

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
«КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

(ФИЦ КНЦ РАН)

*На правах рукописи*



**АБРАШИТОВ Андрей Юрьевич**

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПОТЕНЦИАЛ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО  
ПРОИЗВОДСТВА**

**ДИССЕРТАЦИЯ**

**на соискание ученой степени кандидата экономических наук**

*Специальность 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика*

*(экономика промышленности)*

Научный руководитель:  
доктор экономических наук,  
профессор Жаров В.С.

Апатиты – 2025

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>4</b>
<b>ГЛАВА 1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ</b>	
<b>ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ</b>	
<b>ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА.....</b>	
	<b>12</b>
1.1 Технологическая модернизация как основа повышения экономической эффективности и конкурентоспособности.....	12
1.2 Аналитический обзор зарубежного опыта технологической модернизации горнодобывающего производства.....	26
1.3 Проблемы оценки эффективности в рамках моделей технологической модернизации горнодобывающего производства.....	43
Выводы по Главе 1.....	58
<b>ГЛАВА 2 АНАЛИЗ УРОВНЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ</b>	
<b>ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА В ОТРАСЛИ</b>	
<b>МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ.....</b>	
	<b>61</b>
2.1 Современное состояние и проблемы экономического развития компаний-производителей минеральных удобрений.....	61
2.2 Оценка уровня технологического развития горнодобывающих предприятий на примере Кировского филиала АО «Апатит».....	78
2.3 Систематизация закономерностей и факторов, способствующих развитию потенциала технологической модернизации.....	97
Выводы по Главе 2.....	110
<b>ГЛАВА 3 ПЕРСПЕКТИВЫ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ</b>	
<b>ПРЕДПРИЯТИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ</b>	
<b>МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА.....</b>	
	<b>113</b>
3.1 Методические подходы к оценке экономической эффективности процесса технологической модернизации.....	113
3.2 Экономическая эффективность технологической модернизации горнодобывающего производства.....	133

3.3 Оценка потенциала технологической модернизации горнодобывающей компании.....	148
Выводы по Главе 3.....	160
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>163</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>167</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А.....</b>	<b>195</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....</b>	<b>200</b>

## **ВВЕДЕНИЕ**

### **Актуальность темы исследования**

Технологическая модернизация на промышленных предприятиях позволяет осуществлять развитие современных производств с высоким уровнем конкурентоспособности. Основными задачами технологической модернизации выступают освоение новых видов оборудования и приборов, внедрение передовых технологических систем, включая широкое использование автоматизированных и информационных средств. Модернизация производства также решает всегда актуальные задачи, направленные на повышение операционной эффективности и результативности систем управления на предприятиях.

Программы модернизации в горнодобывающем секторе направлены на поддержание поступательного экономического развития для обеспечения устойчивости производства в рамках высокой волатильности рынков минерального сырья и постоянного развития научно-технического прогресса, который, как правило, связан с ухудшением горно-геологических условий разработки месторождений полезных ископаемых.

Необходимо отметить, что предприятия горной промышленности имеют дополнительные специфические риски, связанные с высокой неопределенностью геологоразведочных работ, неоднородностью горнотехнических условий и их изменения в связи с переходом на более глубокие горизонты отработки запасов. В связи с вышеуказанными обстоятельствами растут инвестиционные риски, а также риски социального характера, при этом модернизация производства способствует решению возникающих субъективных и объективных проблем горнодобывающего производства.

Использование автоматизированных решений и цифровых технологий горнодобывающими предприятиями также вписывается в парадигму технологической модернизации, поскольку в рамках таких процессов

совершенствуются производственные процессы и происходят качественные изменения.

Эффективность конкретных проектов и программ модернизации требует расширения методических подходов к ее оценке. При оценке экономической эффективности мероприятий технологической модернизации должны отражаться особенности горнопромышленного комплекса. В рамках определения экономической эффективности программ модернизации целесообразно учитывать технологическую специфику, вопросы развития промышленной инфраструктуры, социально-экологические параметры, достигнутые в рамках проектов технологической модернизации.

Потенциал технологической модернизации позволяет понимать руководству компании свои возможности по направлениям глубокого или точечного совершенствования производственных линий и организации процессов.

В процессе оценки потенциала технологической модернизации важно идентифицировать внутренние и внешние факторы, определить возможности эффективной адаптации к их влиянию и осуществлять управление ими в той степени, которая позволит обеспечить необходимые условия для осуществления комплекса перманентных мероприятий в рамках технологической модернизации производства, способных повысить экономическую устойчивость и конкурентные позиции горного предприятия.

Вышеизложенные аспекты позволяют говорить об актуальности темы диссертационного исследования.

### **Степень разработанности темы исследования.**

Теоретическими и методическими подходами для решения научных задач в области экономических аспектов модернизации, включая изучение проблем технологической модернизации на горных предприятиях, занимались следующие ученые: М.Р. Галиахметова [31], Ю.А. Дорошенко [50], В.С. Жаров [53, 54, 216], В.В. Ивантер [60, 61], Г.Б. Клейнер [77], А.А. Лапинскас [83], В.С. Литвиненко [84], Л.А. Мочалова [91, 92], А.В. Мясков [95, 96], З.М. Назарова [97],

И.В. Петров [113], Д.О. Скобелев [127, 128, 129, 164], С.В. Федосеев [139], А.Е. Череповицын [151, 152].

Вопросы экономической оценки инвестиционных проектов в промышленности, включая горнодобывающую отрасль, исследовали: Г.Ю. Боярко [20], С.Г. Галевский [87], В.И. Голик [40], Д.М. Дмитриева [47], А.В. Душин [156], М.В. Иванова [59], В.Е. Кантор [74], А.Е. Карлик [75], Ф.Д. Ларичкин [117, 132], Н.Я. Лобанов [85], Е.А. Марин [87], М.А. Невская [100], Н.В. Пашкевич [72, 111], В.А. Плотников [14, 24], Т.В. Пономаренко [87, 117, 191], С.М. Попов [95, 96], И.Б. Сергеев [84], М.М. Хайкин [145, 82].

Изучением проблем экономического потенциала технико-технологических преобразований в промышленности занимались: А.Э. Вайно [23], Л.А. Гамидуллаева [154], А.Е. Закондырин [57, 58], Ю.В. Мелешко [90], Т.О. Толстых [27, 134], А.М. Фадеев [138], Н.В. Шмелева [27, 134].

Существует обширное количество исследований в области экономических проблем осуществления технологической модернизации и подходов к экономической оценке эффективности инвестиционных проектов, связанных с модернизацией горного производства. Однако в современных условиях необходимо более детально исследовать вопросы повышения точности экономической оценки с учетом различных рискообразующих факторов, способствующих или препятствующих реализации проектов технологической модернизации. Кроме того, проблемы реализации и наращивания экономического и управленческого потенциалов компании, способных осуществлять комплекс мероприятий по модернизации в упорядоченной последовательности, постоянно обеспечивая при этом поступательное экономическое развитие, практически не исследовались.

**Цель диссертационного исследования** заключается в решении научной задачи по развитию концептуальных и методических подходов к оценке эффективности технологической модернизации на горнодобывающем предприятии и определения ее потенциала.

Поставленная цель научного исследования предполагает решение определенного перечня **научных задач**:

- определить принципы, соблюдение которых способствует реализации мероприятий технологической модернизации на горнопромышленном предприятии, и определить алгоритм проведения модернизации и его потенциальные эффекты;
- обосновать типологию дескриптивных моделей технологической модернизации, для экономических условий и организационно-технологических особенностей производственно-хозяйственной деятельности горнодобывающих предприятий;
- выявить преимущества технологической модернизации на горнодобывающем производстве и доказать объективную необходимость использования цифровых технологий и автоматизированных систем;
- разработать систему факторов влияния прямого и косвенного воздействия, актуальных для горнодобывающего предприятия и способных оценить потенциал технологической модернизации;
- обосновать целесообразность использования бинарного подхода при оценке экономической эффективности инвестиционного проекта технологической модернизации с учетом факторов риска;
- выполнить оценку потенциала технологической модернизации горнодобывающего предприятия в организационно-экономическом и управленческом аспектах.

**Объектом исследования являются** компании горнопромышленного комплекса, занимающиеся добычей сырья для производства минеральных удобрений.

**Предметом исследования являются** экономические и управленческие отношения, возникающие при определении эффективности технологической модернизации и ее потенциала.

**Исследование выполнено в соответствии с шифром научной специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономика промышленности), пункт 2.2. Вопросы оценки и повышения эффективности хозяйственной деятельности на предприятиях и в отраслях промышленности.**

**Информационную базу исследования** составили данные открытых информационных источников, включая научные статьи и монографии, действующих нормативных и правовых актов, стратегических документов по развитию промышленности, включая стратегии и планы горнодобывающих компаний. Источником фактографических исходных данных послужили сведения, опубликованные на официальных сайтах горнодобывающих компаний, в том числе производителей минеральных удобрений.

**Теоретической и методологической основой диссертационной работы** являются фундаментальные труды зарубежных и отечественных ученых в сферах, относящихся к теме диссертационного исследования, такие как вопросы модернизации промышленных систем и оценки эффективности инвестиционных проектов, связанных с организационными и технологическими преобразованиями на горнодобывающих предприятиях. Кроме того, базой исследования служат концептуальные и методические подходы к оценке потенциала промышленного производства и повышения операционной эффективности. С целью эффективного достижения поставленных научных задач применялись методы сравнительного, стратегического и технико-экономического анализа, прогнозирования и экономико-математического моделирования денежных потоков, также использовались экспертные методы оценки.

**Результаты исследования, обладающие научной новизной и полученные лично соискателем:**

1. Предложены ключевые принципы технологической модернизации в контексте оценки ее эффективности, с обоснованием необходимости использования определенной последовательности оценки экономической эффективности программ или проектов модернизации горнопромышленного

предприятия, которая включает этапы первичного анализа, аналитической обработки информации, определение ключевых эффектов;

2. Разработана типология дескриптивных моделей технологической модернизации, в рамках которой выделены оптимизационная, адаптивная, поддерживающая и прогрессивная модели с выделением критериев, идентифицирующих различие моделей, таких как: возможные стратегии, целевые задачи модернизации, организационный подход к управлению, технико-технологическая направленность, инновационный фактор, аспекты, связанные с оценкой эффективности;

3. Выявлены особенности технологической модернизации на горнодобывающем производстве с обоснованием важности цифровизации и автоматизации, которые способствуют увеличению скорости принятия управленческих решений, обеспечивают рост производительности труда и оборудования, снижают себестоимость конечной продукции и повышают операционную эффективность производственных систем в целом;

4. Предложены факторы внешнего и внутреннего влияния прямого и косвенного воздействия, целесообразных для оценки потенциала модернизации горнодобывающего предприятия, с детализацией факторов функциональной направленности, сдерживающих или способствующих развитию программ или проектов технологической модернизации с обоснованием необходимости использования методов экспертной оценки;

5. Определены риски, влияющие на осуществление проектов технологической модернизации, среди которых целесообразно выделить риски, отражающие особенности горного производства. Выделены риски, которые могут влиять на определение рискованной премии ставки дисконтирования, что обосновывает, в том числе, целесообразность использования бинарного и реверсированного подхода при оценке экономической эффективности инвестиционного проекта технологической модернизации, предполагающего применение разных ставок дисконтирования, в том числе для положительных и отрицательных денежных потоков;

6. На основе разработанного алгоритма оценивания потенциала модернизации и предложенной системы факторов влияния на ее осуществление выполнена оценка уровня потенциала технологической модернизации горнодобывающего предприятия – объекта исследования, с обоснованием универсальности данного методического подхода для других компаний горнодобывающего комплекса.

**Теоретическая значимость диссертационной работы** отражает разработанную типологию концептуальных моделей технологической модернизации, которые учитывают ее интенсивность и глубину преобразований. Уточнены принципы модернизации в современных экономических условиях и концептуальные подходы к определению эффектов технологической модернизации. Также систематизированы факторы внешнего и внутреннего влияния прямого и косвенного воздействия, актуальные для оценки потенциала технологической модернизации горнодобывающего предприятия. Предложено обобщение методических подходов к определению затрат в условиях специфики горнодобывающего производства.

**Практическая значимость работы.** В рамках исследования предложено использовать бинарный и реверсированный подход при экономической оценке инвестиционных проектов, который позволяет более корректно учитывать эффект дисконтирования и особенности ценообразования на минеральное сырье, что приведет к более обоснованному принятию управленческого решения при осуществлении технологической модернизации на горнодобывающем производстве. Экономическая оценка выполнена на примере предприятия Кировский филиал АО «Апатит».

Предлагаемый методический подход к оценке потенциала технологической модернизации способен не только оценивать возможности сбалансированного экономического развития отдельных предприятий, но и проводить сравнительный анализ горнодобывающих подразделений в рамках холдинга. Также данный методический подход дает возможность определить вероятность перехода

предприятий к реализации более интенсивного комплекса мероприятий технологической модернизации.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Степень достоверности результатов, содержащихся в диссертационной работе, обеспечивается применением комплекса современных методов исследования, сбора и подготовки информации, анализа значительного объема исследовательских работ, научной и методической литературы, отчетов компаний-производителей минеральных удобрений, подтверждается публикациями в рецензируемых журналах, которые рекомендованы Высшей аттестационной комиссией (ВАК). Основные результаты исследований были представлены на научно-практических конференциях: XI Международная научно-практическая конференция «Север и рынок в новой парадигме мирового развития. Лузинские чтения–2022», Апатиты, 22–23 сентября 2022 года; VI Международная научная конференция «Актуальные проблемы менеджмента, экономики и экономической безопасности», Костанай (Казахстан), 11–12 ноября 2024 года; VII Международная научная конференция по междисциплинарным исследованиям (SDE-IR IV 2024), Екатеринбург, 17 декабря 2024 года.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 8 печатных работ, в т.ч. в изданиях, рекомендуемых ВАК, – 5 статей.

**Объем.** Диссертация состоит из введения, 3 глав и заключения общим объемом 203 страницы, содержит 18 таблиц, 34 рисунка, 2 приложения. Список литературы включает 216 наименований.

# ГЛАВА 1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА

## 1.1 Технологическая модернизация как основа повышения экономической эффективности и конкурентоспособности

Понятие «модернизация» имеет разнонаправленный характер. Ряд авторов используют данный термин применительно к макроэкономике [52]. К примеру, в работе В.Г. Боровского [19] под модернизацией понимается структурная перестройка национальной экономики, способствующая запуску механизма преобразований и формирования инновационной экономики. Также модернизацию часто рассматривают как преодоление технологического отставания в ряде системообразующих отраслей национальной экономики. При этом модернизация позволяет повышать уровень конкурентоспособности, укреплять позиции в различных рыночных сегментах и наращивать экспортный потенциал [64, 148].

В.А. Цветков считает, что модернизация представляет собой совокупность структурных, институциональных и технологических изменений в национальной экономике, которые благодаря инновациям и информационным технологиям должны повышать глобальную конкурентоспособность промышленных секторов [148].

А.И. Колганов рассматривает модернизацию как особый процесс исследования наиболее передовых технологий, организационно-экономических мер и механизмов, социальных и политических институтов, характерных для современного этапа экономического развития [79].

Модернизацию в рамках национальной экономики можно рассматривать как разноаспектный процесс, включающий в себя технологическую, инфраструктурную и институциональную составляющие (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Виды модернизации в разрезе национальной экономики

Источник: составлено автором на основе [86, 60].

Исходя из рисунка 1.1, процесс модернизации во многом связан с уровнем технологического развития, институциональными трансформациями и изменением роли человека.

Типы модернизации можно представить в радикальности (глубине технологических и организационных преобразований) и объектности изменений на разных уровнях управления. Преобразования на разных уровнях управления характеризуются степенью глубины изменений, скоростью, а также охватом функциональных областей компаний (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Уровни преобразований в рамках модернизации

Источник: составлено автором.

Технологической модернизацией называется процесс перевода изношенного и/или устаревшего оборудования на новое высокотехнологичное, с целью достижения соответствия технологического оснащения производства передовому отраслевому уровню. Модернизация, может быть, связана и с инновациями. В современной экономике модернизация промышленности характеризуется не только использованием новой техники и технологий, а и повсеместным внедрением цифровых решений, автоматизированных систем, робототехники. При этом технологическую модернизацию можно представить как улучшение существующего производственно-технологического уровня или внедрение новой техники и технологий.

Необходимо отметить, что инновации и технологическая модернизация – это связанные, но разные понятия.

Зачастую ученые по-разному соотносят термины «модернизация» и «инновации». За основу модернизации принимают частичные, нецелостные изменения технологического процесса, а за основу инноваций – вытеснения

существовавшей технологии абсолютно новой [164]. Также авторы отмечают, что инновационные преобразования важны для модернизации экономики и промышленных предприятий [201, 153].

Существует мнение, что основной движущей силой при модернизации промышленных предприятий являются технико-технологические инновационные преобразования, позволяющие за счет обновления техники и технологии получить положительный экономический эффект в разных сферах деятельности компании. Считается, что технико-технологические инновации представляют основу процессных и продуктовых инноваций, а преобразования технологий и ввод новых товаров приводят к изменениям организационно-управленческого характера и конкурентных положений на рынках.

Инновации связаны с нововведениями в области технологий, продуктов, услуг, процессов, организационных и управленческих аспектов бизнеса, маркетинговых процессов, которые позволяют достичь принципиальных изменений в производственно-хозяйственной деятельности предприятия или улучшают уже существующие технологические и организационно-управленческие достижения.

При этом технологическая модернизация – это процесс внедрения новых и обновления существующих технологий на предприятии или в отрасли для повышения производительности, улучшения качества продукции или снижения эксплуатационных затрат. Технологическая модернизация связана, как правило, с техническими изменениями. Хотя технологические изменения в рамках модернизации промышленной системы приводят и к изменениям в организации производства, улучшению модели управления, включая скорость принятия решений.

Таким образом, технологическая модернизация может использовать как доступные технологии (широко применяемые), так и перспективные (новые) технологии. В то же время процесс инноваций направлен исключительно на новые технологии, но с точки зрения совершенствования бизнес-моделей

и системы управления может быть несколько более широким, чем технологическая модернизация.

Согласно Налоговому кодексу РФ, «к работам по модернизации (достройке, дооборудованию) относятся работы, вызванные изменением технологического или служебного назначения оборудования, здания, сооружения или иного объекта амортизируемых основных средств, повышенными нагрузками и (или) другими новыми качествами»<sup>1</sup> [98].

Трактовка терминов «модернизация» разными авторами представлена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Трактовки понятия «модернизация»

Автор	Определение
Е.Ю. Никулина	«Ограниченный во времени процесс управляемых преобразований, предусматривающий качественное изменение его технико-экономического, организационного и управленческого уровней на основе обновления основных производственных фондов и продукции с приведением его основных показателей до уровней, определяемых стратегическими целями развития предприятия».
Ж.А. Ермакова	«Процесс перевода промышленной системы на высокотехнологичный уровень с целью достижения наибольшего технологического соответствия различных производственных звеньев максимально возможному уровню, достигнутому на аналогичных производствах».
Г.Б. Клейнер	«Обновление производственных фондов, реформирование структуры управления, существенная трансформация внутрипроизводственной организационной культуры».
Е.Г. Ясин	«Обновление производственного аппарата, формирование человеческого капитала с необходимыми знаниями и навыками, освоение новых видов продукции, технологий».

Источник: составлено автором на основе [101, 51, 77, 158].

Представленные определения отражают модернизацию не только на уровне промышленной системы. Например, определение Е.Г. Ясина характеризует модернизацию на уровне национальной экономики [158].

Если же конкретизировать «технологическую модернизацию» на уровне промышленного предприятия, то, например, А.А. Манираки выделяет следующие ее виды [86]:

#### 1. Модернизация технологического процесса, включающая:

<sup>1</sup> Налоговый кодекс Российской Федерации (часть вторая) от 05.08.2000 N 117-ФЗ (ред. от 28.12.2024) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.04.2025).

- подбор оптимальных режимов работы;
  - применение ресурсо- и энергосберегающих технологий;
2. Автоматизация технологического процесса, включающая:
- автоматизацию режимов работы;
  - автоматизацию рабочих операций;
  - автоматизацию подачи (загрузки/выгрузки) сырья;
3. Повышение долговечности оборудования, включающее:
- повышение износостойкости оборудования;
  - снижение нагрузок на оборудование.

Наряду с определением «модернизации» часто используют понятия «реконструкции», «технического перевооружения» сооружений, зданий или оборудования.

Реконструкцию можно трактовать как «переустройство существующих объектов основных средств, связанное с совершенствованием производства и повышением его технико-экономических показателей и осуществляемое по проекту реконструкции основных средств в целях увеличения производственных мощностей, улучшения качества и изменения номенклатуры продукции».

«К техническому перевооружению относится комплекс мероприятий по повышению технико-экономических показателей основных средств или их отдельных частей на основе внедрения передовой техники и технологии, механизации и автоматизации производства, модернизации и замены морально устаревшего и физически изношенного оборудования новым, более производительным»<sup>2</sup>.

Основным отличием реконструкции от технического перевооружения является ввод новых производственных площадей. Работы по техническому перевооружению включают установку оборудования в уже существующих помещениях предприятия и, при необходимости, перестройку (перепланировку)

---

<sup>2</sup> Налоговый кодекс Российской Федерации (часть вторая) от 05.08.2000 N 117-ФЗ (ред. от 28.12.2024) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.04.2025).

зданий, в случае нехватки места для монтажа оборудования. Для установки нового оборудования при реконструкции вводятся абсолютно новые площади [28].

Некоторые авторы [52, 31] в своих научных работах характеризуют понятие технического перевооружения как модернизацию отдельных производств в совокупности с внедрением нового оборудования, технологий, реструктуризацией производства, введением новых площадей, строительством.

Таким образом, техническое перевооружение и технологическая модернизация несколько отличаются друг от друга, но часто вышеупомянутые процессы используются вместе для достижения общей цели – повышения эффективности производства и конкурентоспособности предприятия.

Существуют и другие упоминания данных терминов в российском законодательстве, но главным отличием понятий «модернизация» и «реконструкция» является то, что в первом случае подразумевается совершенствование параметров техники и технологий для повышения качества производства, а во втором – структурное преобразование систем, в силу отсутствия возможности осуществления полной или частичной модернизации [86].

Модернизация промышленных предприятий на сегодняшний день опирается на третью индустриальную революцию, которая из-за масштабности и высокой скорости развития еще полностью не сформирована, а также на следующую за ней четвертую промышленную революцию [159, 146].

Технологическая модернизация на промышленном предприятии зачастую выполняет роль, связанную с обновлением основных фондов и расширением номенклатуры новой продукции. Потенциально существенный экономический эффект модернизации наблюдается при единовременном обновлении основных фондов и выпускаемой продукции. При производстве нового продукта обновление основных фондов неизбежно [101, 50]. Например, если в результате повышения комплексности использования минерального сырья в горном производстве увеличивается количество извлеченных полезных компонентов и

начинает производиться новая продукция, то неизбежно происходит модернизация производства.

Важной целью технологической модернизации на отечественных и зарубежных промышленных предприятиях выступает снижение эксплуатационных затрат, возможности их оптимизации в рамках формирования новых производственно-технологических цепочек, что особо актуально в рамках внедрения принципов бережливого производства, развития конкурентоспособности и обеспечения долгосрочной стабильности [146, 114].

Среди ключевых направлений технологической модернизации промышленных компаний выделяются:

- увеличение доли высокотехнологичных производств в средне- и долгосрочной перспективах;
- интенсификация использования цифровых систем;
- повышение объемов выпускаемой продукции;
- наращивание производственных мощностей;
- рост производительности труда, снижение материалоемкости и себестоимости производства;
- повышение качественных характеристик продукции;
- использование бережливых технологий при производстве;
- оптимизация организации производства, снижение непроизводственных простоев, повышение эффективности производственной логистики.

Рыночное окружение и необходимость поддержания конкурентоспособности, возможное влияние на экосистемы и локация предприятия во многом определяют целесообразность технологической модернизации промышленных предприятий, ее глубину и степень обновления [88, 54, 157].

В современных условиях модернизация производств может и должна быть связана с обеспечением устойчивого развития. Модернизация промышленности осуществляется в рамках формирующихся глобальных процессов в экономике,

связанных с формированием зеленой экономики, повсеместном создании замкнутых технологических циклов, учета фактора углеродоемкости производств [92].

Количество и характер мероприятий по модернизации определяются в зависимости от предметной или технологической специализации, а также от того, будет производство мелкосерийным, массовым (крупносерийным) или единичным.

Важным методическим направлением в рамках модернизации является использование стратегического планирования и проектирования программных мероприятий на основе ресурсных возможностей предприятия.

Стратегическое планирование позволяет определять конкретные долгосрочные цели, связанные с модернизацией, формировать научно обоснованное аналитическое обеспечение программ и проектов переоснащения производств посредством стратегического анализа. Также необходимо формировать сценарии развития предприятия в условиях развития программы модернизации, выбирать ключевые показатели эффективности и оценивать риски [53, 54].

Проектирование модернизации в общем виде можно представить следующим образом [114]:

- разработка технико-экономического обоснования технического перевооружения;
- разработка проектной и конструкторской документации;
- сводный сметный расчет;
- оформление технических требований на закупку и поставку оборудования;
- проект материально-технического обеспечения (логистики) мероприятий модернизации.

При проектировании технологической модернизации промышленных предприятий должны учитывать ряд следующих особенностей:

– во время проведения комплекса мероприятий по технико-технологическим изменениям на производстве возникает необходимость остановки, отключения, выведения основного оборудования, поэтому появляются внутрисменные простои, что приводит к снижению текущих показателей эффективности производства;

– внедрение комплекса мероприятий по модернизации влечет за собой большое количество рисков. Примерами таких рисков могут быть рост незапланированных расходов, задержка поставок и пусконаладочных работ, изменение цен на сырье, технологии и комплектующие и др.;

– положительный эффект от модернизации формируется постепенно, в течение определенного периода времени, который сопровождается возникновением дополнительных рисков. Важно обеспечивать перманентную оценку внешних и внутренних факторов, влияющих на работу промышленного предприятия;

– в рамках модернизации важно повышать квалификацию сотрудников, улучшать условия труда, а также, возможно, менять организационный регламент. В этой связи требуются дополнительные затраты на развитие кадрового потенциала, формирование обновленной системы промышленной безопасности, возможную реорганизацию служб и отделов.

Современные тенденции экономики диктуют необходимость использования цифровых технологий в промышленности, и горнодобывающими предприятиями, в частности. Реализацию мероприятий по автоматизации и цифровизации можно отнести к технологической модернизации производства [132].

Цифровизация промышленного производства представляет сложный процесс внедрения современных программных продуктов, заменяющих рутинные операции, которые выполняют руководители технологического и функционального уровней. Также осуществляется перевод на цифровые платформы, определяющие фундамент материально-технического обеспечения и всей операционной деятельности производственной цепочки, что влечет высокие риски возможных экономических потерь в случае сбоя [24, 14, 154].

Необходимость внедрения цифровых технологий возникает в силу ряда внешних и внутренних факторов. Например, для предприятий горнодобывающей промышленности важность цифровизации диктуется следующими объективными факторами:

- истощение доказанных запасов, увеличение доли трудноосваиваемых месторождений и рост объемов трудноизвлекаемых запасов;
- усложнение горнотехнических условий;
- повышенные требования к промышленной безопасности и соблюдению экологических стандартов;
- тенденции формирования безлюдных производств на промыслах, шахтах, рудниках;
- необходимость повышения скорости принятия решения и обмена информацией между удаленными промышленными объектами.

Важно отметить, что предприятия горной промышленности имеют дополнительные специфические риски, связанные с высокой неопределенностью геологоразведочных работ, ухудшением горно-геологических условий (вследствие, например, начала разработки более глубоких пластов), высокой опасностью ведения работ, особенно в подземных условиях труда (выделение шахтного метана, горные удары, горное давление, обводненность). В связи с этими факторами инвестиционные риски и риски здоровью работников высоки, а для обеспечения конкурентоспособности необходимо поддерживать высокий технологический уровень и постепенно осуществлять модернизацию производства и в ряде случаев инновационные преобразования [85, 145, 84].

Сложность осуществления модернизации на горнодобывающих предприятиях зачастую связана с тем, что большинство сооружений были построены в прошлом веке, по проектам советских времен. Вследствие чего необходимы существенные изменения и дополнения к технологическим проектам разработки, требующие значительных капитальных затрат и серьезной экспертизы [45].

Модернизация горнодобывающих производств может быть связана и с внедрением наилучших доступных технологий (НДТ), которые позволяют повысить экологическую и ресурсную эффективность, снизить выбросы вредных веществ [128, 127].

Структура процесса модернизации на примере возможных технологических преобразований в горнодобывающей промышленности представлена на рисунке 1.3.



Рисунок 1.3 – Структура процессов технологической модернизации на примере горнодобывающего предприятия [2]

В настоящее время технологическое развитие горнопромышленных компаний во многом связывают с масштабным использованием цифровых и роботизированных технологий, повышением уровня автоматизации производства, повышением эффективности использования карьерного и подземного транспорта [13, 16, 89, 116, 118].

Горные производства представляют собой потенциально опасные объекты, и поэтому, решая задачи промышленной безопасности, необходимо развитие цифровизации и робототехнических систем. Существуют резко увеличивающиеся потребности инвестирования в информационно-коммуникационные технологии и автоматизированные системы управления.

Из-за системообразующего характера предприятий горной промышленности успешно проведенная цифровая трансформация может поспособствовать технологическому развитию национального промышленного комплекса в целом и позволит раскрутить спираль развития смежных отраслей-поставщиков оборудования и электронных систем [90, 97]. Также цифровизация должна повышать корпоративную социальную ответственность компаний. Особенно это проявляется в части повышения использования безлюдных технологий, способствующих формированию технологического процесса без использования человека на опасных производствах.

Исследования, проведенные в области цифровизации горной промышленности, показывают пока недостаточную вовлеченность цифровых технологий в производственный процесс. Несмотря на это, многие отечественные минерально-сырьевые компании (ПАО «ФосАгро», ПАО «ГМК «Норильский никель», ПАО «Северсталь», ПАО «Полнос», ПАО «СИБУР Холдинг», ПАО «Газпром нефть», ПАО «ЛУКОЙЛ», ПАО «НК «Роснефть» и др.) прилагают существенные усилия по цифровизации своих производств. Примерами цифровизации в промышленности являются [73]:

- платформа SAP ERP;
- цифровые двойники;
- система промышленного Интернета вещей (Internet of Things, IoT);
- цифровые аналитические нейросети;
- цифровые модели-консультанты Data Science;
- цифровое инженерное ПО.

Например, создание автоматизированной системы позиционирования и связи для подземных горных работ позволяет отслеживать в реальном времени местонахождение персонала и подземных самоходных машин, с возможностью фиксации и построения истории перемещения.

Такие системы основаны на принципе фиксации факта перемещения персонала и самоходных машин, оснащенных персональными радиометками, через зоны контроля оборудования системы позиционирования на путях прохода (проезда), размещенных в горных выработках подземного рудника. В качестве датчиков позиционирования применяются элементы сетевой инфраструктуры автоматизированной системы диспетчеризации рудника, определяющие факт перемещения через зону контроля номерной персональной метки, ассоциированной с конкретным человеком или конкретной единицей подземной самоходной техники.

Внедрение таких систем позволяет увеличить производительность труда, снизить себестоимость конечной продукции, сократить время реагирования при выполнении ремонтов и внештатных ситуациях, повысить уровень безопасности труда.

Цифровизация трансформирует не только технологический процесс производства, но и бизнес-модели горнопромышленных предприятий [126].

Согласно ряду аналитических исследований, бизнес-процессы добычи сырья могут быть существенно модернизированы с помощью цифровых технологий. Использование их при разработке месторождений полезных ископаемых позволяет снизить капитальные расходы на 5–10 %, а эксплуатационные – на 40 %. Кроме того, на 20 % повышается коэффициент использования оборудования, увеличиваются производительность и экологическая безопасность. Стоит отметить также, что благодаря технологиям улучшаются условия труда и возрастает социальная ответственность бизнеса [89].

## **1.2 Аналитический обзор зарубежного опыта технологической модернизации горнодобывающего производства**

Модернизация промышленного производства разных стран зависит от расходов на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР), развития высокотехнологичных производств и становления новых отраслей.

Краткий обзор усилий различных стран по развитию высоких технологий и инновационной активности важен в части понимания политики технологических преобразований, что, в конечном счете, отражает потенциал модернизации промышленных производств ведущих и быстрорастущих национальных экономик.

В условиях стремительного технологического прогресса и развития инновационных тенденций компании увеличивают инвестиции в НИОКР, чтобы сохранить конкурентное преимущество. В Глобальном инновационном индексе (ГИИ) используются данные Объединенного исследовательского центра Европейской комиссии по инвестициям в промышленные НИОКР за 2023 год, которые отслеживают 2 500 крупнейших корпоративных инвесторов по расходам на НИОКР во всем мире, на долю которых приходится 90 % мировых инвестиций в НИОКР (рисунок 1.4).

В развитых странах государственная политика комплексной модернизации направлена на развитие прорывных технологий, включая автоматизацию и цифровизацию широкого спектра промышленного производства, в том числе активно модернизируется и горнодобывающая отрасль. Задачами научно-технической политики является разработка новых технологий во всех секторах экономики. Формируются отрасли на новой технологической базе, что способствует повышению уровня конкурентоспособности промышленности.

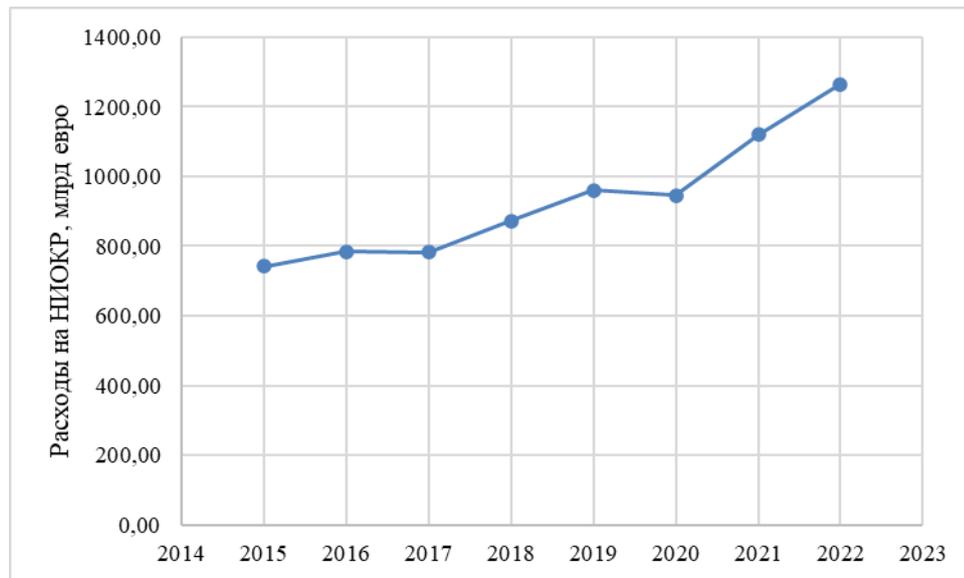


Рисунок 1.4 – Расходы на НИОКР 2500 крупнейших компаний, 2015-2022 гг. [215]

Американские компании сохраняют свое лидерство среди 2500 крупнейших компаний, инвестирующих средства на НИОКР (рисунок 1.5). Китай занимает второе место с 679 фирмами в числе ведущих и инвестициями в НИОКР. За ним следует ЕС, включающий 367 фирм из числа 2500 крупнейших компаний. Кроме того, японские компании после нескольких лет умеренного роста значительно ускорили свои инвестиции в НИОКР.

Цифровая экономика признана движущей силой роста бизнеса, трансформирует промышленность и секторы сбыта, играет ключевую роль в цепочке создания стоимости и формировании уникальных конкурентных преимуществ компаний. Правовая и нормативная база экономически развитых стран сопровождает продвижение программ модернизации и позволяет эффективно применять стандарты, закрепленные в национальных документах, программах и законах.

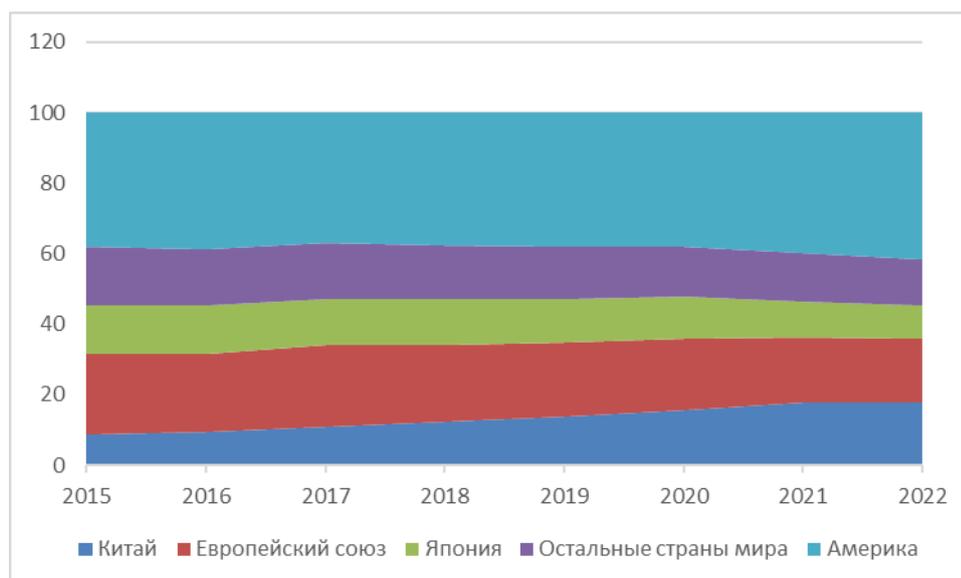


Рисунок 1.5 – Распределение инвестиций в НИОКР в мире по странам/регионам, 2015-2022 гг. [215]

Развивая новые отрасли, такие как робототехника, микроэлектроника, облачные технологии, искусственный интеллект и другие, страны с динамичной развивающейся экономикой внедряют их в реальное производство и сферу услуг, ускоряя цифровизацию промышленных секторов, а также активно ведется работа и над созданием стратегических вычислительных платформ и алгоритмов обработки больших данных (Big Date). Китай, Сингапур, Южная Корея и Дания – страны-лидеры по цифровизации национальной экономики. Также во многих странах проекты цифровизации направлены на услуги, которые предоставляет государственный сектор.

В свою очередь, в странах с растущей экономикой, подготовленных к индустриальной трансформации, наблюдаются недостаточность опыта, нехватка ресурсов, низкий уровень развития государственных институтов, отсутствие стандартов. Инновации, включая цифровые технологии, не всегда переходят в статус общепризнанных и не используются в достаточной степени повседневно.

Горнодобывающая промышленность трансформируется с учетом современных трендов цифровизации.

В горной промышленности наблюдаются тенденции, связанные с наращиванием добычи некоторых видов полезных ископаемых, рост потребности в которых будет расти. Важно отметить, что в современной экономике горнодобывающая промышленность, безусловно, является поставщиком сырья для традиционных секторов. Например, добыча горнохимического сырья критически важна для обеспечения продовольственной безопасности в глобальном масштабе. Объемы добычи минерального сырья для производства азотных, фосфатных и калийных удобрений будут только увеличиваться, что объясняется тенденциями увеличения народонаселения, сокращения пахотных земель и происходящих климатических изменений. Одновременно возникают потребности в росте добычи полезных ископаемых для так называемой зеленой экономики, например таких, как: литий, кобальт, никель, серебро, редкоземельные металлы, медь и другие. Такие виды металлов связаны с производством систем энергообеспечения на основе возобновляемых источников, выпуском электромобилей, электроники, развитием космических и ядерных технологий [214]. Можно предположить изменения в широте и глубине применения передовых доступных технологий и развития новых технологий, а также совершенствование организационно-управленческих моделей в горнодобывающей промышленности. Поэтому в первую очередь горнодобывающим корпорациям важно формировать направления технологического развития и осуществлять разного рода модернизационные мероприятия.

