. Society and Economy. In Central and Eastern Europe / S. Schaltegger // *J. Corvinus University of Budapest*. 2011. Vol. 33 (1). P. 15–28. DOI:10.1556/SocEc.33.2011.1.4.

26. *Chowdhury, P.* Applications of MCDM methods in research on corporate sustainability: A systematic literature review / P. Chowdhury, S. K. Paul // *Management of Environmental Quality an International J.* 2020. No. 31. P. 385–405. DOI:10.1108/MEQ-12-2019-0284.
27. *Rao, S.-H.* A hybrid MCDM model based on DEMATEL and ANP for improving the measurement of corporate sustainability indicators: A study of Taiwan High Speed Rail / S.-H. Rao // *Research in Transportation Business & Management.* 2021. No. 41. P. 100657. DOI:10.1016/j.rtbm.2021.100657.
28. *Virtanen, T.* Energy efficiency complexities: A technical and managerial investigation / T. Virtanen, M. Tuomaala, E. Pentti // *Management Accounting Research.* 2013. Vol. 24 (4). P. 401–416. DOI:10.1016/j.mar.2013.06.002.
29. *Pencle, N.* Motivating Corporate Sustainability Research in Management Accounting Through the Lens of Paradox Theory / N. Pencle // *Accounting Perspectives.* 2022. No. 21. P. 663–696. DOI:10.1111/1911-3838.12314.
30. *Bendig, D.* The green manufacturing framework — a systematic literature review / D. Bendig, L. Kleine-Stegemann, K. Gisa // *Cleaner Engineering and Technology.* 2023. Vol. 13. DOI:10.1016/j.clet.2023.100613.
31. *Bhatt, Y.* Sustainable manufacturing. Bibliometrics and content analysis / Y. Bhatt, K. Ghuman, A. Dhir // *J. Cleaner Production.* 2020. Vol. 260 (7). P. 120988. DOI:10.1016/j.jclepro.2020.120988.
32. *Toward a holistic understanding of sustainability in corporations: resource-based view of sustainable supply chain management / Arda Ozlem Ayaz [et al.] // Supply Chain Management: An International J.* 2021. Vol. 28 (2). P. 193–208. DOI:10.1108/SCM-08-2021-0385.
33. *Taghavi, N.* Sustainable Development of Operations: Actors' Involvement in the Process of Energy Efficiency Improvements / Naghmeh Taghavi // *Sustainability.* 2021. Vol.13 (11). P. 6121. DOI:10.3390/su13116121.
34. *Circular economy to ensure production operational sustainability: A green-lean approach / Ming K. Lim, Ming Lai, Chao Wang, Sir Yee Lee // Sustainable Production and Consumption.* 2022. No. 30. P. 130–144. DOI:10.1016/j.spc.2021.12.001.
35. *Wiegand, T.* Sustainability, the Circular Economy and Digitalisation in the German Textile and Clothing Industry / T. Wiegand, M. Wynn // *Sustainability.* 2023. Vol. 15 (11). P. 9111. DOI:10.3390/su15119111.
36. *Wynn, M.* Digital Technology Deployment and the Circular Economy / M. Wynn, P. Jones // *Sustainability.* 2022. Vol. 14 (15). P. 9077. DOI:10.3390/su14159077.
37. *AlMashaqbeh, S.* Risk Analysis under a Circular Economy Context Using a Systems Thinking Approach / S. AlMashaqbeh, J. E. Munive-Hernandez // *Sustainability.* 2023. Vol. 15 (5). P. 4141. DOI:10.3390/su15054141.
38. *Ross, S. A.* *Fundamentals of Corporate Finance* / S. A. Ross, R. W. Westerfield, B. D. Jordan. McGraw-Hill/Irwin, 2008. 753 p.
39. *Damodaran, A.* *Corporate Finance. Theory and Practice* / A. Damodaran. John Wiley & Sons, 2001. 108 p.

40. *Copeland, T. Financial Theory and Corporate Finance / T. Copeland, F. Weston, K. Shastri. Addison Wesley, 2004. 100 p.*
41. *Corporate Sustainability Reporting and Financial Performance / I. Oncioiu [et al.] // Sustainability. 2020. Vol. 12. P. 4297. DOI:10.3390/su12104297.*
42. *Алексеев, П. В. Теория познания и диалектика / П. В. Алексеев, А. В. Панин. Москва : Высш. шк., 1991. 383 с.*
43. *Перегудов, Ф. И. Введение в системный анализ / Ф. И. Перегудов, Ф. П. Тарасенко. Москва : Высш. шк., 1989. 367 с.*
44. *Берталанфи фон, Л. Общая теория систем — обзор проблем и результатов / Л. фон Берталанфи // Системные исследования : ежегодник. Москва : Наука, 1969. С. 30–54.*
45. *Айламазян, А. К. Информатика и теория развития / А. К. Айламазян, Е. В. Стась. Москва : Наука, 1989. – 174 с.*
46. *Добкин, В. М. Системный анализ в управлении / В. М. Добкин. Москва : Химия, 1984. 224 с.*
47. *Дружинин, В. В. Системотехника / В. В. Дружинин, Д. С. Канторов. Москва : Радио и связь, 1985. 200 с.*
48. *Кучин, Б. Л. Управление развитием экономических систем: технический прогресс, устойчивость / Б. Л. Кучин, Е. В. Якушева. Москва : Экономика, 1990. 157 с.*
49. *Николаев, В. И. Системотехника: методы и приложения / В. И. Николаев, В. М. Брук. Ленинград : Машиностроение, 1985. 199 с.*
50. *Кожурин, Ф. Д. Процесс управления: (Системное исследование и разработка на примере региона) / Ф. Д. Кожурин. Москва : Мысль, 1988. 239 с.*
51. *Основы теории оптимального управления / В. Ф. Кротов [и др.]. Москва : Высш. шк., 1990. 430 с.*
52. *Разуваев, А. П. Моделирование в управлении финансами объединений / А. П. Разуваев. Москва : Финансы и статистика, 1984. 111 с.*
53. *Теория управления // Терминология. Вып. 107. Москва : Наука, 1988. 56 с.*
54. *Кондратьев, Н. Д. Основные проблемы экономической статики и динамики: Предварительный эскиз / Н. Д. Кондратьев. Москва : Наука, 1991. 567 с.*
55. *Глазьев, С. Ю. Экономическая теория экономического развития / С. Ю. Глазьев. Москва : Наука, 1990. 232 с.*
56. *Perez, C. Technological Revolutions and Financial Capital: The Dynamics of Bubbles and Golden Ages / C. Perez. London : Elgar, 2002. 198 p.*
57. *Пригожин, И. Порядок из хаоса : перевод с английского / И. Пригожин, И. Стенгерс. Москва : Прогресс, 1986. 432 с.*
58. *Эйген, М. Самоорганизация материи и эволюция биологических макромолекул / М. Эйген. Москва : Мир, 1973. 216 с.*
59. *Занг, В.-Б. Синергетическая экономика. Время и перемены в нелинейной экономической теории : перевод с английского / В.-Б. Занг. Москва : Мир, 1999. 335 с.*
60. *Хакен, Г. Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах : перевод с английского / Г. Хакен. Москва : Мир, 1985. 419 с.*

61. *Барро, Р. Экономический рост* / Р. Барро, Х. Сала-и-Мартин. Москва : Бином. Лаборатория знаний, 2010. 824 с.
62. *Шараев, Ю. В. Теория экономического роста* / Ю. В. Шараев. Москва : ГУ ВШЭ, 2006. 254 с.
63. *Шумпетер, Й. Теория экономического развития: исследование предпринимательской прибыли, капитала, кредита, процента и цикла конъюнктуры* / Й. Шумпетер. Москва : Прогресс, 1982. 455 с.
64. *Romer, P. M. Increasing Returns and Long-Run Growth* / P. M. Romer // J. Political Economy. 1986. Vol. 94, No. 5. P. 1002–1037. DOI:10.1086/261420.
65. *Lucas, R. On the Mechanics of Economic Development* / R. Lucas // J. Monetary Economics. 1988. Vol. 22, No. 1. P. 3–42.
66. *Rebelo, S. Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth* / S. Rebelo // J. Political Economy. 1991. Vol. 99, No. 3. P. 500–521.
67. *Romer, P. M. Endogenous Technical Change* / P. M. Romer // J. Political Economy. 1990. Vol. 98, No. 5. P. 71–102.
68. *Aghion, P. A Model of Growth through Creative Destruction* / P. Aghion, P. Howitt // Econometrica. 1992. Vol. 60. P. 323–351.
69. *Grossman, G. Innovation and Growth in the Global Economy* / G. Grossman, E. Helpman. Cambridge, MA : MIT Press, 1991. 376 p.
70. *Сэндлер, Т. Экономические концепции для общественных наук : перевод с английского* / Т. Сэндлер. Москва : Весь Мир, 2006. 376 с.
71. *Dopfer, K. The Pillars of Schumpeter's Economics: micro, meso, macro* / K. Dopfer // Elgar Companion to Neo-Schumpeterian Economics / H. Hanusch, A. Pyka. Edward Elgar Publishing Ltd, 2003. P. 65–77.
72. *Lee, S. M. Innovation for creating a smart future* / S. M. Lee, S. Trimi // J. Innovation & Knowledge. 2016. Vol. 3 (1). P. 1–10. DOI:10.1016/j.jik.2016.11.001.
73. *The Influence of Management Innovation and Technological Innovation on Organization Performance. A Mediating Role of Sustainability* / Y. Zhang, U. Khan, S. Lee, M. Sali // Sustainability. 2019. Vol. 11 (2). No. 495. DOI:10.3390/su11020495.
74. *Schumpeter, J. Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of Capitalist Process* / J. Schumpeter. New York : McGraw-Hill, 1939. 1095 p.
75. *Foster, R. Innovation: The Attacker's Advantage* / R. Foster. New York : Summit Books, 1986. 316 p.
76. *Sahal, D. Patterns of Technological Innovation* / D. Sahal // Addison-Wesley Publishing Company, Advanced Book Program. World Science Division, 1981. 381 p.
77. *Twiss, B. Management of Technological Innovation* / B. Twiss. Longman, 1986. 238 p.
78. *Dosi, G. Technical change and industrial transformation* / G. Dosi. London : Macmillan, 1984. 338 p.
79. *Dziallas, M. Innovation indicators throughout the innovation process: An extensive literature analysis* / M. Dziallas, K. Blind // Technovation. 2018. Vol. 80–81. P. 3–29.

80. Towards Life Cycle Sustainability Assessment / M. Finkbeiner, E. M. Schau, A. Lehmann, M. Traverso // Sustainability. 2010 Vol. 2. P. 3309–3322. DOI:10.3390/su2103309.
81. O'Brian, M. Social and Environmental Life Cycle Assessment (SELCA) / M. O'Brian, A. Doig, R. Clift // The International J. Life Cycle Assessment. 1996. Vol. 1. P. 231–237. DOI:10.1007/BF02978703.
82. Khan, F. I. Effective environmental management through life cycle assessment / F. I. Khan, V. Raveender, T. Husain // J. Loss Prevention in the Process Industries. 2002. No. 15. P. 455–466. DOI:10.1016/S0950-4230(02)00051-7.
83. Kloepffer, W. Life Cycle Sustainability Assessment of Products / W. Kloepffer // The International J. Life Cycle Assessment. 2008. Vol. 13. P. 89–95. DOI:10.1065/lca2008.02.376.
84. Khan, F. I. GreenPro-I: A risk-based life cycle assessment and decision-making methodology for process plant design / F. I. Khan, R. Sadiq, T. Husain // Environmental Modelling & Software. 2002. Vol. 17. P. 669–691. DOI:10.1016/S1364-8152(02)00028-2.
85. Khan, F. I. Life cycle index (LInX): a new indexing procedure for process, and product design and decision-making / F. I. Khan, R. Sadiq, B. Veitch // J. Cleaner Production. 2004. No. 12. P. 59–76. DOI:10.1016/S0959-6526(02)00194-4.
86. Becker, R. H. Putting the S-Curve Concept to Work / R. H. Becker, L. M. Speltz // Research Management. 1983. Vol. 26 (5). P. 31–33. DOI:10.1080/00345334.1983.11756796.
87. Christensen, C. M. The innovator's challenge: Understanding the influence of market environment on processes of technology development in the rigid disk drive industry / C. M. Christensen. 1993. 1 p.
88. Christensen, C. M. Exploring the Limits of the Technology S-Curve. Part II: Architectural Technologies / C. M. Christensen // Production and Operations Management. 2009. Vol. 1 (4). P. 358–366. DOI:10.1111/j.1937-5956.1992.tb00002.x.
89. Moretti, F. Inbound open innovation and firm performance / F. Moretti, D. Biancardi // J. Innov. Knowl. 2020. Vol. 5 (1). P. 1–19. DOI: 10.1111/j.1937-5956.1992.tb00002.x.
90. Exploring the impact of open innovation on firm performances / M. Caputo, E. Lamberti, A. Cammarano, F. Michelino // Management Decision. 2016. Vol. 54 (7). P. 1788–1812. DOI:10.1108/md-02-2015-0052.
91. Liao, S. Investigating open innovation strategies and firm performance: the moderating role of technological capability and market information management capability / S. Liao, L. Fu, Z. Liu // J. Business and Industrial Marketing. 2020. Vol. 35 (1). P. 23–39. DOI:10.1108/JBIM-01-2018-0051.
92. Chesbrough, H. W. The era of open innovation / H. W. Chesbrough // MIT Sloan Management Review. 2003. Vol. 44, No. 3. P. 35–41.
93. Chesbrough, H. Open innovation: the new imperative for creating and profiting from technology / H. W. Chesbrough. Boston, MA : Harvard Business Press, 2003. 227 p.

94. *Chesbrough, H. W.* Open Innovation: Researching a New Paradigm / H. W. Chesbrough, W. Vanhaverbeke, J. West. Oxford : Oxford University Press, 2006. 400 p.
95. *Mazzola, E.* The effect of inbound, outbound and coupled innovation on performance World Scientific / E. Mazzola, M. Bruccoleri, G. Perrone // International J. Innovation Management. 2012. Vol. 16, No. 6. P. 1240008. DOI:10.1142/S1363919612400087.
96. *Huizingh, E. K.* Open innovation: state of the art and future perspectives / E. K. Huizingh // Technovation. 2011. Vol. 31 (1). P. 2–9. DOI:10.1016/j.technovation.2010.10.002.
97. *Lazzarotti, V.* Different models of open innovation: a theoretical framework and an empirical study / V. Lazzarotti, R. Manzini // International J. Innovation Management. 2009. Vol. 13, No. 4. P. 615–636. DOI:10.1142/S1363919609002443.
98. The influence of open innovation on firm performance / B. Bigliardi, G. Ferraro, S. Filippelli, F. Galati // International J. Innovation Management. 2020. Vol. 12. No. 1. P. 1–14. DOI:10.1177/1847979020969545.
99. External knowledge and information technology: implications for process innovation performance / K. Trantopoulos [et al.] // MIS Quarterly: Management Information Systems. 2017. Vol. 41 (1). P. 287–300. DOI:10.25300/MISQ/2017/41.1.15.
100. Open innovation and intellectual property: a knowledge-based approach / A. Cammarano [et al.] // Management Decision. 2017. Vol. 55, No. 6. P. 1182–1208. DOI:10.1108/MD-03-2016-0203.
101. *Conte, A.* Succeeding in innovation: key insights on the role of R&D and technological acquisition drawn from company data / A. Conte, M. Vivarelli // Empirical Economics. 2014. Vol. 47, No. 4. P. 1317–1340. DOI:10.1007/s00181-013-0779-1.
102. *Popa, S.* Antecedents, moderators, and outcomes of innovation climate and open innovation: an empirical study in SMEs / S. Popa, P. Soto-Acosta, I. Martinez-Conesa // Technological Forecasting and Social Change. 2017. Vol. 118. P. 134–142. DOI:10.1016/j.techfore.2017.02.014.
103. *Odriozola-Fernández, I.* Open innovation in small and medium enterprises: a bibliometric analysis / I. Odriozola-Fernández, J. Berbegal-Mirabent, J. M. Merigó Lindahl // J. Organizational Change. 2019. Vol. 32 (2). P. 533–557. DOI:10.1108/JOCM-12-2017-0491.
104. Global Material Flows and Resource Productivity: Forty Years of Evidence / H. Schandl [et al.] // J. Industrial Ecology. 2018. Vol. 22 (4). P. 827–838. DOI:10.1111/jiec.12626.
105. *Bringezu S.* Possible target corridor for sustainable use of global material resources / S. Bringezu // Resources. 2015. Vol. 4 (1). P. 25–54. DOI:10.3390/resources4010025.
106. *Weiszäcker, E.* Ayres Boosting resource productivity: Creating ping-pong dynamics between resource productivity and resource prices / E. Weiszäcker, U. Robert // Environmental Innovation and Societal Transitions. 2013. Vol. 9. P. 48–55. DOI:10.1016/j.eist.2013.09.001.
107. *Bleischwitz, R.* Towards a resource policy — unleashing productivity dynamics and balancing international distortions / R. Bleischwitz // Mineral Economics. 2011. Vol. 24 (2–3). P. 135–144. DOI:10.1007/s13563-011-0014-5.