Использование передовых доступных технологий, также, как и технологических инноваций, в горнопромышленной компании играет ключевую роль в повышении производительности, разработке новых продуктов и услуг и устойчивых преимуществ компании [177, 216].

Ежегодный темп роста количества статей, опубликованных по горному делу, составляет 6,38 %, а число статей по внедрению передовых доступных технологий и инноваций для обеспечения устойчивости горнодобывающей деятельности составляет порядка 17,81 %. Данный факт указывает на то, что

исследования в горной промышленности, связанные с технологическими преобразованиями, активно развиваются [165].

Многие научные исследования анализируют инновации, технологии и устойчивость в горнодобывающем производстве с разных аспектов, таких как: модели принятия решений [168, 175], вопросы экономически устойчивого развития горнодобывающей и металлургической отраслей [197, 167], применение концепции жизненного цикла для анализа устойчивости компаний [186], тенденции и механизмы применения возобновляемых источников энергии (ВИЭ) для энергообеспечения и повышения устойчивости горнодобывающей компании [172], исследования технологий, направленных на добычу шахтного метана из угольных пластов [194], организационно-экономические барьеры, препятствующие внедрению передовых и перспективных технологий [195], роль передовых технологий в цепочке создания стоимости в горнодобывающей промышленности [205], прорывные инновации в сфере цифровизации процесса добычи полезных ископаемых [211], оценка уровня готовности заинтересованных сторон к внедрению современных технологий [162], управление отходами в горнодобывающей промышленности [166, 198], вопросы ресурсной безопасности [171], подходы к проектированию преобразований в горнодобывающей промышленности [174].

Анализируя источники зарубежных исследователей, можно отметить, что повышение эффективности производства в процессе добычи полезных ископаемых связано с рядом технологических достижений в части работы с большими объемами данных, которая позволяет ускорить обработку значительного объема информации о машинах, персонале, энергии и ресурсах в режиме реального времени [183]. Также на этапе добычи разрабатываются системы дистанционного мониторинга, например для характеристики геотехнических свойств местности [170].

Несмотря на то что, по оценкам компании McKinsey, цифровая трансформация горных предприятий обеспечивает рост производства на 13 % и снижение затрат до 15 %, ряд исследований показывают: только 6 из 10

проанализированных промышленных компаний мира имеют программы цифровой трансформации [90, 63].

Немецкие ученые L. Varnewold и В. Lottermoser анализируют внедрение цифровых технологий во всей цепочке создания стоимости в горнодобывающей промышленности [169]. На рисунке 1.6 недостаточная насыщенность цвета свидетельствует о том, что распространение цифровых технологий в горнодобывающей промышленности находится в целом на низком уровне. Многие из новых технологий еще не внедрены в горнодобывающей промышленности и на отдельных рудниках, о чем свидетельствует общее отсутствие внедрения цифровых технологий в горнодобывающем секторе.

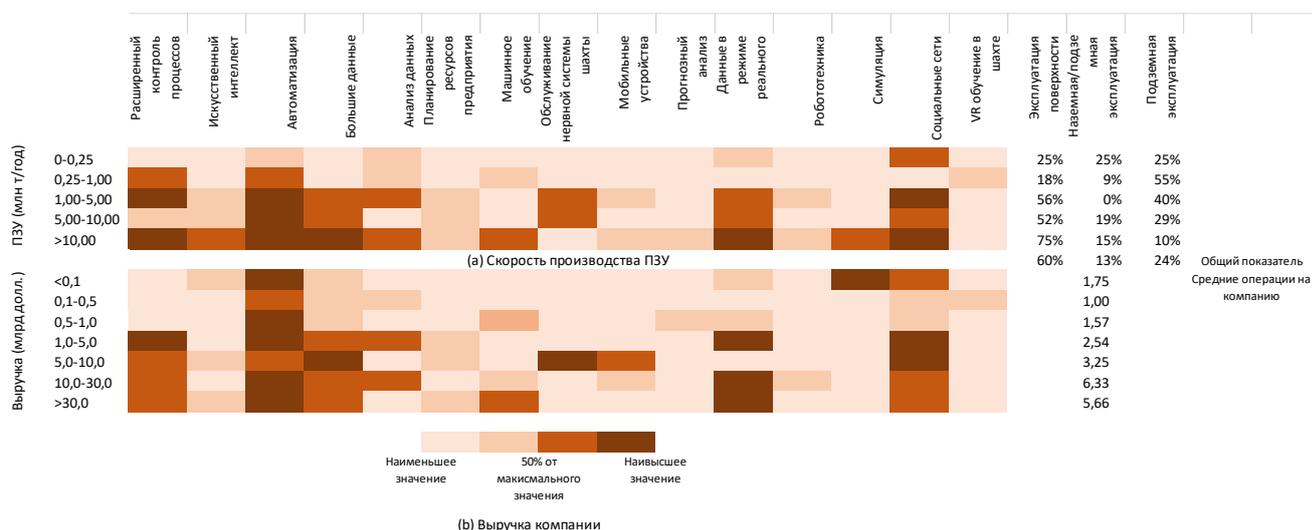


Рисунок 1.6 – Внедрение цифровых технологий в цепочке создания стоимости в горнодобывающей промышленности (большая насыщенность цвета свидетельствует о более активном внедрении цифровой технологии) [169]

Специалисты «Pricewaterhouse Coopers» также отмечают низкий технологический уровень горнодобывающих компаний по сравнению с предприятиями других отраслей [207]. Только в семи из сорока лидирующих горнодобывающих компаниях мира в структуре персонала есть директор по технологиям, цифровым технологиям и IoT [206].

Эксперты SAP выявляют сложности цифровизации горнодобывающих компаний: «В целом для горнодобывающей отрасли характерны нестабильные,

изменчивые рыночные условия, капиталоемкие активы и относительно реактивные операционные модели бизнеса» [212].

Тем не менее компании горнодобывающего сектора наращивают активность по внедрению новых технологий в процессы добычи, транспортировки и переработки полезных ископаемых. Технологическое развитие происходит не только за счет цифровизации и ввода в эксплуатацию новых машин и установок, но и путём дооснащения и модернизации действующего оборудования.

Технологическое развитие в горнодобывающей промышленности наблюдается во всех подотраслях (рисунок 1.7). Наиболее ощутимо технологическое развитие в геологоразведке (24,8 %) и переработке добываемого сырья (19,1 %) [184].

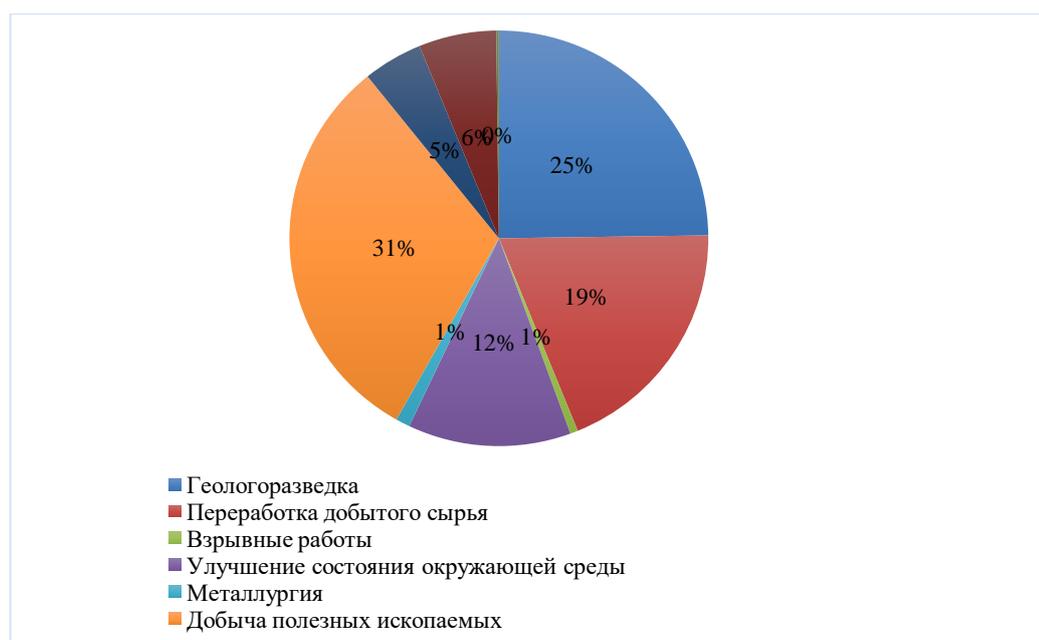


Рисунок 1.7 – Применение новых и передовых технологий в секторах минерально-сырьевого комплекса [200]

Рассмотрим ряд технико-экономических достижений горнодобывающих компаний в области технологической модернизации производств.

В 2018 году компания «Petra Diamonds» ввела в эксплуатацию централизованную взрывную систему (CBS) на основе электронного детонатора ГП, созданного компаниями «BME» и «AXXIS», на своем подземном руднике

«Cullinan» в Южной Африке. Эта технология позволяет проводить взрывные работы в подземных выработках с безопасной локацией на поверхности [119].

Бразильская горнодобывающая компания «Vale» использует имитационное моделирование для модернизации оборудования и сокращения расходов на месторождении Каражас в Бразилии. Менеджмент компании инвестировал почти 3,2 млн долларов США в модификацию валкового грохота. Уже через год использования нового оборудования эксплуатационные расходы сократились почти на 2,2 млн долларов США [213].

Чилийская национальная медная корпорация «Codelco» на одном из своих предприятий посредством модернизации дробилок увеличила коэффициент эксплуатационной готовности на 23 % (с 65 до 88 %) за счёт упрощения технического обслуживания, а средняя производительность оборудования выросла почти на 10 % (с 301 до 336 тонн в час) [135].

Золотодобывающая российская компания «Highland Gold» реализовала проект по обновлению оборудования золотоизвлекательной фабрики, действующей на базе рудника «Валунистый». За счёт технического перевооружения отделений сорбции и угольной десорбции, приемных и накопительных бункеров фабрики удалось на 20 % увеличить производительность оборудования [93].

В компании «Harmony Gold» при поиске оптимального варианта транспортировки добытой руды на руднике в Папуа-Новой Гвинее произвели модернизацию магистрального конвейера, который рассматривался в качестве альтернативы использования карьерных самосвалов. На руднике осуществлена модернизация, в результате которой коэффициент эксплуатационной готовности магистрального конвейера увеличился с 75,9 % (средний показатель за последние три месяца) до 95,1 %, т.е. на 19,2 % [115].

Помимо совершенствования традиционных технологий, компании активно внедряют элементы роботизации в горное дело. Примерами таких технологий являются автономные погрузочные самосвалы, беспилотные летательные аппараты и другая техника.

Эксперты Всемирного банка отмечают: «...горнодобывающая промышленность демонстрирует растущую тенденцию к использованию высоких технологий, например в Западной Австралии широко используются беспилотные грузовики на железорудных карьерах, а всё больше подземных горных работ выполняется удаленно» [189].

Автономные решения позволяют горнодобывающим компаниям повысить безопасность и производительность на шахтах, рудниках, карьерах и разрезах. Такие технологии автоматизируют операции по транспортировке и снижают риски возможных травм за счет минимизации количества персонала, работающего с горнодобывающим оборудованием.

«Caterpillar», мировой производитель строительной техники и оборудования, использует технологии «Cat MineStar Command» для транспортировки, чтобы компании в ходе производственного процесса могли перемещать большее количество породы и вспомогательных материалов с меньшим количеством людей на строительной площадке. Решение способствует повышению эффективности организации производства. Данную систему, по мнению специалистов, можно использовать для шахт и рудников любого размера, местоположения и сложности. По оценкам компании, технология уменьшает эксплуатационные расходы шахт и рудников на 20 % и повышает производительность на 30 %, а также снижает количество инцидентов, связанных с промышленной безопасностью, на 50 %. К апрелю 2020 года компания «Caterpillar» зафиксировала 2 миллиарда тонн грузов, перевезенных с помощью своей системы автономных грузовиков Command. Коммерчески запущенное в 2013 году решение позволило осуществить перевозку более 2,5 миллиарда тонн груза [173].

Группа компаний «Rio Tinto» является лидером по внедрению передовых роботизированных технологий в горнодобывающей промышленности. На подземном руднике Аргайл в Австралии компания использует автономные грузовые самосвалы, созданные различными исследовательскими центрами и научно-производственными организациями (Австралийский центр полевой

робототехники; ACFR, Sandvik Mining, Atlas Copco). Беспилотные автономные погрузочные машины управляются централизованной системой диспетчеризации и автоматически перемещаются к местам назначения с оптимальной скоростью, используя предварительно введенные GPS-треки [119].

Компании-лидеры горнодобывающей промышленности используют автономные самосвалы, для работы они используют облачные системы и частоты связи 5G.

Помимо использования технологий роботизации и облачных данных, мировые лидеры горной добычи продвигают технологии искусственного интеллекта (ИИ), Интернета вещей (Internet of Things, IoT), виртуальной (Virtual reality, VR) и дополненной реальности (Augmented reality, AR), блокчейна (blockchain), а также кибербезопасности и больших массивов данных (Big Date) в процессы добычи полезных ископаемых.

Прогнозируется, что в 2025 году три четверти мировой горнодобывающей промышленности будут внедрять технологии кибербезопасности активов. По прогнозам, к тому времени уровень внедрения других интеллектуальных технологий горнодобывающей промышленности, таких как подключенные работники и удаленные операционные центры, достигнет 50 % (рисунок 1.8).

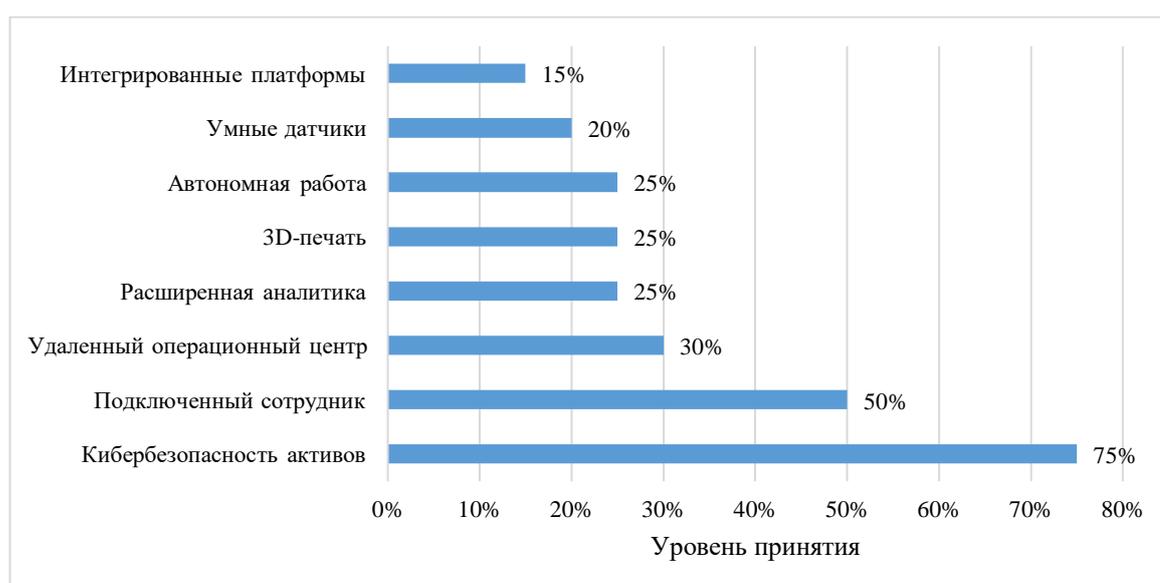


Рисунок 1.8 – Прогнозируемый уровень внедрения отдельных технологий в горнодобывающей промышленности во всем мире в 2025 году [199]

На рисунке 1.9 представлена аналитика российских компаний, которые уже внедряют цифровизацию в своих бизнес-процессах [188].



Рисунок 1.9 – Цифровые технологии, используемые компаниями в России [176]

Наряду с достижениями в технологическом развитии горнодобывающего сектора, существуют организационно-экономические барьеры внедрения передовых технологий, которые препятствуют процессу модернизации. Выявление факторов, препятствующих и способствующих внедрению технологий, поможет ускорить процесс модернизации при одновременном достижении целей экономического развития.

Исследователи А. Ediriweera, А. Wiewiora на примере австралийской горнодобывающей промышленности выявили барьеры и факторы, препятствующие и способствующие осуществлению модернизации и внедрению инновационных технологий [179]. В частности, авторами отмечается недостаточное взаимодействие со стейкхолдерами. Также существует высокая неопределенность в части подтверждаемости запасов минерального сырья и отмечается волатильный характер рыночной среды, что представляется ключевыми препятствиями для интенсивного технологического развития. Кроме того, к барьерам технологической модернизации относится высокий риск, связанный с использованием неапробированных технологий и систем, в силу уникальности значительного количества минерально-сырьевых объектов.

К факторам, способствующим внедрению технологий, авторы относят культуру обучения и повышение квалификации персонала, обмен новыми знаниями и вовлечение в процесс экспертизы горных проектов и их реализации внешних заинтересованных сторон.

Барьеры на пути технологической модернизации производства представлены на рисунке 1.10.



Рисунок 1.10 – Барьеры на пути технологического развития

Источник: составлено автором.

Барьеры, препятствующие внедрению передовых и новых технологий, представляется возможным разбить на три группы: технологические, организационно-управленческие и экологические.

Технологические барьеры могут быть связаны со слабой тиражируемостью известных технологий к текущим производственным процессам. В горной отрасли технологические решения зачастую уникальны, и, соответственно,

комплекс мероприятий по модернизации может быть неординарным, требующим серьезных инвестиций в НИОКР. [182].

Ряд факторов, такие как: размер компании (например, малая или средняя компания с ограниченными финансовыми и организационными ресурсами), недостаточная подготовка руководство к возможным рискам, непрозрачность взаимоотношений между стейкхолдерами, отсутствие организационной готовности компании к преобразованиям и крупным проектам, дефицит высококвалифицированных кадров и недостаточно развитый процесс передачи знаний – относятся к организационным барьерам на пути модернизации производств промышленных компаний [193, 204].

Размер компании целесообразно обозначить как существенное организационное препятствие для осуществления серьезных мероприятий по модернизации. При этом есть ряд положительных аспектов в области внедрения и продвижения технологических преобразований, связанных, например, с малыми компаниями. В источнике [204] автор обосновывает, что небольшие организации более эффективно могут осуществлять технологическое развитие благодаря своей гибкой структуре и возможности быстрого реагирования на волатильность рынка. В то время как Р. Mohnen [202] отмечает, что модернизация и инновационная деятельность имеют больше перспектив в крупных компаниях, поскольку они имеют значительный потенциал организационных, финансовых и человеческих ресурсов.

К организационно-управленческим факторам, влияющим на модернизацию горнодобывающей отрасли, можно отнести и эффективность использования того или иного типа организационной структуры управления. Гибкие структуры способствуют интенсивному внедрению технологических преобразований [210].

Восприятие риска является еще одним препятствием для внедрения новых технологий [193], поскольку если менеджмент компаний является консервативным и старается минимизировать риски, то новые технологии внедряются, как правило, с невысокой степенью интенсивности из-за неопределенности экономических результатов.

Таким образом, на основе исследований зарубежных ученых по проблеме автором настоящего диссертационного исследования выделены факторы, оказывающие положительное и негативное влияние на развитие программ технологической модернизации, на примере крупных и малых горнодобывающих компаний (рисунок 1.11).



Рисунок 1.11 – Позитивное и негативное влияние на процессы модернизации в разрезе крупных и малых горнопромышленных компаний

Составлено автором.

Финансовые аспекты могут выступать барьером модернизации производств, поскольку внедрение передовых доступных технологий, а также новых, возможно, уникальных технологий требует значительных инвестиционных затрат [192]. Уникальные технологии связаны не только с затратами на их приобретение

и пусконаладочные работы. Также возникают затраты на проектирование, включая инжиниринговые услуги. Для горнодобывающих компаний – это серьезный вызов, поскольку значительная часть проектов модернизации являются капиталоемкими, со значительной степенью геолого-технических и экономических рисков [181].

Необходимость соблюдения стандартов по охране окружающей среды способствует развитию на горнодобывающих предприятиях программ эколого-технологической модернизации. В современных глобальных тенденциях борьбы с климатическими изменениями возникают проблемы и с необходимостью учета климатического фактора. Многие компании провозглашают свои цели в области устойчивого развития, где во главу угла ставятся задачи снижения энергоемкости, отходоемкости и углеродоемкости производств. [160, 163, 180, 196, 209].

Так многие горные компании внедряют системы энергообеспечения на основе возобновляемых источников энергии. При этом объем финансирования, выделяемого на чистую энергетику во всем мире, стремительно растет в течение последних двух десятилетий. В 2004 году инвестиции в чистую энергетику составили 32 миллиарда долларов США и увеличились до пика в 495 миллиардов долларов США в 2022 году (рисунок 1.12).

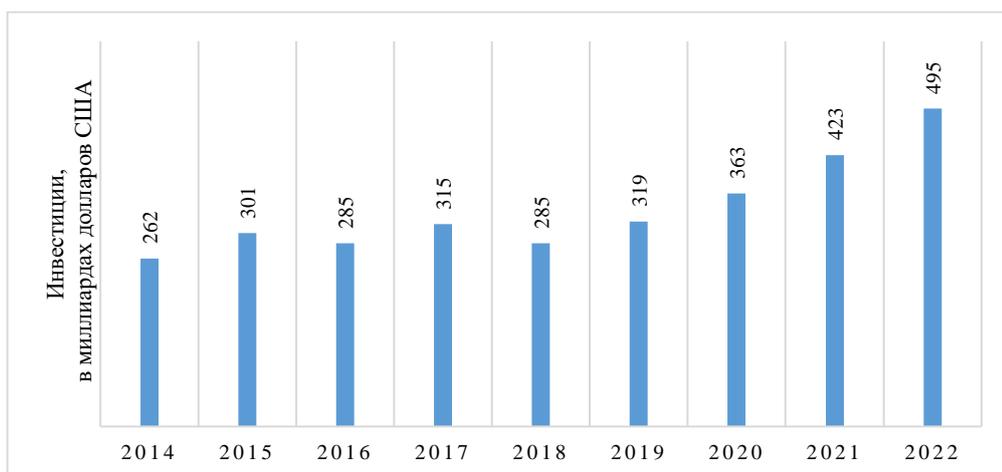


Рисунок 1.12 – Инвестиции в возобновляемые источники энергии во всем мире

[203]

Политическая поддержка возобновляемых источников, ускорение развития отрасли и появление публичных компаний, владеющих активами в области возобновляемых источников энергии, привели к устойчивому росту инвестиций в чистую энергетику. Страной с самыми высокими инвестициями в возобновляемые источники энергии является Китай, инвестиции которого в 2022 году составили 274 миллиарда долларов США.

По исследованиям авторов [179], 60,9 %, 30,9 % и 8,2 % инноваций в горнодобывающем секторе влияют на соответственно экологическую, экономическую и социальную сферы деятельности компаний. Решение природоохранных задач становится наиболее актуальным на стадии эксплуатации и, особенно, при переходе к завершающему этапу разработки месторождения. Экономика разработки месторождений связана с пересмотром технологических регламентов и проектных решений в процессе освоения запасов; как правило, на завершающем этапе требуются дополнительные капитальные вложения на модернизацию, поскольку с изменением горно-геологических условий снижается содержание ценных компонентов и промышленных кондиций. В то же время усиливается значимость экологического фактора, который связан с увеличением площадей отвалообразования и хвостохранилищ, необходимостью рекультивации ландшафтов, ростом энергоемкости и, как следствие, увеличением атмосферных загрязнений.

По мере перехода к этапу падающей добычи во многих горнодобывающих регионах наблюдается рост возникающих социальных вопросов, связанных, прежде всего, с объективно необходимым сокращением персонала и формированием социальных программ, обеспечивающих возможность переезда подлежащих увольнению сотрудников в другие регионы.

Промышленная безопасность и экологические аспекты являются важными факторами, стимулирующими горнопромышленные предприятия к модернизации. Например, открытая добыча полезных ископаемых оказывает всё более значительное воздействие на ландшафт и атмосферные выбросы, продолжают происходить несчастные случаи на горных работах, с последствиями для жизни

людей. Следовательно, технологическая модернизация, направленная на экологически-ориентированное производство и безопасность, должна развиваться ускоренными темпами. В целом, можно отметить, что модернизация связана с обеспечением устойчивого развития горнопромышленного сектора. Цели устойчивого развития будут определять важные направления исследований в этой области.

Горнодобывающая промышленность двигается в ранее недоступные регионы и начинает работать с трудноосваиваемыми сырьевыми объектами. Арктика и арктические пустыни, шельф, глубокозалегающие месторождения полезных ископаемых – это те регионы и объекты, где научно-технологический прогресс позволяет обосновывать возможный экономический эффект освоения месторождений [47].

Будущие направления исследований могут быть связаны с разработкой специфических для горнодобывающего сектора показателей обеспечения экономической эффективности и одновременно устойчивости посредством модернизации. Эти индикаторы должны служить для оценки эффективности достижения целей устойчивого развития; также для руководства компаний появляется возможность результативно оценивать мероприятия тактического и стратегического характера, программы модернизации и инновационных преобразований.

Таким образом, важнейшими для зарубежных стран реперными точками технологической модернизации в горнодобывающей промышленности являются мировые тенденции по снижению негативного воздействия на окружающую среду, согласно целям устойчивого развития; повсеместное внедрение цифровых технологий, включая роботизацию и интеллектуализацию технологических и управляющих систем; высокие требования к безопасности персонала; необходимость организационных преобразований. Такие тенденции характерны, безусловно, и в рамках экономического развития отечественной горнодобывающей промышленности.

### 1.3 Проблемы оценки эффективности в рамках моделей технологической модернизации горнодобывающего производства

При реализации программ модернизации можно получить разнообразные эффекты: отраслевые, экономические, социальные, экологические и другие. Их характеристика приведена на рисунке 1.13.

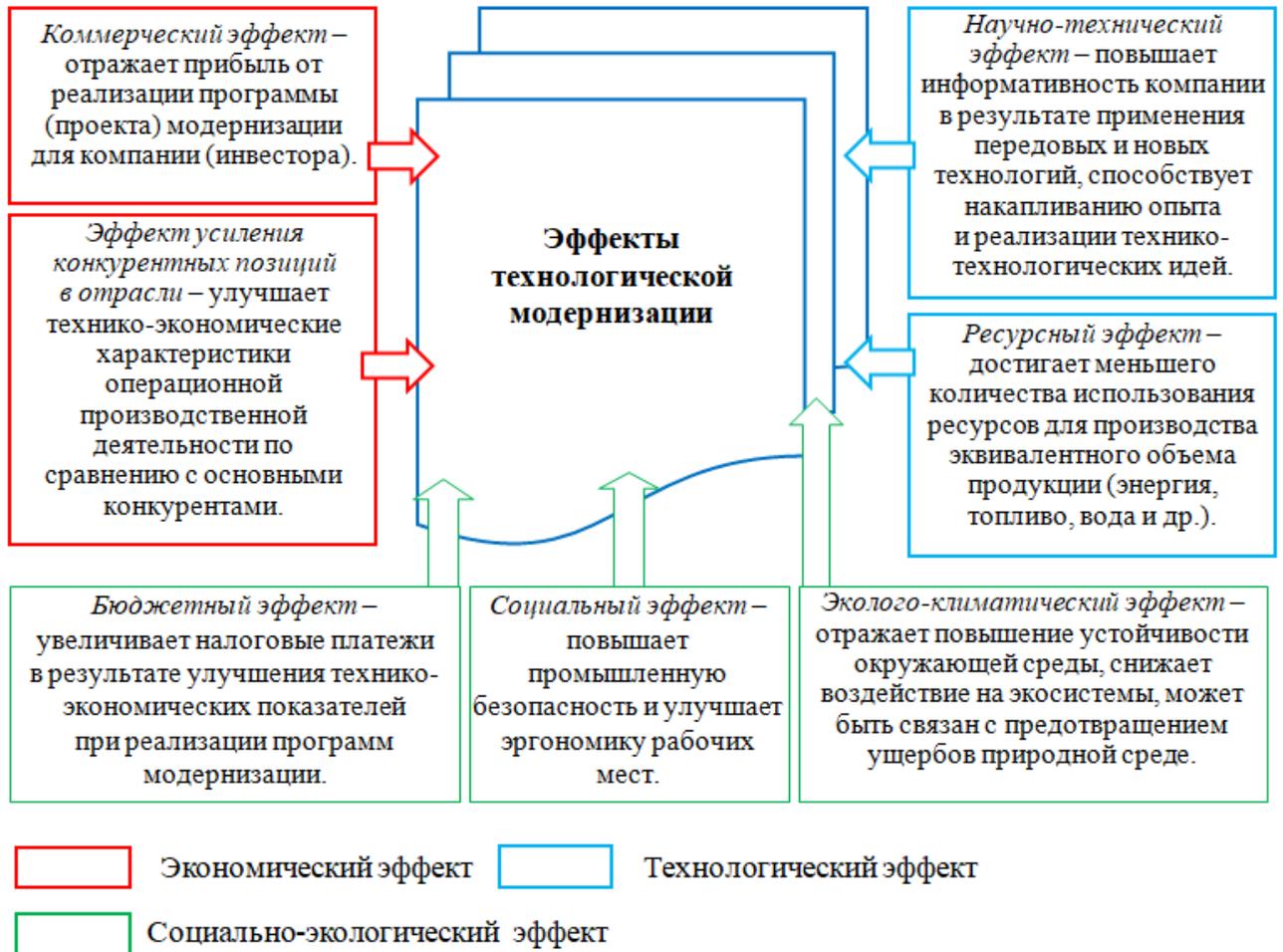


Рисунок 1.13 – Виды эффектов технологической модернизации [8]

В условиях современных тенденций развития мировой экономики экономические эффекты технологической модернизации промышленности, безусловно, видятся определяющими, но не являются единственными целями проектов модернизации. Особую значимость приобретают социальные, эколого-климатические и научно-технические эффекты; при этом количественная оценка

такого рода эффектов требует использования большего объема информации, часто выражается экспертными методами с применением не только количественной, но и качественной оценки.

Программы модернизации в горнодобывающем секторе направлены и на поддержание конкурентоспособности и устойчивости в рамках высокой волатильности рынков минерального сырья и постоянного развития научно-технического прогресса. Глубина модернизации определяет во многом их типологию, где значимость различных эффектов может изменяться.

Целесообразно выделять организационно-технологические условия для реализации программ технологической модернизации горнодобывающих предприятий, которые важно учитывать при оценке ее эффективности:

- нелинейность процесса технологического развития и скачкообразные во времени технологические изменения при определенной закономерности непрерывного роста научно-технического прогресса, происходящие в сфере добычи минерального сырья;

- наличие организационного и управленческого потенциала, который способствует осуществлению преобразований, в том числе радикальных изменений с использованием цифровых технологий;

- способность адаптировать структурно-функциональные свойства системы управления промышленным предприятием в зависимости от этапа жизненного цикла технологии или продукта, производимого из добываемого сырья.

Оценка эффективности программ модернизации может осуществляться с использованием классических показателей. Однако в каждом конкретном случае необходимо учитывать факторы воздействия на промышленное предприятие, которые позволят выявить специфику преобразований. Также нельзя не учитывать зачастую инновационный характер технологической модернизации. Ключевые принципы модернизации в контексте оценки ее эффективности можно обозначить как следующие:

- целеориентированность – данный принцип понимается как возможное изменение миссии, формулировка непротиворечивых целей и задач, получение

целевых результатов, которые могут быть количественно измерены и связаны с укреплением конкурентоспособности, устойчивости бизнеса;

- динамичность ресурсного развития – позволит способствовать достижению новых результатов в повышении эффективности использования ресурсов и энергии;

- комплексность – это охват функционала, связанного с организационно-технологическим развитием, а также обязательный учет при оценке эффективности социальных и природоохранных и климатических аспектов;

- релевантность показателей – выбор показателей, актуальных в условиях современных трендов модернизации горнодобывающей промышленности, четко отражающих оценку результатов;

- прозрачность технико-экономического результата – способность определить долю вклада конкретной программы (проекта) модернизации в повышение общей экономической эффективности производственно-хозяйственной деятельности промышленного предприятия;

- необратимость процессов – невысокая вариативность возможностей возвращения производственной системы в исходное состояние с учетом кратного роста затрат при возвращении производственной системы в исходное состояние.

Экономическое развитие на основе технологической модернизации может потребовать изменений в бизнес-процессах, и это важный фактор обеспечения сбалансированности функционирования промышленных предприятий в среднесрочных и долгосрочных периодах [61, 185]. Необходимо отметить, что оценка уровня и глубины технологической модернизации, а также ее экономической эффективности представляется весьма сложной задачей, при решении которой используется обширный методологический инструментарий.

В таблице 1.2 предложены основные этапы, направленные на оценку эффективности модернизации производства.

Таблица 1.2 – Последовательность оценки эффективности модернизации промышленного предприятия [8]

Этап	Методы	Цели
Первичный анализ	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Наблюдение;</li> <li>– метод контент-анализа;</li> <li>– опросы и интервью;</li> <li>– литературный обзор;</li> <li>– исследование правовых и нормативных документов;</li> <li>– анализ корпоративных регламентов и документов.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Обобщить собранную информацию и провести ее структуризацию для последующего анализа и формирования необходимых показателей, в целом позволяющих оценить результативность модернизации.</li> </ul>
Аналитическая обработка информации	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Сравнительный анализ;</li> <li>– стратегический анализ;</li> <li>– структурный анализ;</li> <li>– факторный анализ;</li> <li>– параметрический анализ;</li> <li>– применение абсолютных и относительных показателей, их группировка, определение средних величин.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Исследовать потенциал модернизации промышленной компании на основе выделения и структурирования факторов влияния;</li> <li>– определить степень влияния факторов макро- и микросреды на деятельность предприятий и определить перечень показателей, возможных для использования;</li> <li>– построить корреляционные зависимости влияния выбранного перечня показателей на результаты;</li> <li>– определить релевантные статистические и динамические показатели, необходимые для оценки мероприятий по технологической модернизации.</li> </ul>
Оценка эффективности модернизации	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Методы оценки инвестиционных и инновационных проектов;</li> <li>– экономико-математические модели;</li> <li>– экспертные методы.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Выбрать конкретные программы и проекты технологической модернизации;</li> <li>– выбрать методы и инструменты оценки и уточнить критерии эффективности.</li> <li>– проанализировать результаты экономической оценки и провести анализ рисков возможных изменений эффективности в зависимости от степени влияния важнейших факторов внешней и внутренней экономической среды;</li> <li>– выполнить оценку потенциала развития за счет проектов модернизации производства.</li> </ul>

А.А. Смирнов и И.В. Никитин провели исследования особенностей технологической модернизации на горных предприятиях с подземным способом добычи руды. Исследователи рассматривают модернизацию горных предприятий как переходный процесс (переход от одного стабильного состояния к другому) [130]. Такой процесс на первоначальном этапе сопровождается снижением доходности предприятия из-за уменьшения производительности (за счет сокращения готовых к выемке горных площадей), а также резкого увеличения капитальных затрат. Это связано с разведкой и разработкой новых участков

месторождения. Классификация переходных процессов представлена в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Классификация видов переходного процесса

Вид переходного процесса	Характеристика переходного процесса
Пространственный	Переход внутри месторождения (например, переход на новый этаж, в пределах одного этажа, переход от одного участка (или рудного тела) к другому)
Технологический	Переход к другой технологии добычи (например, от разработки методом обрушения к методам закладки)
Функциональный	Переход на новый тип механизации, автоматизации производства (например, переход на новые высокотехнологичные виды машин, дистанционное и роботизированное управление горной техникой)

Источник: составлено автором с использованием [115].

Можно предположить, что рост первоначальных переходных капитальных затрат будет компенсирован впоследствии. Тем не менее, необходимо отметить, что ухудшение горно-геологических условий и углубление разработки месторождений являются фундаментальной проблемой для горнодобывающих предприятий. Эти проблемы требуется решать кардинальным образом – за счет новых технологий и техники, повышения уровня организации работ.

Программы модернизации подвержены влиянию не только внутренних, но и внешних факторов, таких, например, как: деятельность поставщиков и конкурентов, правительства и тенденции научно-технического прогресса. Тем самым, в алгоритме оценки эффективности модернизации определяются роль и степень влияния совокупности факторов макро-, мезо- и микроокружения внешней среды, а также внутренней среды. Влияние факторов будет отражаться в выборе конкретных показателей для оценки эффективности, что необходимо учитывать при разработке и осуществлении соответствующих программ модернизации предприятий.

Как уже отмечалось, программы модернизации горнодобывающего сектора, особенно крупномасштабные инвестиционные проекты, должны учитывать интересы стейкхолдеров. Этот аспект подтверждается в ряде исследований.

В частности, авторы Т.В. Пономаренко и др. [117] отмечают, что проекты в горнодобывающей отрасли связаны с трудностями в принятии сложных и уникальных технико-технологических решений, высокими капитальными вложениями и длительными сроками реализации и окупаемости, тесной взаимосвязью процессов организации производства и конечной эффективностью, возникновением большого спектра специфических рисков и неопределенностей влияния различных внешних и внутренних факторов. Исходя из данных утверждений, авторы Т.В. Пономаренко и др. предлагают свой подход к последовательности экономической оценки инвестиционного проекта в горнодобывающем секторе:

1. Определение и анализ совокупности факторов (экономических, технологических, институциональных), влияющих на проект в настоящее время, а также в будущем;
2. Выявление важнейших стейкхолдеров и определение их интересов в проекте;
3. Развитие вариантов создания цепочек добавленной стоимости и формирование программ (проектов) на их основе;
4. Определение эффектов для основных заинтересованных лиц;
5. Выбор наиболее выгодного варианта реализации программы;
6. Выбор окончательного варианта реализации программы с учетом бюджетных и социальных аспектов;
7. Разработка механизма и инструментария реализации инвестиционной программы.

Данная последовательность выглядит универсальной и может подходить для оценки проектов по технологической модернизации.

Для определения экономической эффективности модернизации, безусловно, необходимо анализировать способность новых технологий приносить прибыль, с одновременным обеспечением надёжности и повышением конкурентоспособности предприятия [40].

О.С. Сухарев отмечает важность влияния новых технологий на себестоимость и конечный экономический результат деятельности предприятия [133]. Освоение новой продукции также является результатом проведения мероприятий модернизации. В свою очередь, эти результаты оказывают влияние на объем продаж, повышение качества труда и прочее.

Как уже отмечалось, глубина модернизации, уровень кардинальности технологических и организационных изменений также влияют на способы оценки эффективности модернизации.

М.Р. Галиахметова и А.А. Русинова выделяют оптимизационную, имитационную, операционную, временную и функциональную модели технологической модернизации промышленных предприятий [31].

В настоящем исследовании представлена усовершенствованная типология дескриптивных моделей технологической модернизации (таблица 1.4).