108. Eurostat. Resource productivity statistics. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Resource_productivity_statistics (accessed 22.03.2019).
109. Toward a systematized framework for resource efficiency indicators / S. Huysman [et al.] // *Resources Conservation and Recycling*. 2015. Vol. 95. P. 68–76. DOI:10.1016/j.resconrec.2014.10.014.
110. *Bringezu, S.* Multi-scale governance of sustainable natural resource use — challenges and opportunities for monitoring and institutional development at the national and global level / S. Bringezu [et al.] // *Sustainability*. 2016. Vol. 8 (8). P. 778. DOI:10.3390/su8080778.
111. UNEP. Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth. A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel, 2011a. URL: https://www.researchgate.net/publication/289204141_United_Nations_Environment_Programme_2011_Decoupling_natural_resources_use_and_environmental_impacts_from_economic_growth (accessed 22.03.2019).
112. How Circular is the Global Economy?: An Assessment of Material Flows, Waste Production, and Recycling in the European Union and the World in 2005 / W. Haas [et al.] // *J. Industrial Ecology*. 2015. Vol. 19 (5). P. 765–777. DOI:10.1111/jiec.12244.
113. *Zhang, C.* Measuring material efficiency: A review of the historical evolution of indicators, methodologies and findings / C. Zhang, W-Q. Chen, M. Ruth // *Resources, Conservation and Recycling*. 2018. Vol. 132. P. 79–92. DOI:10.1016/j.resconrec.2018.01.02.
114. Methodology and Indicators of Economy-wide Material Flow Accounting. State of the Art and Reliability Across Sources / M. Fischer-Kowalski [et al.] // *J. Industrial Ecology*. 2011. Vol. 15(6). P. 855-876. DOI:10.1111/j.1530-9290.2011.00366.x.
115. *Miller, M. H.* Leverage / M. H. Miller // *J. Finance*. 1991. ACCA Longman Group UK Ltd, 1991. 352 p.
116. *Brealey, R. A.* Principles of Corporate Finance / R. A. Brealey, S. C. Myers. 4-th ed. McGraw Hill, Inc., 1991. 924 p.
117. *Dixon, R.* Financial Management / R. Dixon. 2-nd ed. ACCA Longman Group UK Ltd, 1991. 352 p.
118. *Ross, S. A.* Fundamentals of Corporate Finance / S. A. Ross, R. W. Westerfield, B. D. Jordan. Richard D. Irwin, Inc., 1991. 826 p.
119. *Brigham, E. F.* Intermediate Financial Management / E. F. Brigham, L. C. Gapenski. 4-th ed. The Dryden Press, 1993. 1122 p.
120. Жулина, Е. Г. Анализ финансовой отчетности / Е. Г. Жулина, Н. А. Иванова. Москва : Дашков и Ко, 2013. 272 с.
121. Домбровская Е. Н. Бухгалтерская (финансовая) отчетность / Е. Н. Домбровская. Москва : ИНФРА-М, 2013. 288 с.
122. Виленский, П. Л. Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика / П. Л. Виленский, В. Н. Лившиц, С. А. Смоляк. Москва : Дело, 2002. 888 с.

123. *Ковалев, В. В.* Методы оценки инвестиционных проектов / В. В. Ковалев. Москва : Финансы и статистика, 2002. 144 с.
124. *Sharpe, W. F.* Investments / W. F. Sharpe, G. J. Alexander. 4-th ed. Prentice-Hall International, Inc., 1990. 833 p.
125. *Андреев, В. А.* Интенсификация общественного производства в свете институциональной теории / В. А. Андреев, К. В. Павлов // Общество и экономика. 2006. № 6. С. 152–162.
126. *Павлов, К. В.* Инвестиции и инновации интенсивного и экстенсивного типа: макроэкономический подход / К. В. Павлов // Теория и практика общественного развития. 2009. № 1. С. 189–196.
127. *Павлов, К. В.* Анализ и использование инвестиций и инноваций интенсивного и экстенсивного типа в России / К. В. Павлов // Вестник Института экономических исследований. 2016. № 3. С. 5–13.
128. *Жаров, В. С.* Система оценочных показателей для управления инновационно-технологическим развитием предприятий, отраслей, регионов / В. С. Жаров // Инновационные кластеры в цифровой экономике: теория и практика : труды науч.-практ. конф. с междунар. участием 17–22 мая 2017 г. / под редакцией д-ра экон. наук, проф. А. В. Бабкина. Санкт-Петербург : Изд-во Политехн. ун-та, 2017. С. 468–480.
129. *Жаров, В. С.* Тенденции и перспективы инновационного промышленного развития регионов Севера и Арктики / В. С. Жаров // Тенденции развития экономики и промышленности в условиях цифровизации : монография / под редакцией д-ра экон. наук, проф. А. В. Бабкина. Санкт-Петербург : Изд-во Политех. ун-та, 2017. С. 374–397.
130. *Кардашевский, В. В.* Важнейшая задача модернизации экономики России — повышение производительности труда / В. В. Кардашевский // Охрана и экономика труда. 2014. № 2 (15). С. 74–83. DOI:10.12737/3483.
131. *Сухарев, О. С.* Производительность труда в промышленности: системная задача управления / О. С. Сухарев, Е. Н. Стрижакова // Экономика и предпринимательство. 2014. № 8 (49). С. 389–402.
132. *Драницина, О. В.* Анализ причин низкого уровня производительности труда в России / О. В. Драницина, Е. В. Морозова // Академический вестник. 2013. № 3 (25). С. 168–174.
133. *Жаров, В. С.* Влияние технологических инноваций на рост производительности труда / В. С. Жаров // Промышленная политика в цифровой экономике: проблемы и перспективы (Санкт-Петербург, 16–17 ноября 2017 г.) : труды науч.-практ. конф. с междунар. участием / под редакцией д-ра экон. наук, проф. А. В. Бабкина. Санкт-Петербург : Изд-во Политех. ун-та, 2017. С. 101–108.
134. *Bierman, H.* The Capital Budgeting Decision. Economic Analysis of Investment Projects / H. Bierman, S. Smidt. 7th ed. New York : Macmillan Publishing Company, Colier Macmillan Publishers, 1988. 420 p.
135. *Каплан, Р.* Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию : перевод с английского / Р. Каплан, Д. Нортон. 2-е изд., испр. и доп. Москва : Олимп-Бизнес, 2013. 314 с.

136. *Жаров, В. С.* Оценка эффективности управления инновационно-технологическим развитием промышленных предприятий и отраслей / В. С. Жаров // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2017. № 3 (54). С. 68–77.
137. *Barro, R.* Economic Growth / R. Barro, X. Sala-i-Martin. New York : McGraw-Hill, 1995. 539 p.
138. *Яковец Ю. В.* Ускорение научно-технического прогресса: теория и экономический механизм / Ю. В. Яковец. Москва : Экономика, 1988. 335 с.
139. Управление научно-техническим прогрессом / под редакцией И. И. Сигова и А. Е. Когута. Ленинград : Наука, 1989. 245 с.
140. *Анчишкин, А. И.* Наука — техника — экономика / А. И. Анчишкин. Москва : Экономика, 1986. 384 с.
141. *Zharov, V. S.* Digitalization of the technological development management process of the Russian economy / V. S. Zharov // 1st International Scientific Conference “Modern Management Trends and the Digital Economy: from Regional Development to Global Economic Growth” (MTDE 2019) / Published by Atlantis Press. Advances in Economics, Business and Management Research. 2019. Vol. 81. P. 273–276. DOI:10.2991/MTDE-19.2019.52.
142. *Zharov, V.* Methodological foundations of managing innovation-effective development of industrial production of the Arctic / V. Zharov // 4th International Scientific Conference “Arctic: History and Modernity”. IOP Publishing. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 302. P. 012132. DOI:10.1088/1755-1315/302/1/012132.
143. *Zharov, V. S.* Special features of digitalization of technological development management of production enterprises / V. S. Zharov // 1st International Scientific and Practical Conference on Digital Economy (ISCDE 2019). Published by Atlantis Press. Advances in Economics, Business and Management Research. 2019. Vol. 105. P. 236–239. DOI:10.2991/iscde-19.2019.45.
144. *Zharov, V. S.* Management of Technological Development of Enterprises on the Basis of a Life Cycle Model / V. S. Zharov, A. V. Kozlov // Proceedings of the 2018 IEEE International Conference “Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies” (IT&QM&IS). 2018. P. 181–184. DOI:10.1109/ITMQIS.2018.8525109.
145. *Zharov, V.* Targeting innovation activities of arctic enterprises in developing mineral and energy resources / V. Zharov, N. Zharov // 4th International Scientific Conference “Arctic: History and Modernity”. IOP Publishing. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 302. P. 012131. DOI:10.1088/1755-1315/302/1/012131.
146. *Zharov, V.* Predictive analytical support to business process management improvement of production technology // Proceedings of the 33rd International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2019: Education Excellence and Innovation Management through Vision 2020 / V. Zharov, A. Kozlov. International Business Information Management Association, IBIMA, 2019. P. 8768–8773.

147. *Жаров, В. С.* Использование инвестиционно-инновационного леввериджа для оценки направлений технологического развития промышленного производства / В. С. Жаров // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2018. Т. 11, № 1. С. 177–187. DOI:10.18721/JE.11116.
148. *Жаров, В. С.* Взаимосвязь технологического и экономического развития производственных систем / В. С. Жаров // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2018. Т. 11, № 3. С. 32–44. DOI:10.18721/JE.11303.
149. *Жаров, В. С.* Инвестиционно-инновационный анализ деятельности производственных систем / В. С. Жаров // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2018. Т. 11, № 6. С. 142–152. DOI:10.18721/JE.11612.
150. *Zharov, V. S.* 'Quasi Self-financing' Innovative Activity of Enterprises as an Element of the System of State-Private Partnership / V. S. Zharov, N. V. Zharov // Proceedings of the 2018 International Conference “Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies”, IT and QM and IS 2018. St. Petersburg : Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2018. P. 188–190. DOI:10.1109/ITMQIS.2018.8525073.
151. *Жаров, В. С.* Эффект инновационного налогового рычага и «квзисамофинансирование» инновационной деятельности промышленных предприятий / В. С. Жаров // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2017. Т. 10, № 5. С. 104–113. DOI:10.18721/JE.10509.
152. *Zharov, V. S.* Problems of management of innovative development of industry in the regions of the Far North / V. S. Zharov, N. V. Zharov // Proceedings of 2018 11th International Conference “Management of Large-Scale System Development”, MLSD 2018 / V. A. Trapeznikov ; Institute of Control Sciences. Moscow, 2018. P. 8551783. DOI:10.1109/MLSD.2018.8551783.
153. *Zharov, V. S.* Conceptual framework for effective management of mining operations and fuel-and-energy development in the Arctic / V. S. Zharov // Arctic Biomonitoring. IOP Publishing. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 263. P. 012062. DOI:10.1088/1755-1315/263/1/012062.
154. *Zharov, V. S.* Interrelation of technological, ecological and economic aspects of industrial development of Arctic mineral resources / V. S. Zharov, V. A. Tsukerman // Arctic Biomonitoring. IOP Publishing. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 263. P. 012066. DOI:10.1088/1755-1315/263/1/012066.
155. *Zharov, V.* Investment-innovation analysis of interactions between technological and economic aspects of industrial development of mineral resources in the Arctic / V. Zharov, V. Tsukerman // 4th International Scientific Conference “Arctic: History and Modernity”. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 302. P. 012130. DOI:10.1088/1755-1315/666/4/042051.
156. *Zharov, V. S.* Interrelation of the rate of Russian Arctic regions’ economic development and the innovative activities of industrial production / V. S. Zharov, V. A. Tsukerman // International Scientific-Practical Conference on Business Cooperation (ISPCBS 2019). Advances in Economics, Business and Management Research. 2019. Vol. 90. P. 429–432. DOI:10.2991/ispcbc-19.2019.103.