Предлагается выделить и обосновать существование четырех концептуальных моделей, таких как: оптимизационная, адаптивная, поддерживающая, прогрессивная – которые отличаются друг от друга на основе выделенных критериев. В качестве критериев выделены возможные стратегии, целевые задачи модернизации, организационный подход к управлению, технико-технологическая направленность, инновационный фактор, аспекты, связанные с эффективностью.

Программы и проекты модернизации определяют возможные стратегические ориентиры и видение долгосрочного развития.

Таблица 1.4 – Модели технического перевооружения. Источник: составлено автором.

Тип модели	Возможные стратегии	Укрупнённые целевые задачи	Организационный подход к управлению	Технико-технологические фокусы	Инновационный фактор	Основные подходы к оценке эффективности
Оптимизационная	Стратегии поддержания и роста конкурентоспособности с одновременной оптимизацией эксплуатационных затрат. Поиск существующего высокотехнологичного оборудования на рынке.	Сбалансированность развития организационно-управленческих и производственно-технологических систем Обеспечение долгосрочной экономической устойчивости за счет технологических изменений.	Функциональный подход – предметные департаменты и эффективное взаимодействие между ними. Возможно использование процессных и проектных подходов.	Замена оборудования и использование новых технологий при нахождении оптимального соотношения между ценой – производительностью – качеством.	Существует инновационный потенциал, умеренная инновационная активность.	Уделять особое внимание эксплуатационным затратам и показателям производительности. Минимизировать инвестиционные затраты. Учитывать социально-экологические аспекты.
Адаптивная	Пошаговое стратегическое развитие за счет использования уже существующих технологических достижений, ориентация на лучшие используемые технологии.	Обеспечение экономической устойчивости за счет ориентации на конкурента и высокотехнологичного производителя.	Функциональный подход: маркетинговые службы, сметно-экономические отделы – мониторинг предложения на рынке и работы конкурентов.	Технологическое обновление на уровне локальных конкурентов	Отсутствует инновационная активность, имеется возможность развития инновационного потенциала, посредством накопленного опыта использования техники и технологий.	Фокус на качественном маркетинговом анализе для формирования большой информационной базы по технико-экономическим характеристикам уже используемого оборудования.
Поддерживающая	Стратегия ограниченного роста или поддержание объемов производства.	Замена физически изношенной техники на аналогичное оборудование. Поддержание текущей работоспособности предприятия.	Линейно-функциональный подход – развитие закупочных служб.	Выбор дешевого и простого в эксплуатации оборудования, апробированного и давно использующегося.	Полностью отсутствуют инновационная активность и инновационный потенциал.	Минимизация эксплуатационных затрат, снижение числа ремонтных циклов.
Прогрессивная	Формирование стратегии ускоренного технологического развития – использование лучших образцов техники, оборудования, инженерных решений, стремление к лидерству в своей отрасли.	Развитие и формирование новых конкурентных преимуществ. Обеспечение стратегической устойчивости бизнеса. Развитие собственных научно-исследовательских подразделений.	Проектный и матричный подходы, активное использование кадрового и творческого потенциала компании.	Передовые доступные технологии и оборудование. Развитие автоматизации, цифровизации, компьютерного моделирования, роботизации.	Высокая инновационная активность и реализация инновационного потенциала.	Оценка экономической эффективности инновационных проектов с максимальным использованием моделей учета рисков, реверсивных и бинарных моделей. Учет социальной и экологической эффективности.

Критерий укрупненных целевых задач отражает долгосрочные цели технологической модернизации, связанные с повышением устойчивости бизнеса, развитием его конкурентных преимуществ, поддержанием стабильности работы предприятия.

Вопросы совершенствования технологических производственных цепочек связаны с гибкостью и оперативностью принятия управленческих решений. Данный факт подчеркивает необходимость использования действенной организационной модели предприятия, осуществляющего модернизацию. Системы, основанные на использовании творческого потенциала и вовлечении сотрудников в процесс реализации проектов модернизации, необходимы в условиях активной инновационной и рационализаторской деятельности. В случаях меньшей инновационной активности менеджменту компании целесообразно использовать иерархические организационные модели с частичным использованием проектных подходов.

Технологическая модернизация включает преобразования, направленные на обновление и замену оборудования, использование информационных систем, автоматизацию производства, внедрение робототехнических средств и др. Важно понять технологический фокус преобразований в рамках предложенных концептуальных моделей. Поэтому данный критерий отражен в представленной таблице.

Модернизация связана с инновационными преобразованиями, поэтому в рамках концептуальных моделей важно определять инновационную активность предприятия и ее инновационный потенциал. Инновационная активность связана с уровнем (скоростью) разработки и внедрения новой техники и технологий в рамках самой компании. В то время как инновационный потенциал можно оценить как способность и готовность горнодобывающей компании осуществлять модернизацию и техническое перевооружение. Отчасти инновационный потенциал связан и с потенциалом модернизации.

Подходы к оценке эффектов и эффективности проектов технологической модернизации в горнодобывающих компаниях разнообразны, и здесь не могут

использоваться только классические методы экономической оценки инвестиционных проектов. Очень часто необходимо применять экспертные методы или бенчмаркинг, который направлен на сопоставление лучших достигнутых результатов при использовании аналогичных технологий в других компаниях или подразделениях крупного холдинга. При оценке эффективности необходимо учитывать неопределённости и риски, волатильность цен на минеральное сырьё поэтому при значительных технологических преобразованиях при оценке программ или проектов технологической модернизации целесообразно применять подходы, которые используют разные ставки дисконтирования для притоков и оттоков денежных средств или в рамках временного периода реализации проекта.

Кроме того, в рамках подходов к эффективности важно говорить и потенциале реализации программ или проектов технологической модернизации. При оценке потенциала технологической модернизации в добыче минерального сырья целесообразно руководствоваться следующими принципами:

1. *Потенциал разносторонней эффективности.* Оценка потенциала модернизации должна учитывать, насколько новые технологии и методы могут повысить эффективность добычи руды, улучшить производительность техники и персонала. Эффективность часто сопряжена со снижением операционных затрат, топливоемкости и энергопотребления. Улучшение качества первичного передела в рамках обогащения и сокращение отходов горнодобывающего производства также связаны с эффективностью;

2. *Возможности безопасности.* Технологическая модернизация должна способствовать повышению безопасности работников и окружающей среды. Оценка потенциала модернизации горнодобывающего производства должна включать анализ новых технологий, которые могут улучшить условия труда, снизить риск аварий и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду;

3. *Возможности по обеспечению устойчивости.* Одним из важных критериев оценки потенциала модернизации является его способность сделать

горнодобывающую отрасль более устойчивой. Это может включать использование более эффективных источников энергии, вопросы управления водными ресурсами, снижение выбросов парниковых газов, а также различных загрязняющих веществ. Кроме того, важно понимать уровень повышения социальной ответственности горной компании по отношению к своим работникам и региональному социуму;

4. *Новаторство* представляется многоаспектным понятием, однако предлагается выделить, прежде всего, качество управления и компетенции персонала, а также открытость внутренней среды компании к осуществлению преобразований. Инфраструктура крупной горнодобывающей компании и ее способность не только создавать инновации, но и внедрять их в производственный процесс также является признаком высокого уровня инновационного потенциала.

Концепция и методика оценки потенциала технологической модернизации более подробно будут рассмотрены в главе 2 (раздел 2.3) и главе 3 (раздел 3.3).

Как уже отмечалось, большое внимание в рамках технологической модернизации на современном этапе экономического развития горнодобывающих производств придается автоматизации и масштабному использованию цифровых технологий. Цифровые технологии наиболее свойственны «прогрессивной» модели модернизации. Хотя и при других моделях отдельные элементы производственной системы могут развиваться с использованием цифровых решений.

Результат внедрения цифровых проектов может быть разнообразен и во многом связан с повышением операционной эффективности и обеспечением промышленной безопасности [149]. В таблице 1.5 представлены примеры цифровых решений на стадии добычи полезного ископаемого и возможные эффекты.

Уделяя значительное внимание проблемам промышленной безопасности, важно отметить цифровые решения в области диспетчеризации, которые помогают оперативно отследить местоположение работников и техники

в нештатных ситуациях.

Таблица 1.5 – Примеры цифровых проектов на стадии добычи и возможные эффекты

Примеры цифровых решений	Особенности результатов цифровых решений	Возможные эффекты
Диспетчеризация в подземном руднике	<p>Обеспечивает весь необходимый объем информации о работе технико-технологических систем и оборудования, также отслеживает передвижение подземных рабочих, что особенно важно в случае чрезвычайных ситуаций.</p> <p>Система в режиме реального времени осуществляет отправку данных на единый диспетчерский пульт.</p>	<p>Отслеживание движения техники и снижение ущерба от поломок техники и непроизводительных простоев. Предотвращение экономических материальных ущербов от гибели людей и возможного причинения вреда здоровью в нештатных ситуациях.</p>
Машинный контроль с искусственным интеллектом, для транспортировки	<p>Сопоставляет фактические показатели наполняемости погрузочно-доставочных машин с нормативно-рекомендуемыми.</p> <p>Такая система также дает рекомендации обслуживающему персоналу по оптимальному уровню загрузки горной массы, минимизирующему в том числе и потери.</p>	<p>Снижаются потери руды.</p>
Развитие системы связи на подземных рудниках	<p>Обеспечивает более надежные коммуникации как в пределах системы горных выработок, так и со службами, находящимися на поверхности.</p>	<p>Предотвращение материальных ущербов от гибели людей и возможного причинения вреда здоровью в нештатных ситуациях.</p>
3D-проектирование технического перевооружения	<p>Учитывает фактическое положение строительных конструкций, технологического оборудования.</p> <p>Позволяет минимизировать количество неучтенных проектами работ. Определяет объемы демонтируемых работ и конструкций.</p> <p>Позволяет минимизировать количество выездов на объект, что снижает риски получения травм на опасных производствах.</p>	<p>Снижаются затраты на подготовку технологических проектов.</p>
Формирование электронных паспортов бурения	<p>Предотвращает ошибки самоходной техники во время бурения, повышает производительность оборудования, снижает непроизводительные затраты энергии и топлива.</p>	<p>Снижаются текущие затраты на бурение.</p>

Источник: составлено автором.

Важно определять потенциал компании и степень ее готовности к осуществлению мероприятий по технологической модернизации, и цифровизации, в частности.

Цифровой проект может давать специфические эффекты, которые не всегда связаны с коммерческой эффективностью. Техничко-экономические, социальные и экологические эффекты проявляются в рамках внедрения цифровых технологий, что в целом соответствует эффектам технологической модернизации, которые представлены на рисунке 1.13.

Техничко-экономические эффекты могут возникать с ростом производительности труда и оборудования, сокращением операционных и, в ряде случаев, капитальных затрат (например, сокращение затрат на технико-экономическое обоснование проектов и инжиниринг); безусловно, снижение затрат будет приводить к повышению рентабельности горнодобывающего предприятия. К технико-экономическим эффектам могут относиться снижение количества брака продукции и уменьшение потерь руды при транспортировке за счёт улучшения технологических показателей оборудования. Обработку большого массива данных и увеличение объёма информации о работе производственного оборудования, позволяющего оптимизировать процесс организации производства, также можно отнести к технико-экономическим эффектам.

При наличии положительных эффектов появляются тенденции, на которые необходимо реагировать менеджменту компании. К примеру, масштабное использование цифровых проектов на горнодобывающих предприятиях приводит к повышению уровня конкурентной борьбы в отрасли, что заставляет компании постоянно совершенствовать свой производственный цикл, вовлекаясь тем самым в «спираль гонки» за конкурентами. При этом не все цифровые решения могут быть уместны в компаниях, особенно горнодобывающих, где практически у каждого предприятия есть свои специфические особенности, связанные с геологическими и горнотехническими особенностями. Цифровизация не должна превращаться в «навязчивую идею» или классифицироваться как «дань модным

трендам экономического развития». Чрезмерное использование цифровых решений, и, прежде всего, не доработанных до конца, может привести к негативным последствиям.

Важно выделять и социальные эффекты. На предприятиях горнодобывающего комплекса производственно-технологический процесс является травмоопасным и сопряжен с высоким риском получения сотрудниками различных заболеваний, особенно в условиях подземной отработки. Цифровые технологии, как уже отмечалось, позволяют постепенно сокращать количество травмоопасных рабочих мест, тем самым повышая уровень промышленной безопасности работы на производстве; кроме того, улучшается и статус компании на рынке как социально ответственной. Цифровые проекты могут создавать новые компетенции и специальности в рамках разных технологических процессов. Работники организации низкой квалификации могут пройти переподготовку и получить новую специальность, которая будет связана с работой автоматизированной и роботизированной техники. Использование программных комплексов, электронных систем мониторинга также требует специальных новых знаний и квалификации.

Существуют и отрицательные эффекты социального характера, которые выражаются в сокращении числа рабочих мест в связи с тем, что процессы автоматизируются. Также может понижаться уровень информационной безопасности из-за недостаточного развития технологий защиты данных. Существуют риски и увеличения текучести кадров, в силу повышения сложности используемых техники и схем ведения бизнеса; возрастным сотрудникам сложно получить соответствующие знания и навыки в короткие сроки.

Экологический эффект также появляется в рамках внедрения цифровых технологий. Положительным эффектом также является понижение уровня ресурсоёмкости и более рациональное использование недр. Часто цифровизация направлена и на повышение уровня энергоэффективности. Также многие цифровые решения связаны с деятельностью по улучшению процессов

переработки и утилизации производственных отходов и направлены на поддержание технологических замкнутых циклов производства [178, 91].

Цифровизация косвенным образом может приносить и негативные экологические эффекты. Установка и использование мощных информационных и компьютерных систем влияет на потребление электроэнергии. Это может дать и обратный эффект в части энергопотребления и энергоемкости производимой конечной продукции [140].

В целом можно обобщить критерии эффективности цифровых технологий (таблица 1.6).

Таблица 1.6 – Критерии, позволяющие оценить возможные эффекты цифровых проектов

Укрупненная характеристика эффекта	Эффекты		
	Технико-экономические	Социальные	Экологические
Количественный	Операционные, капитальные затраты	Снижение уровня травматизма	Снижение загрязняющих выбросов в окружающую среду
	Рост производительности труда и оборудования	Сокращение количества опасных рабочих мест	Повышение эффективности использования ресурсов
	Прибыль	Увеличение количества новых высокотехнологичных рабочих мест	Снижение энергоёмкости
	Снижение потерь продукции		Уменьшение выбросов парниковых газов
Качественный	Объём новой полезной информации о производственном процессе.	Повышение уровня квалификации работников	Приобретение опыта реализации климатических проектов, новых для России
	Формирование базы данных об уникальных технико-технологических параметрах, достигнутых в результате реализации проекта модернизации	Приобретение статуса социально ответственной компании	Получение статуса «зеленой» компании

Источник: составлено автором.

Таким образом, если говорить о социальных и экологических эффектах внедрения цифровых технологий, можно отметить, что их внедрение способствует снижению травматизма на производстве, сокращает количество опасных рабочих мест, понижает уровень утомляемости работников, тем самым улучшая качество работы сотрудников и персонала на различных этапах производственного процесса. Цифровые проекты положительно влияют на экологию, так как они могут значительно снижать выбросы в окружающую среду (открытые горные работы), а также уровни энергоёмкости и ресурсоёмкости. Также важно отметить и возможности снижения углеродоемкости производства в рамках цифровых проектов и приобретение опыта реализации мероприятий в рамках климатических инициатив.

### **Выводы по Главе 1**

1. Основным требованием к любому виду технологической модернизации является развитие современных промышленных цепочек по производству конкурентоспособной высокотехнологичной продукции. При этом главные задачи модернизации можно сформулировать как освоение нового оборудования, широкое использование технико-технологических и информационных систем, а также решение проблем повышения эффективности управления. В рамках модернизации возможны также реновации, связанные с рационализацией производства и реконструкцией, для поддержания заданного уровня рентабельности. В ряде случаев модернизация может быть связана с заменой физически изношенного и морально устаревшего оборудования на более современное оборудование.

2. К основным составляющим модернизации, и «технологической модернизации» в частности, относится освоение производств современного технологического уровня с широким использованием автоматизированных процессов, цифровых технологий, роботизированной техники. Соответственно, требуется развитие инновационных подходов в обновлении производства.

3. Анализ зарубежного опыта горнодобывающих компаний показал, что качественный скачок экономического развития достигается при использовании информационных технологий в горнодобывающей промышленности. Рассмотренные достижения компаний-лидеров подчеркивают необходимость интеллектуализации производства, приводящей к новым возможностям по созданию добавленной стоимости, в результате объединения виртуальной реальности и материальных активов, имеющих в распоряжении предприятий.

4. Программы модернизации позволяют горнодобывающим компаниям сокращать затраты, уменьшать воздействие на окружающую среду и увеличивать объемы производства, выходить на новый уровень конкурентных возможностей. Вместе с тем, преобразования, связанные с модернизацией, осуществляются в горнодобывающей отрасли медленно по сравнению с другими секторами промышленности; это связано с консервативностью отрасли и существенными рисками, сложностью и уникальностью технологических цепочек, слабым взаимодействием с внешними заинтересованными сторонами.

5. Выявлены факторы и барьеры, способствующие или препятствующие процессам модернизации в разрезе крупных и малых горнопромышленных компаний. В ряде случаев негативную роль, снижающую скорость модернизации производства, играют внутренние субъективные и внешние объективные проблемы, например такие, как: отсутствие гибкости управления (внутренняя), высокая волатильность рынков минерального сырья (внешняя), вновь вводимые социальные и экологические барьеры (внешняя).

6. Предложены ключевые принципы модернизации в контексте оценки ее эффективности, такие как: целеориентированность, динамичность ресурсного развития, комплексность, релевантность показателей, прозрачность технико-экономического результата, необратимость процессов.

7. Обоснована последовательность оценки эффективности модернизации промышленного предприятия, включающая этапы первичного анализа, аналитической обработки информации, оценки эффективности.

8. Разработана типология дескриптивных моделей технологической модернизации. Предложены четыре концептуальные модели, такие как: оптимизационная, адаптивная, поддерживающая и прогрессивная – которые будут отличаться друг от друга на основе выделенных критериев. В качестве критериев предложены такие, как: возможные стратегии, целевые задачи модернизации, организационный подход к управлению, технико-технологическая направленность, инновационный фактор, аспекты, связанные с оценкой эффективности.

9. Предложены качественные и количественные критерии, позволяющие оценить возможные эффекты цифровых проектов как важнейшее направление преобразования при осуществлении технологической модернизации на горном предприятии.

## **ГЛАВА 2 АНАЛИЗ УРОВНЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА В ОТРАСЛИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

### **2.1 Современное состояние и проблемы экономического развития компаний-производителей минеральных удобрений**

Горнодобывающая отрасль выступает системообразующим звеном национальной экономики и зачастую раскручивает маховик развития обрабатывающих отраслей, включая машиностроение, приборостроение, химический комплекс, сектор промышленных услуг и другие секторы национальной экономики.

Добыча полезных ископаемых формирует значительную часть доходов государства ввиду того, что продукция, производимая в ходе функционирования добывающих предприятий, генерируется стабильным, высоким спросом и экспортируется на мировые рынки сырья.

Доходы, полученные путем экспорта и реализации других видов продуктов переработки, обеспечивают поступления в федеральные и региональные бюджеты. Примерно 40 % всех налоговых поступлений в бюджет РФ обеспечила добывающая отрасль. Из общего объема налоговых поступлений в 2022 году 72 % составил налог на добычу полезных ископаемых (с учетом добычи углеводородного сырья, которая приносит большую часть налоговых поступлений) [48].

Существенная часть компаний горнодобывающего сектора являются важнейшими налогоплательщиками и играют значимую экономическую и социальную роль для всего национального хозяйства.

Горнодобывающая промышленность выступает совокупным объединением предприятий различного рода деятельности, направленной на добычу и обогащение рудного и нерудного сырья [46].

Структура промышленности включает отрасли, специализирующиеся по различным направлениям (рисунок 2.1).

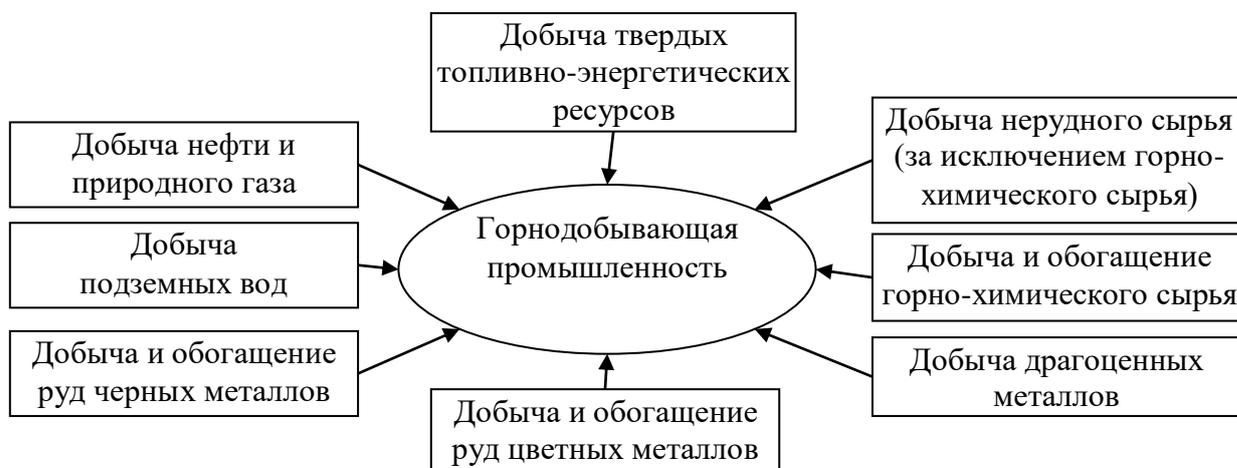


Рисунок 2.1 – Структура горнодобывающей промышленности

Источник: составлено автором.

Объектом диссертационного исследования являются предприятия, добывающие сырье для производства минеральных удобрений; поэтому подробно акцентируем внимание на производителях минеральных удобрений и горнодобывающем сегменте таких компаний.

В целом, горнодобывающие предприятия функционируют в условиях ряда специфических факторов, связанных с горно-геологическими условиями залегания пластов, а также качеством минерального сырья (например, содержание полезного компонента в апатит-нефелиновых рудах).

Холдинги по производству минеральных удобрений функционируют как вертикально интегрированные структуры и активно развиваются на глобальных мировых рынках, где главным потребителем их продукции является сельское хозяйство. Экономическое развитие таких компаний зависит от объемов и видов потребляемых минеральных удобрений в разных регионах. Кроме того, темпы развития производителей минеральных удобрений зависят от мер государственного регулирования в аграрной отрасли как стран-производителей, так и стран-потребителей удобрений [124, 1, 82]. Также важно учитывать

конкурентные стратегии крупнейших мировых компаний и технологические изменения, происходящие в отрасли [35,62].

Спрос на основные виды минеральных удобрений зависит от потребностей производителей сельскохозяйственной продукции. В современной ситуации производителям минеральных удобрений целесообразно осуществлять детальный и непрерывный стратегический анализ и отслеживать тенденции глобального рынка, а также учитывать особенности жизненного цикла отрасли для формирования актуальных стратегий технологического развития. Рынок минеральных удобрений отличается высокой волатильностью и слабо прогнозируемыми изменениями спроса, также увеличивается интенсивность конкуренции в глобальном масштабе.

Производство минеральных удобрений является частью химической отрасли и имеет свои технические, технологические и организационные особенности по сравнению с другими отраслями химической промышленности, отражающие, прежде всего, наличие сложных технологических производств горнодобывающего сегмента [42].

Мировой спрос на удобрения включает в себя, как правило, три основных вида удобрений (рисунки 2.2 и 2.3).

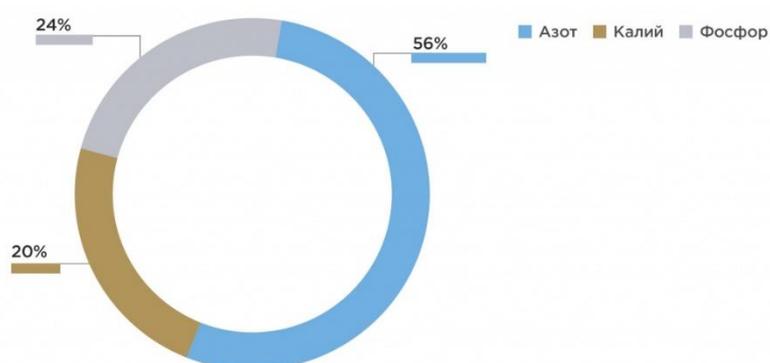


Рисунок 2.2 – Мировая структура спроса на удобрения, в % [124]

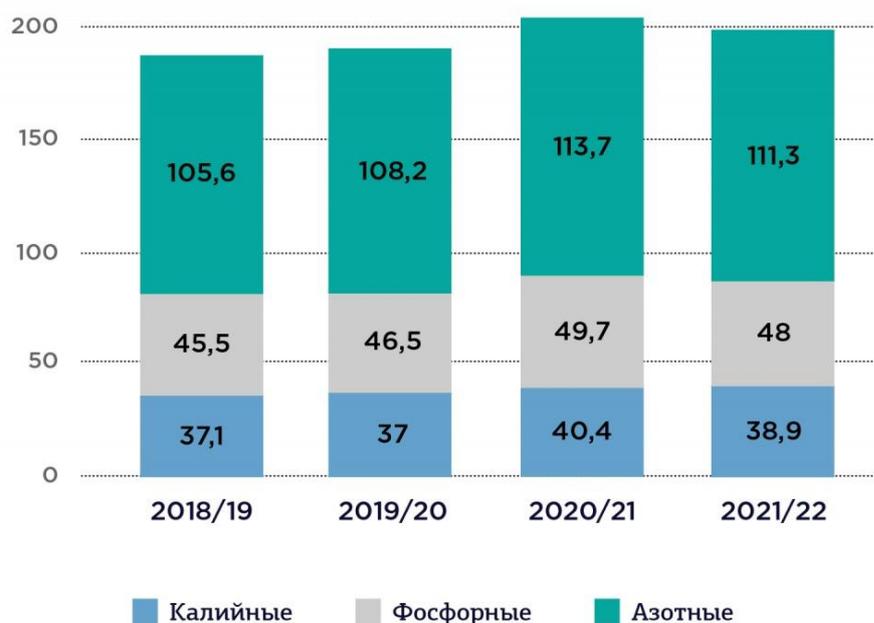


Рисунок 2.3 – Мировой спрос на удобрения, млн тонн [65, 66, 67, 68, 69]

Данное разделение происходит по действующему веществу: азоту, фосфору и калию. Производство азотных удобрений связано с производством аммиака, который содержит азот. В свою очередь, производство фосфорных и калийных удобрений связано с горнодобывающей отраслью [112].

На потребление минеральных удобрений влияют различные факторы, которые могут изменяться с течением времени, а также в зависимости от погодных условий и макроэкономической стабильности.

Так, сравнение сезонов 2019/2020 гг. и 2020/2021 гг. констатирует, что произошло увеличение потребления удобрений на 12 млн т (примерно 6,3 %) [105, 104, 124, 66, 67, 68].

Существенное увеличение потребления удобрений в 2020/2021 году следует связывать с рядом текущих рыночных факторов, таких как: опережающий рост цен на основные сельскохозяйственные культуры, ценовая доступность удобрений, благоприятные погодные условия и развитие мер поддержки сельского хозяйства в государствах – основных потребителях минеральных удобрений [68].

Следующий сезон продемонстрировал некоторое снижение потребления. Снижение объемов использования удобрений в некоторых регионах мира произошло, в том числе, из-за экономических санкций в отношении Российской Федерации.

Тем не менее, спрос на удобрения постоянно увеличивается и будет расти в стратегической перспективе. Рост численности народонаселения и снижение площади пахотных земель, а также климатические изменения стимулируют увеличение потребностей мирового сельского хозяйства в минеральных удобрениях.

Минерально-сырьевая база и доступ к сырью являются главными источниками экономических преимуществ производителей минеральных удобрений. Высокая сырьевая независимость компаний по калийному, азотному и фосфатному сырью во многом определяет их конкурентные позиции на рынках [29,33, 32].

Производство минеральных удобрений РФ можно определить как экспортно-ориентированное. Это связано с невысоким уровнем спроса со стороны российских производителей сельскохозяйственной продукции на фоне высокой стоимости минеральных удобрений за рубежом. Россия – важнейший продуцент и экспортер минеральных удобрений: около 70 % от общего производства поставляется на экспорт [34]. По итогам 2022 года, Россия производит 12 % от общего объема производства минеральных удобрений в мире, а доля отечественного экспорта составляет 15 % [190, 208].

Для российских производителей важен и внутренний рынок [124]. Объемы минеральных удобрений, приобретенных российскими аграриями, составили 5,8 млн т в 2022 году, что на 16 % больше, чем в 2021 году [103]. В настоящее время доля российских посевных площадей, где не используются минеральные удобрения, составляет около 39 % [105].

По данным Интегрированного отчета ПАО «ФосАгро»–2023 [106], в 2023 году значительное влияние на ситуацию на мировом рынке удобрений по-прежнему оказывала нестабильность на рынках энергоносителей и

продовольствия, что способствовало сохранению высокого уровня ценовой волатильности и негативно отразилось на процессе восстановления объемов мирового потребления удобрений.

Производители удобрений из России и Белоруссии постепенно оправлялись от мощного санкционного давления со стороны западных правительств, в частности за счет переориентации экспортных потоков на альтернативные направления Глобального Юга. Это сопровождалось ростом конкуренции с другими поставщиками и в определенные моменты негативно воздействовало на цены на удобрения.

По предварительным оценкам консалтинговых агентств и отраслевых аналитиков, мировое потребление минеральных удобрений в 2023 году составило 190 млн т д. в., что на 2 %, или 4 млн т действующего вещества (д. в.), больше объема потребления в 2022 году [106]. Объем потребления азотных удобрений увеличился на 3 млн т N (+2,8 %), до 109 млн т N, потребление фосфорных удобрений выросло на 1 млн т  $P_2O_5$  (+2,2 %), до 46 млн т  $P_2O_5$ , потребление калийных удобрений осталось на уровне 2022 года — 35 млн т  $K_2O$  [106].

В региональном разрезе восстановление потребления удобрений после сокращения в 2022 году отмечалось во всех ключевых регионах, за исключением стран Европы [106].

Основным фактором восстановления спроса на удобрения на мировых рынках стал рост ценовой доступности удобрений, особенно после снижения цен на них во второй половине 2023 года.

В список ведущих мировых производителей минеральных удобрений входят многие российские компании. В качестве примера можно привести производство калия, в чем Россия занимает лидирующую позицию на глобальном рынке.

В настоящее время в отечественной отрасли производителей удобрений функционируют четыре крупные вертикально интегрированные компании, которые обеспечивают выпуск большей части продукции (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Крупнейшие производители минеральных удобрений в России и их активы

Компания	Производственные активы	Добывающие активы	Логистика	Дистрибуция	Наука и инжиниринг
ПАО «ФосАгро»	- АО «Апатит» (Вологодская область); - Балаковский филиал АО «Апатит»; - Волховский филиал АО «Апатит».	Кировский филиал АО «Апатит»	ООО «ФосАгро-Регион»: - охват: 74 региона России, 10 государств ближнего зарубежья; - 23 региональных офиса; - 35 центров дистрибуции; - около 900 тысяч тонн – общая мощность единовременного хранения; - 350 тысяч тонн – мощности по фасовке готовой продукции.		- АО «Научно-исследовательский институт по удобрениям и инсектофунгицидам имени профессора Я.В. Самойлова»; - ООО «Инжиниринговый центр «ФосАгро».
ПАО «Уралкалий»	ПАО «Уралкалий»: - 6 калийных фабрик, - 1 карналлитовая фабрика.	ПАО «Уралкалий»: - 5 рудников, - 3 лицензии на разработку новых участков Верхнекамского месторождения (Половодовский, Усть-Яйвинский и Романовский участки), - 2 лицензии на проведение геологического изучения (Изверский и Вогульский участки).	<b>Склады:</b> - в Березниках, - в Соликамске.  Балтийский балкерный терминал.  <b>Вагоны:</b> около 7900 специализированных вагонов-минераловозов.	Компании «Uralkali Trading SIA» и «United Fertilizers Company Limited»: 8 офисов по всему миру. География продаж «Уралкалия» включает следующие ключевые рынки: Россия, Бразилия, Индия, Китай, Юго-Восточная Азия, США.	Интерактивная иллюстрированная энциклопедия калия (www.infopotash.com), разработанная Компанией «Уралкалий».

Компания	Производственные активы	Добывающие активы	Логистика	Дистрибуция	Наука и инжиниринг
ПАО «Акрон»	- ПАО «Акрон» (г. Великий Новгород); - ПАО «Дорогобуж» (Смоленская обл.).	- АО «Северо-Западная фосфорная компания» (АО «СЗФК»); ГОК «Олений Ручей»; - АО «Верхнекамская Калийная Компания» (ВКК): Талицкий ГОК (в разработке); - «North Atlantic Potash Inc.» («NAP»), Канада: лицензии на добычу на 9 участках и разрешение на геологоразведку.	- Терминальный комплекс ООО «Андрекс» (Калининград); - терминальные комплексы AS DBT (Эстония).	- АО «Агронова»; - Beijing Yong Sheng Feng (Китай); - Acron USA Inc.; - Acron Colombia S.A.S.; - Acron Argentina S.R.L.; - Acron Brasil Ltda.; - Агрохолдинг «Плодородие».	- ООО «Научно-проектный центр «Акрон инжиниринг»; - Acron Digital («ООО «АйТиОфис»).
АО «МХК «ЕвроХим»	- НАК «Азот» (Новомосковск); - Невинномысский Азот; - Фосфорит; - Еврохим-БМУ; - Еврохим Северо-Запад.	- Ковдорский ГОК; - Усольский калийный комбинат; - ЕвроХим-ВолгаКалий; - ЕвроХим-Удобрения (Казахстан).	Более 30 региональных отделений, дистрибьюторских центров, офисов и баз хранения в РФ и СНГ.	«ПроТех Лаб», единый корпоративный R&D-центр ЕвроХима: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Исследовательский центр Сколково + Филиал в Республике Беларусь;</li> <li>• НИЦ ПроТехИнжиниринг (г. Санкт-Петербург);</li> <li>• НИЦ ООО «ЕвроХим – Белореченские Минудобрения» (г. Белореченск).</li> </ul>	

Составлено с использованием [142, 120, 18, 109, 25, 99].

С 2013 года объем выпуска удобрений на отечественных предприятиях вырос на 35 % за счет масштабных инвестиций, происходящих в эти годы. За восемь лет инвестиции в модернизацию и строительство компаниями АО «Минерально-химическая компания «ЕвроХим», ПАО «ФосАгро» и ПАО «Акрон» составили 523 млрд руб., 240 млрд руб. и 144 млрд руб. соответственно [26]. В планах компаний значатся серьезное экономическое развитие и реализация новых проектов и тем самым прогнозируется увеличение объема инвестиций. Крупнейшие отечественные производители планируют инвестировать порядка до 2028 года 2,07 трлн руб., при этом лидерами по объемам капитальных вложений останутся АО «МХК «ЕвроХим», ПАО «ФосАгро» и ПАО «Акрон» [26, 107].

В таблице 2.2 представлена география продаж отечественных компаний.

Таблица 2.2 – География продаж крупнейших производителей минеральных удобрений, %

Компания \ Регион	Акрон	ФосАгро	Уралкалий	ЕвроХим
Российская Федерация	20	57	20	14
Европа	13	18	9	27
Северная Америка	11	6	7	16
Латинская Америка	32	8	22	25
Африка	4	10	–	2
Азия	11	12	39	16

Источник: составлено автором с использованием [12].

У каждого из крупнейших отечественных производителей минеральных удобрений имеется свой приоритетный рынок. ФосАгро – как отмечалось выше, единственная компания, отдающая предпочтение российскому рынку: по данным Российской ассоциации производителей удобрений, Группа «ФосАгро» остается лидером по суммарному объему поставок всех видов минеральных удобрений для российских аграриев, и в 2024 году «ФосАгро-Регион» увеличил поставки на внутренний рынок на 2 % – до 3,34 млн тонн [141]. Остальные рынки по сравнению с ним имеют незначительную долю. Бразилия – основной потребитель российских удобрений всех типов. ЕвроХим транспортирует туда в основном фосфаты, Уралкалий – калийные удобрения, а Акрон – карбамид.

Для ПАО «Акрон» наиболее важным является рынок Латинской Америки. Группа «Акрон» приняла участие в одной из важнейших сельскохозяйственных выставок Бразилии — Top Farmers, которая проходила 17-18 сентября 2024 года в Сан-Паулу. На стенде Группы «Акрон» были продемонстрированы премиальные марки комплексных удобрений, идеально адаптированные к климатическим и почвенным условиям Бразилии. Среди них NPK 16-16-16, NPK 18-09-18, NPK 20-08-16 и NPK 18-06-20 [9].

Азиатский рынок – традиционно, основной потребитель калия. Российские аграрии не являются крупными потребителями калийных удобрений, хотя в структуре продаж Уралкалия Россия занимает второе место [11]. Значительный объем продаж на внутреннем рынке приходится на долю производителей, которые используют его в качестве сырья для производства сложных удобрений. Европейский рынок также имеет огромное значение для российских производителей. Особо высоким спросом пользуются азотистые удобрения [10].

ПАО «ФосАгро» – компания-лидер по объемам производства высокосортного фосфатного сырья. Компания является классическим примером вертикальной холдинговой структуры, осуществляющей хозяйственную деятельность в рамках всей производственно-технологической цепочки: от добычи до переработки, выпуска и реализации готовой продукции.

ПАО «ФосАгро» производит два основных вида удобрений: фосфорные и азотные. ПАО «ФосАгро» в 2021 году увеличило выручку на 66 % — до 420,5 млрд рублей, 110,5 млрд рублей из которых пришлось на внутренний рынок, а 310 млрд рублей — на экспортные продажи [68, 104]. Причиной рекордных объемов продаж было восстановление спроса и цен на основных рынках сбыта [68].

В 2022 году увеличение производства и реализации удобрений обеспечили рост выручки более чем на 35 % к уровню прошлого года, что составило 569,527 млрд руб. При этом выручка росла опережающими темпами относительно себестоимости реализованной продукции, которая по итогам года увеличилась примерно на 23 % и составила 269,018 млрд руб. [69].

На фоне стабилизации мировых цен на удобрения по сравнению с пиковыми уровнями предыдущего года Группа «ФосАгро» в 2023 году вновь продемонстрировала сильные финансовые результаты.

Выручка Компании в 2023 году превысила 440 млрд руб., EBITDA — 183 млрд руб., а скорректированная чистая прибыль — 104 млрд руб. [70]. Несмотря на снижение по сравнению с 2022 годом, когда наблюдались исторически рекордные уровни мировых цен на удобрения, эти результаты входят в число наиболее успешных для Компании за всю ее историю.

Экспорт удобрений остается ключевым направлением бизнеса с точки зрения доходов. Основные регионы продаж в 2021-2023 годах представлены на рисунках 2.4 и 2.5.

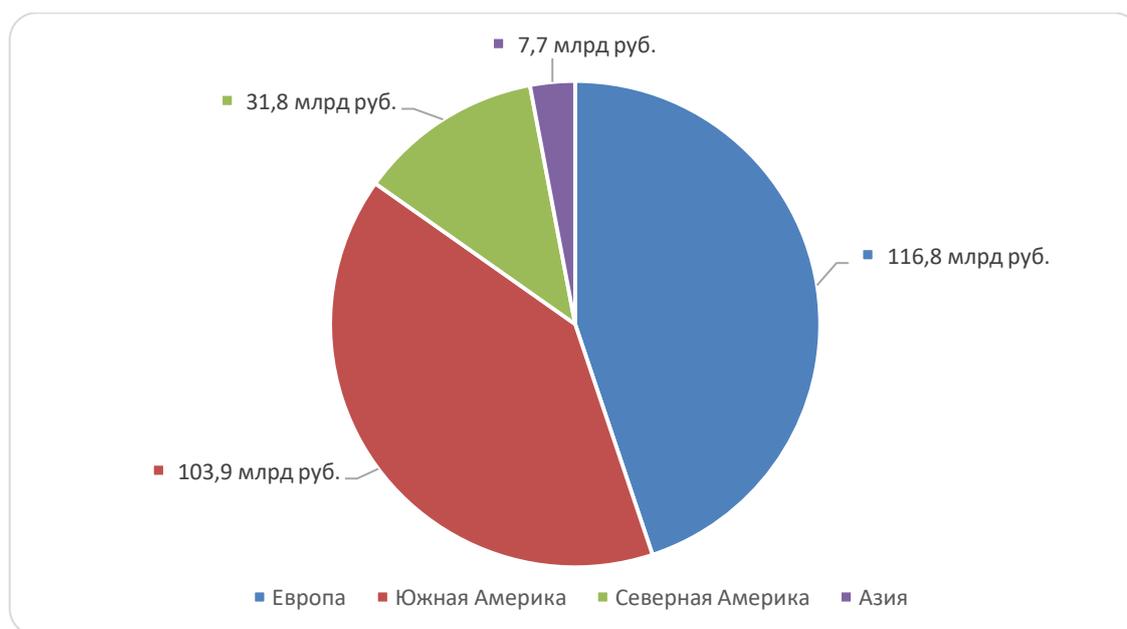


Рисунок 2.4 – Основные регионы продаж удобрений в 2021 году

Составлено автором на основе [68, с. 24].



Рисунок 2.5 – Основные регионы продаж удобрений в 2022, 2023 годах и прогноз на 2025 год, тыс. т [70, с. 29]

Компания сохраняет стратегическую приверженность главному для нее рынку — внутреннему российскому, и это нашло отражение в приросте соответствующих продаж в 2023 году на 8 %, а с учетом рынка СНГ — на 9 %. Наиболее существенный прирост в 2023 году показал рынок Латинской Америки — более чем на 52 % [70]. Еще один географический рынок, определенный в 2019 году в качестве приоритетного, европейский, показал снижение на 5 % (см. рис. 2.5).

Филиал АО «Апатит» в Хибинах является одной из передовых компаний горнодобывающей отрасли национальной экономики Российской Федерации. Добывающее производство обеспечивает перерабатывающие производственные комплексы ПАО «ФосАгро» апатитовым концентратом с высокими экологическими характеристиками для производства удобрений.

Кировский филиал АО «Апатит» производит высокосортное фосфатное сырье с содержанием  $P_2O_5$  порядка 39 %, что является уникальным ресурсным конкурентным преимуществом компании. Кроме того, АО «Апатит» выпускает нефелиновый концентрат, который используется для производства глинозема и цемента.

Кировский филиал АО «Апатит» разрабатывает 6 месторождений, расположенных в Мурманской области, такие как: Кукисвумчорское,

Юкспорское, Апатитовый Цирк, Плато Расвумчорр, Коашвинское и Ньюрпахкское. Тем самым, компания обладает уникальной минерально-сырьевой базой. При этом срок отработки минерально-сырьевых объектов компании оценивается порядка 60 лет. Запасы горнорудного сырья на 1 января 2024 г. составляют 1517,027 млн т со средним содержанием  $P_2O_5$  14,05 % [70].

По итогам 2023 года запасы на «Плато Расвумчорр» увеличились за счет их перевода из нераспределенного фонда по лицензии МУР 00892 ТЭ. По остальным месторождениям наблюдается тренд на снижение балансовых запасов по сравнению с 2022 годом, что соответствует объемам добытой руды.

В настоящее время извлечение запасов минерально-сырьевой базы Компании смещается с открытой разработки месторождений в сторону увеличения добычи подземными рудниками. В 2023 году доля руды, добываемой подземным способом, составила 77,0 %.

Совокупный объем добычи апатит-нефелиновой руды в 2023 году остался на уровне предшествующего года (снижение менее чем на 0,8 %) и составил 39,2 млн т по сравнению с 39,5 млн т в 2022 году [70].

Стратегически перспективными направлениями экономического развития Кировского филиала АО «Апатит» являются развитие рудно-сырьевой базы и обогатительных мощностей, модернизация производственной инфраструктуры. На предприятии активно реализуется программа цифровизации и автоматизации производства, в частности внедрена современная система диспетчерского управления технологическим транспортом [122], которая подробно будет рассмотрена в разделе 2.2. Также стоит отметить создание крупнейшего в мире парка установок для дистанционного бурения глубоких скважин, позволяющего повысить производительность на 10 %.

Важными являются и вопросы обеспечения промышленной и экологической безопасности, а также в рамках технологического развития компании повышенное внимание уделяется эколого-климатическим аспектам.

В этой связи важно упомянуть стратегию развития компании ПАО «ФосАгро» до 2025 года. Фундаментальные базовые принципы

стратегического управления и планирования построены на усилении внимания к решению задач по интенсификации инновационной активности компании путем масштабного внедрения программ и проектов цифровизации и автоматизации [67, 68, 69, 70, 137].

В стратегии выделяются ключевые направления долгосрочного экономического развития, такие как: снижение операционных затрат при повышении объемов производства, увеличение объемов продаж на приоритетных рынках, совершенствование логистических цепочек.

Важный тезис стратегического развития констатирует необходимость совершенствования производства за счет модернизации существующих производственных активов.

Для снижения операционных затрат целесообразно самостоятельно обеспечивать себя сырьем, поэтому можно сделать абсолютно четкий вывод, что горнодобывающий сегмент будет развиваться на основе технологического роста и модернизации производства.

В отличие от других отечественных компаний приоритетным рынком для ПАО «ФосАгро» являются отечественные сельскохозяйственные потребители. В этой связи, ПАО «ФосАгро» увеличивает число дистрибуционно-логистических центров и объемы хранилищ удобрений. Также стратегия компании направлена на увеличение в продажах доли сложных и жидких удобрений. Такие удобрения обладают большей маржинальностью. Для увеличения объемов реализации необходимо акцентировать внимание на информировании потребителей о преимуществах новых видов удобрений.

Более 60 % капитальных вложений ПАО «ФосАгро» приходится на развитие новых инвестиционных проектов, оставшиеся объемы направляются на поддержание существующих активов.

Перевозка большей части продукции компании происходит при помощи железнодорожного транспорта. Следуя принципам вертикальной интеграции, способствующей развитию и укреплению конкурентных позиций, компания расширяет собственный подвижный состав. В 2019 году компания резко

увеличила число собственных цистерн для перевозки жидких комплексных удобрений, тем самым обеспечивая себе снижение транспортных расходов и сокращение зависимости от посредников, отвечающих за перевозку товаров.

ПАО «ФосАгро» инвестирует в развитие железнодорожной инфраструктуры для увеличения пропускной способности в тех направлениях, которые важны для компании.

Вторым по важности видом транспорта для ПАО «ФосАгро» является водный, который обеспечивает поставки на внешний рынок. Поэтому инвестиционная стратегия компании направлена на строительство морских терминалов «Ультрамар» и «Тулома», которые находятся в Усть-Луге и Мурманске соответственно.

Компания при определении рисков, препятствующих реализации стратегических целей, чаще всего упоминает возможный дефицит высококвалифицированных специалистов. Для создания кадрового резерва в городах присутствия компания инвестирует в школы и средние специализированные учебные заведения.

В таблице 2.3 приведены крупнейшие инвестиционные проекты компании ПАО «ФосАгро», направленные на развитие производства. По состоянию на 31 декабря 2023 года наиболее существенные суммы накопленных затрат в составе баланса незавершенного строительства относятся к следующими инвестиционным проектам (см. табл. 2.3).

Таблица 2.3 – Инвестиции в производственные активы ПАО «ФосАгро» [67, 70]

Наименование проекта	Целевые показатели	Капитализация затрат на проект, млн руб.	
		31.12.2022	31.12.2023
Кировский филиал АО «Апатит»: расширение и модернизация Кировского рудника	До 2035 года добыть 95 млн т руды.	13,458	18,674
Кировский филиал АО «Апатит»: расширение и модернизация Расвумчоррского рудника (Вскрытие и подготовка к отработке запасов горных работ +10 м Объединенного Кировского рудника)	До 2035 года добыть 95 млн т руды.	4,821	6,903

Наименование проекта	Целевые показатели	Капитализация затрат на проект, млн руб.	
		31.12.2022	31.12.2023
Кировский филиал АО «Апатит»: расширение и модернизация апатит-нефелиновых обогатительных фабрик		3,835	4,575
Балаковский филиал АО «Апатит»: Второй этап развития Балаковской площадки – строительство мощностей по производству гранулированного сульфата аммония	Увеличить выпуск сульфата аммония до 360 тыс. т/год.	2,315	2,616
Балаковский филиал АО «Апатит»: Третий этап развития Балаковской площадки – модернизация и поддержка мощностей по производству серной кислоты	Увеличить выпуск серной кислоты до 3,3 тыс. т/сут.	2,184	5,605
АО «Апатит» г. Череповец: Первый и второй этапы технического перевооружения цеха фтористого алюминия – модернизация и поддержка мощностей по производству аммиака	Увеличение производительности цеха фтористого алюминия до 73 тыс. т/год.	1,724	3,198
Волховский филиал АО «Апатит»: строительство вспомогательных объектов производства моноаммонийфосфата		3,385	754

Главным трендом последних лет для промышленного сектора, включая и горные компании, является переход к зеленым технологиям и снижение негативного влияния на окружающую среду, а также растет важность учета социальных факторов. Производители минеральных удобрений не могут оставаться в стороне от вопросов эколого-сбалансированного и социально-ориентированного развития; кроме того, необходимо акцентировать внимание и на климатической повестке. В стратегии-2025 ПАО «ФосАгро» выделены задачи для реализации целей устойчивого развития (ЦУР), включая экологические и климатические задачи [137].

Большая часть загрязняющих веществ, образующихся при производстве минеральных удобрений, выбрасывается в атмосферу. Данная отрасль оказывает незначительное влияние на гидросферу, а вред литосфере связан с геомеханическими нарушениями. Основные загрязняющие вещества,

выбрасываемые в атмосферу, – это  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , соединения фтора,  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$ . Диоксид углерода, образующийся при производстве карбамида, часто может быть использован в качестве сырья. Данное решение в технологическом процессе относится к наилучшим доступным технологиям (НДТ) [71].

Негативное влияние на окружающую среду оказывает потребление электроэнергии, генерация которой часто связана с выбросами парниковых газов. Для снижения негативного воздействия рекомендуется использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Примером служит горно-обогатительный комбинат АО «Апатит», входящий в ПАО «ФосАгро», который на 60 % обеспечен электроэнергией ближайшей гидроэлектростанции.

Помимо стадии переработки сырья, ПАО «ФосАгро» стремится использовать НДТ на этапе добычи. Все это позволило компании получить сертификат соответствия продукции международному экологическому стандарту «Листок жизни» [143].

При этом сбалансированное развитие компании связано, безусловно, не только с экологией; важно упреждать и минимизировать ключевые риски в разных сферах деятельности [66], таких как:

- производственные угрозы связаны с негативными событиями техническо-технологического характера, которые могут снизить надежность операционной деятельности компании, привести к сбою выполнения плановых показателей;

- промышленная безопасность отражает актуальные и существенные в современных условиях риски, которые связаны со снижением трудового потенциала вследствие возможных происшествий и несчастных случаев, а также с развитием профессиональных заболеваний;

- экологические и климатические риски отражают появление потенциального ущерба для окружающей среды и несоответствия новым нормативным и правовым требованиям низкоуглеродного развития, которые могут появляться в ближайшем будущем;

– проектные риски могут возникать вследствие нарушения сроков реализации и резкого увеличения бюджета от запланированного. Проектные риски в рамках технологической модернизации ведут к невыполнению намеченных показателей технико-экономической эффективности.

Ключевые риски, представленные выше, и особенности производственно-хозяйственной деятельности компаний-производителей минеральных удобрений подчеркивают необходимость полноценного учета факторов внешней среды, которые следует обобщать и изучать для предотвращения угроз экономической безопасности предприятий, а также рассматривать как препятствие, ограничивающее реализацию полноценного комплекса мероприятий по технологической модернизации. Также огромное влияние на деятельность компаний оказывают и внутренние факторы, определяющие внутренний потенциал и возможности интенсивного технологического развития и модернизации производства.

## **2.2 Оценка уровня технологического развития горнодобывающих предприятий на примере Кировского филиала АО «Апатит»**

АО «Апатит», как уже отмечалось, является крупнейшим в России и мире производителем фосфорсодержащего сырья, с годовой добычей 39,51 млн т апатит-нефелиновой руды [69, 70].

Современные условия добывающего производства и техническая вооруженность диктуют необходимость увеличения степени координации между огромным количеством служб.

Наличие оперативной информации в режиме реального времени о различных технологических процессах, снижение затрат, повышение эффективности и обеспечение высокой безопасности труда предполагают возможность внедрения высокотехнологичных инноваций.

Развитие навигационных и телекоммуникационных технологий и цифровых платформ создает перспективу объединения в единую систему, что должно

формулировать новую концептуализацию производственно-технических систем, находящихся как под землей, так и на поверхности.

Активно внедряются на горнодобывающих предприятиях режимы работы оборудования, направленные на оптимизацию решений оперативных задач производства. Технические средства горнодобывающего предприятия оснащаются различными системами диагностики, навигационным оборудованием, технологиями беспроводной передачи значительного массива технической и экономической информации [89].

Рассмотрим мероприятия технико-технологической модернизации горнодобывающего сегмента АО «Апатит», осуществляемые с 2011 по 2023 гг. [38, 39, 65, 66, 67, 68, 69, 70].

Компания стремилась повысить эффективность оперативного менеджмента и контроля горного оборудования, поскольку работа погрузочно-доставочной техники Восточного рудника не удовлетворяла необходимым результатам. В связи с этим была внедрена автоматизированная система диспетчеризации (АСД), целевые показатели которой доказали ее эффективность [122]. Была повышена объективность учета времени рейсов. В результате снижения всех видов простоев была увеличена на 5 % производительность горнотранспортного оборудования. В свою очередь, удельный расход топлива, приходящийся на каждую тонну перевозимой горной массы, снизился на 5 % за счет рационализации планирования. Продуктивно повлияло также предотвращение вероятности неполной заправки автосамосвалов или несанкционированных сливов топлива.

АСД существенно повысила эффективность управления транспортным парком предприятия, а также позволила выполнять постоянный мониторинг процессов перевозки груза.

Оптимизация проведения плановых ремонтов и технического обслуживания, снижение потерь с вынужденными простоями техники, урегулирование работы персонала – лишь некоторые из многих преимуществ внедрения автоматизированной системы диспетчеризации.

Впоследствии компания продолжила её развитие: была проведена автоматизация процесса начисления заработной платы работникам, принимающим участие в добыче и транспортировке горной массы, что привело к повышению достоверности и объективности учета количества перевезенных грузов. Кроме того, возросли удельные технико-эксплуатационные показатели работы парка автосамосвалов: плечо перевозки, число рейсов, пробег, наработка двигателя, время работы за сутки.

Увеличились важные технико-экономические показатели карьерного автотранспорта: средняя масса груза, перевозимого за рейс, – от ~100 до ~130 тонн, а месячная производительность автосамосвалов – на 25 %. Наряду с этим на 20 % снизился расход топлива [122].

За первый период эксплуатации АСД целевые показатели, которые были заложены в технико-экономическое обоснование, достигнуты и перевыполнены. Данное обстоятельство подчеркивает успешную реализацию проекта.

В целях изменения подходов к организации работы автотранспорта была выполнена работа по анализу результатов эксплуатации подвижного парка. Результатом стало повышение эффективности планирования практической потребности в автосамосвалах, а также достижение дополнительного снижения внутрисменных простоев путем более активной перестановки автосамосвалов между экскаваторами.

*Применение новых технологий для подземных горных работ.* С учетом успеха внедрения проекта АСД открытых рудников и более эффективного использования техники с начала 2013 года началась проработка возможности внедрения диспетчеризации горнотранспортного оборудования на подземных рудниках АО «Апатит».

Принцип внедрения системы диспетчеризации на подземных рудниках кардинально отличался от открытых рудников из-за сложности построения системы передачи данных, так как радиосигнал в подземных условиях распространяется не так быстро, как на открытых поверхностях.

Автоматизированные системы контроля и управления производством на подземных рудниках АО «Апатит» направлены на *повышение операционной эффективности ведения подземных горных работ.*

*Ключевые задачи проектов по созданию АСД состояли в следующем:*

- ведение учета движения руды в режиме реального времени по массе и содержанию полезного компонента;
- обеспечение сбора данных о наработке и состоянии подвижной самоходной техники;
- автоматизация расчета заработной платы.

Периоды реализации проектов:

- Расвумчоррский рудник – 2015–2017 гг.;
- Кировский рудник – 2017–2018 гг.;
- работа в режиме опытно-промышленной эксплуатации (ОПЭ) и переход на промышленную эксплуатацию – 2019–2021 гг.

**Первый этап (проект №1)** связан с установкой и настройкой системы связи и позиционирования. Ключевые цели проекта были следующие:

- строительство инфраструктуры;
- установка и настройка АСД;
- сбор данных в автоматизированном режиме.

На подземном руднике необходимо построить единую систему передачи данных, которая должна решать ряд важных задач:

- передача телеметрических и производственных параметров техники;
- передача видеоданных с камер наблюдения за технологическими процессами;
- передача голосовых данных;
- передача данных о позиционировании персонала и техники в режиме реального времени, согласно требованиям Федеральных норм и правил в области ведения горных работ и приказов Ростехнадзора;

– передача дублирующих аварийных сигналов для планов ликвидации аварий.

При построении АСД использовались системы позиционирования и связи от компании «Mine Site Technologies» (Австралия) и программное обеспечение АСД Pitram компании «Micromine» (Австралия).

С целью организации сетевой инфраструктуры на горизонтах предусматривалась оптоволоконная сеть.

*Система позиционирования Объединенного Кировского рудника* позволяет отслеживать в реальном времени местонахождение персонала и подземных самоходных машин, с возможностью их фиксации и построения истории перемещения [7].

Система основана на принципе фиксации факта перемещения персонала и самоходных машин, оснащенных персональными радиометками, через зоны контроля оборудования системы позиционирования на путях прохода (проезда), размещенных в горных выработках подземного рудника. В качестве датчиков позиционирования применяются элементы сетевой инфраструктуры автоматизированной системы диспетчеризации рудника, однозначно определяющие факт перемещения через зону контроля номерной персональной метки, ассоциированной с конкретным человеком или подземной самоходной техникой. На текущий момент кабельными и Wi-Fi сетями охвачены более 600 километров подземных выработок, используется более 3500 персональных радиочастотных меток позиционирования, более 300 персональных шахтных телефонов MinePhon.

Основные функции и возможности системы:

- визуализация объектов рудника в виде планов горизонтов и поверхности (промплощадки);
- отслеживание на карте персонала, шахтных телефонов и оборудования с метками;
- настраиваемые группы людей, машин, оборудования, зон на картах;
- сигнализация на основе настраиваемых правил;

- масштабирование – обзор любой площади от метров до километров;
- переключение режимов просмотра: в режиме карт, списков и отчетов;
- отправка текстовых сообщений на шахтные телефоны MinePhone;
- диагностика и отображение оборудования на карте;
- просмотр потоков с видеокамер;
- просмотр отчетов по зонам, авариям, машинам;
- просмотр журналов аварийных сигнализаций, графиков параметров машин.

Внедренная система позиционирования позволяет контролировать местонахождение работников и осуществлять их поиск в действующих горных выработках в случае возникновения аварийной ситуации при завалах (обрушениях) горных пород; данные о последнем местоположении персонала сохраняются в базе данных.

На базе автоматизированной системы позиционирования и связи для подземных горных работ и системы сбора данных о работе горной техники реализована бортовая система предупреждения столкновений и наезда.

Далее приведем основные технико-экономические показатели систем позиционирования Кировского и Расвумчоррского рудников.

Система позиционирования Объединенного Кировского рудника:

- не имеет аналогов в РФ по количеству зон охвата (более 430) и протяженности кабельных трасс (свыше 150 км);
- позволяет определять местонахождение работника в режиме реального времени, а также передается информация о его перемещениях по зонам в виде таблицы или трека на схеме рудника;
- контролирует положение свыше 3100 меток;
- обеспечивает работу свыше 300 мобильных телефонов;
- осуществляет работу как вспомогательная система подачи аварийного сигнала во время учебных тревог.

В целом следует отметить, что система позиционирования Расвумчоррского рудника: является первым опытом в российской практике по внедрению системы

Mobilaris, поддерживающей 3D-режим карты; обеспечивает охват в 140 зон, в рамках создания инфраструктуры проложено свыше 100 км кабельных трасс; позволяет определять местонахождение работника в режиме реального времени, а также получать историю его перемещения по зонам в виде таблицы или трека на схеме рудника; контролирует положение свыше 1500 меток; обеспечивает работу свыше 100 мобильных телефонов.

Эффекты конкретных мероприятий в рамках первого этапа создания АСД на основе системы позиционирования представлены в таблице 2.4.

Таким образом, созданная инфраструктура в рамках реализации первого этапа проектов АСД позволила перейти к реализации функции диспетчеризации и удаленного управления техникой подземного рудника.

**На втором этапе (Проект № 2)** для развития АСД ставились следующие цели:

- продолжение строительства инфраструктуры автоматизированных систем;
- увеличение объема добычи руды на Кировском руднике;
- оптимизация численности машинистов погрузочно-доставочных машин (ПДМ) и автосамосвалов.

Увеличение плана добычи руды на Объединённом Кировском руднике произошло за счёт повышения оперативности решений, принимаемых на основе данных АСД.

Таблица 2.4 – Мероприятия и эффекты диспетчеризации на основе системы позиционирования

№	Мероприятие	Зафиксированная текущая ситуация	Достигнутые результаты	Преимущества	Количественные эффекты
1	Телефонная связь на активных горизонтах (горный мастер и машинист – мобильные телефоны)	Оперативное ежесменное управление работами осуществляет горный мастер. Учитывая размеры участков, можно утверждать, что оперативная связь практически отсутствует. Данный факт приводит к неэффективному использованию ресурсов и техники.	Горный мастер может проверять готовность следующего места работ. Диспетчер контролирует и управляет работами машинистов. При необходимости оперативно осуществляется вызов.	Повышается эффективность управления горными работами. Появляется дополнительное рабочее время 40–60 мин в смену.	Сокращается время простоев на 15–20 %.
2	Позиционирование электровозов	Ожидание в очередях на погрузке и разгрузке, необходимость передислокации при авариях на опрокидах погрузочно-доставочных установок.	Развитие коммуникации «машинист – диспетчер», что позволяет направлять состав на незанятые точки погрузки и разгрузки.	Сокращается время простоя. Возможно, произойдет сокращение парка электровозов за счет оптимизации планирования движения.	Сокращается время простоев на 10–15 %.
3	Автоматизированное бурение глубоких скважин – передача буровых паспортов в электронном виде, а также автоматизированное бурение одной скважины	Паспорта бурения передаются в таблицах в бумажной форме. Высокая вероятность ошибок и неточностей.	Процесс бурения скважин реализуется точно в соответствии с установленными паспортами.	Более точное и качественное бурение дает наилучшую фракцию. Наблюдается меньше вторичного взрывания. Увеличивается производительность выемки. Уменьшается разубоживание. Увеличивается извлечение.	Снижаются эксплуатационные затраты на бурение в интервале 5–25 %. Сокращаются затраты на вторичное взрывание до 50 %. Происходит экономия по статье «Заработная плата» – до 50 % от ФОТ бурильщиков.

Продолжение таблицы 2.4

4	Запись фактического объема бурения	В момент начала реализации мероприятия не имелось точных данных о том, что скважины бурятся на установленную длину.	Получены более точные отчеты об обуренных метрах.	Происходит устранение одного из факторов, ухудшающих качество буровзрывных работ.	Снижаются эксплуатационные затраты на бурение на 5–25 %. Происходит экономия по статье «Заработная плата» – до 10 % от ФОТ горных мастеров.
5	Автоматическое бурение одного бурового веера	Во время пересменки и проветривания бурение не осуществляется. На каждой буровой установке – свой оператор.	Бурение в процессе пересменки и проветривания не останавливается. Один оператор управляет двумя или тремя установками.	Наблюдается существенное увеличение производительности. Происходит увеличение времени для бурения на 3–4 часа в сутки. Достигается экономия фонда оплаты труда.	Время бурения уменьшается на 15–25 %. Происходит экономия до 50 % от ФОТ бурильщиков.
6	Весовые комплексы и системы регистрации на подвижную самоходную технику	Места работы ПДМ не контролируются в постоянном режиме; вес горной массы, перемещаемой ПДМ и самосвалами, определяется счетным методом.	Повышается точность учета горной массы, перемещаемой из забоев до рудоспусков. Улучшается контроль точности выполнения нарядов.	Увеличивается эффективность работы погрузочно-доставочных машин, и повышается точность учета процентного содержания $P_2O_5$ .	Сокращается количество ПДМ на 10 %. Происходит экономия ФОТ машинистов на 10 %.
7	Весовые комплексы на конвейерах и дробильно-доставочном комплексе (ДДК)	Вес руды, транспортируемой конвейерами и передаваемой на дробилки, не контролируется.	Улучшаются контроль и учет массы руды, перемещенной конвейерами и пройденной через ДДК.	Повышается уровень загрузки конвейеров и ДДК. Повышается точность учета добытой руды по участкам.	Снижаются потери добытой руды на 1–2 %.

Источник: составлено автором с использованием [3].

Также на Расвумчоррском руднике в декабре 2018 года проведена оптимизация численности машинистов ПДМ и самосвалов на 10 % относительно штатной численности работников на начало года. Также появилась возможность сокращения использования техники на 1 единицу на горных участках [3].

Система АСД позволила улучшить контроль и повысить эффективность следующих технико-организационных параметров:

- время простоя «Ремонт» – достигнуто сокращение за счет оперативности информирования;
- время «В работе» – повышение эффективности получено за счет сокращения непроизводительных промежутков во время смены;
- объем перевезенных негабаритов – повышение эффективности достигнуто за счет увеличения времени «В работе» благодаря отсутствию необходимости вторичного взрывания и сокращению количества взрывчатых веществ;
- увеличение загрузки – получено за счет увеличения объемов перевозимой горной массы;
- время простоя «Отсутствие емкости» – достигнуто сокращение за счет весов и контроля заполняемости локальных рудоспусков.

В таблице 2.5 представлен эффект диспетчеризации, выраженный в объемных показателях добычи на один квартал.

Таблица 2.5 – Эффект внедрения диспетчеризации на примере горного участка №2 Расвумчоррского рудника, т/квартал

Параметр	Базовое значение	Целевое значение	Прирост объемных показателей добычи
Повышение производительности погрузочно-доставочных машин	998 767	1 023 375	24 608
Повышение производительности самосвалов за счет снижения организационных простоев	150 629	174 402	23 773
Общий эффект	1 149 396	1 197 777	48 381

Источник: составлено автором.

Также на базе уже построенной системы позиционирования и связи подземных рудников в АО «Апатит» реализован проект Системы дистанционного бурения глубоких скважин.

Цели проекта дистанционного бурения для Кировского рудника состояли в следующем:

- увеличить точность бурения на 15–20 %;
- провести оптимизацию численности машинистов буровых установок (снижение штатной численности) на 40 %;
- повысить производительность труда 1 работника на 39 %.

В рамках такого проекта важно снизить время простоев буровых установок и определить возможность управления несколькими буровыми установками дистанционно с поверхности.

Ввод паспорта буровзрывных работ в электронном виде позволяет сократить время на подготовку работы и повысить точность бурения скважин, а также передать факт бурения обратно в горно-геологическую базу.

Сбор данных с буровой установки в режиме реального времени способствует оперативному реагированию на отклонения от нормальных режимов работы, также позволяет формировать и обобщать статистику о параметрах работы техники и передавать данные в АСД.

Переход на автоматическое бурение позволяет продолжать работу между сменами и повышает производительность буровых установок на 10–20 %.

Также необходимо отметить, что переход на дистанционное управление буровыми установками и обеспечение автоматического режима их работы значительно повысят уровень безопасности ведения горных работ.

В рамках диспетчеризации важно обращать внимание и на мотивационную составляющую работников. На горном предприятии разработана и внедрена система оплаты труда машинистов ПДМ на основе данных АСД в части фактической добычи руды. Таким образом, для достижения количественных целей проектов АСД повышена экономическая заинтересованность работников и осуществлен переход на сдельный расчет оплаты труда. Тем самым,

на предприятии Кировский филиал АО «Апатит» осуществляется выплата заработной платы машинистам ПДМ по объемам, фактически добытым и отраженным в АСД. Кроме того, возобновилась практика определения лучшего по профессии.

Общий объем инвестиций по проектам №1 и №2 представлен на рисунках 2.6 и 2.7.

Наибольшие затраты связаны с созданием системы инфраструктуры позиционирования и связи (ПИС) В рамках двух проектов затраты составили более 520 млн рублей. По мере развития инфраструктуры растут затраты на техническую поддержку системы диспетчеризации. В рамках проекта № 2 такие затраты составили 319 млн рублей, превышая затраты на создание инфраструктуры ПИС.

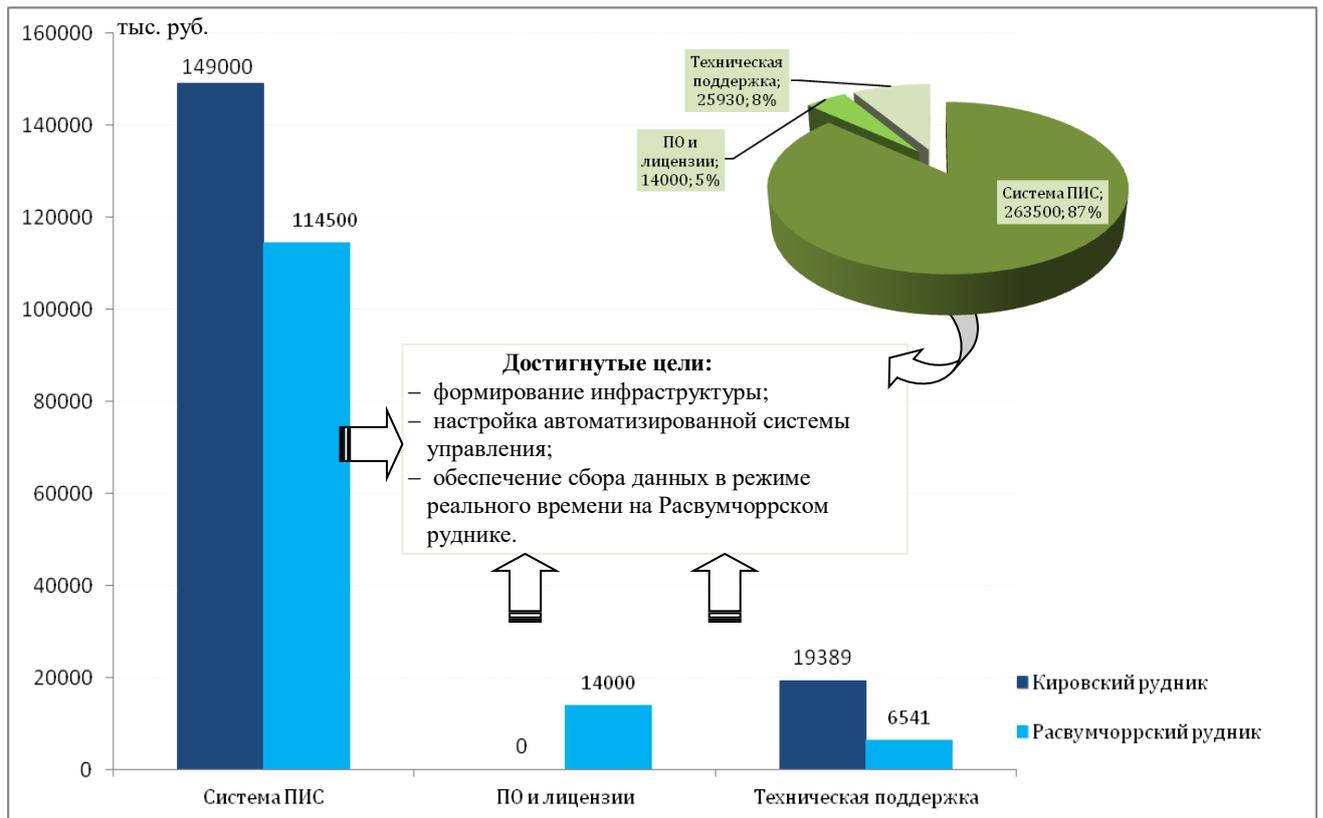


Рисунок 2.6 – Объемы затрат и реализация целей проекта № 1

Источник: составлено автором.

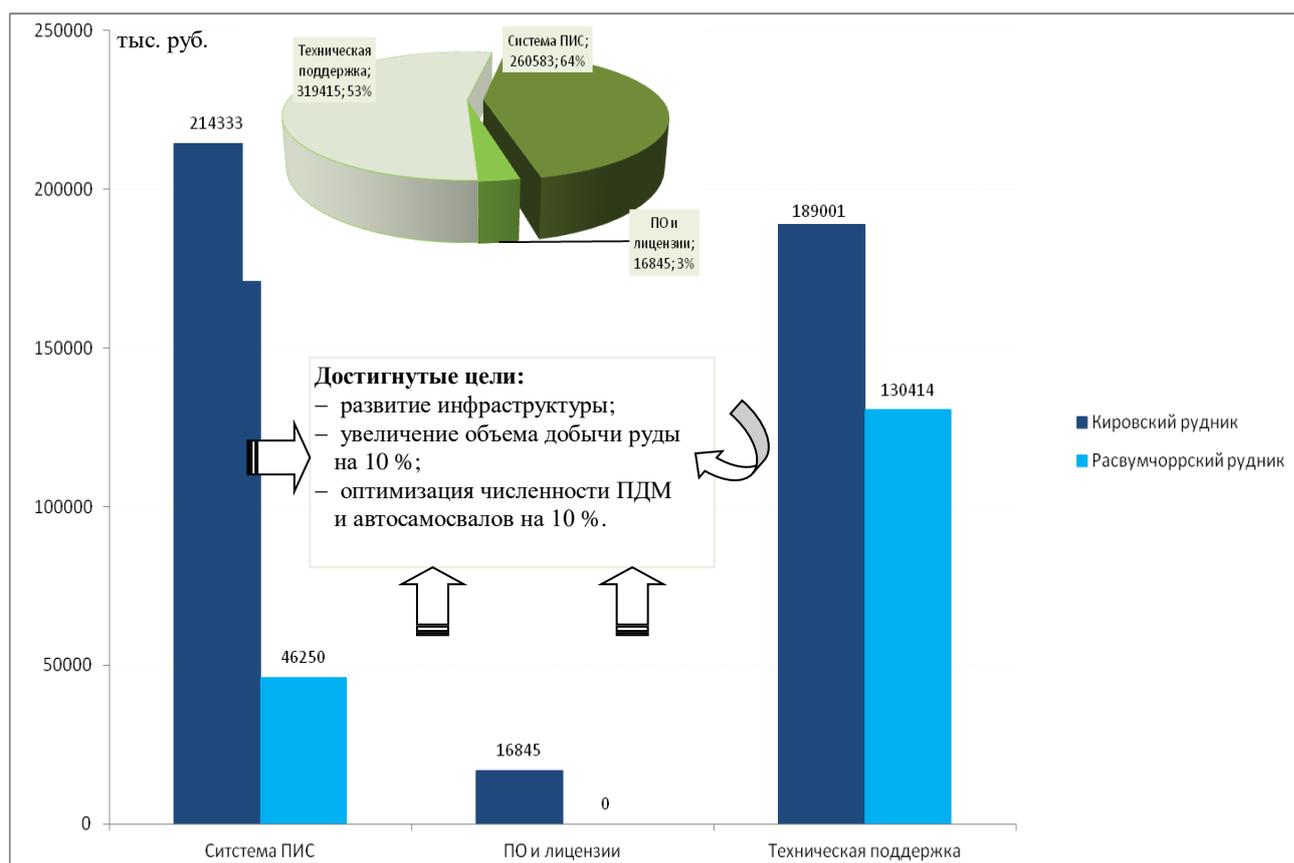


Рисунок 2.7 – Объемы затрат и реализация целей проекта № 2

Источник: составлено автором.

Следует отметить и изменения целей проектов, которые связаны преимущественно с созданием и настройкой автоматизированных систем в рамках проекта № 1, в то время как проект № 2 реализовал конкретные цели по улучшению технико-экономических показателей, таких как увеличение добычи руды на Кировском руднике на 10 % и оптимизация численности работников ПДМ и автосамосвалов на 10 %.

В качестве мероприятий, способствующих технологической модернизации Кировского филиала АО «Апатит», следует отметить *3D-проектирование объектов технического перевооружения горного предприятия*. Проектирование в 3D применяют при разработке рабочей и конструкторской документации с участием проектной организации ООО «Горно-химический инжиниринг» (ООО «ГХИ»), входящей в структуры ПАО «ФосАгро».

3D-проектирование позволяет:

- учитывать фактическое положение строительных конструкций;
- учитывать фактическое положение технологического оборудования и минимизировать количество не учтенных проектами работ;
- определять объем демонтируемых работ и конструкций;
- минимизировать количество выездов на промышленные объекты, что снижает риски получения травм на опасных производствах и затраты;
- определить последовательность строительства промышленных объектов с учетом размещения оборудования и возведения конструкций по времени, что позволяет избежать пространственно-временных несоответствий и обеспечивать в сроки график строительства.

Визуализация в 3D-проектировании повышает качество принимаемых решений и их доступность, что позволяет заказчику принимать непосредственное участие в промежуточных рассмотрениях разрабатываемого проекта и при необходимости дополнять его и улучшать.

Также следует отметить, что одновременное отражение всех конструкций и сетей на одном видовом пространстве позволяет значительно уменьшить время рассмотрения и согласования проекта.

Кировский филиал АО «Апатит» проводит *работы по роботизированному и дистанционному управлению горной техникой*. Автоматизированная система грузоперевозок на основе роботизированных автосамосвалов и дистанционного управления экскаватором предназначена для выполнения грузоперевозок автосамосвалами на территории в автономном режиме и погрузки в дистанционном режиме.