157. *Zharov, V.* The criterion for managing the sustainable use of natural resources / V. Zharov, O. Evstafeva, O. Saveleva // International Scientific-Practical Conference on Business Cooperation (ISPCBS 2019). Advances in Economics, Business and Management Research. 2019. Vol. 90. P. 425–428. DOI:10.2991/ispcbc-19.2019.102.
158. *Жаров, В. С.* Управление технологическим развитием производственных предприятий в условиях цифровизации / В. С. Жаров, В. А. Цукерман // Цифровая экономика и сквозные технологии: теория и практика : монография / под редакцией д-ра экон. наук, проф. А. В. Бабкина. Санкт-Петербург : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. Разд. 5.1.
159. *Жаров, В. С.* Теоретико-методологические основы управления эффективным освоением минерально-сырьевых и топливно-энергетических ресурсов Арктики / В. С. Жаров // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2019. № 1 (63). С. 59–68. DOI:10.25702/KSC.2220-802X.1.2019.63.59-68.
160. *Жаров, В. С.* Оценка инновационной активности промышленного производства в арктических регионах России / В. С. Жаров // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2019. № 2 (64). С. 116–123. DOI:10.25702/KSC.2220-802X.2.2019.64.116-123
161. *Жаров, В. С.* Инвестиционно-инновационный анализ как новое направление экономического анализа // Совершенствование учета, анализа и контроля как механизмов информационного обеспечения устойчивого развития экономики. 2019. № 7–1. С. 57–60.
162. *Жаров, В. С.* Целеориентирование процесса управления технологическим развитием производственных систем / В. С. Жаров, А. Н. Жарова // Цифровая трансформация экономики и промышленности (ИНПРОМ-2019) : сборник трудов / под редакцией А. В. Бабкина. Санкт-Петербург : Изд-во СПбГУ, 2019. С. 428–434. DOI:10.18720/IEP/2019.3/46.
163. *Жаров, В. С.* Коэффициент уровня технологичности производства как универсальный показатель оценки использования технологических инноваций / В. С. Жаров // Цифровая экономика и индустрия 4.0: тенденции 2025 : сборник трудов / под редакцией А. В. Бабкина. Санкт-Петербург : Изд-во СПбГУ. 2019. С. 514–518. DOI: 10.18720/IEP/2019.1/79.
164. *Жаров, В. С.* Эффективность управления инновационно-технологическим развитием производственных систем / В. С. Жаров // Управление инновациями — 2019 : материалы междунар. науч.-практ. конф. / под редакцией Р. М. Нижегородцева, Н. П. Горидько. Новочеркасск : НПИ, 2019. С. 150–154.
165. *Жаров, В. С.* Алгоритмизация процесса управления технологическим развитием предприятий / В. С. Жаров // Цифровые технологии в экономике и промышленности : сборник трудов / под редакцией д-ра экон. наук, проф. А. В. Бабкина. Санкт-Петербург : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. С. 351–358. DOI:10.18720/IEP/2019.5/46.
166. *Жаров, В. С.* Управление рациональным и комплексным использованием полезных ископаемых как важнейшее направление промышленной

- политики в регионах Арктики / В. С. Жаров // Цифровые технологии в экономике и промышленности : сборник трудов / под редакцией д-ра экон. наук, проф. А. В. Бабкина. Санкт-Петербург : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. С. 178–184. DOI:10.18720/IEP/2019.5/23.
167. *Жаров, В. С.* Индикаторы инновационного развития промышленности регионов / В. С. Жаров // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2019): материалы Двенадцатой междунар. конф. (1–3 октября 2019 г., Москва) / под общей редакцией С. Н. Васильева, А. Д. Цвиркуна ; Ин-т проблем упр. им. В.А. Трапезникова Рос. акад. наук. Электрон. текстовые дан. (26,1 Мб). Москва : ИПУ РАН, 2019. 1 электрон. опт. диск (CD-R). С. 791–793.
168. *Жаров, В. С.* Перспективы инновационного промышленного развития регионов Арктической зоны России / В. С. Жаров // Перспективы социально-экономического развития приграничных регионов : материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. (26–28 сентября 2019, Петрозаводск) / ответственные редакторы Т. В. Морозова, Н. П. Колесников. Петрозаводск : ФИЦ КарНЦ РАН, 2019. С. 142–146.
169. *Zharov, V. S.* The Impact of Human Capital on the Efficiency of Technological Innovation Application / V. S. Zharov // Proceedings of the International Scientific Conference “Far East Con” (ISCFEC 2020). Advances in Economics, Business and Management Research. 2020. Vol. 128. P. 2673–2677. DOI:10.2991/aebmr.k.200312.377.
170. *Zharov, V.* Target Orientation of Technological Modernization of the Arctic Industrial Companies / V. Zharov, V. Tsukerman, N. Zharov // Proceedings of the International Scientific Conference “Far East Con” (ISCFEC 2020). IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 459. P. 062020. DOI:10.2991/iscfec-18.2019.198.
171. *Zharov, V. S.* Investment and Innovation Analysis of the Completeness and Complexity of the Use of Mineral Raw Materials at Mining Enterprises / V. S. Zharov // Proceeding of the International Science and Technology Conference “Far East Con 2019”. Part of the Smart Innovation, Systems and Technologies book series. Singapore : Springer, 2020. Vol. 172. P. 591–597. DOI:10.17213/2312-6469-2022-2-243-250.
172. *Zharov, V. S.* Efficiency management of technological renewal of production enterprises in the Arctic under conditions of economy digitalization / V. S. Zharov // Proceeding of the 5th International Conference “Arctic: History and Modernity”. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 539. P. 012058. DOI:10.1088/1755-1315/539/1/012058.
173. *Zharov, V.* Management of technological modernization of production as the most important factor of labor productivity growth in the industry of the Arctic regions / V. Zharov, N. Zharov // Proceeding of the 5th International Conference “Arctic: History and Modernity”. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 539. P. 012059.
174. *Жаров, В. С.* Управление эффективностью технологического обновления производственных предприятий в условиях цифровизации экономики /

- В. С. Жаров // Вектор развития управленческих подходов в цифровой экономике : материалы II Всерос. науч.-практ. конф. / Казанский инновационный ун-т им. В.Г. Емирясова. Казань, 2020. С. 72–77.
175. Управление инновационным развитием промышленности Арктической зоны Российской Федерации / А. В. Бабкин [и др.]. Апатиты : КНЦ РАН, 2019. 169 с.
 176. Цукерман, В. А. Об инновационно-промышленной политике минерально-сырьевого комплекса Арктической зоны Российской Федерации / В. А. Цукерман, Е. С. Горячевская // Научное обозрение. 2015. № 10–1. С. 271–281.
 177. Open innovation and firm performance: Evidence from the Chinese mechanical manufacturing industry / S. Zhang [et al.] // J. Engineering and Technology Management. 2018. Vol. 48 (2). P. 76–86. DOI:10.1016/j.jengtecman.2018.04.004.
 178. Bae, Y. Efficiency and effectiveness between open and closed innovation: empirical evidence in South Korean manufacturers / Y. Bae, H. Chang // Technology Analysis and Strategic Management. 2012. Vol. 24 (10). P. 967–980. DOI:10.1080/09537325.2012.724164.
 179. External knowledge and information technology: implications for process innovation performance / K. Trantopoulos [et al.] // MIS Quarterly: Management Information Systems. 2017. Vol. 41 (1). P. 287–300. DOI:10.25300/MISQ/2017/41.1.15.
 180. Rubera, G. Open innovation, product portfolio innovativeness and firm performance: the dual role of new product development capabilities / G. Rubera, D. Chandrasekaran, A. Ordanini // J. Academy of Marketing Science. 2016. Vol. 44 (2). P. 166–184.
 181. Ahmed, S. Open and closed innovation and enhanced performance of SME hospitals — A conceptual model / S. Ahmed, H. A. Halim, N. H. Ahmad // Business Perspectives and Research. 2018. Vol. 6 (1). P. 1–12. DOI:10.1177/2278533717722661.
 182. Tajudeen, F. P. Sulaiman External technology acquisition and external technology exploitation: the difference of open innovation effects / F. P. Tajudeen, N. I. Jaafar, A. Sulaiman // J. Open Innovation Technology Market and Complexity. 2019. Vol. 5 (4). P. 97. DOI:10.3390/joitmc5040097.
 183. Greco, M. An analysis of the open innovation effect on firm performance / M. Greco, M. Grimaldi, L. Cricelli // European Management J. 2016. Vol. 34(5). P. 501–516. DOI:10.1016/j.emj.2016.02.008.
 184. Zhang, L. Two-way open innovation and firm growth: the moderating effect of external environment / L. Zhang, Y. Cui, M-B. Zheng // Asian J. Technology Innovation. 2016. Vol. 24 (1). P. 123–141. DOI:10.1080/19761597.2016.1164537.
 185. A bibliometric study of sustainable technology research / M. Akbari [et al.] // Cogent Business & Management. 2020. No. 7. P. 1751906. DOI:10.1080/23311975.2020.1751906.
 186. Schiederig, T. Green innovation in technology and innovation management — an exploratory literature review / T. Schiederig, F. Tietze, C. Herstatt // R and D Management. 2012. No. 42 (2). P. 180–192. DOI:10.1111/j.1467-9310.2011.00672.x.
 187. Feng, Z. Environmental Regulation, Green Innovation, and Industrial Green Development: An Empirical Analysis Based on the Spatial Durbin Model / Z. Feng, W. Chen // Sustainability. 2018. No 10. P. 223. DOI:10.3390/su10010223.