Основные задачи системы автономного управления автосамосвалом:

- снижение технологических и организационных простоев;
- повышение производительности грузоперевозок;
- обеспечение одновременного движения автосамосвалов в автономном режиме по заранее заданным маршрутам с возможностью переключения на дистанционный режим управления на всем маршруте движения;

- управление приоритетами при разъездах;
- обеспечение возможности автономного и дистанционно управляемого подъезда под загрузку и под разгрузку;
- обеспечение безопасного движения роботизированных автосамосвалов при переезде технологических дорог;
- экстренная остановка автосамосвала при возникновении нештатных ситуаций;
- передача видеоизображения оператору и диспетчеру;
- информирование диспетчера и оператора о возникновении нештатной ситуации;
- удаленный контроль состояния оборудования автосамосвала;
- контроль движения и состояния автосамосвалов с отображением на карте, построением необходимых отчетов, хранением истории движения и событий на централизованном сервере;
- контроль наличия транспорта, вспомогательной техники и персонала в зоне работы автосамосвалов;
- обеспечение взаимодействия автосамосвалов с персоналом для заправки и обслуживания в специализированной зоне;
- проверка работы автоматизированной системы грузоперевозок в условиях предприятия;
- дополнительная настройка автоматизированной системы грузоперевозок под условия предприятия.

Основные задачи системы дистанционного управления экскаватором:

- дистанционное управление ковшом экскаватора, вращение кабины, переезды;
- передача видеоизображения оператору и диспетчеру;
- информирование диспетчера и оператора о возникновении нештатной ситуации;
- удаленный контроль состояния оборудования экскаватора;

– дополнительная настройка автоматизированной системы грузоперевозок под условия предприятия.

Также на предприятии Кировский филиал АО «Апатит» *внедряются цифровые технологии для безопасности работ в виде тренажеров и симуляторов.*

На предприятии ведется работа с персоналом и обучение при помощи новейших технологий для горнопромышленного производства: тренажеры, тренажеры-симуляторы, VR-очки, онлайн-тренажеры и т.д.

Тренажеры, тренажеры-симуляторы оборудования помогают повысить уровень безопасности при работе операторов оборудования, а также повысить компетенции персонала путем проведения эффективного обучения. Эти устройства позволяют смоделировать и воспроизвести реальные условия труда, в которых оказывается работник.

В соответствии с разработанной автором классификацией мероприятий технологической модернизации (глава 1), на Кировском филиале АО «Апатит» проводится и техническое перевооружение.

*Осуществляется техническое перевооружение Главного ствола №2 и Главного ствола №1, выполняется строительство дробильно-доставочного комплекса, и планируется ввод в эксплуатацию нового добычного горизонта +10 м на Кировском руднике.*

Для достижения добычи 25 млн тонн руды в год на Кировском руднике в период 2018–2022 гг. и в соответствии с техническим проектом разработки месторождений Кукисвумчорр и Юкспор выполнен комплекс следующих горно-капитальных работ:

1. В рамках замещения выбывающих мощностей гор. +320 м Юкспорского месторождения произведено вскрытие запасов Кукисвумчоррского и Юкспорского месторождений на гор. +10 м обособленными конвейерными уклонами, сопрягающимися с действующим наклонным конвейерным стволом (НКС) и автотранспортными уклонами до горизонта +10 м;

2. Оборудован и введен в эксплуатацию комплекс подземного дробления

ДДК-1 гор. +10 м с подводными горно-капитальными выработками. Для транспортной связи горизонтов и подэтажей между собой, а также заезда в комплекс подземного дробления (КПД) и камеру загрузки конвейеров осуществлено углубление автоуклонов. Горизонт +10 м Кукисвумчоррского крыла месторождения оборудован под локомотивную откатку с камерами донной разгрузки вагонеток, обеспечивающую высокую производительность;

3. Выполняются горнопроходческие работы комплекса выработок откаточного гор. +10 м Юкспорского месторождения, и осуществляется проходка выработок насосной главного водоотлива. Также выполнены работы по проходке и креплению камерных выработок комплекса подземного дробления.

Также проведены капитальные ремонты рудовыдачных стволов рудника:

– на Главном стволе №2 (ГС-2) произведена замена проводников, частичная замена армировки ствола, местные усиления существующих металлоконструкций, частичная замена существующих инженерных коммуникаций, организовано резервирование электроснабжения комплекса;

– на комплексе наклонного конвейерного ствола (НКС) в 2022 г. выполнены работы по нечетной конвейерной линии: заменены все элементы конвейеров №№ 3, 5, 9, заменены электродвигатели на конвейере №5, ремонт редукторов и натяжной станции на конвейере №7. В 2023 г. были проведены работы по четной конвейерной линии: замена всех элементов конвейеров №№ 4, 6, 10, замена электродвигателей на конвейере №6, ремонт редукторов и натяжной станции на конвейере №8;

– на Главном стволе №1 (ГС-1) с целью сокращения плеча транспортировки породы от проходки выработок гор. +10 м заменена клетьевая подъемная установка на скиповую. В связи с этим заменена армировка ствола, изменены конструкции копра и здания бункеров, в том числе ствол ГС-1 также задействован на подъем и транспортировку руды в рамках увеличения объемов добычи руды. Достигнутая в настоящее время производительность ствола ГС-1 – 3,3 млн т, в т.ч. плановая целевая – 4,6 млн т.

Выполнен комплекс работ по модернизации оборудования главных

вентиляторно-калориферных установок рудника.

В период 2022–2023 гг. производительность по добыче руды Кировским рудником составляла 23 млн т. Для достижения объемов добычи в 25 млн т руды было необходимо выполнить следующий комплекс мероприятий:

- работы по строительству и вводу в эксплуатацию откаточного горизонта +10 м Юкспорского месторождения, в т.ч. работы по строительству откаточных путей горизонта, монтаж оборудования люковых камер рудоспусков и насосной главного водоотлива;
- работы по строительству и вводу в эксплуатацию комплекса подземного дробления КПД ДДК-2 и комплекса донной разгрузки вагонеток гор. +10 м;
- работы подготовительно-нарезных работ по запуску в работу выемочной единицы очистного блока 4/7 гор. +10 м.

В октябре 2023 года на Кировском руднике запущен второй пусковой комплекс (Юкспорское крыло) в рамках проекта «Строительство горизонта +10 м». В разработке нового горизонта было занято порядка 2 тыс. специалистов более чем из 50 подрядных организаций. Работы велись в подземных условиях, с применением самых передовых технологий и уникальных технических решений, в числе которых – безбалластные рельсовые пути и железнодорожный подвижной состав повышенной грузоподъемности. Это современное сооружение, которое позволит заместить выбывающие объемы и нарастить добычу руды на Кировском руднике в трехлетней перспективе до 25 млн т/год (на 8,6% выше текущего уровня добычи). Общий объем вложений в реализацию этого проекта составит 38,4 млрд руб.

В 2023 году продолжилась реализация инвестиционного проекта по строительству нового рудника для разработки месторождения «Плато Расвумчорр». Проект предполагает строительство двух пусковых комплексов, начало добычи руды по первому из которых, горизонта +430 м производительностью 4 млн т, запланировано уже на второй квартал 2025 года. Начало добычи руды по второму пусковому комплексу горизонта +310 м планируется на 2031 год, максимальная производительность комплекса по добыче

руды составит 6 млн тонн к 2035 году. Суммарный объем капитальных вложений в реализацию данного инвестиционного проекта составит около 37,7 млрд руб. В конце 2024 года - начале 2025 года планируется начать отработку подземным способом участка Гакман Юкспорского месторождения Кировского рудника.

Кроме того, Кировский филиал АО «Апатит» остается привержен активной реализации стратегии устойчивого развития. В 2023 году объем безуглеродной электроэнергии, используемой при производстве апатитового концентрата в Кировском филиале, составил 300 млн кВт•ч. Доля продукции горно-обогатительного комплекса, выпущенной с использованием «зеленой» электроэнергии, выработанной на гидроэлектростанциях ПАО «ТГК-1», составила 18,3% [70].

В целом, специфические особенности модернизации на горнодобывающем производстве с учетом проведенного анализа по Кировскому филиалу АО «Апатит» можно обобщить в виде таблицы 2.6.

Таблица 2.6 – Специфика технологической модернизации в горнодобывающем сегменте ПАО «ФосАгро»

Отличительные признаки	Особенности преобразований, направленных на технологическую модернизацию	Особенности добывающего сегмента
Глубина модернизации	Охват всего комплекса добычных предприятий. Охват участка или отдельного технологического процесса	Учет специфики открытых работ и подземных горных работ. Сложности формирования инфраструктуры информационных систем в условиях подземных сооружений
Виды модернизации	Автоматизированные системы управления, новые информационные технологии. Использование более технологичной техники и оборудования. Повышение количества и эффективное использование основных производственных фондов	Учет специфики открытых и подземных горных работ. Развитие горно-капитальных сооружений на больших глубинах для обеспечения доступа к рудному телу. Как правило, необратимый процесс, связанный с ухудшением горно-геологических характеристик
Инвестиционные риски	Величина затрат и скорость отдачи инвестиционных вложений	Удорожание комплектующих и работ и услуг вследствие длительности создания сложных технологий. Доступ к технологиям и решениям вследствие уникальности добывающих объектов
Безопасность	Обеспечение безопасных и эргономичных условий труда	Снижение прямого участия человека, прежде всего, на подземных работах. Достижение высокого уровня автоматизации и роботизации

Источник: составлено автором на основе [3].

Таким образом, работы по технологической модернизации в Кировском филиале АО «Апатит» ведутся поступательно. Происходят автоматизация и цифровизация производства, осуществляются модернизация и техническое перевооружение подземных сооружений.

В контексте настоящего исследования видится целесообразным определение и обоснование важнейших факторов внешней и внутренней среды, способствующих развитию долгосрочного потенциала технологической модернизации. Факторы влияния должны позволить определить целевые задачи, масштабность и глубину технологической модернизации, что впоследствии поможет сформировать комплекс актуальных показателей оценки программ технологической модернизации.

### **2.3 Систематизация закономерностей и факторов, способствующих развитию потенциала технологической модернизации**

В современных условиях, в связи с быстрым развитием технологий и усилением конкуренции, становится все более важным учитывать различные аспекты при анализе потенциала модернизации. В настоящее время особенно важно обеспечивать эффективное использование ресурсов и стремиться к оптимизации их использования, учитывая быстро меняющийся мир и научно-технический прогресс [139, 151]. Рассмотрим технологический потенциал модернизации на примере горнодобывающих предприятий.

Чтобы повысить потенциал модернизации горного предприятия, необходимо оптимизировать использование ресурсов, которые способствуют повышению эффективности производства. Это включает в себя мощность и возможности основных средств, квалификацию персонала и использование материалов и комплектующих. Повышение потенциала предприятия требует максимальной эффективности использования этих ресурсов.

Эффективное использование основных фондов имеет большое экономическое значение, поскольку оно может привести к росту производства,

а также к улучшению удовлетворения потребностей людей, снижению издержек производства, повышению рентабельности.

Наиболее важным направлением улучшения использования основных средств является поиск наилучшего способа их структурирования. Это означает оптимизацию распределения производства между основными и вспомогательными цехами, чтобы основные производственные цеха достигали высокой производительности. Вспомогательное производство увеличивает капиталоемкость продукции, но существенно не увеличивает объем производства. Кроме того, в целях оптимизации затрат предприятия должны приниматься меры по экономии материальных ресурсов и эффективному использованию имеющегося оборудования, а также оптимизировать неэффективное использование основных средства [41, 155, 22].

Таким образом, потенциал технологической модернизации горнодобывающего предприятия представляет собой грамотное использование ключевых видов внутренних ресурсов с учетом факторов влияния внутренней и внешней среды, способствующих или препятствующих масштабной реализации программ и проектов в среднесрочной или долгосрочной перспективе.

Часто степень эффективности использования потенциала технологической модернизации можно определить как использование задействованных ресурсов предприятия с учетом рискообразующих факторов внешней среды.

С точки зрения использования внутренних возможностей потенциал определяется эффективным использованием производственных, технико-технологических, интеллектуальных, финансово-экономических, организационно-управленческих ресурсов, направляемых на качественные преобразования по модернизации производства (рисунок 2.8).

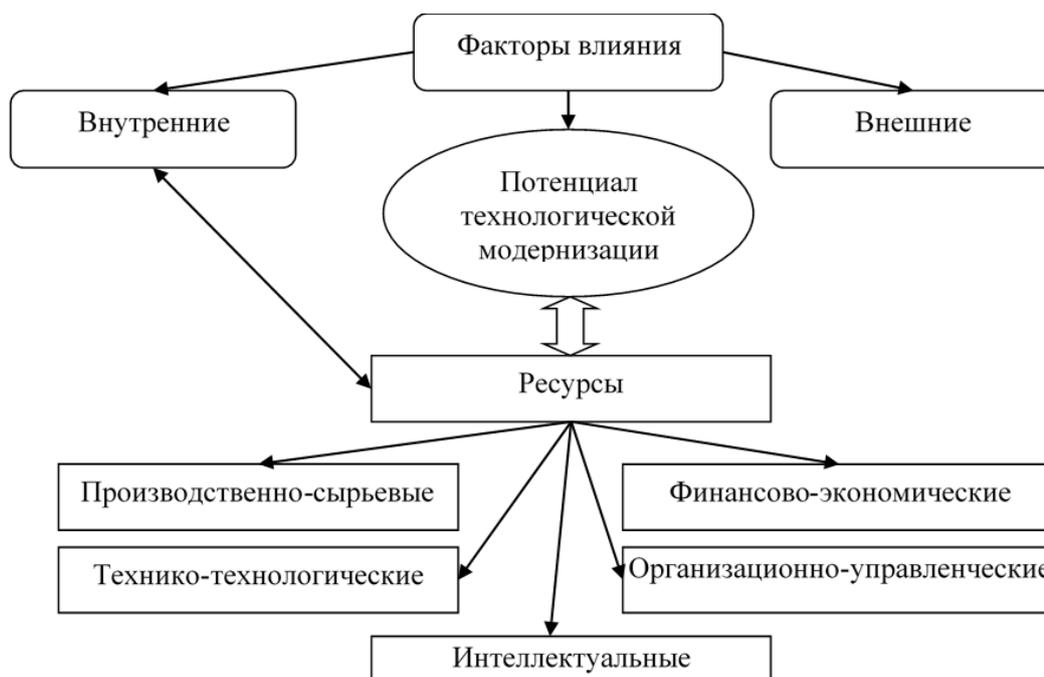


Рисунок 2.8 – Ресурсы и факторы, определяющие и влияющие на потенциал технологической модернизации

С другой стороны, потенциал технологической модернизации должен подчеркивать способность компании к адаптации и возможности к внутренним изменениям с целью реализации появляющихся или уже имеющихся запросов рынка, которые, в конечном счете, будут определять конкурентоспособность горнодобывающего предприятия и укреплять ряд базовых конкурентных преимуществ, связанных, например, с компетентностью сотрудников и технологичностью (способность горного предприятия экономически эффективно извлекать товарное минеральное сырье из руд с низким содержанием полезного компонента или поддерживать низкий уровень операционных затрат с повышением глубины отработки месторождений).

*Производственно-сырьевые ресурсы* потенциала модернизации определяются использованием производственных мощностей, наличием узких мест в производственных цепочках, количеством и состоянием горных выработок. Изучение технического состояния горных выработок и наземных сооружений, а также эффективности их использования представляются важнейшим

направлением оценки потенциала использования производственных активов при проведении модернизации [123].

Сырьевые ресурсы и потенциал их эффективного извлечения связаны с количеством доказанных запасов и возможностью их воспроизводства. Горное предприятие должно определять технико-экономические возможности возможностями дополнительных геологоразведочных работ и переводом запасов из забалансовых в балансовые. Ухудшение горно-геологических условий, снижение содержания полезного компонента, возможности извлечения товарного сырья из техногенных отходов горного производства тоже определяют потенциал комплекса необходимых мероприятий по технологической модернизации [96].

Высокий уровень качества текущего операционного планирования позволяет более точно и эффективно определять возможности развития сырьевой базы и использования производственных мощностей по добыче горнорудного сырья, что также является немаловажной характеристикой потенциала модернизации.

*Технико-технологические ресурсы* определяются уровнем состояния оборудования и технических средств. Немаловажно иметь цифровые интеллектуальные, автоматизированные и роботизированные активы. Степень прогрессивности применяемой техники, технологии и производимой продукции в рамках различных технологических цепочек определяют глубину модернизации и ее потенциал [17].

Для оценки технико-технологических ресурсов потенциала модернизации можно использовать различные показатели: показатели технического уровня, применяемые в производстве средств труда для определения возрастного состава оборудования (фактический и нормативный сроки службы оборудования); износа средств труда (коэффициенты износа и годности); воспроизводства основных фондов (коэффициенты обновления, выбытия, прироста, интенсивности обновления, прогрессивности обновления); механизации, автоматизации и цифровизации производства, работ и труда, а также фондовооруженности и энерговооруженности труда [155].

Прогрессивность технологических процессов может определяться удельным весом инновационных технологических процессов или наилучшими доступными технологиями.

Так, например, скорость, производительность, грузоподъемность – одни из важных показателей добычного оборудования и автосамосвалов. Важна надежность оборудования: срок службы, частота отказов межремонтный цикл и др. Для горнодобывающих производств немаловажными характеристиками являются эргономические параметры (учет физиологических особенностей людей, уровень вибрации, шума, запыленности, загазованности и т.д.).

*Финансово-экономические ресурсы потенциала модернизации* связаны с финансовыми возможностями.

Потенциал экономических ресурсов может увеличиваться за счет эффективного использования активов компании, а также стимулов для бизнеса и персонала, таких как материальное вознаграждение для поощрения рационализаторства и новаторства, активного участия в программах модернизации [43].

Необходимо обеспечивать эффективную организацию бизнес-процессов для оптимизации доли административно-управленческих расходов в общей сумме затрат предприятия.

Также важен перманентный мониторинг цен и на оборудование и услуги.

Внешними факторами, оказывающими влияние на экономический потенциал, являются институты рыночного характера, используемые для ускорения инициации реализации проектов (программ) модернизации: например, кредитование и возможности привлечения инвестиций, налоговые льготы, широкое предложение инновационных продуктов на рынках технологий и др. [81].

*Организационно-управленческие ресурсы* способствуют построению эффективных последовательных, параллельных и последовательно-параллельных технологических процессов, а также помогают выстраивать результативную иерархию организационной структуры. Росту потенциала модернизации

способствует грамотное использование организационно-управленческих ресурсов для отслеживания активов в режиме реального времени, включая быструю ликвидацию (продажу) оборудования, избыточных активов.

Показатели уровня организации производства, как правило, детализируют степень развития концентрации, специализации, кооперирования и комбинирования производства.

Потенциал технологической модернизации определяется и успешным вовлечением управленческих возможностей компании, которые очерчивают способность и готовность горнодобывающего предприятия к существенным изменениям технико-технологического характера, а также к быстрой адаптации руководителей, которые принимают решения по отношению к изменяющемуся рыночному окружению [2].

*Интеллектуальные ресурсы потенциала* формируются количеством достигнутых результатов научных исследований и разработок в корпоративных центрах горной компании, количеством и качеством неосязаемых активов; включая патенты и рационализаторские предложения, а также развитием кадрового потенциала способностью повышения его уровня квалификации [94, 150].

Кадровые аспекты модернизации связаны с наличием образовательного потенциала региона как фактора внешнего воздействия, а способность к развитию профессиональных компетенций внутри организации определяет внутренний кадровый потенциал [76].

Для решения задач по определению потенциала технологической модернизации целесообразно определить группы факторов и провести их декомпозицию. Такие факторы позволят обосновывать степень их влияния на компанию, при этом повысится важность их учета для осуществления технологических преобразований. Факторы отличаются по направленности воздействия на процессы модернизации – прямое или косвенное воздействие (рисунок 2.9).

Таким образом, оценка факторов влияния на потенциал технологической

модернизации должна способствовать формированию конкретных целей и программ.

Конкретные факторы влияния, способствующие или ограничивающие развитие программ модернизации в горнопромышленных компаниях, представлены в таблице 2.7.

Так, например, уровень развития внутренних рынков и развитая система кредитования – отнесены к внешним факторам прямого воздействия, в то время как ужесточение конкуренции на рынках минерального сырья и тенденции, связанные с решением климатических проблем, относятся к внешним факторам косвенного воздействия.

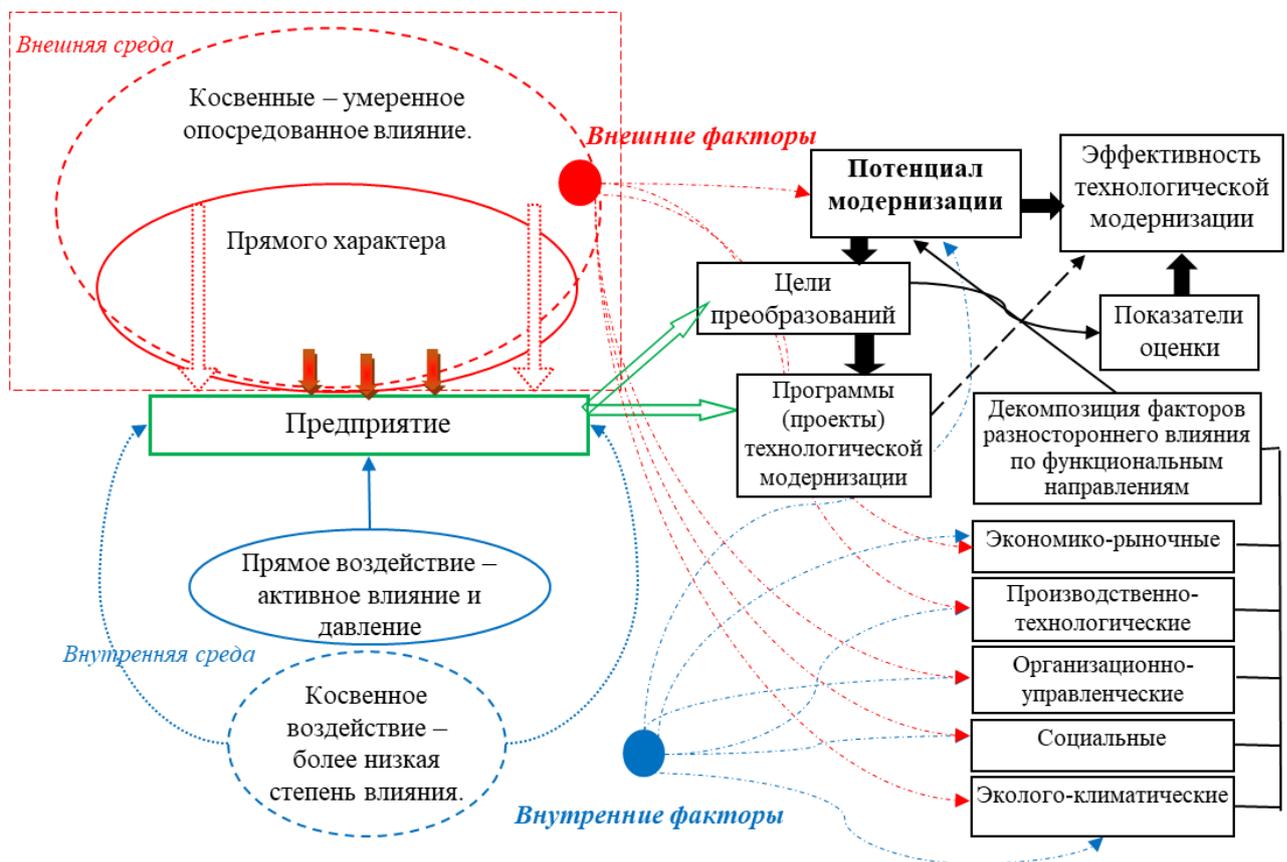


Рисунок 2.9 – Взаимосвязь факторов влияния, определяющих потенциал модернизации и функциональных факторов [4]

Эффективность системы тактического и стратегического планирования, а также уровень развития использования производственно-технологической

и информационной базы целесообразно отнести к внутренним факторам прямого воздействия. Корпоративные регламенты и возможная скорость их корректировки или, например, организационная среда в компании не всегда напрямую влияют на интенсификацию процессов модернизации, в то же время опосредованное воздействие указанные факторы оказывают.

Таблица 2.7 – Факторы, оказывающие влияние на потенциал технологической модернизации [4]

Классификационный признак фактора	Описание фактора
Внешние прямого воздействия	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Развитие конкретных цифровых и роботизированных технологий в компаниях-конкурентах;</li> <li>– наличие доступа к технологиям и техническим средствам;</li> <li>– тенденции повышения внимания к промышленной безопасности (нормативный и законодательный аспект);</li> <li>– существующая система кредитования технологического развития в промышленности;</li> <li>– развитие внутренних рынков (государственная поддержка отечественных сельхозпроизводителей);</li> <li>– ужесточение экологических ограничений в целом.</li> </ul>
Внешние косвенного воздействия	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ужесточение конкуренции на региональных и глобальных рынках минерального сырья;</li> <li>– тенденции научно-технического прогресса в отрасли и необходимость обеспечивать конкурентоспособность за счет внедрения передовых и доступных технологий;</li> <li>– тенденции, связанные с повышением экологической и климатической эффективности промышленных производств;</li> <li>– государственная налоговая политика;</li> <li>– тренды повышения внимания к социальной ответственности бизнеса;</li> <li>– образовательный и кадровый потенциал региона.</li> </ul>
Внутренние прямого воздействия	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Уровень эффективности системы планирования, быстрая адаптация под меняющиеся запросы перерабатывающих сегментов холдинга;</li> <li>– уровень развития производственно-технологической и информационной базы;</li> <li>– текущее экономическое положение, степень финансовой устойчивости и инвестиционных возможностей компании;</li> <li>– уровень квалификации менеджмента для реализации сложных технологических проектов;</li> <li>– набор конкретных компетенций специалистов-инженеров для осуществления технологической модернизации;</li> <li>– уровень мотивации сотрудников и способность их к изменениям.</li> </ul>
Внутренние косвенного воздействия	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Корпоративные стратегии, регламенты и возможная скорость их корректировки;</li> <li>– планы холдинга по выходу на новые рынки;</li> <li>– существующая организационная среда холдинга и его гибкость;</li> <li>– форма собственности предприятия и структура акционерного капитала;</li> <li>– существующие модели профессиональной подготовки кадров;</li> <li>– уровень развития собственных высокотехнологичных центров для производства наукоемкой продукции.</li> </ul>

Источник: составлено автором.

Факторы внешнего и внутреннего влияния прямого и косвенного воздействия (таблица 2.7) с разной степенью влияют на потенциал модернизации,

горнодобывающего предприятия. Целесообразно рассматривать следующие группы факторов: внешней среды прямого влияния, внешней среды косвенного влияния, внутреннего потенциала прямого воздействия, внутреннего потенциала косвенного воздействия.

Матрицу рассматриваемых факторов можно представить в следующем виде:

$$\begin{pmatrix} СП_1 & СП_2 & \dots & СП_m \\ СК_1 & СК_2 & \dots & СК_n \\ ВП_1 & ВП_2 & \dots & ВП_p \\ ВК_1 & ВК_2 & \dots & ВК_q \end{pmatrix}, \quad (2.1)$$

где  $СП_i$  – факторы внешней среды прямого влияния,  $i = \overline{1, m}$ ;

$СК_j$  – факторы внешней среды косвенного влияния,  $j = \overline{1, n}$ ;

$ВП_k$  – факторы внутреннего потенциала прямого воздействия,  $k = \overline{1, p}$ ;

$ВК_l$  – факторы внутреннего потенциала косвенного воздействия,  $l = \overline{1, q}$ .

Обобщение факторов представлено графически на рисунке 2.10.

При планировании и реализации программ технологической модернизации также важно проводить комплексный анализ факторов по функциональным направлениям влияния с учетом их влияния, сдерживающего или, наоборот, способствующего, к проводимым в компании изменениям.

Задачи экспертов состоят в оценке способностей компании справиться с внешними вызовами в части выделенных внешних факторов влияния косвенного и прямого воздействия, а также оценить внутренние возможности компании.

В таблице 2.8 представлена декомпозиция функциональных факторов, сдерживающих или способствующих реализации программ технологической модернизации горнодобывающего сегмента компании по производству минеральных удобрений.

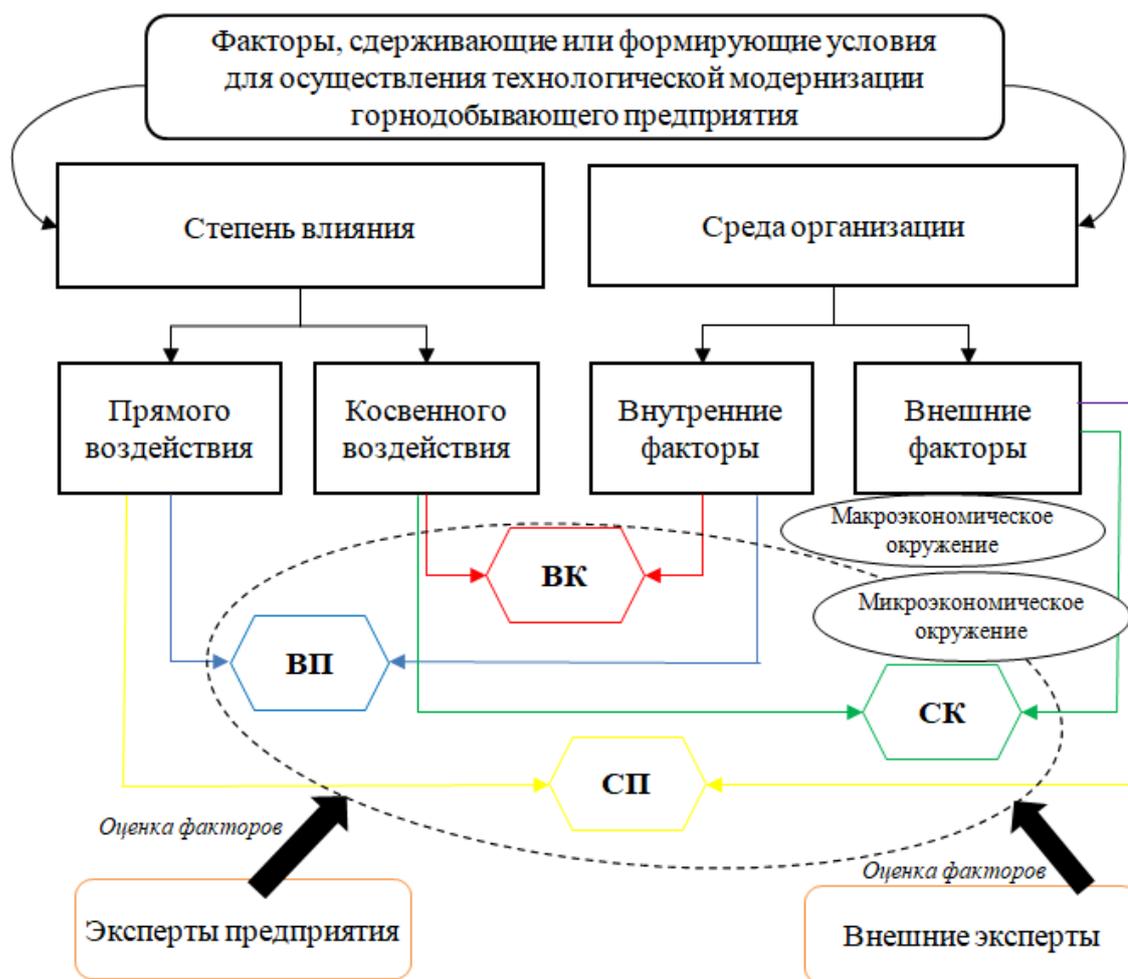


Рисунок 2.10 – Обобщение факторов воздействия, определяющих потенциал программ технологической модернизации

В современной макроэкономической и геополитической ситуации санкционная политика ограничивает доступ к инвестиционным ресурсам, что влияет на скорость и качество изменений, связанных с модернизацией производства. Важно отметить, что большое количество автоматизированных и цифровых технологий, технологий искусственного интеллекта поставлялось или внедрялось западными производителями. В этой связи отечественные горнодобывающие компании имеют определенные трудности по обходу появившихся проблем. Безусловно, в рамках крупных вертикальных холдингов, куда входит и Кировский филиал АО «Апатит», решаются интеграционные задачи, способствующие наращиванию собственных технико-технологических возможностей в рамках партнерств и развития научных центров.

Функциональные факторы, отраженные в таблице 2.8, могут выступать как вспомогательные при экспертной оценке потенциала технологической модернизации.

Глубокая ориентация на учет рыночных изменений и способности использования технико-технологических и финансовых возможностей, а также уровень развития рыночной институциональной среды (рынок удобрений, система кредитования и поддержки инноваций) – безусловно, те факторы, которые способствуют развитию потенциала модернизации.

Как уже отмечалось, важным элементом развития потенциала модернизации является организационно-управленческая составляющая. Должен формироваться новый образ инновационного мышления руководителей в части формирования программ по модернизации производств и внедрению нововведений.

Таблица 2.8 – Факторы функциональной направленности, сдерживающие или способствующие развитию программ технологической модернизации (ТМ) [4]

Группы факторов	Факторы, сдерживающие ТМ	Факторы, способствующие ТМ
Экономико-рыночные	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Высокая капиталоемкость реализуемых проектов технологической модернизации;</li> <li>- существенные инвестиционные риски;</li> <li>- недостаток финансовых ресурсов как у самого предприятия, так и на уровне корпорации;</li> <li>- снижение режима благоприятности на кредитном рынке, дефицит кредитных ресурсов;</li> <li>- сложность прогнозирования экономической ситуации на рынках минеральных удобрений.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ужесточение конкурентной борьбы на мировых рынках минеральных удобрений;</li> <li>- рост потребления отдельных видов удобрений;</li> <li>- интенсификация развития национального рынка удобрений;</li> <li>- развитие рынка кредитования;</li> <li>- развитая система источников финансирования инновационных программ и проектов, а также проектов по внедрению наилучших доступных технологий.</li> </ul>
Организационно-управленческие	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Присутствие глубокой иерархичности в организационной структуре, малое использование проектных форм управления;</li> <li>- ориентация менеджмента на решение текущих проблем экономического развития</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Стиль быстрого реагирования, ориентированный на эффективное управление изменениями;</li> <li>- способность перестройки организационной структуры, использование гибких проектных форм управления;</li> </ul>

Группы факторов	Факторы, сдерживающие ТМ	Факторы, способствующие ТМ
	<p>предприятия – перекося в сторону оперативного управления;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- неработающая система прогнозирования и неразвитое стратегическое планирование;</li> <li>- неразвитое коммуникативное пространство при горизонтальных связях.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- высокий уровень подготовки инженерных специалистов и мастеров;</li> <li>- наличие высококвалифицированных специалистов в области информационных технологий.</li> </ul>
Производственно-технологические	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Низкий уровень развития инновационных процессов и решений научно-технических задач в отрасли;</li> <li>- приоритет текущим производственным задачам над среднесрочными и долгосрочными;</li> <li>- недостаточный уровень технологического партнерства в отрасли;</li> <li>- низкое технологическое развитие производственных процессов и отсутствие эффективного материально-технического обеспечения.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Постоянное и динамичное развитие высокотехнологичных систем в горнодобывающих отраслях;</li> <li>- повышение уровня производительности у компаний-конкурентов;</li> <li>- хороший уровень развития производственных систем;</li> <li>- наличие подготовленной инфраструктуры для цифровизации;</li> <li>- наличие существенных объемов минерально-сырьевых ресурсов;</li> <li>- собственные разработки научно-технического характера.</li> </ul>
Социальные	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Недостаточно высокий уровень внимания к социальным аспектам в корпоративных стратегиях устойчивого развития;</li> <li>- депрессивность региона, закрытие рудников и шахт, отток трудовых ресурсов.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Рост внимания к промышленной безопасности;</li> <li>- формирование имиджа социально-ответственной компании.</li> </ul>
Эколого-климатические	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Слаборазвитые институты, способствующие повышению ресурсо- и энергоэффективности и развитию «зеленой экономики»;</li> <li>- недостаточное количество наилучших доступных технологий, способствующих реализации проектов экологической модернизации;</li> <li>- высокий уровень затрат на реализацию мероприятий по снижению выбросов CO<sub>2</sub>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Нормативные правовые акты, ужесточающие экологические требования к промышленным предприятиям (в том числе необходимость получения комплексных экологических разрешений);</li> <li>- корпоративные стратегии устойчивого развития;</li> <li>- необходимость повышения экологического имиджа компании;</li> <li>- давление общественных региональных сообществ.</li> </ul>

Стоит обратить внимание на уровень развития системы стратегического планирования на горном предприятии. Отсутствие стратегического мышления и планирования, а также элементов прогнозирования препятствуют развитию потенциала модернизации.

Адаптация к новым меняющимся рынкам и применение новых технологий требуют времени для оценки, и при этом важно заниматься преактивным стратегическим планированием на горном предприятии.

Использование преактивных подходов подчеркивает применение компанией различных методов прогнозирования внешнего окружения. Компании, реализующие преактивное стратегическое планирование, способны детально исследовать свой внутренний производственный и организационный потенциал и анализировать внешнее окружение с целью упреждающего развития и внедрения тех технологий, которые позволят осуществить модернизацию, повышая конкурентные позиции компании [44].

При этом стратегическое планирование выступает важным инструментом, направленным на аналитическое исследование возможностей и рисков применения тех или иных технологий в рамках реализации стратегических задач и альтернатив развития, которые диктуют рынок и изменяющаяся экономическая среда [21].

Грамотное использование инструментов стратегического планирования позволит наращивать потенциал модернизации. Стратегическое планирование должно способствовать [56]:

- четкой постановке целей развития горного производства, а также и экономически и технологически обоснованному выбору задач модернизации;
- осуществлению перманентного поиска внутренних возможностей повышения конкурентоспособности производства и укреплению организационно-технологических составляющих уже существующих и, возможно, формирующихся конкурентных преимуществ;
- обеспечению более точного функционального соответствия между стратегическими целями горного предприятия и внешней средой в поле

макроэкономических, геополитических, технологических и эколого-климатических трендов;

– индивидуализации комплекса мероприятий по модернизации с учетом особенностей подземного и открытого рудников, которые обусловлены своими горнотехническими характеристиками;

– четкому организационному разделению стратегических и оперативных задач в рамках дорожной карты программ или проектов модернизации.

Следует отметить, что в рамках реализации долгосрочных программ модернизации (5 и более лет) они должны обладать свойствами динамичности. Программы могут пересматриваться в соответствии с новыми тенденциями на рынке, изменениями цен, логистикой, набором конкретных поставщиков оборудования и технологий. В этой связи стратегическое планирование и такая его характеристика, как гибкость, имеют важное значение. При этом гибкость и адаптивность способствуют наращиванию потенциала модернизации [36].

В целом, декомпозиция факторов влияния, способствующих или препятствующих технологической модернизации, позволит более четко определить среднесрочные и долгосрочные цели экономического развития и на базе них сформировать показатели оценки эффективности программ и проектов.

## **Выводы по Главе 2**

1. Крупные мировые компании-производители минеральных удобрений обеспечивают экономическое развитие с помощью важнейших стратегических решений, и, в частности, путем реализации программ, направленных на технологическое развитие. Кроме того, крупные холдинги стремятся обеспечить развитие минерально-сырьевой базы и транспортно-логистических активов. Немаловажное значение придается знаниям, опыту, что способствует постоянному процессу по технологической модернизации производства.

2. В последние десятилетия рынок минеральных удобрений развивался достаточно высокими темпами. Данный рынок является глобальным, так как

структура производства и потребления в существенной мере разнятся. Рынок минеральных удобрений можно считать волатильным, ввиду чего прогнозы относительно его будущего развития могут разрабатываться лишь на период 5–10 лет. Прогнозируется и серьезный рост внутреннего рынка потребления минеральных удобрений.

3. Учитывая возрастающий спрос на экологические минеральные удобрения со стороны как отечественных аграриев, так и зарубежных предприятий, компания ПАО «ФосАгро» ежегодно наращивает объем производства высококачественного фосфатного сырья – апатитового концентрата.