188. *Weng, H-H.* Effects of Green Innovation on Environmental and Corporate Performance: A Stakeholder Perspective / H-H. Weng, Ja-Sh. Chen, P-Ch. Chen // *Sustainability*. 2015. No. 7. P. 4997–5026. DOI:10.3390/su7054997.
189. Exploring the impact of open innovation on firm performances / M. Caputo [et al.] // *Management Decision*. 2016. No. 54 (7). P. 1788–1812. DOI:10.1108/MD-02-2015-0052.
190. *Moretti, F.* Inbound open innovation and firm performance / F. Moretti, D. Biancardi // *J. Innovation & Knowledge*. 2020. No. 5 (1). P. 1–19. DOI:10.1016/j.jik.2018.03.001.
191. *Liao, S.* Investigating open innovation strategies and firm performance: the moderating role of technological capability and market information management capability / S. Liao, L. Fu, Z. Liu // *J. Business and Industrial Marketing*. 2020. No. 35 (1). P. 23–39. DOI:10.1108/IBIM-01-2018-0051.
192. Open innovation and intellectual property: a knowledge-based approach / A. Cammarano [et al.] // *Management Decision*. 2017. No. 55. P. 1182–1208.
193. External knowledge and information technology: implications for process innovation performance / K. Trantopoulos [et al.] // *MIS Quarterly: Management Information Systems*. 2017. Vol. 41 (1). P. 287–300. DOI:10.25300/MISQ/2017/41.1.15.
194. *Conte, A.* Succeeding in innovation: key insights on the role of R&D and technological acquisition drawn from company data / A. Conte, M. Vivarelli // *Empirical Economics*. 2014. No. 47. P. 1317–1340. DOI:10.1007/s00181-013-0779-1.
195. Analytical Methods to Assess Financial Capacity in Face of Innovation Projects Risks / T. Rogulenko [et al.] // *Risks*. 2021. No. 9. P. 171. DOI:10.3390/risks9090171.
196. *Chechurina, M. N.* Comparative analysis of national innovation systems of the Arctic region countries / M. N. Chechurina, V. E. Sokolenko // *Economy: yesterday, today, tomorrow*. 2017. No. 7 (9A). P. 115–131.
197. *Udaltsova, N. L.* Features of the formation and development of the innovation system of Russia in the context of the “Triple helix” / N. L. Udaltsova, D. A. Krutskikh // *Issues of innovative economics*. 2021. No. 11 (1). P. 133–46.
198. *Bondarenko, N. E.* “Triple helix” as a basis for creating innovative systems / N. E. Bondarenko, M. V. Dubovik, R.V. Gubarev // *Bulletin of the Plekhanov Russian University of Economics*. 2018. No. 2 (98). P. 3–15. DOI:10.21686/2413-2829-2018-2-3-15.
199. *Shkodinsky, S. V.* Attracting investments in the development of industrial enterprises using the “Triple helix” model / S. V. Shkodinsky, A. G. Nazarov // *Bulletin of Eurasian Science*. 2019. No. 2 (11). P. 58.
200. *Popp, D. C.* The effect of new technology on energy consumption / D. C. Popp // *Resource and Energy Economics*. 2001. No. 23. P. 215–239. DOI:10.1016/S0928-7655(00)00045-2.
201. *Costantini, V.* Characterizing the policy mix and its impact on eco-innovation: A patent analysis of energy-efficient technologies / V. Costantini, F. Crespi, A. Palma // *Research policy*. 2017. No. 46 (4). P. 799–819.

202. *Wendler, T.* About the relationship between greentechnology and material usage / T. Wendler // *Environmental and Resource Economics*. 2019. No. 74 (3). P. 1383–1423. DOI:10.1007/s10640-019-00373-4.
203. *Mačiulytė-Sniukienė, A.* The eco-innovation impact on economic and environmental performance of EU member states / A. Mačiulytė-Sniukienė, D. Sekhniashvili // *Business, Management and Economics Engineering*. 2021. No. 19 (2). P. 212–228. DOI:10.3846/bmee.2021.14497.
204. *Никулина, О. В.* Исследование международного опыта формирования механизма стимулирования инновационной деятельности современных компаний / О. В. Никулина, С. Ю. Кочеткова // *Экономика: теория и практика*. 2016. № 4 (44). С. 9–15.
205. *Пучко, А. А.* Зарубежный опыт государственной финансовой поддержки инновационной деятельности / А. А. Пучко // *Наука и мир*. 2014. Т. 2, № 6 (10). С. 100–102.
206. *Zee, H.* Tax Incentives for Business Investment. A Primer for Policy Makers in Developing Countries / H. Zee, J. Stotsky, E. Ley // *World Development*. 2002. No. 30 (3). P. 1497–1516. DOI:10.1016/S0305-750X(02)00050-5.
207. *Bondolino, D.* Do Local Tax Incentives Affect Economic Growth? What Mean Impacts Miss in the Analysis of Enterprise Zone Policies / D. Bondolino, R. Greenbaum // *Regional Science and Urban Economics*. 2007. No. 37. P. 121–136. DOI:10.1016/j.regsciurbeco.2006.08.002.
208. *Klemm, A.* Causes, Benefits and Risks of Business Tax Incentives / A. Klemm ; IMF Working Paper №WP/09/21. Washington, D.C. : International Monetary Fund, 2009. 29 p.
209. *Lerner, J.* The proposer,s opening remarks. *Economist Debates on Industrial Policy* / J. Lerner // *The Economist*. 2010.
210. *Рюмина, Ю. А.* Зарубежный опыт налогового стимулирования инновационной деятельности / Ю. А. Рюмина // *Вестник Томского государственного университета. Экономика*. 2012. № 3. С. 80–85.
211. *Johnstone, N.* Renewableenergy policies and technological innovation: Evidence based on patent counts / N. Johnstone, I. Haščič, D. Popp // *Environmental and Resource Economics*. 2010. No. 45 (1). P. 133–155. DOI:10.1007/s10640-009-9309-1.
212. *Krass, D.* Environmental taxes and the choice of greentechnology / D. Krass, T. Nedorezov, A. Ovchinnikov // *Production and Operations Management*. 2013. No. 22 (5). P. 1035–1055. DOI:10.1111/poms.12023.
213. European Commission. Eco-innovation at the heart of European policies. Funding programmes 2020. URL: <https://ec.europa.eu/environment/ecoap/about-action-plan/union-funding-programmes> (accessed 15.02.2021).
214. *Глисин, Ф. Ф.* Анализ использования инструментов финансирования научной и инновационной деятельности / Ф. Ф. Глисин, В. В. Калюжный, К. В. Лебедев // *Инновации*. 2013. № 9 (179). С. 43–49.
215. *Налоговые льготы. Теория и практика применения* / под редакцией И. А. Майбурова, Ю. Б. Иванова. Москва : Юнити-Дана, 2014. 487 с.

216. Анализ структуры затрат на технологические инновации в Нижегородской области / С. Н. Митяков, Ю. Н. Максимов, Г. А. Морозова, Н. А. Мурашова // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 1–1. С. 608.
217. *Молодчик, А. В.* О возможностях самофинансирования инновационных программ промышленных предприятий / А. В. Молодчик, В. П. Севастьянов // *Вестник Пермского научно-исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки*. 2016. № 1. С. 62–77.
218. *Еленева, Ю. Я.* Концептуальная модель управления финансированием инновационной деятельности промышленного предприятия: основные элементы и взаимосвязи / Ю. Я. Еленева, Е. В. Лукашевич // *Креативная экономика*. 2012. № 4. С. 83–88.
219. *Севастьянов, В. П.* Оптимизация структуры финансового обеспечения инновационной деятельности промышленных предприятий / В. П. Севастьянов, Н. П. Севастьянова // *Экономика и предпринимательство*. 2016. № 4–1 (69-1). С. 590–599.
220. *Аполински, А.* Факторы и методы стратегического управления инновационной деятельностью производственных предприятий Дальнего Востока / А. Аполински // *Экономика и предпринимательство*. 2015. № 4–2 (57-2). С. 495–499.
221. *Чистякова, О. В.* Принципы формирования национальной и региональных инновационных систем в России / О. В. Чистякова // *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки*. 2017. Т. 10, № 3. С. 101–111. DOI:10.18721/JE. 10309.
222. *Teece, D.* Business Models, Business Strategy and Innovation / D. Teece // *Long Range Planning*. 2010. No. 43. P. 172–194. DOI:10.1016/j.lrp.2009.07.003.
223. The circular economy umbrella: Trends and gaps on integrating pathways / A. S. Homrich, G. Galvão, L. G. Abadia, M. M. Carvalho // *J. Cleaner Production*. 2018. Vol. 175. P. 525–543. DOI:10.1016/j.jclepro.2017.11.064.
224. LCA based circularity indices of systems at different scales: a holistic approach / S. Bastianoni [et al.] // *Science of The Total Environment*. 2023. Vol. 897. P. 165245. DOI:10.1016/j.scitotenv.2023.165245.
225. *Lindgreen, R.* Critical Review of Academic Approaches, Methods and Tools to Assess Circular Economy at the Micro Level / R. Lindgreen, R. Salomone, T. Reyes // *Sustainability*. 2020. No. 12. P. 4973. DOI:10.3390/su12124973.
226. *Harris, S.* Circularity for circularity's sake? Scoping review of assessment methods for environmental performance in the circular economy / S. Harris, M. Martin, D. Diener // *Sustainable Production and Consumption*. 2021. Vol. 26. P. 172–186. DOI:10.1016/j.spc.2020.09.018.
227. Measuring the circular economy. A Multiple Correspondence Analysis of 63 metrics / A. Parchomenko, D. Nelen, J. Gillabel, H. Rechberger // *J. Cleaner production*. 2019. Vol. 210. P. 200–216. DOI:10.1016/j.jclepro.2018.10.357.
228. Circular economy metrics: literature review and company-level classification framework / C. Vinante, P. Sacco, G. Orzes, Y. Borgianni // *J. Cleaner Production*. 2021. Vol. 288. P. 125090. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.125090.

229. *Avdiushchenko, A.* Circular Economy Indicators as a Supporting Tool for European Regional Development Policies / A. Avdiushchenko, P. Zajac // Sustainability. 2019. Vol. 11. P. 3025. DOI:10.3390/su11113025.
230. Towards sustainable development through the circular economy — A review and critical assessment on current circularity metrics / Blanca Corona [et al.] // Resources, Conservation and Recycling. 2019. Vol. 151. P. 104498. DOI:10.1016/j.resconrec.2019.104498.
231. *Kalmykova, Y.* Circular economy — From review of theories and practices to development of implementation tools / Y. Kalmykova, M. Sadagopan, L. Rosado // Resources, conservation and recycling. 2018. Vol. 135. P. 190–201. DOI:10.1016/j.resconrec.2017.10.034.
232. *Goodland, R.* Environmental Sustainability: Universal and Non-Negotiable / R. Goodland, H. Daly // Ecological Applications. 1996. No. 6. P. 1002–1017. DOI:10.2307/2269583.
233. *Purvis, B.* Better or different? A reflection on the suitability of indicator methods for a just transition to a circular economy / B. Purvis, A. Genovese // Ecological Economics. 2023. Vol. 212. P. 107938. DOI:10.1016/j.ecolecon.2023.107938.
234. Metrics for optimising the multi-dimensional value of resources recovered from waste in a circular economy: A critical review / E. Iacovidou [et al.] // J. Cleaner Production. 2017. Vol. 166. P. 910–938. DOI:10.1016/j.jclepro.2017.07.100.
235. *Beric, G.* Measuring what matters and guiding policy: An evaluation of the Genuine Progress Indicator / G. Beric // International Labour Review. 2020. Vol. 159. P. 71–94. DOI:10.1111/ilr.12153.
236. *Knoepfel, I.* Dow Jones sustainability group index: A global benchmark for corporate sustainability / I. Knoepfel // Corporate Environmental Strategy. 2001. Vol. 8 (1). P. 6–15. DOI:10.1016/S1066-7938(00)00089-0.
237. The sustainability metrics: sustainable development progress metrics recommended for use in the process industries // IChemE, Rugby. 2002. 28 p.
238. Sustainable Environmental Impact Assessment Using Indicators for Sustainable Energy — Intensive Industrial Production / V. P. Meshalkin [et al.] // Energies. 2023. Vol. 16 (7). P. 3172. DOI:10.3390/en16073172.
239. *Ghisellini, P.* A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems / P. Ghisellini, C. Cialani, S. Ulgiati // J. Cleaner Production. 2016. Vol. 114. P. 11–32. DOI:10.1016/j.jclepro.2015.09.007.
240. *Lieder, M.* Towards circular economy implementation: A comprehensive review in context of manufacturing industry / M. Lieder, A. Rashid // J. Cleaner Production. 2016. Vol. 115. P. 36–51. DOI:10.1016/j.jclepro.2015.12.042.
241. *Korhonen, J.* Circular Economy: The Concept and its Limitations / J. Korhonen, A. Honkasalo, J. Seppälä // Ecological Economics. 2018. Vol. 143. P. 37–46. DOI:10.1016/j.ecolecon.2017.06.041.
242. *Prieto-Sandoval, V.* Towards a consensus on the circular economy / V. Prieto-Sandoval, J. Carmen, M. Ormazabal // J. Cleaner Production. 2018. Vol. 179. P. 605. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.12.224.

243. *Welfens, P.* Resource efficiency, circular economy and sustainability dynamics in China and OECD countries / P. Welfens, R. Bleischwitz, Y. Geng // *Int. Econ. Econ. Policy*. 2017. Vol. 14. P. 377–382. DOI:10.1007/s10368-017-0388-0.
244. *Li, J. H.* Circular economy towards zero waste and decarbonization / J. H. Li, G. C. Xu // *Circular Economy*. 2022. No. 1. A. 100002. DOI:10.1016/j.ccc.2022.100002.
245. *Figge, F.* Between You and I: a portfolio theory of the circular economy / F. Figge, A. S. Thorpe, S. Manzhynski // *Ecological Economics*. 2021. Vol. 190. P. 1–9. DOI:10.1016/j.ecolecon.2021.107190.
246. *Pearce, D. W.* Economics of natural resources and the environment / D. W. Pearce, R. K. Turner. Johns Hopkins University Press, 1989. 3748 p.
247. Eco-efficiency of virgin resources: a measure at the interface between micro and macro levels / F. Figge [et al.] // *Ecological Economics*. 2017. Vol. 138. P. 12–21. DOI:10.1016/j.ecolecon.2017.03.016.
248. *Bianchi, M.* Does circular economy mitigate the extraction of natural resources? Empirical evidence based on analysis of 28 European economies over the past decade / Marco Bianchi, Mauro Cordella // *Ecological Economics*. 2023. Vol. 203. P. 107607. DOI:10.1016/j.ecolecon.2022.107607.
249. The circular economy in China: Achievements, challenges and potential implications for decarbonisation / R. Bleischwitz [et al.] // *Resources, Conservation and Recycling*. 2022. Vol. 183. P. 207–222. DOI:10.1016/j.resconrec.2022.106350.
250. The Circular Economy — A new sustainability paradigm? / M. Geissdoerfer [et al.] // *J. Cleaner Production*. 2017. Vol. 143. P. 757–768. DOI:10.1016/j.jclepro.2016.12.048.
251. How can the circular economy support the advancement of the Sustainable Development Goals (SDGs)? A comprehensive analysis / C. G.-S. Ortiz-de-Montellano, P. Samani, Y. van der Meer // *Sustainable Production and Consumption*. 2023. Vol. 40. P. 352–362. DOI:10.1016/j.spc.2023.07.003.
252. *Леонтьев, Л. И.* О формах и методах стимулирования инновационной деятельности / Л. И. Леонтьев. Москва : РИЦ ИСПИ РАН, 2001. 48 с.
253. Раскрытие финансовой информации ПАО «Норильский никель» // ПАО «Норильский никель» : официальный сайт. URL: <https://www.nornickel.ru/investors/disclosure/financials/> (дата обращения: 28.02.2023).
254. Раскрытие финансовой информации ПАО «Северсталь» : [основано на российских стандартах бухгалтерского учета] // ПАО «Северсталь» : официальный сайт. URL: https://severstal.com/rus/ir/indicators-reporting/finreps-rsbu/?PAGEN_1=2 (дата обращения: 28.02.2023).
255. Boliden. Annual and Sustainability Report. 2023. URL: <https://www.boliden.com/investor-relations/reports-and-presentations/annual-reports> (accessed 28.02.2023).
256. Freeport-McMoRan. Annual Reports & Proxy. URL: <https://investors.fcx.com/investors/financial-information/annual-reports-and-proxy/default.aspx> (accessed 28.02.2023).
257. *Жаров, В. С.* Измерение уровня устойчивости технологического развития производственных систем (на примере промышленности североарктических

- регионов) / В. С. Жаров // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2023. № 4 (82). С. 19–33. DOI:10.37614/2220-802X.4.2023.82.002.
258. *Горячевская, Е. С.* Теоретико-методологические основы оценки устойчивого инновационно-промышленного развития регионов / Е. С. Горячевская // Друкеровский вестник. 2023. № 3. С. 242–252. DOI:10.17213/2312–6469-2023-3-242-252.
259. *Цукерман, В. А.* Влияние инновационной деятельности на социально-экономическое развитие арктических регионов / В. А. Цукерман, Е. С. Горячевская // Друкеровский вестник. 2023. № 2. С. 176–184. DOI:10.17213/2312-6469-2023-2-176-184.
260. Инновационное развитие промышленности регионов Арктики: проблемы и перспективы: монография / научный редактор В. А. Цукерман. Апатиты : ФИЦ КНЦ РАН, 2022. 138 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Производительность труда, фондовооруженность и фондоотдача в регионах АЗРФ (по видам промышленной деятельности)¹⁻³