4. Для увеличения объемов производства необходимо формировать интенсивное технологическое развитие горнодобывающего сегмента холдинга – предприятия Кировский филиал АО «Апатит».

5. Расширение производства, рост обеспеченности собственными минерально-сырьевыми ресурсами, повышение операционной эффективности – ключевые задачи горнодобывающего сегмента компании ПАО «ФосАгро».

6. Цифровизация и автоматизация повышают скорость принятия решений, что влияет на повышение управленческой эффективности. На предприятии Кировский филиал АО «Апатит» внедряется система позиционирования. Использование данной системы позволяет увеличивать производительность труда, снижать себестоимость конечной продукции, сокращать время реагирования при выполнении ремонтов и наступлении внештатных ситуаций, повышать уровень безопасности труда.

7. Диспетчеризация подземных горных работ в Кировском филиале АО «Апатит» позволила перейти от фрагментарного планирования к системе сведения плановых и фактических данных в рамках единой информационной системы, а также произошло снижение объемов потерь добытой руды на 1–2 % за счет более качественного планирования работ и автоматизации сбора фактических показателей.

8. Выявлена взаимосвязь факторов влияния, стимулирующих к модернизации производства, и функциональных факторов экономического,

организационно-управленческого, производственного, социального и экологического характера. Учет актуальных тенденций посредством обоснования степени воздействия внешних и внутренних факторов влияния обуславливает необходимость формирования определенных целевых показателей при реализации программ модернизации или инновационных проектов.

9. Предложена система факторов внешнего и внутреннего влияния прямого и косвенного воздействия, актуальных для горнодобывающего предприятия. А также детализированы факторы функциональной направленности, сдерживающие или способствующие развитию программ технологической модернизации. Совокупный учет факторов с использованием методов экспертной оценки позволит определять уровень потенциала проектов технологической модернизации.

10. Доказано, что в настоящее время актуальны вопросы экологической и социальной эффективности при проведении технологической модернизации. Снижение количества рабочих мест в опасных условиях и активное использование роботизированной техники позволит повысить безопасность производства. Внедрение перспективных природоохранных технологий и наилучших доступных технологий позволит повысить экологический имидж горнодобывающей компании, достичь более высокого уровня корпоративной социальной ответственности.

### **ГЛАВА 3 ПЕРСПЕКТИВЫ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА**

#### **3.1 Методические подходы к оценке экономической эффективности процесса технологической модернизации**

При оценке экономической эффективности программ технологической модернизации должны отражаться особенности горнопромышленного комплекса. В рамках определения экономической эффективности программ модернизации целесообразно учитывать технологическую специфику, вопросы развития промышленной инфраструктуры, социально-экологические параметры, достигнутые в рамках проектов технологической модернизации. Адекватность комплексной экономической и социально-экологической эффективности программ технологической модернизации базируется на качественных стратегическом и технико-экономическом анализах. В современной напряженной геополитической обстановке роль стратегического анализа возрастает, поскольку важно понимать тенденции рынка, доступность оборудования и технологий, действия ключевых конкурентов, законодательные ограничения санкционного и протекционистского характера [134, 138].

Отечественный и зарубежный опыт фиксирует использование различных подходов для определения экономической эффективности и оценки положительных косвенных эффектов в количественном измерении при реализации программ модернизации, в том числе и связанных с реализацией проектов внедрения наилучших доступных технологий (НДТ), которые часто ассоциируют с экологической модернизацией производства [58, 129].

Методики технико-экономической оценки программ технологической модернизации должны показать, какие технологические и организационные преимущества становятся доступными и релевантными для горнопромышленных компаний, а в ряде случаев такие новые возможности не только имеют роль

тактического характера, но и формируют стратегические выгоды. Например, цифровизация компании и повышение уровня промышленной безопасности, рост применения эколого-ориентированных и социальных подходов могут привести к повышению имиджа и привлечению новых акционеров. Также позитивный имидж способствует налаживанию результативного взаимодействия с региональными властями и общественными организациями.

Эффективность технологической модернизации может подчеркивать и целенаправленность компании на достижение целей устойчивого развития, связанных с обеспечением хороших условий труда для работников, и развитие систем, направленных на минимизацию воздействия для окружающей среды [27].

Программы (проекты) модернизации сопряжены со значительными инвестиционными и эксплуатационными затратами.

Авторы А.Э. Вайно и др. [23] предлагают методические подходы, которые помогут горнодобывающим предприятиям повысить точность оценки капитальных затрат, учесть различные факторы и возможные неопределённости.

С использованием разработок, представленных в исследовании [23], предложены уточненные методические подходы к оценке капитальных и эксплуатационных затрат на предприятиях горнодобывающей отрасли (рисунок 3.1) [8].

На рисунке 3.1 выделены три группировки затрат, определяющие идентификацию самих затрат, способ расчет затрат прямым методом и возможности использования сравнительных и прогностических моделей в зависимости от уровня модернизации и инновационности используемых технологий.

В рамках горнодобывающего производства важно выделять его особенности, связанные, например, с глубиной залегания рудного тела, возможностями воспроизводства извлекаемых запасов и затрат на дополнительные геологические изыскания, содержанием полезного компонента, многокомпонентностью руд и др. [37, 59, 191, 147].

Также в современной экономической ситуации целесообразно идентифицировать те затраты, которые направлены на обеспечение промышленной безопасности, повышение эргономики труда и сохранение экологической устойчивости окружающей среды [136].

Для оценки проектов технологической модернизации представляется актуальным использовать постоянно обновляемые системы мониторинга, позволяющие отслеживать изменение цен на энергию, топливо, вспомогательные материалы, услуги.

Также целесообразно широко использовать метод бенчмаркинга, позволяющий перенимать передовой производственный опыт [55]. Для отдельных горнодобывающих дивизионов, функционирующих в составе крупных холдинговых структур, может быть возможно перенимать опыт в части способов управления затратами и их снижения на этапе инвестирования и операционной деятельности. В случае использования перспективных технологий важно использовать прогнозные модели для определения затрат.

На рисунке 3.2 обобщены специфические затраты и доходы, необходимые к учету при реализации программ технологической модернизации, в том числе с учётом применения цифровых решений, на предприятиях горнопромышленного комплекса.

При экономической оценке проектов (программ) технологической модернизации появляются специфические затраты, которые отражают особенности горнотехнических условий или возможности извлечения дополнительных компонентов из руды. Например, разная глубина горных выработок требует зачастую уникальных решений по диспетчеризации добычного производства в подземных шахтах и рудниках [6, 74].

Вопросы технологической модернизации эколого-ориентированного характера могут быть сопряжены с внедрением НДТ и инновационных технологий. Здесь помимо технических показателей важны и социально-экологические индикаторы.

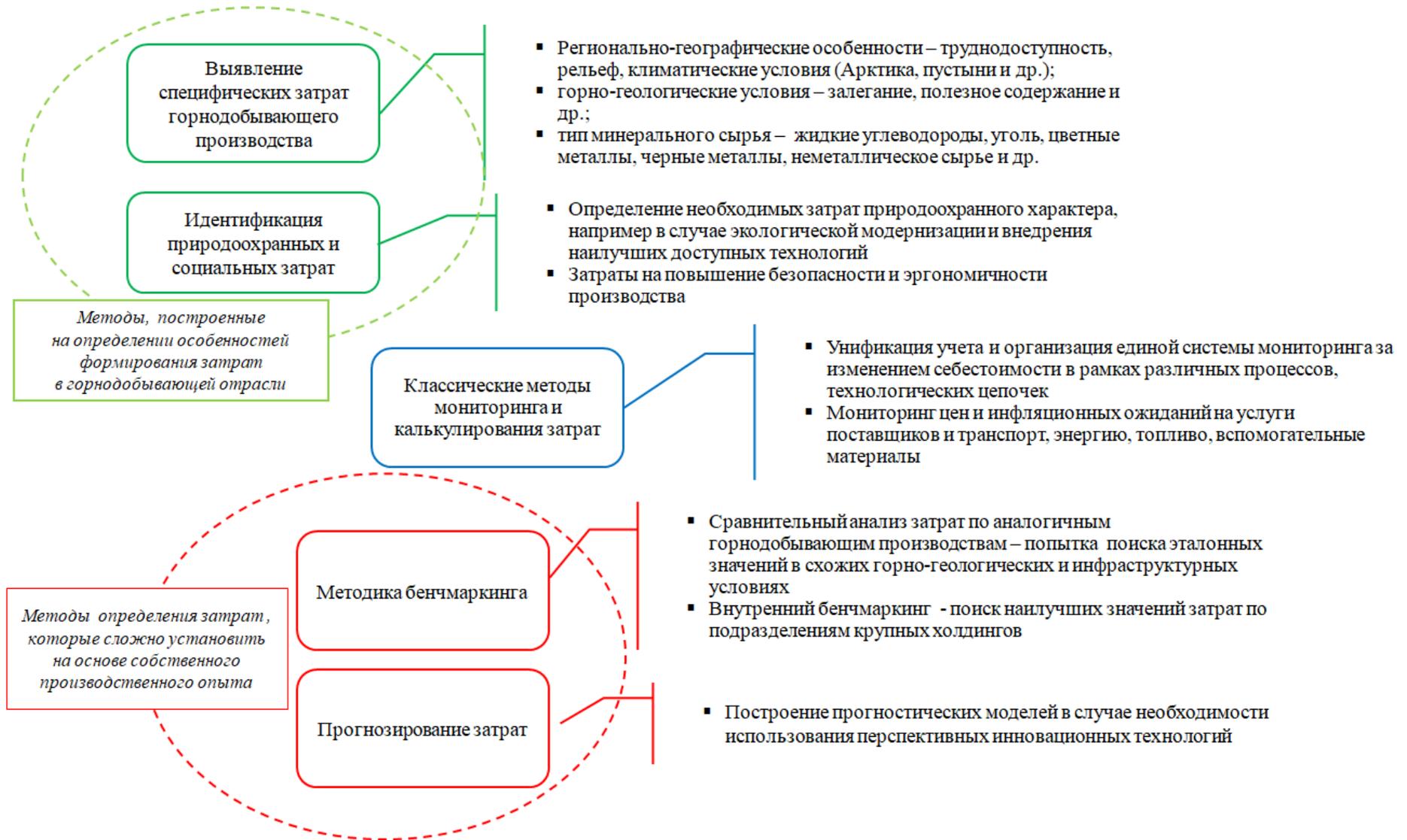


Рисунок 3.1 – Группировка методических подходов к определению затрат в условиях специфики горнодобывающего производства

Источник: составлено автором.

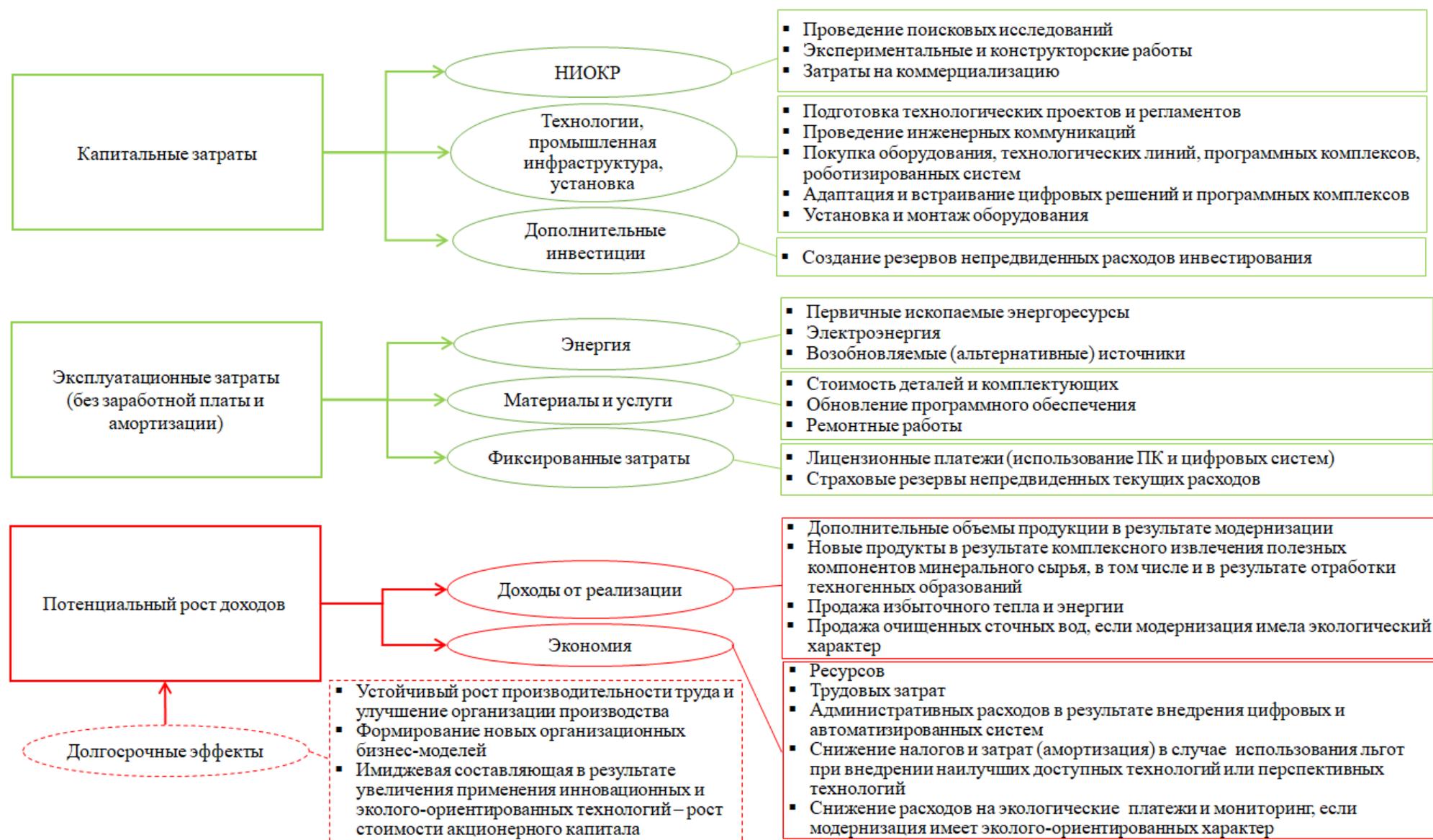


Рисунок 3.2 – Затраты и доходы горнопромышленных предприятий

Источник: составлено автором.

Внедрение программных комплексов и цифровых решений требует, как правило, лицензионных платежей и обновлений.

Модернизация горного производства может привести к повышению возможностей по извлечению неосновных полезных компонентов минерального сырья, которые при старых технологиях и организационных решениях были экономически нерентабельными.

Экологическая направленность модернизации может приводить к повышению эффективности использования энергии, уменьшению потребления воды и ее очищению. Тем самым появляются новые возможности по продаже избытка энергии, тепла и воды сторонним предприятиям.

Экономическая эффективность остается определяющей и включает, как правило, коммерческую и бюджетную эффективность. Также важно использовать динамическую оценку инвестиций в проектах модернизации на долгосрочный период времени и статическую оценку годового эффекта.

В таблице 3.1 представлены основные экономические показатели для оценки модернизации производства. Данные показатели оценивают годовой эффект от модернизации производства. Здесь представлены классические статические показатели, не учитывающие фактор времени, отражающие основные экономические результаты преобразований.

Таблица 3.1 – Перечень показателей при оценке программ (проектов) модернизации на горнопромышленном предприятии

Наименование показателя ( $P_i$ )	Формула для расчета показателя	Номер формулы
Рост активов горнопромышленной компании	$\Delta A = \frac{A_1 - A_0}{A_0} \cdot 100\%$ <p>где <math>A_0, A_1</math> – показатель стоимости активов предприятия на начало и конец года, руб.</p>	(3.1)
Прирост выручки	$\Delta B = \frac{B_1 - B_0}{B_0} \cdot 100\%$ <p>где <math>B_0, B_1</math> – показатель выручки предприятия на начало и конец года, руб.</p>	(3.2)
Прирост прибыли	$\Delta \Pi = \frac{\Pi_1 - \Pi_0}{\Pi_0} \cdot 100\%$ <p>где <math>\Pi_0, \Pi_1</math> – чистая прибыль на начало и конец года, руб.</p>	(3.3)
Продукция, полученная в рамках мероприятий по модернизации	$\Delta M = \frac{M^И}{M^О} \cdot 100\%$ <p>где <math>M^И</math> – объём новой продукции, освоенной в производстве в рамках программы модернизации; <math>M^О</math> – общий объём произведенной продукции.</p>	(3.4)
Повышение стоимости нематериальных активов	$\Delta HA = \frac{HA_1 - HA_0}{HA_0} \cdot 100\%$ <p>где <math>HA_0, HA_1</math> – стоимость неосязаемых активов предприятия на начало и конец года, руб.</p>	(3.5)
Обновление производственных фондов	$\Delta C^{ОПФ} = \frac{C_1^{ОПФ}}{C_2^{ОПФ}} \cdot 100\%$ <p>где <math>C_1^{ОПФ}</math> – стоимость введенных ОПФ, руб.; <math>C_2^{ОПФ}</math> – стоимость основных фондов на конец периода, руб.</p>	(3.6)
Рост производительности труда	$\Delta \Pi^{mod} = \left( \frac{\Pi^{ПМ}}{\Pi^{ДМ}} - 1 \right) \cdot 100\%$ <p>где <math>\Pi^{ПМ}</math> и <math>\Pi^{ДМ}</math> – производительность после и до модернизации.</p>	(3.7)
Рост использования оборудования по производительности	$\Delta K^{ИИТ} = \left( \frac{K_{ПМ}^{ИИТ}}{K_{ДМ}^{ИИТ}} - 1 \right) \cdot 100\%$ <p>где <math>K^{ИИТ}</math> – коэффициент использования оборудования по производительности;</p> $K^{ИИТ} = \frac{V_{\phi}}{V_{ТН}}$ <p>где <math>V_{\phi}</math> и <math>V_{ТН}</math> – выработка оборудованием продукции в единицу времени соответственно фактическая и установленная технически-нормативная; <math>K_{ПМ}^{ИИТ}</math> и <math>K_{ДМ}^{ИИТ}</math> – соответственно изменение коэффициента использования оборудования после и до модернизации.</p>	(3.8)

Наименование показателя ( $P_i$ )	Формула для расчета показателя	Номер формулы
Повышение эффективности использования ресурсов	$\Delta P_{\text{э}} = \left( \frac{P_{\text{э}}^{\text{ПМ}}}{P_{\text{э}}^{\text{ДМ}}} - 1 \right) \cdot 100\%$ <p>где <math>P_{\text{э}}^{\text{ПМ}}</math> и <math>P_{\text{э}}^{\text{ДМ}}</math> – ресурсоемкость соответственно после и до модернизации.</p> $P_{\text{э}} = \frac{B_{\text{п}}}{Q_{\text{пр}}}$ <p>где <math>P_{\text{э}}</math> – ресурсоемкость производства, это показатель удельного потребления различных видов ресурсов: энергетических, материальных, сырьевых (если необходимо, минеральных) и пр.;</p> <p><math>B_{\text{п}}</math> – величина расхода ресурсов (целесообразно определять по каждому виду ресурсов: энергия, топливо, вода и др.), т;</p> <p><math>Q_{\text{пр}}</math> – объем производства, т.</p> <p>Необходимо подчеркнуть, что для определенного вида товарной продукции может быть установлен собственный показатель удельного расхода ресурсов; например, для Кировского филиала АО «Апатит» характерна такая продукция: апатитовый концентрат, нефелиновый концентрат, сиенитовый концентрат и др.</p>	(3.9)
Доля затрат на научные исследования в рамках корпоративных научных центров или работ по заказу сторонним исполнителям в общем объеме затрат компании	$\Delta Z^{\text{НИОКР}} = \frac{Z^{\text{НИОКР}}}{Z^{\text{ОБЩ}}} \cdot 100\%$ <p>где <math>Z^{\text{НИОКР}}</math> – затраты на модернизацию (научные исследования и конструкторские работы);</p> <p><math>Z^{\text{ОБЩ}}</math> – общие затраты (капитальные и эксплуатационные).</p>	(3.10)

Источник: составлено автором с использованием [49, 30, 78, 102, 72, 75].

Для оценки эффективности программ модернизации в горнопромышленном секторе существует необходимость использования методов экономико-математического анализа и моделирования. Это обусловлено следующими аспектами:

– происходит усложнение процесса управления горнодобывающим производством, связанное с высокой волатильностью рынков минерального сырья, неопределенностью макроэкономического окружения, усложнением производственных процессов, где развиваются необратимые тенденции по снижению содержания полезного компонента и ухудшению горнотехнических условий. Все это обуславливает важность анализа значительного объема структурированной информации рыночного, геологического, технико-

технологического, социо-экологического характера, а также подчеркивает необходимость формирования алгоритмов оптимизации бизнес-процессов и диктует важность повышения контроля. Существуют специфические факторы горного производства, начиная с геологии, географии, климатических условий и заканчивая вопросами охраны окружающей среды и промышленной безопасности; такие данные должны обобщаться с помощью экономико-математического анализа для постановки оптимизационных задач;

– существует потребность более точного количественного описания причинно-следственной связи на оперативном уровне высокорискового производства для жизни и здоровья людей в процессе работы техники и осуществления организационных взаимодействий;

– необходимо находить баланс и степень влияния предсказуемых (управляемых) и непредсказуемых (неуправляемых или слабо управляемых) параметров. С одной стороны, между объектами взаимодействия в процессе экономического развития и управления технологической модернизацией горнодобывающего производства существуют связи, характеризующиеся четкой предсказуемостью и понятным функционалом действий – такие, как отлаженный технологический процесс, функции управления и организационные характеристики, формирующиеся на производстве в течение долгого времени. С другой стороны, ряд экономических процессов отличаются вероятностным характером – например, цены на мировых рынках сырья, динамика роста затрат на комплектующие и энергию, риски поставщиков и др.

Таким образом, экономико-математический анализ, построение оптимизационных моделей позволяют исследовать и систематизировать большой объем существенно важных для горного производства экономических, управленческих, технико-технологических данных – включая, например, обобщение уровня затрат и эксплуатационных характеристик оборудования на рудниках и шахтах, похожих по горнотехническим условиям, по всему миру.

Моделирование в горнодобывающей отрасли представляется методом, который направлен на получение вариантных прогнозов и научно обоснованных

зависимостей и взаимосвязей в рамках полного технологического цикла «геологоразведка – добыча-обогащение – получение товарной продукции». Экономико-математические модели создаются на основе теоретических и аналитических исследований сущности сложного производственного процесса, каким является горное производство, и всестороннего учета факторов макроокружения [121].

Так, например, можно использовать оптимизационные экономико-математические модели, которые связывают объем производства, затраты на производство, время отдельных операционных процессов, а также извлекаемые ценности на протяжении всей технологической цепочки и риски в результате технико-технологических преобразований. Потенциал модернизации важно рассматривать в системе «ресурсы – инновации (или передовые апробированные технологические решения) – рынок», которая должна быть направлена на включение в разработку обедненных и забалансовых запасов руд [40].

Часто для оценки альтернативных видов технологий, а также контроля отклонений во время производственного процесса (добычи полезных ископаемых) используют методы математического и аналогового моделирования, например метод Монте-Карло [161].

Экономико-математические модели следует детально прорабатывать и адаптировать на основе четкого понимания технологической специфики и возможных экономических результатов.

Изменения в результате технологической модернизации позволяют достигать экономической эффективности, что определяется приростом конкретных финансовых результатов. Глубина технико-технологических изменений способствует достижению таких эффектов, как развитие и более полное использование производственных мощностей, существенный рост показателей производительности, включая производительность оборудования и снижение его простоя. Модернизация определяется и возможностями привлечением инвестиций, а также потенциалом его наращивания с точки зрения управления и качества человеческих ресурсов.

Функцию изменений на предприятии в результате технологической модернизации ( $TM$ ) можно представить следующей формулой:

$$TM=f(\mathcal{E}_P, I_{взм}, TEX_{изм}, УЧ_P, \mathcal{E}_y), \quad (3.11)$$

где  $\mathcal{E}_P$  – экономический результат, который выражается ростом прибыли и повышением рентабельности;

$I_{взм}$  – инвестиционные возможности горнодобывающей компании;

$TEX_{изм}$  – глубина технологических изменений (модель технологической модернизации – см. Глава 1, таблица 1.5);

$УЧ_P$  – уровень развития системы управления и трудовых ресурсов (возможности повышения компетенций);

$\mathcal{E}_y$  – повышение экологической устойчивости.

Таким образом, эффективность программ (проектов) технологической модернизации может быть достигнута за счет экономически оправданных технико-технологических преобразований, организационно-управленческих изменений, предотвращенных ущербов.

Тем самым, комплексный эффект модернизации можно определить по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_M = \mathcal{E}_{тех} + \mathcal{E}_{oy} + \mathcal{E}_y, \quad (3.12)$$

где  $\mathcal{E}_M$  – эффективность технологической модернизации промышленного предприятия;

$\mathcal{E}_{тех}$  – эффективность технических и технологических изменений в рамках проекта (программы) модернизации производства;

$\mathcal{E}_{oy}$  – эффективность мероприятий управленческого и организационного совершенствования; как правило, отражает снижение административно-управленческих расходов, а в ряде случаев изменение иерархической структуры бизнес-модели компании и повышение скорости принятия управленческих решений;

$\mathcal{E}_y$  – предотвращенный ущерб от возможных аварий, отражающихся на здоровье работников, и экологических загрязнений.

Экономический эффект для горного предприятия достигается за счет

комплексного использования конкретных эффектов производства и в случае горной промышленности — это обеспечение более высокого уровня добычи и производительности труда, а повышение эффективности операционной деятельности — за счет повышения скорости принятия управленческих решений и обеспечения промышленной безопасности на подземных и открытых рудниках горного производства.

Для оценки экономической эффективности модернизации целесообразно использовать классический показатель чистого дисконтированного дохода (ЧДД) как разницу притоков и оттоков денежных средств в результате реализации проекта технологической модернизации:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T \frac{Pr_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^T \frac{Om_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=0}^T \frac{(\text{ЧП}_t - K_t + A_t)}{(1+r)^t}, \quad (3.13)$$

где  $Pr_t$  – притоки денежных средств в году  $t$ , руб.;

$Om_t$  – оттоки денежных средств в году  $t$ , руб.;

$\text{ЧП}_t$  – чистая прибыль в году  $t$ , руб.;

$K_t$  – капитальные вложения в году  $t$ , руб.;

$A_t$  – амортизационные отчисления в году  $t$ , руб.;

$r$  – ставка дисконтирования, доли ед.;

$T$  – срок реализации проекта, лет.

Определение притоков и оттоков денежных средств при технико-экономическом обосновании программ (проектов) технологической модернизации, связанных с приобретением, установкой и внедрением оборудования и новой техники, а также капитальным строительством новых вертикальных, наклонных, горизонтальных горных выработок, обычно не представляет особой сложности. Показатели притоков денежных средств определяются путем прямого расчета доходов предприятий в результате увеличения объемов производства на основании существующих и/или прогнозируемых цен на минеральное сырье и продукты его переработки. Также в притоки денежных средств включаются амортизационные отчисления. Расходы же определяются исходя из стоимости строительства горно-капитальных

выработок и наземной промышленной инфраструктуры, а также текущих и/или прогнозируемых цен на технические средства, технологии, услуги доставки и монтажа. Также при оценке эксплуатационных затрат учитывается стоимость материалов, энергии, топлива, налоговых платежей, заработной платы и прочих расходов.

Однако применение, например, цифровых технологий для повышения результативности организационно-управленческих решений определить значительно сложнее. При этом, как уже отмечалось, модернизация не только способствует увеличению объемных показателей добычи или повышению производительности труда. Эффект модернизации может заключаться, например, в повышении безопасности и информированности менеджмента о ходе операционной деятельности, передвижениях машин, оборудования и людей [100].

Так, например, автоматизация и диспетчеризация системы управления горным предприятием, которая рассматривалась в Главе 2 настоящей диссертации, может повысить контроль и оперативно корректировать бизнес-процессы. При росте себестоимости производства можно более оперативно переключиться на других поставщиков сырья, заняться вопросами повышения уровня компетентности кадров, обеспечить сбалансированность производственных звеньев при осуществлении технологической модернизации.

Для того чтобы проводить оценку различных эффектов от внедрения цифровых проектов в горнодобывающих компаниях, следует определить признаки, по которым стоит выделять проекты из общей массы проектов цифровизации. Также это требуется для дальнейшего составления модели оценки эффектов от проектов цифровизации в компаниях.

На объемы денежных потоков в долгосрочной динамике влияют внешние и внутренние факторы. Риски и стоимость альтернативного капитала, а также инфляция определяют ставку дисконтирования, которая, в конечном счете, влияет на уровень доходности всего комплекса мероприятий технологической модернизации.

В общем виде ставка дисконта может быть определена по следующей формуле:

$$r = r_f + P_{Risk}, \quad (3.14)$$

где  $r$  – ставка дисконтирования;

$r_f$  – безрисковая ставка доходности (доходность по государственным облигациям, ключевая ставка ЦБ, депозитная ставка государственных банков);

$P_{Risk}$  – премия за риск.

Сбалансированное развитие в рамках технологических преобразований, связанных не только с производственным процессом и организацией работ, обеспечивает уменьшение совокупного риска и снижает ставку дисконтирования.

При оценке инвестиционных проектов по технологической модернизации можно использовать метод бинарного дисконтирования, который учитывает разные ставки дисконтирования для притоков и оттоков проекта. Более подробно принцип бинарного дисконтирования будет рассмотрен в разделе 3.2.

Программы технологической модернизации зачастую связаны с высоким уровнем неопределенности, поскольку необходимо внедрять новые технологии, а для горных предприятий такие технологии могут быть не апробированы и имеют узкое применение. Важно оценивать риски и понимать, каким образом изменятся применяемые показатели оценки эффективности модернизации и как может меняться ставка дисконтирования в результате влияния тех или иных факторов.

При управлении рисками целесообразно выделить три этапа (рисунок 3.3).

Управление рисками представляется важнейшей тактической и одновременно стратегической задачей организационно-экономического характера современного горнодобывающего предприятия [15, 20].

При оценке программ модернизации горнодобывающего производства необходимо идентифицировать специфические риски, для определения места каждого из них при оценке денежных потоков и учета в ставке дисконтирования [152].



Рисунок 3.3 – Управление рисками на предприятии

Источник: составлено автором.

Риски, влияющие на осуществление проектов технологической модернизации, представлены на рисунке 3.4. Среди этих рисков целесообразно выделить риски, отражающие особенности горного производства, а также общие риски. Ряд рисков имеют контролируемый и управляемый характер. А часть рисков носят слабоконтролируемый характер, но, тем не менее, некоторые из них управляемые или отчасти управляемые. Также можно выделить риски, которые могут влиять на определение рискованной ставки дисконтирования, а также риски, которые практически не оказывают влияние на ее формирование.

При ухудшении горно-геологических условий, а также освоении новых месторождений, например с невысоким содержанием полезного компонента, возникают риски, связанные с внедрением новых технологий, которые не имеют аналогов; тем самым исключается критерий доступности, и здесь модернизация приближается к инновационному развитию.



Рисунок 3.4 – Риски горных предприятий: степень контроля и влияние на норму дисконта

Составлено автором [5].

Риск неподтверждаемости запасов и ошибочной их количественной оценки, а также недостоверная оценка возможностей перехода статуса минерального сырья из категории ресурсов в категорию запасов имеют специфический характер [111, 152]. Как правило, такие риски присущи всем компаниям, осуществляющим освоение месторождений полезных ископаемых. При этом геологические риски имеют больший вес в начале освоения минерально-сырьевого объекта.

Технологические и геологические риски в большей степени влияют на норму дисконта.

В современных экономических условиях и высоких инфляционных ожиданиях размеры инвестиций на создание горно-капитальных выработок и промышленного обустройства, как правило, динамично растут [83]. Компаниям приходится пересматривать бюджеты проектов в сторону увеличения. Потому рост стоимости создания и обновления производственных фондов – процесс постоянный, требующий учета и мониторинга цен на рынке техники, технологий и услуг. Такие риски, скорее всего, могут серьезно влиять на норму дисконта проекта.

На горных предприятиях существуют повышенные риски травматизма и возникновения чрезвычайных ситуаций, поэтому возникает острая необходимость обеспечения промышленной безопасности и тем самым возникают задачи по инвестированию значительных средств в ее обеспечение [131].

Риски волатильности цен на минеральное сырье (минеральные удобрения) слабо контролируемые или вовсе не контролируемые. Однако направления по управлению процессом минимизации рисков существуют, и это может быть связано с развитием внутренних рынков и/или диверсификации продукции.

Риски загрязнения природных экосистем – нарушения гидросферы и землепользования в локациях разработки месторождений полезных ископаемых – требуют восстановления и рекультивации. Горным компаниям необходимо закладывать дополнительные денежные средства для выполнения таких работ; причем эти резервы и отчисления могут увеличиваться в случае непредвиденных событий, связанных с загрязнением окружающей среды или необходимостью

снижения выбросов парниковых газов. Возрастание рисков требует оценки возможных экономических потерь [95, 113, 156].

Санкционные риски и ограничение доступа к рынкам – неконтролируемый процесс, однако отчасти управлять этими рисками можно. Развитие собственных корпоративных центров, способных производить необходимые образцы техники и технологий, повышение уровня интеграционных процессов со странами Азии и Глобального Юга, более активное участие в технологических платформах и консорциумах – отчасти те направления, которые могут смягчить рыночно-технологические и финансовые ограничения, введенные рядом стран. Правда, необходимо отметить, что создание корпоративных научных центров под силу только крупным холдингам минерально-сырьевого комплекса. Также данная категория рисков влияет на норму дисконта.

Риски, связанные с реакцией общества и других ключевых стейкхолдеров на расширение (развитие) горного производства в рамках проектов модернизации, отнесены к общим рискам; при этом необходимо понимать, что условия реализации горнодобывающих проектов оказывают существенное влияние на социум и экологию и тем самым такие риски могут приобретать специфический характер. Кроме того, горнодобывающие компании очень часто являются градообразующими и оказывают существенное влияние на развитие социальной инфраструктуры.

Представленное авторское видение системы специфических рисков горнодобывающего предприятия требует дальнейшего развития организационно-экономических инструментов в системе управления, связанных с оценкой и учетом ключевых рисков, в том числе влияющих на экономическое обоснование рисковой премии. В конечном счете, научно обоснованная ставка дисконтирования влияет на экономическую оценку программ (проектов) технологической модернизации.

Для оценки эффективности и потенциала модернизации целесообразно использовать экспертные методы исследования. Данные методы связаны с субъективной оценкой, поскольку появляется возможность получать

информацию у специалистов: менеджеров, ученых, исследователей, ведущих инженеров, которые непосредственно работают на предприятии и знают специфику технологического процесса, обладают актуальной информацией. В рамках экспертных оценок осуществляются обработка и представление своего профессионального видения решения производственно-технологической и/или экономико-управленческой проблемы в формате анкеты [30, 57, 80].

Важно понимать, что существуют стадии жизненного цикла технологий и управления в рамках специфики деятельности горнодобывающей компании, поскольку ряд месторождений имеют свои особенности освоения и разработки запасов минерального сырья. Кроме того, поведение рынков минерального сырья тоже неоднородно. При этом эксперты должны иметь свое профессиональное и обоснованное видение по развитию рынков сырьевых ресурсов, и в частности, минеральных удобрений, поставщиков оборудования, инвестиций. Экспертам важно иметь понимание развития рынков сырьевых ресурсов в условиях тенденций энергетического перехода и появления новых стран-центров глобального экономического роста, таких как: Индия, Китай, Индонезия и др.

Способность улавливать тенденции позитивного или негативного изменения институциональной среды, появляющиеся технологические возможности и тренды отраслевого инновационного развития также представляются важной компетенцией экспертов. Все это, в рамках работы экспертов, усложняет их работу по анализу и оценке потенциала и способности горнодобывающего предприятия к проведению комплексных мероприятий по технологической модернизации. Полученные в результате оценки возможностей технологической модернизации выводы должны быть практически применимыми.

Использование методов экспертной оценки может быть обусловлено следующими важными аспектами:

– опытом и отчасти интуицией экспертов. Также специалисты, привлекаемые к экспертной оценке, могут делать обоснованные прогнозы, используя свои знания, все тот же опыт, стратегическое мышление и видение.

В рамках поиска экономического потенциала технологической модернизации можно предлагать изменения в тактических и стратегических целях компании, представлять их более достижимыми, конкретными и возможно измеримыми;

– для оценки потенциала технологической модернизации требуется рассмотрение больших объемов информации о типах оборудования и информационных систем, их использовании на аналогичных объектах (если имеется такой опыт), изменениях в динамике цен, доступа к кредитным ресурсам и др. В рамках применения методов экспертной оценки создается «коллегиальный банк» предложений и мер развития. Коллективное мышление обладает гораздо более существенными возможностями по сравнению с потенциалом генерирования организационно-технологических идей в рамках конкретного лица, принимающего решения. В рамках экспертных методов должно осуществляться согласование разных мнений, что позволяет принимать более взвешенное и обоснованное экономическое решение, которое, в конечном счете, влияет на привлечение того или иного объема инвестиций в проекты технологической модернизации;

– экспертный подход позволяет решать задачи по развитию экономического потенциала технологической модернизации, которые не могут решаться классическими количественными методами в силу невозможности просчитать то количество факторов, которые могут влиять на реализацию того или иного проекта, в том числе цифрового. Нестандартные подходы к оценке возможностей и последующему обоснованию экономической эффективности технологической модернизации может привести к принятию решений об использовании более перспективных технологий и внедрении результативных управленческих и организационных мероприятий. В конечном счете, принятие нестандартных управленческих решений может придать значительно более интенсивную динамику экономическому развитию горнодобывающего предприятия.

### **3.2 Экономическая эффективность технологической модернизации горнодобывающего производства**

Рассмотрим проект по вводу в эксплуатацию нового добычного горизонта +10м на Кировском руднике Кировского филиала АО «Апатит».

В настоящее время добыча руды на Кировском руднике производится на гор. +320м, +250м, +170м, +90м. Согласно плану развития рудно-сырьевой базы (РСБ), в 2021 году прекращается добыча на гор. +320м (Юкспор), гор.+250м Кукисвумчорр исчерпывает себя к 2022 г., гор.+250м Юкспор снижает добычу до 2,5 млн т к 2029 г.

Строительство горизонта +10м позволит возместить выбытие мощностей и нарастить производительность рудника (совместно с гор. +170м и +90м) до 25 млн т к 2025 г., с поддержанием данного уровня до 2031 г. (по модели развития РСБ 11 рассматривается период до 2035 г.).

Основная цель проекта – развитие добычных мощностей и модернизация транспортной схемы Кировского рудника. В рамках проекта запланировано достигнуть максимальной производительности в 8,8 млн т к 2028 г. Прогнозный объем добычи руды:

1. Бизнес-план версии 1 (БП1) – 67,25 млн тонн;
2. Бизнес-план версии 2 (БП2) – 94,45 млн тонн;

Бизнес-план версии 2 предполагает дополнительные инвестиции в рамках реализации проекта. График добычи руды с разбивкой по годам представлен в Приложении А, таблице А.1. Проектами предусматривается развитие добычи на горизонте +10м до 2035 г. Реализация проекта включает в себя ключевые этапы, представленные на рисунке 3.5.