Виды промышленной деятельности	2005 г.	2010 г.	2010/ 2005 г.	2015 г.	2015/ 2010 г.	2020 г.	2020/ 2015 г.	2020/ 2005 г.
Ненецкий автономный округ								
Добыча полезных ископаемых	8,7	25,6	2,9	26,4	1,0	30,0	1,1	3,4
	8,9	43,3	4,9	63,2	1,5	117,9	1,9	13,3
	0,99	0,59	0,6	0,42	0,7	0,26	0,6	0,26
Обрабатывающие производства	0,9	1,6	1,9	17,7	10,8	2,9	0,2	2,9
	0,3	0,4	1,2	0,9	0,002	0,8	0,9	2,4
	2,65	4,21	1,6	19,8	4741	3,64	0,2	1,4
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	0,8	1,0	1,1	1,5	1,6	2,5	1,6	3,0
	0,7	1,1	1,7	1,9	1,7	3,0	1,5	4,5
	1,27	0,84	0,7	0,80	0,96	0,84	1,1	0,67
Мурманская область								
Добыча полезных ископаемых	1,2	3,2	2,7	7,6	2,4	13,5	1,8	11,4
	0,9	2,6	2,9	15,5	6,0	23,2	1,5	25,8
	1,31	1,25	0,95	0,49	0,39	0,58	1,2	0,44
Обрабатывающие производства	0,9	1,9	2,3	3,2	1,7	18,8	5,8	21,8
	0,5	0,7	1,4	1,1	1,6	2,9	2,7	6,4
	1,90	2,97	0,95	3,03	1,02	6,44	2,19	3,40
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	1,1	2,2	1,95	2,7	1,3	2,4	0,9	2,2
	1,9	3,5	1,84	7,3	2,1	11,8	1,6	6,2
	0,58	0,62	1,06	0,38	0,61	0,21	0,55	0,36
Ямало-Ненецкий автономный округ								
Добыча полезных ископаемых	4,2	7,5	1,8	18,9	2,5	25,7	1,4	6,1
	10,0	29,5	2,9	57,2	1,9	83,9	1,5	8,4
	0,42	0,26	0,6	0,33	1,3	0,31	0,93	0,7

Окончание приложения 1

Виды промышленной деятельности	2005 г.	2010 г.	2010/ 2005 г.	2015 г.	2015/ 2010 г.	2020 г.	2020/ 2015 г.	2020/ 2005 г.
Обрабатывающие производства	2,2	7,5	3,4	20,6	2,8	27,0	1,3	12,4
	0,6	3,0	5,3	3,3	1,1	15,4	4,6	27,3
	3,88	2,52	0,65	6,25	2,48	1,76	0,28	0,45
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	0,9	1,6	1,7	2,2	1,4	3,1	1,4	3,3
	2,4	5,5	2,3	10,0	1,8	12,1	1,2	5,1
	0,40	0,29	0,74	0,22	0,76	0,26	1,16	0,65
Чукотский автономный округ								
Добыча полезных ископаемых	0,6	5,9	9,6	13,9	2,4	4,0	0,3	6,6
	0,3	2,7	9,2	6,9	2,6	14,5	2,1	50,0
	2,13	2,22	1,04	2,02	0,91	0,28	0,14	0,13
Обрабатывающие производства	1,0	1,2	1,14	2,4	2,0	186,5	76,8	177,0
	0,03	2,2	85,2	3,0	1,4	1,4	0,5	55,6
	40,14	0,54	0,01	0,80	1,48	129,0	161,3	3,21
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	0,8	1,3	1,8	2,5	1,9	3,3	1,3	4,4
	1,5	2,5	1,7	6,0	2,4	11,0	1,8	7,2
	0,50	0,53	1,07	0,41	0,78	0,30	0,74	0,61

¹ Рассчитано на основе данных статистических сборников «Регионы России. Социально-экономические показатели».

² По каждому виду деятельности в первой строке показаны расчетные данные по производительности труда (млн руб/чел.), во второй — по фондовооруженности (млн руб/чел.), в третьей — по фондоотдаче (руб/руб.).

³ В данных за 2020 г. объединены два вида деятельности (обеспечение электроэнергией, газом и паром, кондиционирование воздуха и водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений).

Направления и уровень технико-технологического развития промышленности в арктических регионах

Вид промышленной деятельности	Показатель*	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Ненецкий автономный округ							
Добыча полезных ископаемых	МЕ	0,21	0,25	0,27	0,30	0,26	0,27
	ФО	0,99	0,59	0,42	0,26	0,48	0,46
	к/тп	4,9	6,7	8,9	12,5	8,2	8,1
	№		4-2	2	4-2	1-2	4-1
Обрабатывающие производства	МЕ	0,61	0,75	0,95	0,65	0,78	0,91
	ФО	2,65	4,21	19771	1,70	1,63	10,67
	к/тп	0,6	0,3	0,1	0,9	0,8	0,1
	№		3	3	2	4-1	3
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	МЕ	0,20	0,22	0,36	0,38	0,32	0,34
	ФО	1,27	0,84	0,80	0,94	0,97	0,89
	к/тп	4,0	5,3	3,5	2,8	3,26	3,28
	№		4-2	4-2	1-2	1-1	4-2
Мурманская область							
Добыча полезных ископаемых	МЕ	0,47	0,43	0,46	0,65	0,51	0,52
	ФО	1,31	1,25	0,49	0,53	0,72	0,43
	к/тп	1,6	1,9	4,4	2,9	2,8	4,5
	№		2	1-2	3	1-2	4-2

Вид промышленной деятельности	Показатель*	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Обработывающие производства	МЕ	0,26	0,54	0,68	0,66	0,57	0,65
	ФО	1,90	2,97	3,03	6,53	7,38	2,67
	Кутп	2,1	0,6	0,5	0,233	0,236	0,6
	№		3	3	1-2	1-1	4-2
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	МЕ	0,63	0,66	0,61	0,69	0,70	0,66
	ФО	0,58	0,62	0,38	0,24	0,27	0,33
	Кутп	2,7	2,5	4,4	6,1	5,3	3,9
	№		3	1	4-2	3	1-2
Ямало-Ненецкий автономный округ							
Добыча полезных ископаемых	МЕ	0,26	0,33	0,26	0,22	0,52	0,30
	ФО	0,42	0,26	0,33	0,31	0,38	0,32
	Кутп	9,26	11,92	11,48	14,84	5,1	10,69
	№		4-2	1	2	3	2
Обработывающие производства	МЕ	0,67	0,86	0,88	0,60	0,31	0,86
	ФО	3,88	2,52	6,25	1,76	2,01	0,91
	Кутп	0,4	0,5	0,2	1,0	1,6	1,3
	№		4-2	3	2	1-1	4-2
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	МЕ	0,50	0,43	0,37	0,28	0,16	0,32
	ФО	0,40	0,29	0,22	0,21	0,24	0,25
	Кутп	5,0	8,0	12,3	16,9	19,0	12,7
	№		2	4-1	2	1-1	3

Вид промышленной деятельности	Показатель*	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Чукотский автономный округ							
Добыча полезных ископаемых	МЕ	0,65	0,58	0,61	0,80	0,79	0,62
	ФО	2,13	2,22	2,02	0,27	0,274	1,68
	<i>купп</i>	0,7	0,8	0,81	0,3	0,34	1,0
	№		1	4-2	4-1	1-1	2
Обрабатывающие производства	МЕ	0,82	0,41	0,65	0,59	0,45	0,83
	ФО	40,14	0,54	0,80	0,15	0,13	0,96
	<i>купп</i>	0,03	4,46	1,93	11,32	16,99	1,26
	№		2	3	2	2	3
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	МЕ	0,36	0,21	0,30	0,14	0,17	0,26
	ФО	0,50	0,53	0,41	0,28	0,32	0,40
	<i>купп</i>	5,68	9,06	8,14	26,37	18,32	9,49
	№		1	3	2	3	3

*МЕ — материалоемкость, руб/руб.; ФО — фондоотдача, руб./руб.; *купп* — коэффициент уровня технологичности производства, № — номер направления (с вариантом или без варианта) развития.