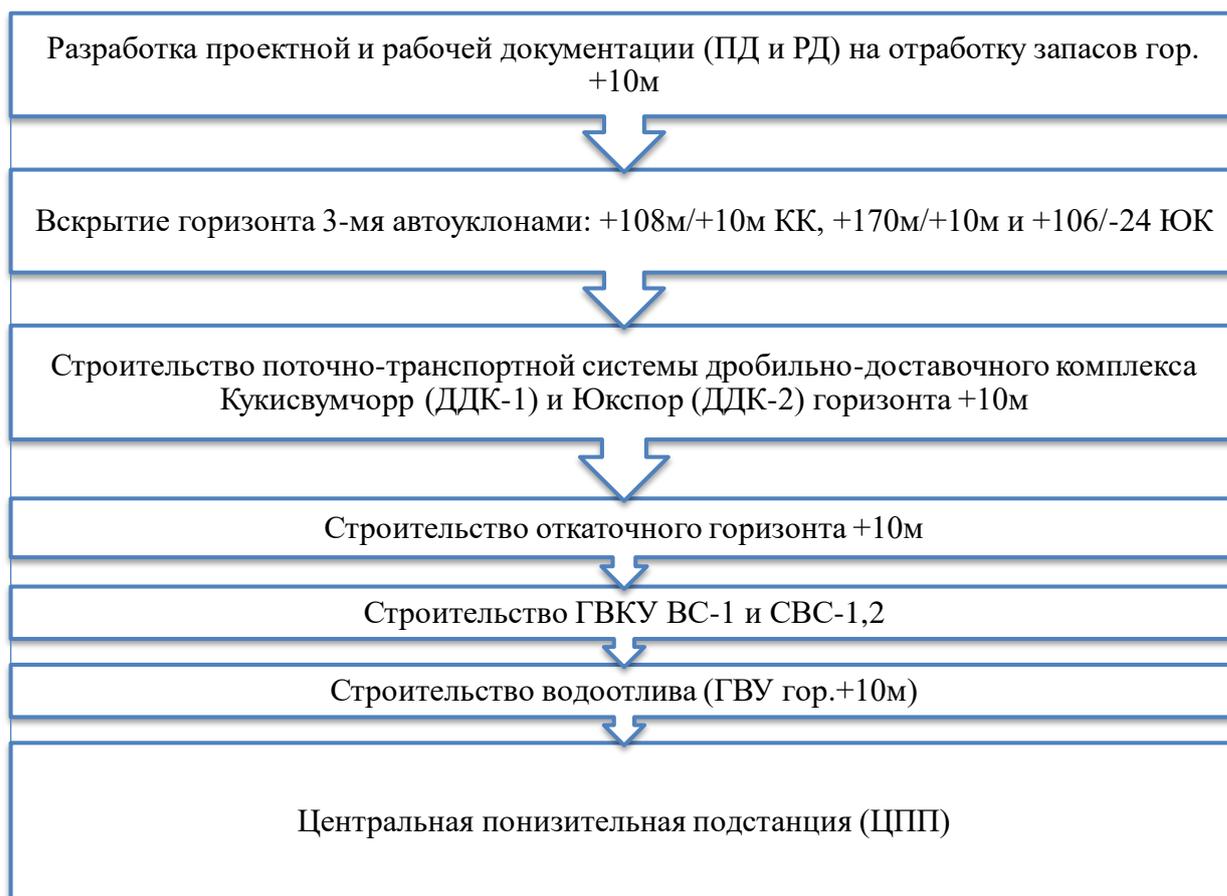


Рисунок 3.5 – Ключевые этапы реализации проекта

Операционный эффект достигается за счет дополнительного производства апатитового концентрата (путём увеличения объёмов добычи руды). Проект предусматривает отработку участка подземным способом.

Для оценки себестоимости работ подземным способом отработки используется средняя себестоимость добычи руды Кировского рудника. Работы по добыче руды выполняются собственными силами АО «Апатит».

Нулевой точкой экономической оценки принимается апрель 2019 года. Средневзвешенная стоимость капитала 11 %.

При обосновании экономической эффективности проекта в качестве инвестиций принимается сумма значений капитальных вложений *по первой версии бизнес-плана и по второй.*

### **Экономическая оценка инвестиций методом дисконтированных денежных потоков (*DCF*)**

При оценке рассматриваемого инвестиционного проекта принимается допущение о том, что инвестициями в 0-й год принимаются суммарные капитальные вложения за 2015-2019 годы. Последующие капитальные вложения распределены по периодам в соответствии с Приложением А, таблицей А.2.

Следующим исходным параметром для расчета принимается цена на апатитовый концентрат, равная 5000 рублей за тонну, в соответствии с проанализированной динамикой ценообразования [187]. Таким образом, изменение выручки представляет собой произведение изменения годовых объемов добычи на цену сырья.

Налог на прибыль равен 20 %. По исходным данным проведена оценка проекта методом *DCF* (англ. *discounted cash flow* — дисконтированный денежный поток), с определением показателей экономической эффективности проекта. Расчет чистой приведенной стоимости представлен в Приложении А, таблице А.3.

Чистая приведенная стоимость (ЧПС, *NPV*) проекта составила **16 663,5** млн рублей. Модифицированная внутренняя норма рентабельности (*MIRR*) равна 13,89 %. Индекс прибыльности (*PI*) принимает значение 1,4. Показатели экономической эффективности свидетельствуют о том, что проект следует реализовывать.

### **Экономическая оценка инвестиций с применением методов бинарного и реверсированного дисконтирования**

В горной отрасли для инвестиционных проектов, как уже отмечалось, характерны специфичные, влияющие на будущие денежные потоки неопределенности и риски, такие как: увеличение объема горнопроходческих работ, увеличение сроков работ, рост стоимости технологического оборудования, инфраструктуры и инженерных коммуникаций (вследствие изменения протяженности коридора коммуникаций, изменения производственной мощности, вероятности дополнительных объектов инфраструктуры), изменение стоимости

материалов, штрафы по нанесению экологического ущерба, волатильность макроэкономических факторов и т.д. Оценка рисков является неотъемлемой частью инвестиционного анализа, влияет на конечные показатели экономической эффективности проекта и, следовательно, на принятие управленческого решения.

Использование стандартного метода дисконтированных денежных потоков (DCF) для экономической оценки реальных проектов может привести к некорректным результатам из-за одинакового подхода к различным типам рисков, которые возникают при реализации проекта. Такой подход зачастую недооценивает будущую стоимость запасов минерального сырья в недрах, а также недооценивает будущие расходы, что приводит к уменьшению потенциала технологических изменений. Противоречивость результатов экономической оценки, а именно: чем выше риск, тем выше показатели экономической эффективности, проявляется в тех случаях, когда существуют угрозы увеличения расходов.

Для корректной оценки экономической эффективности проектов предлагается следующий подход, состоящий из трех элементов:

1. Бинарное дисконтирование – при экономической оценке предполагается применение разных ставок дисконтирования для положительных денежных потоков и для отрицательных денежных потоков;
2. Разделение в ставке дисконтирования факторов времени и факторов риска;
3. Изменение ставки дисконтирования в зависимости от периода проекта, в котором возникает денежный поток.

Необходимость бинарного дисконтирования обусловлена тем фактом, что риски, присущие положительным и отрицательным денежным потокам проекта по разработке месторождений полезных ископаемых, имеют разный характер и, соответственно, должны иметь разное численное выражение при экономической оценке проекта. То есть одной общей, единой ставкой дисконтирования невозможно учесть *два разных* фактора риска (для притоков и для оттоков) [87].

Дисконтирование отрицательных денежных потоков (например, в ранние периоды реализации проектов) по ставке дисконтирования, которая больше, чем безрисковая (то есть делается надбавка за риск), обосновывает для проекта с высоким уровнем риска большую стоимость, чем для проекта с низким уровнем риска. Это происходит потому, что увеличение рискованной премии для отрицательных денежных потоков повышает чистую приведенную стоимость проекта, что противоречит логике экономической оценки. Данное утверждение разбирается подробно ниже.

Предполагается проект, который генерирует в периоды 0–4 отрицательные денежные потоки как результат капитальных затрат (таблица 3.2). Затем потоки дисконтируются по безрисковой ставке (принимается равной 8%), т.е. учитывается только временная стоимость денег. Вычисления проводятся по общепринятой формуле (3.15) – сокращенный аналог формулы (3.13):

$$DCF_t = \frac{CF_t}{(1+r)^t}, \quad (3.15)$$

где  $DCF_t$  – дисконтированный денежный поток в период  $t$ ;

$CF_t$  – денежный поток в период  $t$ ;

$r$  – ставка дисконтирования.

Предполагается, что компания для учета рисков скорректировала ставку дисконтирования премией за риск на 7%. Теперь те же денежные потоки дисконтируются по ставке 15% (8%+7%). Результаты расчетов представлены в таблице 3.2 и на рисунке 3.6.

Таблица 3.2 – Демонстрационный пример дисконтированных потоков по разным ставкам

Значение, млн руб.	Период, год					
	0	1	2	3	4	...
Выручка	0	0	0	20,0	30,0	...
Капитальные затраты	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	...
Денежный поток	-100,0	-100,0	-100,0	-80,0	-70,0	...
Дисконтированный денежный поток по ставке <b>8 %</b>	-100,0	<b>-92,6</b>	<b>-85,7</b>	<b>-63,5</b>	<b>-51,5</b>	...
Дисконтированный денежный поток по ставке <b>15 %</b>	-100,0	<b>-87,0</b>	<b>-75,6</b>	<b>-52,6</b>	<b>-40,0</b>	...

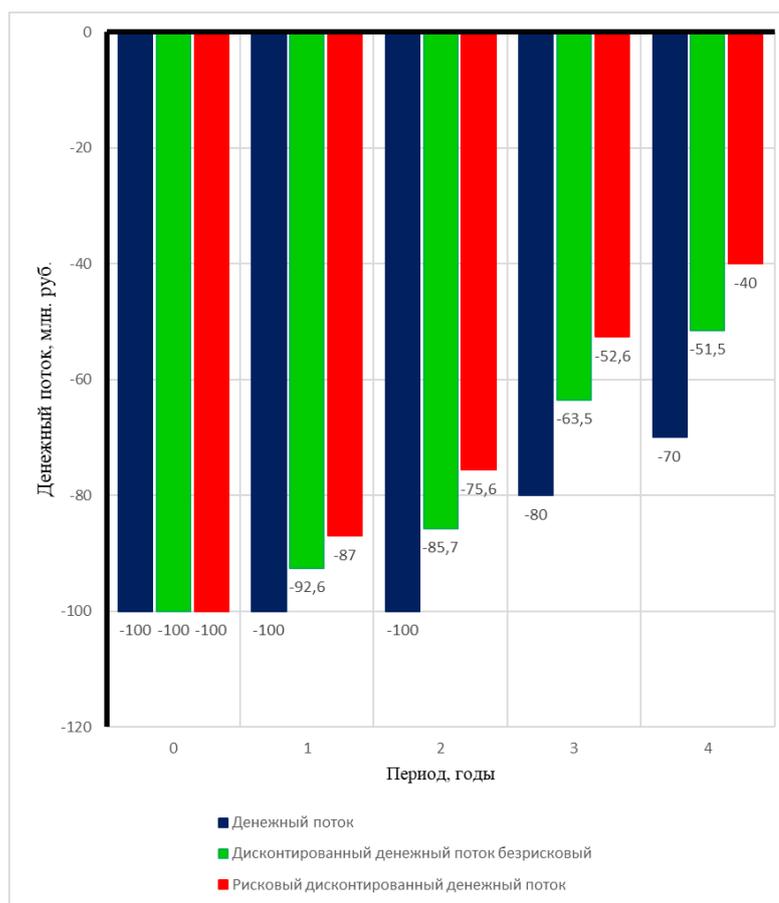


Рисунок 3.6 – Сравнение величин денежных потоков

Для каждого периода (с 1 по 4) значение дисконтированного денежного потока с учетом риска (по ставке 15 %) больше, чем при безрисковой ставке в 8 % (минус 87,0 млн руб. больше минус 92,6 млн руб.; минус 75,6 млн руб. больше минус 85,7 млн руб. и т.д.). Тем самым, денежные потоки, подвергаясь риску, приобретают большую стоимость, т.е. становятся более выгодными для инвестора, менее затратными. Что противоречит логике экономической оценки инвестиций.

Это происходит в связи с тем, что дисконтированный денежный поток определяется в соответствии с формулой (3.15), где делитель  $(1+r)^t$  увеличивается с ростом ставки дисконтирования  $r$  для одного и того же периода.

Таким образом, при  $t=4$  и  $r=8\%$  величина  $(1+r)^t=1,36$ , а при  $t=4$  и  $r=15\%$  – 1,75. То есть величина минус 70 млн руб. при дисконтировании по ставке 15 % ( $-70 \text{ млн руб.} / 1,75$ ) будет больше величины минус 70 млн руб. при

дисконтировании по ставке 8 % (-70 млн руб. / 1,36), хотя логично обратное – с увеличением риска стоимость должна уменьшаться.

Тем самым, применение одной, общей ставки дисконтирования приводит к искажению показателей экономической эффективности, что может привести к принятию ошибочных управленческих решений, в том числе в рамках инвестиционных проектов по технологической модернизации производства.

Разделение в ставке дисконтирования факторов времени и факторов риска выражается в выделении в ней двух составляющих: безрисковой (премия за ожидание) и рискованной (премия за риск).

Что для положительных денежных потоков, что для отрицательных, фактор временной стоимости имеет одинаковый эффект. Фактор временной стоимости делает денежные потоки все более незначительными с течением времени, т.е. корректирует так их величину, чтобы она стремилась к нулю. И тем самым неважно, положительный поток или отрицательный (формула (3.15), если  $t$  стремится к максимуму, то  $DCF_t$  стремится к нулю).

Таким образом, если денежный поток положительный, фактор времени уменьшает его стоимость. Если денежный поток отрицательный, то фактор времени увеличивает его стоимость (устремляет его величину к нулю, то есть была величина минус 50 млн руб. – в результате дисконтирования стоимость стала, например, минус 23 млн руб., стоимость увеличилась, стала менее отрицательной). С точки зрения инвестиционного анализа (и метода  $DCF$ ) все логично; для инвестора, чем позже возникает денежный поток, тем меньше его значение для принятия решения об инвестициях. Поэтому фактор времени характеризуется в методе  $DCF$  положительной величиной ставки дисконтирования – безрисковой ставкой.

Фактор риска при дисконтировании денежных потоков должен не нивелировать стоимость денежных потоков, не приближать их величину к нулю (как фактор времени). Экономический смысл введения фактора риска при дисконтировании в том, чтобы уменьшать стоимость денежных потоков.

Фактор риска при дисконтировании положительных денежных потоков уменьшает их стоимость, как и фактор времени. Для отрицательных денежных потоков фактор риска также должен уменьшать их стоимость, т.е. делать денежные потоки более отрицательными. При этом, как описано выше, фактор времени увеличивает стоимость.

Таким образом, для положительных потоков фактор времени и фактор риска работают на уменьшение стоимости в методе DCF, поэтому оба должны характеризоваться положительной величиной ставки дисконтирования – безрисковая ставка плюс надбавка за риск. Для отрицательных денежных потоков фактор времени работает на увеличение стоимости (делает менее отрицательной величину), фактор риска работает на уменьшение стоимости (делает более отрицательной величину). Поэтому ставка дисконтирования для отрицательных денежных потоков в модели DCF для корректной экономической оценки проекта должна определяться как безрисковая ставка минус надбавка за риск.

При экономической оценке проектов обоснования технологических решений определение ставок дисконтирования должно быть выполнено с применением бинарного дисконтирования и разделения факторов времени и риска.

На основе вышеизложенного, можно сделать следующий вывод: целесообразно использовать разные ставки дисконтирования для положительных денежных потоков проекта и для отрицательных денежных потоков проекта. Также для корректного учета рисков ставка положительных денежных потоков должна быть больше или равной безрисковой (безрисковая ставка плюс надбавка за риск), а для отрицательных денежных потоков – меньше или равна безрисковой (безрисковая ставка минус надбавка за риск).

Сущность бинарного подхода с использованием графической интерпретации представлена на рисунке 3.7.

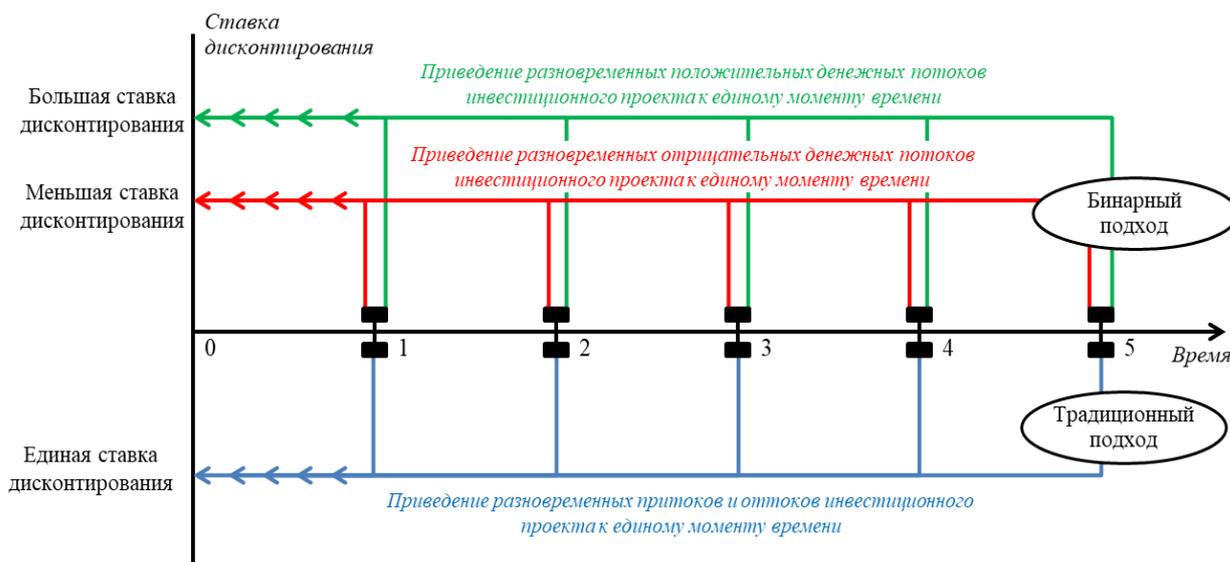


Рисунок 3.7 – Сущность бинарного и традиционного дисконтирования денежного потока инвестиционного проекта

Основание для изменения ставки дисконтирования с течением времени в проекте разработки полезных ископаемых связано с уникальным риск-профилем, который меняется со временем. В этот профиль входят различные риски, включая горно-геологические, экономические, экологические, политические и технические аспекты. Ставка дисконтирования, а точнее, ее рисковая составляющая должна динамично изменяться от периода, в котором возникает денежный поток.

Для положительных денежных потоков проекта ставка дисконтирования формируется с учетом динамики цен на сырье в долгосрочном периоде. Для этого необходимо использовать реверсированное дисконтирование.

Риски ценообразования учитываются в ставке дисконтирования для положительных денежных потоков:

$$r_I = r_f + P_{Risk} \cdot \sigma, \quad (3.16)$$

где  $r_I$  – ставка для положительных денежных потоков;

$r_f$  – безрисковая ставка;

$P_{Risk}$  – премия за риск, возникающая вследствие неопределенностей на рынке минерального сырья;

$\sigma$  – неопределенность краткосрочного прогноза цены на минеральное сырье.

В качестве безрисковой процентной ставки выбирается доходность 15-летних облигаций РФ, которая соответствует времени начала реализации рассматриваемого проекта (2019 год), 8 % [110]. Также на период 10 лет был проведен расчет среднеквадратического отклонения колебаний цен ( $\sigma$ ) на апатитовый концентрат [187]. Расчет показал, что  $\sigma=40,9\%$  в годовом измерении, что соответствует 9,41 % в месячном.

Учитывается динамика цен на сырье (в данном случае, на апатитовый концентрат):

$$P_{Risk} = (r_m - r_f) \cdot \rho / \sigma_r, \quad (3.17)$$

где  $r_m$  – ожидаемая доходность;

$\sigma_r$  – стандартное отклонение доходности;

$\rho$  – коэффициент корреляции между изменениями ожидаемой доходности и изменениями цен на апатитовый концентрат.

Аналогично модели CAPM в качестве ожидаемой доходности  $r_m$  предлагается индекс Московской биржи. Результаты вычислений за 10 лет определили его величину равной 15,88 % [108]. В качестве стандартного отклонения доходности  $\sigma_r$  рекомендуется использовать стандартное отклонение доходности индекса Московской биржи. Результаты вычислений за 10 лет определили его величину равной 17,58 % [108].

Корреляция между изменениями доходности [108] и изменениями цен на апатитовый концентрат [187] ( $\rho$ ) определена равной 0,5.

Величина рискованной составляющей ставки дисконтирования для притоков уменьшается для каждого года:

$$\gamma = \ln(2)/HL, \quad (3.18)$$

где  $\gamma$  – величина снижения неопределенности с увеличением горизонта планирования;

$HL$  – отрезок времени, за который неопределенность снизится вдвое, в текущей модели равен одному году.

Все вышеописанные формулы и предпосылки обусловлены тенденцией цен на минеральное сырье к возвратности в долгосрочной перспективе, т.е. обусловлены эффектом реверсирования. Для определения коэффициента дисконтирования для притоков применяется формула:

$$DF_{I(t)} = DF_{f(t)} \times e^{-\frac{PRisk \times \sigma}{\gamma} \times (1 - e^{-\gamma \times t})}, \quad (3.19)$$

где  $DF_{f(t)}$  – безрисковый коэффициент дисконтирования;

$t$  – год, для которого рассчитывается коэффициент.

Далее, для определения ставки дисконтирования для положительных денежных потоков рассчитывается премия за риск ( $P_{Risk}$ ) в соответствии с формулой (3.17):

$$P_{Risk} = \frac{r_m - r_f}{\sigma_r} \cdot \rho = \frac{0,1588 - 0,08}{0,1758} \cdot 0,5 = 0,224.$$

Коэффициент реверсирования определяется в соответствии с формулой (3.18):

$$\gamma = \ln(2)/HL = \ln(2)/1 = 0,69.$$

Следующим шагом определяются коэффициенты дисконтирования для каждого периода  $t$ . В соответствии с формулой (3.19) рассчитывается коэффициент дисконтирования для притоков для  $t=1$  (т.е. для 2020 года).

$$DF_{I(t)} = DF_{f(t)} \times e^{-\frac{PRisk \times \sigma}{\gamma} \times (1 - e^{-\gamma \times t})} = \frac{1}{(1+0,08)^1} \times e^{-\frac{0,224 \cdot 0,409}{0,69} \cdot (1 - e^{-0,69 \times 1})} = 0,867.$$

Следовательно, в соответствии с формулой (3.16) вычисляется ставка дисконтирования для оттоков  $r_I$ ; в первом расчетном периоде ( $t=1$ ) значение равно:

$$DF_{I(t)} = \frac{1}{(1+r_I)^t} \Rightarrow 0,867 = \frac{1}{(1+r_I)^1} \Rightarrow r_I = 15,39 \%$$

В Приложении А, таблице А.4 представлены данные о ставках дисконтирования для положительных денежных потоков для остальных периодов.

Также представляется целесообразным представить методику обоснования ставки дисконтирования для оттоков инвестиционного проекта с учетом резерва.

Для определения ставки дисконтирования с учетом рисков увеличения денежных отрицательных денежных потоков (увеличение расходов) рекомендуется оценить размер резерва для инвестиционных расходов, связанных с проектом.

Резерв характеризуется как величина, на которую может быть изменена стоимость инвестиционных расходов в случае применения в расчетах недостаточных или неточных исходных данных.

$$CFO_R = CFO + Res, \quad (3.20)$$

где  $CFO$  – стоимость отрицательных денежных потоков без учета величины резерва через  $t$  лет;

$CFO_R$  – стоимость отрицательных денежных потоков через  $t$  лет с учетом величины резерва;

$Res$  – стоимость величины резерва.

Равенство суммы стоимости резерва для величины отрицательных денежных потоков с дисконтированием величины инвестиций по безрисковой ставке и величины отрицательных денежных потоков с дисконтированием величины инвестиций без учета стоимости резерва по ставке, учитывающей риск, можно определить формулой:

$$\frac{CFO_R}{(1+r_f)^t} = \frac{CFO}{(1+r_{RO})^t}, \quad (3.21)$$

где  $r_f$  – безрисковая ставка;

$r_{RO}$  – ставка с учётом риска.

Из формулы (3.21) выражается величина  $r_{RO}$ , ставка дисконтирования для отрицательных денежных потоков с учетом премии за риск:

$$r_{RO} = \sqrt[t]{1 - \frac{d_R}{1+d_R} \cdot (1+r_f)} - 1, \quad (3.22)$$

где  $d_R = Res / CFO$  – относительная величина стоимости резерва (доля резерва от величины инвестиций).

При определении показателей экономической эффективности рассматриваемого проекта величина стоимости инвестиционного резерва не была

указана. Соответственно, для дальнейшего расчета  $d_R=0$ . Что определяет величину ставки дисконтирования для отрицательных денежных потоков (по формуле (3.22)), соответственно,  $r_{RO}=r_f=8\%$  для каждого периода  $t$ .

Экономическая оценка данного инвестиционного проекта и определение показателей экономической эффективности проекта с применением методов бинарного и реверсированного дисконтирования представлены в Приложении А, таблице А.5. Величина чистой приведенной стоимости в результате оценки составила **16 784 млн руб.** На рисунке 3.8 представлены графики изменения чистой приведенной стоимости по годам при оценке двумя методами.

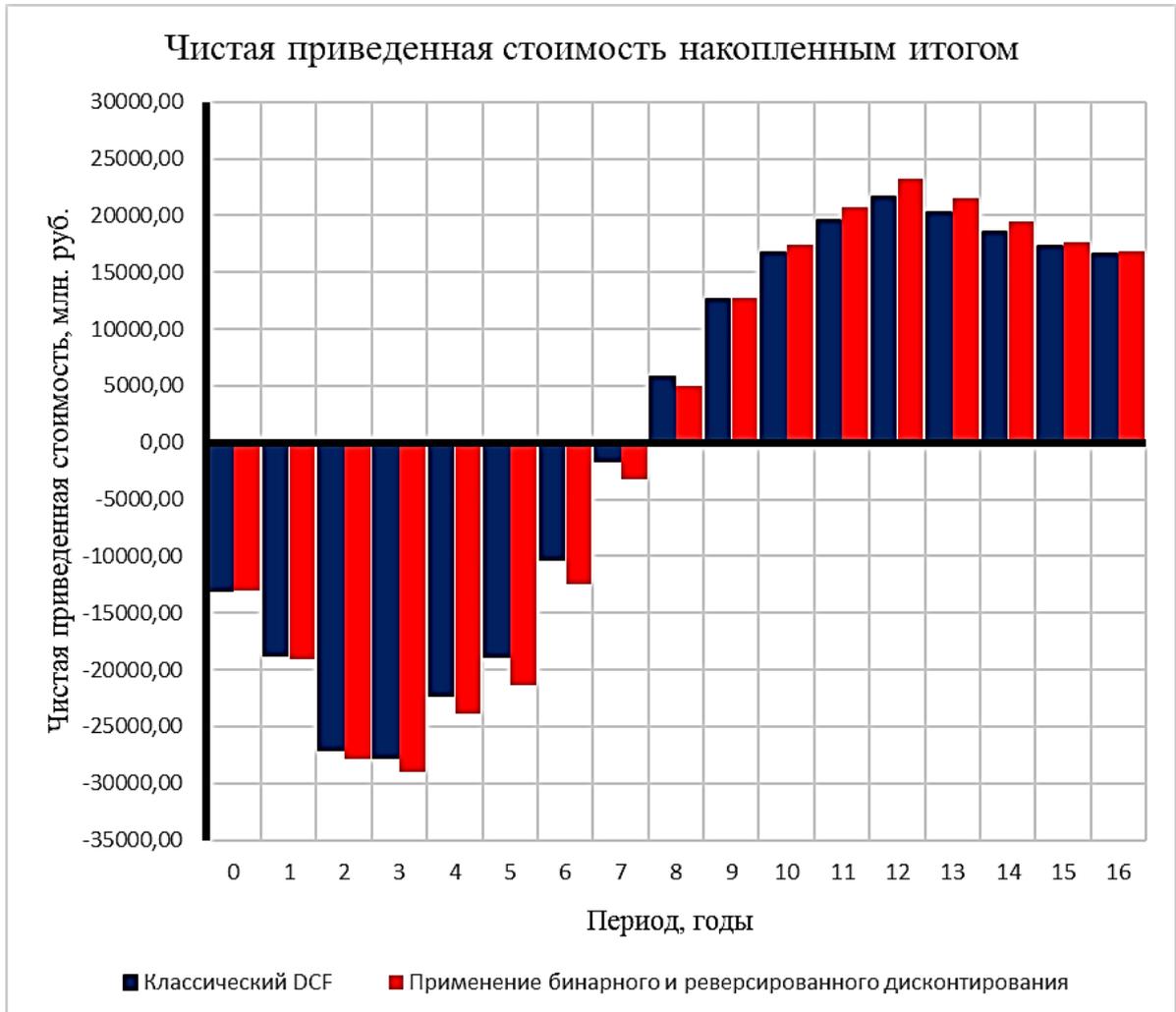


Рисунок 3.8 – Графики ЧПС проекта при оценке методом *DCF* и с использованием методов бинарного и реверсированного дисконтирования

**Оценка рисков проекта.** Далее рассматриваются возможности предлагаемого подхода к экономической оценке проекта учитывать возможные технико-технологические риски. Делается предположение, что в результате непредусмотренных препятствий и угроз технической реализации проекта величина капитальных вложений увеличилась на 10 %.

В таком случае произойдет рост величины капитальных вложений в периодах с 0 по 5 (Приложение А, таблица А.6). Последующая экономическая оценка проекта с применением классического метода *DCF* (Приложение А, таблица А.6) определила величину ЧПС=**12 532** млн руб.

При использовании методов бинарного и реверсированного дисконтирования увеличение капитальных вложений на 10 % определяется как относительная величина резерва (доля резерва от величины инвестиций),  $d_R=10\%$ . В этой связи, величина ставки дисконтирования для оттоков в соответствии с формулой (3.22) предстает динамически изменяющейся величиной (Приложение А, таблица А.7). В качестве примера рассчитывается ставка дисконтирования оттоков для второго периода ( $t=2$ ) по формуле (3.22):

$$r_{RO} = \sqrt[2]{1 - \frac{d_R}{1 + d_R} \cdot (1 + r_f)} - 1 = \sqrt[2]{1 - \frac{0,1}{1 + 0,1} \cdot (1 + 0,08)} - 1 = 2,97\%$$

В Приложении А, таблице А.7 рассчитана величина чистой приведенной стоимости проекта с использованием методов бинарного и реверсированного дисконтирования при риске увеличении капитальных вложений на 10 %, который учитывается изменением ставки дисконтирования для оттоков проекта. Чистая приведенная стоимость составила **13 816** млн руб.

На рисунке 3.9 представлены графики изменения чистой приведенной стоимости по годам, оцененной двумя методами, при условии увеличения капитальных вложений на 10 %.

Применение стандартного метода дисконтирования для оценки активов, обеспечивающих как положительные, так и отрицательные денежные потоки (например, проектов по разработке месторождений полезных ископаемых), может привести к искажению итоговой оценки из-за недооценки рисков, характерных

для крупных инвестиционных расходов, включая технические риски. В таких случаях использование стандартного подхода к дисконтированию и применение одной дисконтной ставки для обоих типов потоков может привести к некорректно рассчитанным показателям экономической эффективности, что, в свою очередь, может привести менеджмент компании к неверному принятию управленческих решений относительно распределения бюджета компании.

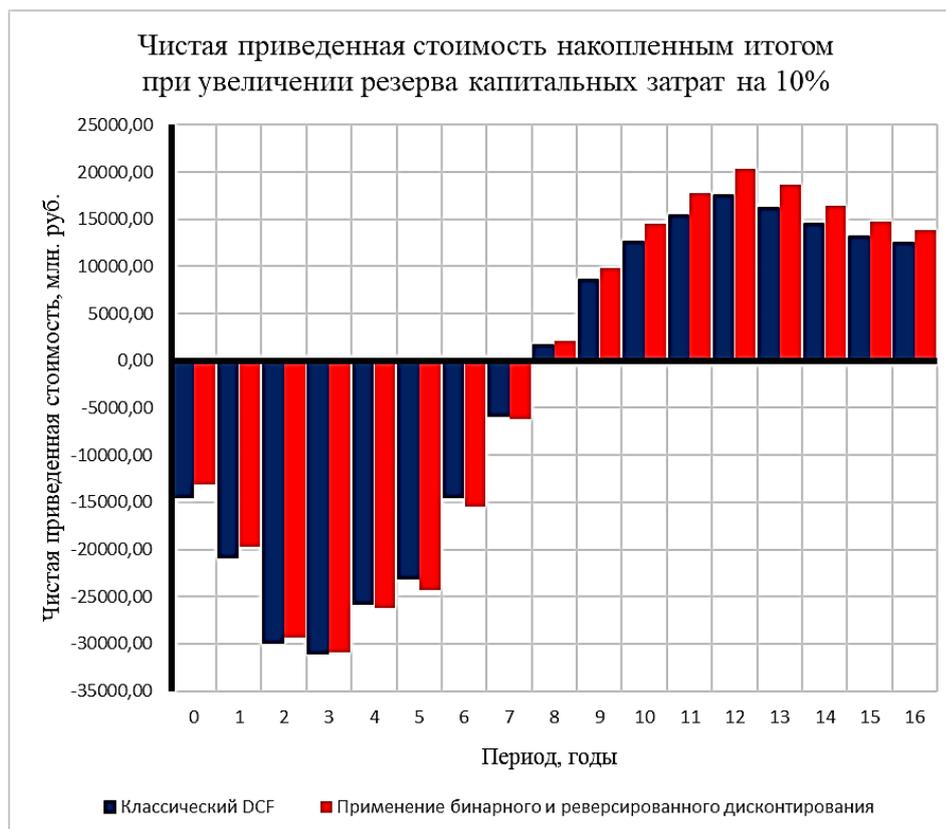


Рисунок 3.9 – Графики ЧПС проекта при увеличении капитальных вложений на 10 %

Следовательно, целесообразно применять методы бинарного и реверсированного дисконтирования, предполагающие применение двух ставок дисконтирования (отдельно для притоков, отдельно для оттоков проекта) для оценки экономической эффективности проекта.

Использование предлагаемого подхода позволяет корректно учитывать эффект дисконтирования и особенности ценообразования на минеральное сырьё, что приведет к более обоснованному принятию управленческого решения и

способствует корректному учету рисков, в том числе технических и технологических, при реализации проектов модернизации горнодобывающего производства.

### **3.3 Оценка потенциала технологической модернизации горнодобывающей компании**

Для реализации радикальных технологических изменений на горнодобывающих предприятиях важно обладать определённым уровнем технического, экономического и организационно-управленческого потенциала ( $П^{TM}$ ). Если уровень потенциала низкий, то предприятие не может гибко реагировать на изменения на рынке и возможности осуществить модернизацию, и прежде всего в области цифровизации. Для создания новых технологий и управленческих подходов промышленному предприятию необходимо привлекать инвестиции, что может отразиться и на финансовой стабильности. Если потенциал модернизации высокий, то дальнейшее продвижение новых технологических решений представляется оправданным.

Потенциал технологического развития предприятия определяется располагаемыми им возможностями в текущий момент времени. Функции других переменных, относящихся к характеристике инновационного потенциала, также могут определять границы заданного диапазона.

На основании группировки значимых факторов, представленных в разделе 2.3, оценим уровень их влияния на потенциал технологической модернизации ( $П^{TM}$ ) компании Кировский филиал АО «Апатит» в соответствии с разработанным алгоритмом.

Определение уровня потенциала технологической модернизации основывается на экспертной оценке выделенных факторов и представляет собой аддитивную свертку взвешенных оценок, полученных с помощью группы экспертов, по каждому фактору.

В целом алгоритм оценивания уровня потенциала технологической

модернизации можно представить в виде пяти шагов.

Шаг 1. Процедура оценивания факторов воздействия всех групп по шкале от 0 до 5 баллов группой экспертов, состоящей из  $z$  человек. В результате данного шага составляется таблица экспертных оценок следующего вида (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Экспертные оценки по группам факторов влияния

	$\mathcal{E}1$	$\mathcal{E}2$	...	$\mathcal{E}f$	...	$\mathcal{E}z$
$СП_i$	$a_{i1}$	$a_{i2}$	...	$a_{if}$	...	$a_{iz}$
$СК_j$	$a_{j1}$	$a_{j2}$	...	$a_{jf}$	...	$a_{jz}$
$ВП_p$	$a_{p1}$	$a_{p2}$	...	$a_{pf}$	...	$a_{pz}$
$ВК_q$	$a_{q1}$	$a_{q2}$	...	$a_{qf}$	...	$a_{qz}$

В данной таблице  $a_{if}$ ,  $a_{jf}$ ,  $a_{pf}$ ,  $a_{qf}$  – оценки, предоставленные  $f$ -м экспертом каждому фактору воздействия из четырех групп. Количество строк данной таблицы соответствуют общему количеству всех факторов воздействия.

Шаг 2. Определение весовых коэффициентов, характеризующих компетентность экспертов. Для этого проводится процедура итерационного уточнения групповой оценки и коэффициентов компетентности экспертов.

Введем обозначения:

$S$  – общее количество факторов воздействий всех четырех групп,  $S=m+n+p+q$ ;

$r$  – вектор групповой оценки всех факторов воздействия,  $r=(r_1, r_2, \dots, r_S)$ ;

$v$  – вектор весовых коэффициентов компетентности экспертов,  $v=(v_1, v_2, \dots, v_z)$ ;

$A$  – прямоугольная  $S \times Z$  матрица с оценками экспертов  $a_{if}$ ,  $a_{jf}$ ,  $a_{pf}$ ,  $a_{qf}$ .

Нахождение групповой оценки представляет собой итерационную процедуру расчетов согласно формулам:

$$r^t = A \cdot v^{t-1} \quad r^t = A \cdot v^{t-1}, \quad (3.23)$$

$$v^t = \left[ r^t \right] A \quad (3.24)$$

Весовые коэффициенты компетентности экспертов необходимо нормировать. С этой целью определяются сумма:

$$\theta^t = \sum_{i=1}^z v_i^t \quad (3.25)$$

и нормированные весовые коэффициенты компетентности экспертов:

$$v^t = \frac{1}{\theta^t} [r^t] A \quad (3.26)$$

В качестве начального приближения весовых коэффициентов компетентности используется вектор  $v^0 = (v^0_1, v^0_2, \dots, v^0_z) = (1/z, 1/z, \dots, 1/z)$ , т.е. эксперты имеют одинаковую компетентность.

Описанная процедура повторяется до тех пор, пока  $\max(|r_i^t - r_i^{t-1}|) < \varepsilon$ , где  $i = \overline{1, S}$ ,  $\varepsilon$  – заранее заданная малая величина. Например,  $\varepsilon = 0,0003$ .