Основные экономические показатели технологического развития ПАО АК «Алроса»

Показатели	Единица измерения	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Материалоемкость	руб/руб.	0,27	0,19	0,36	0,05	0,24	0,28
Фондоотдача (по первоначальной стоимости ОФ на конец года)	руб/руб.	0,51	0,53	0,36	0,69	0,53	0,58
Коэффициент уровня технологичности производства	руб/руб.	7,33	8,64	7,68	30,77	7,71	6,26
Номер направления развития	№	1-2	1-1	4-1	1-1	4-1	3
Фондоотдача (по остаточной стоимости ОФ на конец года)	руб/руб.	0,70	0,89	0,66	1,44	1,06	1,11
Коэффициент уровня технологичности производства	руб/руб.	5,26	5,14	4,15	14,83	3,87	3,26
Номер направления развития	№	1-2	1-2	4-1	1-1	4-1	3
Фондоотдача активной части ОФ (по первоначальной стоимости на конец года)	руб/руб.	1,76	1,85	1,45	2,81	2,25	2,46
Коэффициент уровня технологичности производства	руб/руб.	2,11	2,46	1,89	7,58	1,83	1,46
Номер направления развития	№	1-2	2	4-1	1-1	4-1	3
Фондоотдача активной части ОФ (по остаточной стоимости на конец года)	руб/руб.	4,44	5,21	3,69	7,78	5,34	5,69
Коэффициент уровня технологичности производства	руб/руб.	0,83	0,87	0,69	2,74	0,77	0,63
Номер направления развития	№	1-1	1-1	4-1	1-1	4-1	3
Производительность труда (по выручке от продаж)	млн руб/чел	3,09	6,28	4,45	10,58	7,45	7,67
Фондовооруженность труда (по первоначальной стоимости ОФ на конец года)	млн руб/чел.	6,12	11,97	13,11	14,92	14,07	13,58

Основные экономические показатели технологического развития АО «Кольская ГМК»

Показатель	Единица измерения	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Материалоемкость	руб/руб.	0,25	0,31	0,75	0,51	0,60	0,63
Фондоотдача (по первоначальной стоимости ОФ на конец года)	руб/руб.	1,58	1,17	7,66	7,01	6,56	8,83
Коэффициент уровня технологичности производства <i>к_{УП}</i>	руб/руб.	2,49	2,79	0,18	0,28	0,26	0,18
Номер направления развития	№	1-2	4-2	3	2	4-1	3
Фондоотдача (по остаточной стоимости ОФ на конец года)	руб/руб.	2,70	2,29	9,78	9,96	11,25	11,21
Коэффициент уровня технологичности производства <i>к_{УП}</i>	руб/руб.	1,46	1,42	0,14	0,20	0,15	0,14
Номер направления развития	№	1-2	4-1	3	1-1	3	4-1
Фондоотдача активной части ОФ (по первоначальной стоимости на конец года)	руб/руб.	2,66	1,84	12,43	11,46	11,21	10,07
Коэффициент уровня технологичности производства <i>к_{УП}</i>	руб/руб.	1,48	1,77	0,11	0,17	0,15	0,14
Номер направления развития	№	1-2	4-2	3	2	4-1	4-1
Фондоотдача активной части ОФ (по остаточной стоимости на конец года)	руб/руб.	5,35	4,17	22,71	22,52	46,07	83,79
Коэффициент уровня технологичности производства <i>к_{УП}</i>	руб/руб.	0,74	0,78	0,06	0,09	0,04	0,02
Номер направления развития	№	1-2	4-2	3	2	3	3
Фондовооруженность (по первоначальной стоимости активной части ОФ на конец года)	тыс. руб/чел.	1,69	2,61	12,19	13,29	14,99	4,04
Производительность труда (по выручке от продаж)	тыс. руб/чел.	4,50	4,79	83,17	90,61	92,17	84,55

Динамика основных экономических показателей показателей технологического развития ПАО «Новатэк»

Показатель	Единица измерения	2010 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Материалоотдача	руб/руб.	1,56	1,98	1,89	1,91	1,81	2,99	3,26
Фондоотдача ОФ (по первоначальной стоимости на конец года)	руб/руб.	539	1036	964	939	970	743	537
Коэффициент уровня технологичности производства $k_{УП}$	руб/руб.	0,0029	0,0019	0,0019	0,002	0,0019	0,004	0,006
Номер направления развития	№	–	1-2	4-2	2	3	2	2
Фондоотдача ОФ (по остаточной стоимости на конец года)	руб/руб.	202	2032	2167	2528	1536	1080	85
Коэффициент уровня технологичности производства $k_{УП}$	руб/руб.	0,0077	0,001	0,0009	0,0008	0,0012	0,0028	0,038
Номер направления развития	№	–	1-2	3	1-2	4-2	2	2

Динамика основных экономических показателей технологического развития ПАО «Сибур»
Приложение 6

Показатель	Единица измерения	2010 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Материалоотдача	руб/руб.	5,51	4,53	4,96	5,17	4,35	4,51	4,68
Фондоотдача ОФ (по первоначальной стоимости на конец года)	руб/руб.	1,53	0,91	0,81	0,69	0,67	0,52	0,46
Коэффициент уровня технологичности производства $K_{УТП}$	руб/руб.	3,6	5,04	6,11	7,46	6,49	8,73	10,3
Номер направления развития	№	-	4-2	2	2	4-1	2	2
Фондоотдача ОФ (по остаточной стоимости на конец года)	руб/руб.	2,12	1,12	1,04	0,87	0,83	0,63	0,57
Коэффициент уровня технологичности производства $K_{УТП}$	руб/руб.	2,6	4,03	4,79	5,91	5,26	7,14	8,25
Номер направления развития	№	3	4-2	2	2	4-1	2	2
Фондоотдача активной части ОФ (по первоначальной стоимости на конец года)	руб/руб.	5,84	2,69	2,65	2,71	3,31	2,74	1,81
Коэффициент уровня технологичности производства $K_{УТП}$	руб/руб.	1,94	1,68	1,88	1,91	1,31	1,64	2,58
Номер направления развития	№	-	4-1	2	1-1	3	2	2
Фондоотдача активной части ОФ (по остаточной стоимости на конец года)	руб/руб.	14,47	3,87	4,14	4,64	6,31	5,26	2,93
Коэффициент уровня технологичности производства $K_{УТП}$	руб/руб.	0,38	1,17	1,21	1,11	0,69	0,86	1,59
Номер направления развития	№	-	4-2	1-1	1-2	3	2	2

Динамика показателей эффективности использования
активной части основных производственных фондов на ПАО АК «Алроса»

Показатель	Единица измерения	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Материалоотдача	руб/руб.	4,00	3,66	3,68	4,10	5,40	6,99	5,88	6,26	3,58	2,78
Фондоотдача активной части ОФ (по первоначальной стоимости) (конец года)	руб/руб.	1,99	1,78	1,93	2,03	1,85	2,43	1,94	2,07	1,45	1,45
Коэффициент уровня технологичности производства $k_{упп}$	руб/руб.	2,01	2,09	1,91	2,05	2,46	2,88	3,04	3,02	2,48	1,89
Фондоотдача активной части ОФ (по остаточной стоимости) (конец года)	руб/руб.	5,18	3,93	4,76	4,95	5,21	6,41	5,23	5,38	4,01	3,69
Коэффициент уровня технологичности производства $k_{упп}$	руб/руб.	0,77	0,93	0,77	0,83	0,87	1,09	1,13	1,16	0,89	0,69

Уровень устойчивости технологического развития ПАО «Алроса»

Показатель	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Сред.
МО	3,03	3,77	4,00	3,67	3,59	4,10	5,41	7,00	5,88	6,26	3,58	2,75	21,29	
ФО	0,36	0,51	0,61	0,63	0,63	0,68	0,62	0,70	0,54	0,50	0,42	0,36	0,69	
КУП	8,37	7,37	6,57	5,83	5,73	6,00	8,69	10,05	10,83	10,66	8,47	7,68	30,77	
№		1-2	1-2	3	3	1-1	2	1-1	4-2	1-2	4-1	4-1	1-1	
Балл		5	5	3	3	6	4	6	2	5	1	1	6	3,92

Уровень устойчивости технологического развития ПАО «Новатэк»

Показатель	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019	2020 г.	2021 г.	Сред.
МО	1,56	1,70	1,58	1,38	2,59	1,98	1,89	1,91	1,81	2,99	3,26	2,46	
ФО	539	728	755	890	947	1036	964	939,0	970	743	537	Увел.	
КУП	0,003	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,004	0,006	Умен.	
№		1-2	3	3	1-1	3	4-2	2	3	2	2	3	
Балл		5	3	3	6	3	2	4	3	4	4	3	3,64

Уровень устойчивости технологического развития ПАО «Норильский никель»

Показатель	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Сред.
МО	5,38	5,51	4,16	10,57	13,73	14,19	12,55	8,19	8,68	8,22	5,47	4,27	4,24	
ФО	2,24	2,19	1,64	1,35	1,54	1,60	1,435	1,40	1,69	2,32	2,40	2,00	1,73	
Кутп	2,41	2,52	2,53	7,84	8,92	8,88	8,64	5,87	5,14	3,54	2,28	2,14	2,44	
№	–	2	4-2	2	1-1	1-2	4-1	4-1	1-2	3	3	4-1	4-2	
Балл	–	4	2	4	6	5	1	1	5	3	3	1	2	3,08

Уровень устойчивости технологического развития АО «Кольская горно-металлургическая компания»

Показатель	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Сред.
МО	2,76	2,23	2,11	2,08	2,79	2,97	2,16	2,35	2,41	9,31	30,88	33,86	33,26	
ФО	1,60	1,50	1,23	0,98	1,18	1,22	1,02	1,03	1,03	3,08	7,66	7,01	6,56	
Кутп	1,73	1,48	1,72	2,12	2,37	2,44	2,13	2,29	2,34	3,02	4,03	4,83	5,07	
№	–	4-1	4-2	4-2	1-1	1-1	4-1	1-1	1-1	1-1	1-1	2	4-2	
Балл	–	1	2	2	6	6	1	6	6	6	6	4	2	4,00

Примечание. МЕ — материалоемкость, руб/руб.; ФО — фондоотдача, руб/руб.; Кутп — коэффициент уровня технологичности производства, № — номер направления (с вариантом или без варианта) развития.