Шаг 3. Определение весовых коэффициентов для факторов воздействия. Поскольку важность каждого фактора при оценивании уровня потенциала технологической модернизации может различаться, предлагается рассчитать весовые коэффициенты по всем  $S$  факторам воздействия. Оценки, характеризующие важность фактора, можно получить с помощью одного независимого эксперта по 10-балльной шкале, без привлечения группы экспертов, занимающихся оценкой влияния данных факторов на уровень потенциала технологической модернизации компании. Весовой коэффициент каждого фактора  $w_i$  рассчитывается как доля полученной оценки в сумме оценок по всем факторам:

$$w_i = \frac{X_i}{\sum_{i=1}^s X_i} \quad (3.27)$$

где  $X_i$  – оценки независимого эксперта относительно важности фактора  $i$  в формировании уровня потенциала технологической модернизации компании,  $i = \overline{1, S}$ .

Шаг 4. Расчет взвешенных групповых оценок проводится по формуле:

$$R_i = r_i^t \cdot w_i, \quad (3.28)$$

где  $r_i^t$  – конечный вектор групповой оценки, полученный по итогам шага 2.

Шаг 5. Расчет уровня потенциала технологической модернизации компании по формуле:

$$П^{TM} = \frac{\sum_{i=1}^S R_i}{5} \cdot 100\% \quad (3.29)$$

Поскольку максимально возможной оценкой экспертов является «5» в связи с применением 5-балльной шкалы, то уровень потенциала технологической модернизации представляет собой долю суммы взвешенных групповых оценок в максимально возможном значении.

Таким образом, показатель  $П^{TM}$  измеряется в процентах; чем выше его значение, тем более высоким является уровень потенциала технологической модернизации компании.

Чем выше балл, тем наблюдается более высокий уровень возможностей системы управления адаптироваться к внешним воздействиям прямого и косвенного влияния («СП» и «СК») и тем выше потенциал модернизации. На уровень внутреннего потенциала («ВП» и «ВК») влияет непосредственно экономическое, техническое и организационно-управленческое состояние компании на текущий момент времени: чем это состояние лучше, тем более высокая оценка потенциала технологической модернизации проставляется экспертом.

*Оценка «5»* соответствует высокой возможности решить проблему внешнего воздействия, нивелировать или адаптироваться к ней, в части факторов внутреннего потенциала – высокая степень развитости того или иного уровня организационно-управленческого состояния компании и смежных подразделений.

*Оценка «4»* соответствует достаточно высокому и среднему уровням возможностей по решению проблем, которые возникают во внешней

экономической среде, а также хорошему, но невысокому уровню развития внутренней системы управления и планирования.

*Оценка «3»* определяет низкий уровень системы управления, характеризующейся посредственными возможностями, для того чтобы справляться с внешними и внутренними задачами технологической модернизации. Возможно, потенциал ограничивается сложностью влияния на оцениваемый фактор или чрезмерными трудностями адаптации к изменениям.

*Оценка «2»* характеризует крайне низкий уровень и потенциал системы управления и планирования или неспособность управлять факторами.

*Оценка «1»* констатирует отсутствие каких-либо возможностей по решению возникающих задач технологической модернизации.

Для проведения исследования были привлечены восемь экспертов. В каждую группу вошли по 6 факторов воздействия; таким образом, общее число факторов для оценивания уровня потенциала технологической модернизации ( $П^{TM}$ ) компании составило 24 показателя. Каждому эксперту был предоставлен опросный лист с перечнем факторов, предоставлено поле для заполнения, где специалист оценивал текущее состояние влияния каждого фактора на потенциал модернизации по шкале от 0 до 5 баллов (Приложение Б, таблица Б.1).

При рассмотрении факторов в качестве более точного оценивания влияния на потенциал технологической модернизации каждого из 24 факторов экспертам можно было воспользоваться таблицей 2.8, представленной в разделе 2, где представлены факторы функциональной направленности, сдерживающие или способствующие развитию программ технологической модернизации.

В качестве экспертов представлены директора и специалисты по важнейшим функциональным направлениям компании, таким как: информационные технологии, управление персоналом, технические специалисты в области горно-обогатительного производства, юристы. Также были приглашены представители академической среды (главный научный сотрудник и старший научный сотрудник), работающие в Институте экономических проблем Кольского научного центра Российской академии наук, которые со стороны смогли оценить

потенциал технологической модернизации компании Кировский филиал АО «Апатит». В качестве независимого эксперта привлечен сотрудник высшего учебного заведения Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II.

В рамках второго шага, который, как уже отмечалось, нацелен на определение весовых коэффициентов, характеризующих компетентность экспертов, применялась процедура итерационного уточнения групповой оценки и коэффициентов компетентности экспертов. В качестве начального был выбран вектор  $v^0$  размерности 8 с одинаковыми элементами, равными  $1/8$ . То есть на первой итерации предполагалось, что компетентность всех экспертов является одинаковой. В результате последующих итераций вектор весовых коэффициентов компетентности экспертов корректировался. Для этого на каждой итерации рассчитывался вектор групповых оценок  $r$ , состоящий из 24-х оценок факторов, полученных как произведение вектора весовых коэффициентов компетентности экспертов размерностью 8 на вектор балльных оценок, предоставленных группой экспертов соответствующему фактору, той же размерности.

Начиная со второй итерации, рассчитывался также вектор разностей (по модулю) групповых оценок, полученных по каждому фактору на смежных итерациях: второй и первой ( $r_2 - r_1$ ), третьей и второй ( $r_3 - r_2$ ) и т.д. Он необходим для определения окончания итерационной процедуры, которая продолжается до тех пор, пока максимальный элемент вектора разностей групповых оценок, взятых по модулю, не превысил заранее выбранного значения  $\varepsilon = 0,0003$ . В данном случае все элементы вектора  $|r_3 - r_2|$  не превысили значения  $0,0003$ , в то время как максимальное значение среди элементов вектора  $|r_2 - r_1|$  составляло еще  $0,07487$ . Это говорит о том, что третья итерация была необходима и достаточна для получения окончательного вектора групповой оценки  $r_3$ . Его значения были получены с использованием вектора весовых коэффициентов компетентности экспертов  $v^2$  (Приложение Б, таблица Б.2).

На третьем шаге исследования был привлечен независимый эксперт, задачей которого являлась оценка важности каждого из 24-х факторов

в формировании уровня потенциала технологической модернизации. Факторы анализировались в пределах своей группы относительно друг друга и с точки зрения значимости каждого из них в формировании потенциала технологической модернизации предприятия. Каждому фактору экспертом была присвоена оценка по шкале от 0 до 10 баллов. На основе данных оценок далее были рассчитаны весовые коэффициенты для факторов воздействия как доля полученной оценки в сумме оценок по всем факторам. Результаты расчетов представлены в Приложении Б, таблице Б.1, в графе «Весовые коэффициенты  $W_i$ ».

На четвертом шаге был произведен расчет взвешенных групповых оценок как произведение окончательного вектора групповой оценки  $r_3$  на весовые коэффициенты  $W_i$  (формула (3.28)).

Заключительный шаг – это суммирование всех 24-х взвешенных групповых оценок, в результате которого была получена интегральная балльная оценка уровня потенциала предприятия, равная 3,96977 (Приложение Б, таблица Б.2). Поскольку максимально возможная интегральная оценка составляет 5 баллов, данная величина была переведена в процентную шкалу. Таким образом, используя формулу (3.29), уровень потенциала технологической модернизации ( $П^{TM}$ ) компании Кировский филиал АО «Апатит» составил **79,40 %**.

Данный уровень потенциала технологической модернизации является высоким (более 75 %).

В таблице 3.4 приведены критерии оценки уровня потенциала технологической модернизации.

Границы критериев определены, исходя из количественного соотношения оценок экспертов; в целом оценка «5» соответствует высокому потенциалу. Оценка «4» – отчасти высокий и средний потенциал технологической модернизации. Оценки «2» и «3» объединены и отражают низкий уровень потенциала.

Таблица 3.4 – Характеристика внешней и внутренней среды компании и уровни потенциала технологической модернизации

Уровни	Обобщенные факторы ситуативной экономической среды	Качество системы управления и качественная характеристика объема инвестиций, необходимых для реализации программ модернизации	Уровень потенциала технологической модернизации $\Pi^{TM}$ , %
1 уровень	Относительно благоприятные макроэкономические и институциональные условия. Высокий уровень развития технологий, включая цифровые и роботизированные системы; наблюдаются существенные конкурентные преимущества (например, высококачественные руды, развитая система логистики). Наличие кадровых, финансовых и технологических возможностей. Наличие оперативных и результативных связей в структуре горнопромышленных холдингов.	Хорошо развитая система управления. Масштабность программ модернизации и их глубина подразумевают тот или иной объем инвестиций. В случае высокой развитости цифровых технологий объем инвестиций может быть незначительным. В случае необходимости кардинальных преобразований объем инвестиций увеличивается в несколько раз.	<i>Высокий:</i> показатель $\Pi^{TM}$ больше 75 %.
2 уровень	Относительно стабильные и частично управляемые условия макроэкономического и технологического развития национальной экономики и отрасли. В определенной степени устойчивое экономическое положение горнодобывающего предприятия. Частично создается инфраструктура нового поколения. Барьеры для развития программ модернизации существуют, однако наблюдается отсутствие непреодолимых барьеров к широкомасштабному развитию программ технологической модернизации.	Средний уровень развития системы управления, в ряде случаев возможны решения, позволяющие адаптироваться, в том числе и к неконтролируемым факторам внешней среды. Необходимость формирования уникальных технологических решений может поспособствовать привлечению значительных инвестиций.	<i>Средний:</i> показатель $\Pi^{TM}$ 31–75 %.
3 уровень	Ограниченный доступ к технологиям и рынкам. Слабый уровень развития корпоративных регламентов, не способствующих технологично-ориентированному развитию предприятия. Невысокие относительные доли рынка. Нестабильное финансовое положение. Недостаточно развитый уровень компетенций сотрудников, низкий уровень развития научного потенциала в компании.	Низкое качество системы управления. Требуется высокий уровень инвестиций, при этом решение задач по привлечению инвестиций может быть системно невыполнимой задачей без коренной перестройки системы управления.	<i>Низкий:</i> показатель $\Pi^{TM}$ 30 % и меньше.

Важно отметить, что существует взаимосвязь между необходимыми объемами инвестиционных ресурсов для осуществления проектов модернизации и величиной показателя, определяющего уровень потенциала технологической модернизации.

Проанализируем выполненную экспертную оценку. На рисунках 3.10 и 3.11 представлено распределение экспертных оценок по группам факторов.

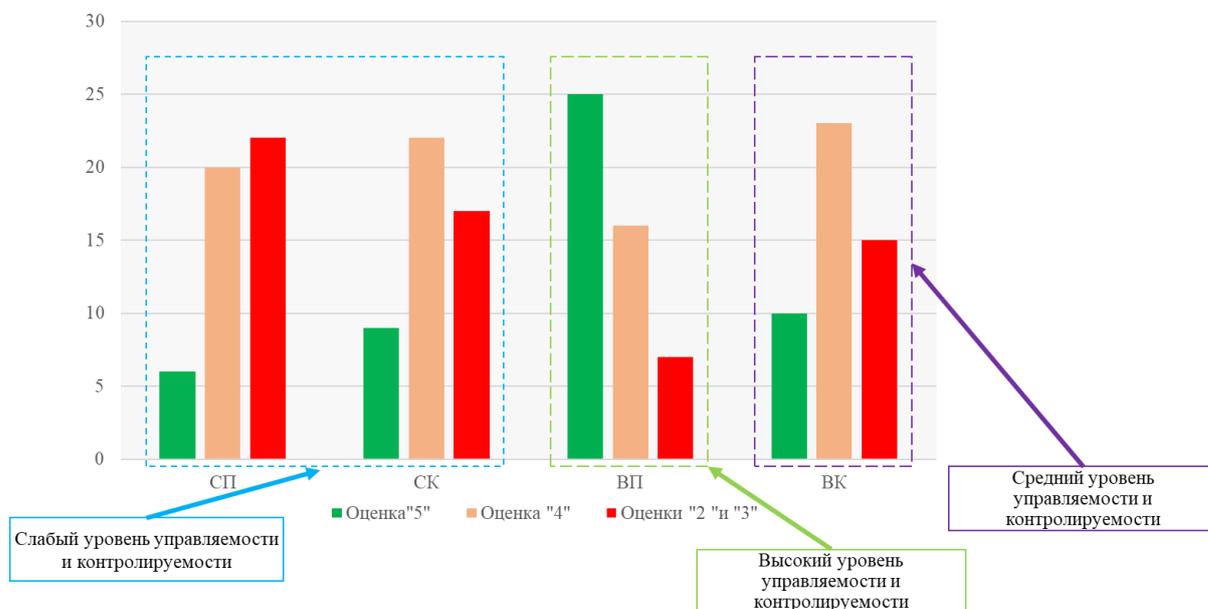


Рисунок 3.10 – Количество экспертных оценок по группам факторов

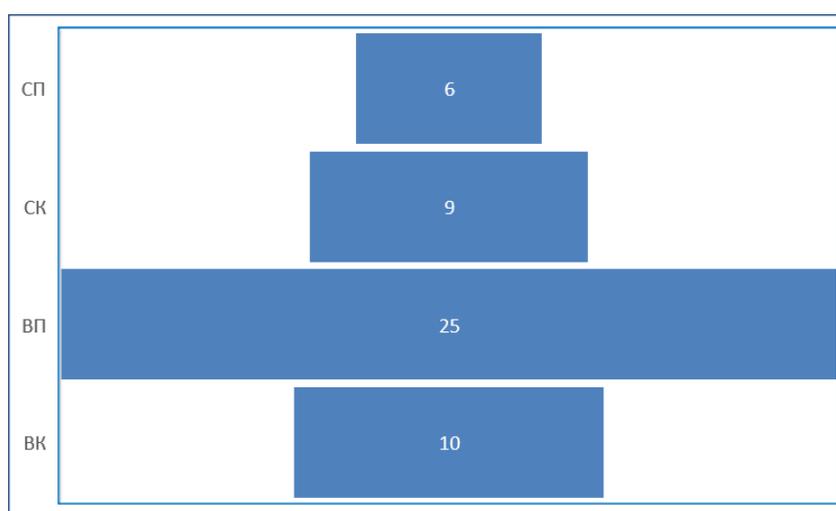


Рисунок 3.11 – Наивысшие экспертные оценки – «5» по группам факторов влияния на проекты технологической модернизации

Возможность адаптации к факторам «СП», степень влияния и управления – низкая, что видно по экспертным оценкам – всего 6 высших оценок. Факторы «СП» носят объективный характер, и вопросы обеспечения доступа, например к импортным технологиям, в настоящее время стоят очень остро. Поэтому логично, что эксперты поставили относительно низкие оценки с учетом невозможности влиять на геополитические и макроэкономические события. Также сложно воздействовать на денежно-кредитную политику государства крупнейших банков, поэтому вопросы кредитования также отражены как факторы, на которые сложно повлиять и к которым тяжело адаптироваться. Соответственно, сложности получения дешевых кредитов снижают потенциал модернизации. При этом общие тенденции роста требований к промышленной безопасности со стороны государства, по мнению эксперта, стимулируют компании к модернизации производства. Можно наблюдать неоднозначные оценки специалистов в части влияния внутренних рыночных факторов и экологических ограничений. В целом возможно предположить, что эксперты не видят пока однозначного посыла важности экологических факторов, например борьбы за снижение выбросов техногенных парниковых шагов как важнейшего фактора, способствующего развитию программам модернизации или, наоборот, ограничивающего реализацию проектов технологических преобразований горнодобывающего производства.

Факторы «СК» также относятся к внешней среде и по концепции исследования имеют косвенное влияние на программы модернизации. Тем не менее эксперты считают, что возможность адаптации к тенденциям научно-технического прогресса у компании достаточно высокая. Также обращает внимание на себя тот факт, что возможности менеджмента при изменении налоговой политики также не сильно повлияют на сдерживание развития технологической модернизации. При этом недостаточный образовательный и кадровый потенциал региона может оказать существенное негативное влияние на программы технологической модернизации. Необходимость определять эколого-климатическую эффективность как важнейший атрибут программ

модернизации представляется экспертами сложной задачей, которая может существенно ограничивать потенциал модернизации. Повышение внимания к социальной ответственности представляется вполне управляемым фактором, который в целом не сможет существенно понизить потенциал модернизации.

Факторы «ВП» отражают внутренний потенциал и, безусловно, являются наиболее управляемыми, оказывающими прямое влияние на операционное управление и потенциал модернизации. Здесь наблюдается 25 оценок «5» – более 50 % от всех высших оценок, что подчеркивает высокий уровень внутренних экономических и организационных возможностей компании. Наиболее высоко эксперты оценили компетенции специалистов для осуществления технологической модернизации. В целом высоко оценивается и уровень квалификации управленцев, хотя внешние эксперты оценили его низкими баллами. Производственно-технологическая база имеет в целом среднюю оценку. Финансовая устойчивость оценена высоко. При этом систему планирования внешние эксперты оценили на оценку «3». Самым, пожалуй, слабым фактором, который может сдерживать программы технологической модернизации на горнодобывающем предприятии, является уровень мотивации сотрудников и их готовность к изменениям.

Факторы «ВК» отражают косвенное влияние в части внутренних возможностей компании на потенциал технологической модернизации. Здесь факторы влияния рассматриваются в контексте всего горно-химического холдинга ПАО «ФосАгро». Например, высоко оценивается степень развития собственных высокотехнологичных центров, что, в общем-то, вполне логично. Существующая организационная среда холдинга и его гибкость также скорее способствуют развитию потенциала модернизации, нежели сдерживают его. Перспективные планы холдинга по выходу на новые рынки и корпоративные стратегии имеют среднее влияние на потенциал. Форма собственности и структура акционерного капитала, а также действующие модели профессиональной подготовки кадров оцениваются экспертами как факторы, которые могут ограничивать потенциал модернизации.

Применение предложенного автором методического подхода к оценке потенциала реализации масштабных программ технологической модернизации позволяет руководству компании, а также перспективным инвесторам изучить мнение компетентных специалистов, для того чтобы снизить экономические риски при осуществлении крупных программ (проектов) технологической модернизации. Появляется понимание «узких мест» компании при реализации проектов.

В условиях изменений тенденций макроэкономического окружения, а также специфики горнодобывающего предприятия комплекс факторов может быть расширен. На основе анализа целесообразно сделать предположение, что, возможно, необходимо детализировать факторы, связанные с технологиями блокчейн, роботизацией, искусственным интеллектом. Повысится и роль экологических факторов, влияющих на экономический потенциал проектов технологической модернизации, особенно при развитии институтов «зеленой экономики».

Предлагаемый подход способен не только оценивать потенциал модернизации отдельных предприятий, но и проводить сравнительный анализ горнодобывающих подразделений в рамках холдинга. Также данный методический подход дает возможность определить вероятность перехода предприятий к реализации более интенсивной программы развития на основе технологической модернизации в случае высокого оценочного значения показателя  $P^{TM}$ . Используя его, можно получить широкий спектр данных об организационных и экономических возможностях горного предприятия к реализации сложных и комплексных программ технологической модернизации. Задавая особенности отраслевого аспекта горнодобывающего производства, на основе учета разнонаправленных факторов можно выявить преимущественно важные направления технологического и организационного развития предприятия. Таким образом, данный методический подход представляется универсальным и может быть использован в различных отраслях горнодобывающей промышленности.

### Выводы по Главе 3

1. Выполнена группировка методических подходов к определению затрат производства с учетом особенностей горнодобывающего производства. Установлено, что при определении затрат важно учитывать специфику формирования затрат уникальных горных производств и проектов технологической модернизации, прогнозные модели, сравнительный анализ. При внедрении доступных или перспективных технологий можно использовать различные подходы – как прогностического характера, так и использование проектов-аналогов, реализуемых в горнодобывающей отрасли. В условиях реализации сложных технологических проектов, имеющих аналогичные примеры реализации, представляется целесообразным применять метод бенчмаркинга, который способен учитывать лучший производственный опыт.

2. Комплекс мероприятий по модернизации планируемых на горнодобывающем предприятии изменений может определяться величиной затрат, необходимых для реализации сложных проектов, направленных на извлечение попутных компонентов, воспроизводство капиталоемких основных производственных фондов, включая строительство и поддержание горно-капитальных выработок, обновление технических средств, развитие автоматизированных и цифровых технологий в сложных подземных условиях добычи минерального сырья.

3. Установлено, что внедрение передовых технологий может повлечь за собой сокращение эксплуатационных расходов вследствие устойчивого роста производительности и повышения эффективности организации производства. В долгосрочном тренде следует ожидать накопление производственного опыта, дополнительные социальные и имиджевые эффекты, приобретение статуса ответственного инвестора.

4. Обобщены основные экономические показатели модернизации производства, которые оценивают годовой эффект от технологических изменений, в том числе представлены формулы расчета роста производительности труда, использования оборудования по производительности,

повышения эффективности использования ресурсов в результате внедренных мероприятий.

5. Определено, что комплексный эффект модернизации можно определить как совокупность эффектов от технико-технологических изменений мероприятий управленческого и организационного совершенствования, предотвращенного ущерба от возможных аварий.

6. Определены риски, влияющие на осуществление проектов технологической модернизации, среди которых выделены риски, отражающие особенности горного производства, а также определены общие риски. При этом ряд рисков имеют контролируемый и управляемый характер. Выделены риски, которые могут влиять на определение рискованной ставки дисконтирования, а также риски, которые практически не оказывают влияние на ее формирование.

7. Предложено использовать бинарный подход при определении дисконтированных денежных потоков инвестиционного проекта технологической модернизации, предполагающий применять разные ставки дисконтирования для положительных и отрицательных денежных потоков.

8. Экономическая оценка инвестиций классическим методом дисконтированных денежных потоков составила 16663,5 млн рублей. Величина же чистой приведенной стоимости проекта технологической модернизации с использованием методов бинарного и реверсированного дисконтирования и при риске увеличения капитальных вложений на 10 %, который учитывается изменением ставки дисконтирования для оттоков проекта, составила 13816 млн руб. Использование предлагаемого подхода позволяет более корректно учитывать эффект дисконтирования и, в особенности, ценообразование на минеральное сырьё, что приведет к более обоснованному принятию управленческих решений и поспособствует корректному учету рисков, в том числе экономических и технико-технологических.

9. Для оценки эффективности и потенциала модернизации целесообразно использовать экспертные методы исследования. Данные методы связаны с субъективной оценкой, поскольку появляется возможность получить

информацию у специалистов: менеджеров, ученых, исследователей, ведущих инженеров, которые непосредственно работают на предприятии и знают специфику технологического процесса, обладают актуальной информацией.

10. На основе разработанного алгоритма оценивания потенциала модернизации и предложенной системы факторов влияния на ее осуществление определен уровень потенциала технологической модернизации ( $\Pi^{\text{TM}}$ ) компании Кировский филиал АО «Апатит», который составил 79,36 %. Данный уровень потенциала технологической модернизации определен как высокий – более 75 %, с учетом применения методического подхода по определению границ различных уровней потенциала.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении представлены основные результаты диссертационного исследования.

Основным результатом настоящего научного исследования является уточнение и развитие концептуальных трактовок технологической модернизации горнодобывающего производства, совершенствование подходов к экономической оценке проектов и программ технологической модернизации, а также оценке ее потенциала.

1. В условиях современных тенденций развития мировой экономики экономические эффекты и эффективность технологической модернизации промышленности видятся определяющими, но не являются единственными целями проектов модернизации. Особую значимость приобретают социальные, эколого-климатические и научно-технические эффекты, при этом количественная оценка такого рода эффектов требует использования значительного количества информации. В этой связи предложены ключевые принципы модернизации в контексте оценки ее эффективности, такие как: целеориентированность, динамичность ресурсного развития, комплексность, релевантность показателей, прозрачность технико-экономического результата, необратимость процессов. В частности, принцип комплексности ассоциируется с охватом проектного функционала, связанного не только с экономическим и организационно-технологическим развитием, а также предполагает обязательный учет при оценке эффективности социальных и природоохранных и климатических аспектов. Уточнена и обоснована последовательность оценки эффективности модернизации промышленного предприятия, включающая этапы первичного анализа, аналитической обработки информации и непосредственно оценки ее эффективности.

2. В диссертации разработана типология дескриптивных моделей технологической модернизации. Предложены четыре концептуальные модели, такие как: оптимизационная, адаптивная, поддерживающая и прогрессивная –

которые будут отличаться друг от друга на основе выделенных критериев. В качестве критериев предложены такие, как: возможные стратегии, целевые задачи модернизации, организационный подход к управлению, технико-технологическая направленность, инновационный фактор, аспекты, связанные с оценкой эффективности. В рамках предложенной типологии важнейшими критериями выступают технико-технологические фокусы и подходы к оценке эффективности. В диссертации предложены качественные и количественные критерии, позволяющие оценить возможные эффекты цифровых проектов как важнейшей составляющей технологической модернизации на горном предприятии. Подходы к оценке эффективности проектов внедрения цифровых технологий в горнодобывающих компаниях разнообразны, представляется целесообразным использовать не только классические методы экономической оценки инвестиционных проектов. Возможно применять методы бинарного дисконтирования, экспертные методы, бенчмаркинг.

3. На основе проведенного анализа деятельности предприятия Кировский филиал АО «Апатит» установлено, что расширение производства, рост обеспеченности собственными минерально-сырьевыми ресурсами, повышение операционной эффективности – важнейшие задачи горнодобывающего сегмента крупного горно-химического холдинга ПАО «ФосАгро». Рассмотрены реализуемые проекты технологической модернизации компании, связанные, в том числе, с цифровизацией и автоматизацией, которые повышают скорость принятия решений и экономическую эффективность в целом. На предприятии внедряется система позиционирования. Использование данной системы позволяет увеличивать производительность труда, снижать себестоимость конечной продукции, сокращать время реагирования при выполнении ремонтов и наступлении внештатных ситуаций, повышать уровень безопасности труда при выполнении работ в условиях подземного рудника за счёт повышения возможностей оперативного управления персоналом и подвижными транспортными средствами рудника. Диспетчеризация подземных горных работ в Кировском филиале АО «Апатит» позволила перейти от фрагментарного

планирования к системе сведения плановых и фактических данных в рамках единой информационной системы, а также произошло снижение объемов потерь добытой руды на 1-2 % за счет более качественного планирования работ и автоматизации сбора фактических показателей.

4. Выявлена взаимосвязь факторов влияния, стимулирующих к модернизации производства, и функциональных факторов экономического, организационно-управленческого, производственного, социального и экологического характера. Учет актуальных тенденций посредством обоснования степени воздействия внешних и внутренних факторов влияния обуславливает необходимость формирования определенных целевых показателей при реализации проектов и программ модернизации. Предложена система факторов внешнего и внутреннего влияния прямого и косвенного воздействия, актуальных для производственно-хозяйственной деятельности горнодобывающего предприятия. Также детализированы факторы функциональной направленности, сдерживающие или способствующие развитию программ технологической модернизации. Совокупный учет факторов с использованием методов экспертной оценки позволит определять уровень потенциала проектов технологической модернизации.

5. Идентифицированы риски, влияющие на осуществление проектов технологической модернизации, отражающие специфику горнодобывающего производства. Выявлено, что ряд рисков имеют контролируемый и управляемый характер. Выделены риски, которые могут влиять на определение рискованной ставки дисконтирования, а также риски, которые практически не оказывают влияние на ее формирование. Предложено использовать бинарный подход при определении дисконтированных денежных потоков инвестиционного проекта технологической модернизации, предполагающий применять разные ставки дисконтирования для положительных и отрицательных денежных потоков. Необходимость бинарного дисконтирования обусловлена тем фактом, что риски, присущие положительным и отрицательным денежным потокам проектов по разработке месторождений полезных ископаемых, имеют разный характер.

Экономическая оценка инвестиций классическим методом дисконтированных денежных потоков составила 16663,5 млн рублей. Величина же чистой приведенной стоимости проекта технологической модернизации с использованием методов бинарного и реверсированного дисконтирования и при риске увеличения капитальных вложений на 10 %, который учитывается изменением ставки дисконтирования для оттоков проекта, составила 13816 млн руб. Использование предлагаемого подхода позволяет более корректно учитывать эффект дисконтирования и, в особенности, ценообразование на минеральное сырьё, что приведет к более обоснованному принятию управленческих решений и поспособствует корректному учету рисков, в том числе экономических и технико-технологических.

6. Для оценки эффективности и потенциала модернизации целесообразно использовать экспертные методы исследования. Данные методы связаны с субъективной оценкой, поскольку появляется возможность получать информацию у специалистов: менеджеров, ученых, исследователей, ведущих инженеров, которые непосредственно работают на предприятии и знают специфику технологического процесса, обладают актуальной информацией экономического развития отрасли и компаний. На основе разработанного алгоритма оценивания потенциала модернизации и предложенной системы факторов влияния на ее осуществление определен уровень потенциала технологической модернизации компании Кировский филиал АО «Апатит», который составил 79,36 %. Данный уровень потенциала технологической модернизации определен как высокий – более 75 %, с учетом использования методического подхода по определению границ различных уровней потенциала.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Абрамович, Б. Н. Проблемы обеспечения энергетической безопасности предприятий минерально-сырьевого комплекса / Б.Н.Абрамович, Ю.А.Сычев // Записки Горного института. – 2016. – Т. 217. – С. 132-139.
2. Абрашитов, А. Ю. Барьеры и возможности технологической модернизации в горнопромышленной компании / А.Ю.Абрашитов // Российский экономический интернет-журнал. – 2022. – № 4. – EDN LZFZFW.
3. Абрашитов, А. Ю. К вопросу операционной эффективности технологической модернизации: особенности горнодобывающего производства / А.Ю.Абрашитов, А.Е.Череповицын // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2024. – № 10-1. – С. 5-10. – DOI 10.17513/vaael.3768.
4. Абрашитов, А. Ю. Обобщение факторов, способствующих развитию потенциала технологической модернизации горнодобывающего производства / А.Ю.Абрашитов, А.Е.Череповицын // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2023. – № 6-2(144). – С. 63-69. – EDN IXTDQT.
5. Абрашитов, А. Ю. Риски при оценке инвестиционных проектов технологической модернизации на горнодобывающем производстве / А.Ю.Абрашитов, В.С.Жаров // Инновации и инвестиции. – 2024. – № 11. – С. 64-68.
6. Абрашитов, А. Ю. Роль цифровых технологий в модернизации горного производства / А.Ю.Абрашитов // Актуальные проблемы менеджмента, экономики и экономической безопасности: Сборник материалов VI Международной научной конференции, Костанай, 11–12 ноября 2024 года. – Чебоксары: ООО "Издательский дом "Среда", 2024. – С. 33-37. – DOI 10.31483/r-114292.
7. Абрашитов, А. Ю. Эффективность модернизации горнодобывающего производства посредством цифровых решений / А.Ю.Абрашитов // VII Международная научная конференция по междисциплинарным

исследованиям (SDE-IR IV 2024): сборник статей. Екатеринбург: ООО «Институт цифровой экономики и права», 17 декабря 2024. - С.42-46.

8. Абрашитов, А. Ю. Эффекты и модели технологической модернизации горнодобывающего производства / А.Ю.Абрашитов, В.С.Жаров // Север и рынок: формирование экономического порядка. – 2023. – Т. 26, № 4(82). – С. 71-84. – DOI 10.37614/2220-802X.4.2023.82.006.

9. «Акрон» представил свою продукцию на выставке Top Farmers в Бразилии. 19.09.2024. [Электронный ресурс]. – URL: [https://rapu.ru/news/akron\\_predstavil\\_svoyu\\_produktsiyu\\_na\\_vystavk/5784/](https://rapu.ru/news/akron_predstavil_svoyu_produktsiyu_na_vystavk/5784/) (дата обращения 06.02.2024).

10. Анализ рынка азотных удобрений в России - 2025. Показатели и прогнозы [Электронный ресурс]. – URL: <https://tebiz.ru/mi/rynok-azotnykh-udobrenij-v-rossii> (дата обращения 06.02.2024).

11. Анализ рынка калийных удобрений в России - 2025. Показатели и прогнозы. [Электронный ресурс]. – URL: [https://tebiz.ru/mi/rynok-kalijnykh-udobrenij-v-rossii?utm\\_source=Yandex&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=68870065&utm\\_content=type\\_search|pl none|grid 4772592710|adid 11513627351|rt 35433745284|ptype premium|pos 1|device desktop&utm\\_term=kwid\\_35433745284&yclid=12292978923507810303](https://tebiz.ru/mi/rynok-kalijnykh-udobrenij-v-rossii?utm_source=Yandex&utm_medium=cpc&utm_campaign=68870065&utm_content=type_search|pl none|grid 4772592710|adid 11513627351|rt 35433745284|ptype premium|pos 1|device desktop&utm_term=kwid_35433745284&yclid=12292978923507810303) (дата обращения 06.02.2024).

12. Анализ рынка минеральных удобрений в России - 2025. Показатели и прогнозы [Электронный ресурс]. – URL: <https://tebiz.ru/mi/rynok-mineralnykh-udobrenij-v-rossii> (дата обращения 06.02.2024).

13. Ахметова, М. И. Комплексная оценка и способы повышения показателей качества эксплуатации карьерных автосамосвалов: дисс. ... докт. философии (PhD) 6D070700 – Горное дело; Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева. – 2019. – 133 с.

14. Бабкин, А. В. Инструментарий для оценки цифрового потенциала и уровня цифровизации сложных экономических систем / А.В.Бабкин, В.А.Плотников // Стратегическое управление устойчивым развитием экономики

в новой реальности. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. – С. 518-534. – DOI 10.18720/ИЕР/2022.2/17.

15. Баловцев, С. В. Теория и практика в методическом обеспечении управления производственными рисками на горнодобывающих предприятиях / С.В.Баловцев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – № S39. – С. 6-9.

16. Бархатов, С. П. Исследование возможностей применения роботизированных самосвалов в горнодобывающей отрасли / С.П.Бархатов, Я.В.Устинова, А. С. Семенов // Горное оборудование и электромеханика. – 2022. – №1 (159). – С. 19–27. DOI: 10.26730/1816-4528-2022-1-19-27.

17. Баурина, С. Б. Технологический потенциал промышленного предприятия / С.Б.Баурина // Проблемы и перспективы развития промышленности России. – М.: Компания КноРус, 2019. – С. 68-73. – EDN DFOJPD.

18. Бизнес-модель | ПАО "Уралкалий" (uralkali.com) [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.uralkali.com/ru/about/business\\_model/](https://www.uralkali.com/ru/about/business_model/) (дата обращения 06.02.2024).

19. Боровский, В. Г. Промышленная политика государства: проблемы, задачи, управленческие решения / В.Г.Боровский // Контроллинг. – 2017. – № 1(63). – С. 6–11.

20. Боярко, Г. Ю. Управление рисками проектов недропользования / Г.Ю.Боярко // Известия Томского политехнического университета. – 2002. – Т. 305, № 8. – С. 257-266.

21. Бубнов, Г. Г. Стратегическое планирование как важнейшая функция управления / Г.Г.Бубнов, А.В.Паутова, В.И.Золотарев // Транспортное дело России. – 2011. – С. 24–26.

22. Бурлакова, Е. Т. Ресурсный потенциал промышленного предприятия / Е.Т.Бурлакова // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2017. – Т. 3, № 13. – С. 9-10. – EDN YQVYDQ.

23. Вайно, А. Э. Оценка влияния факторов на эффективность типовых вариантов инновационного развития горнопромышленного производства /

А.Э.Вайно, А.А.Кобяков // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2012. – № (4–10). – С. 14–19.

24. Ватлина, Л. В. Цифровизация и инновационное развитие экономики / Л.В.Ватлина, В.А.Плотников // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2023. – № 1(139). – С. 106-113.

25. В «Дорогобуже» запущен новый агрегат азотной кислоты. 17 января 2023 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.acron.ru/press-center/press-releases/200967/> (дата обращения 06.02.2024).

26. Вектор развития / А.Гурьев; Российская ассоциация производителей удобрений. – 17.01.2022 [Электронный ресурс]. – URL: [https://rapu.ru/analitics/vektor\\_razvitiya/2532/](https://rapu.ru/analitics/vektor_razvitiya/2532/) (дата обращения 06.02.2023).

27. Великий, В. А. Формирование системы критериев оценки технологических проектов в условиях ограничительных санкций / В.А.Великий, Т.О.Толстых, Н.В.Шмелева, А.В.Митенков // Экономика высокотехнологичных производств. – 2024. – Т. 5, № 2. – С. 147-164. – DOI 10.18334/evp.5.2.121340.

28. Владимирова, А. С. Технологическое перевооружение и его роль в развитии предприятия, основные направления / А.С.Владимирова, Н.В.Грибанова, Е.А.Захарова // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 6. – С. 90.

29. Волкова, А. В. Рынок минеральных удобрений (IV квартал 2015 года) / А.В.Волкова. – М.: НИУ ВШЭ, 2015. – 59 с.

30. Волосатова, А. А. Разработка системы экспертной оценки проектов развития и эколого-технологической модернизации промышленности / А.А.Волосатова, И.О.Тихонова, Т.В.Гусева // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2023. – Т. 25, № 4(114). – С. 154-162. – DOI 10.37313/1990-5378-2023-25-4-154-162.

31. Галияхметова, М. Р. Основные модели модернизации промышленных предприятий / М.Р.Галияхметова, А.А.Русинова // Социально-экономическое управление: теория и практика. – 2019. – № 2(37). – С. 11–14.

32. Гендон, А. Л. Анализ развития российских горно-химических компаний / А.Л.Гендон // Вестник Академии права и управления. – 2017. – № 1(46). – С. 134–140.

33. Гендон, А. Л. Возможности развития конкурентоспособности горно-химических компаний России / А.Л.Гендон, М.П.Бобкова // Экономика и предпринимательство. – 2016. – № 2–2(67). – С. 986–989. – EDN VTBFCSB.

34. Гендон, А. Л. Проблемы развития горно-химических компаний России / А.Л.Гендон // Федерализм. – 2015. – № 3(79). – С. 85–94. – EDN UMHAEB.

35. Гендон, А. Л. Стратегические проблемы развития горно-химических компаний России для повышения уровня конкурентоспособности / А.Л.Гендон // РИСК. – 2016. – № 1. – С. 105–107. – URL: [http://risk-online.ru/archive/2016/01/RISK\\_01\\_16.pdf](http://risk-online.ru/archive/2016/01/RISK_01_16.pdf) - 10 (дата обращения: 08.05.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

36. Гендон, А. Л. Стратегическое управление в промышленных холдингах / А.Л.Гендон // Научные идеи, прикладные исследования и проекты стратегий эффективного развития российской экономики: сборник статей-презентаций научно-исследовательских работ. Образовательно-научный центр «Финансы». – М., 2016. – С. 38–41.

37. Глущенко, Ю. Г. Специфика учета и управления ресурсами и затратами в комбинированных горнопромышленных производствах / Ю.Г.Глущенко, Т.А.Блошенко, Т.А.Ковырзина. – Апатиты: Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина Кольского научного центра РАН, 2012. – 285 с. – ISBN 978-5-91137-200-2.

38. Годовой отчет ПАО «ФосАгро»–2011: Ингредиенты будущего роста [Электронный ресурс]. – URL: <https://cdn.phosagro.ru/upload/iblock/cb4/cb473c23725e7cd59dadc141295a2ed4.pdf> (дата обращения: 08.05.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

39. Годовой отчет ПАО «ФосАгро»–2012: Обеспечивая устойчивое развитие и доходность [Электронный ресурс]. – URL:

<https://cdn.phosagro.ru/upload/iblock/e56/e56652fc2075a004fa05b1de54ee51e6.pdf>

(дата обращения: 08.05.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

40. Голик, В. И. Управление технологическими комплексами и экономическая эффективность разработки рудных месторождений / В.И.Голик, З.М.Хадонов, О.З.Габараев. – Владикавказ: Терек, 2001. – С. 391.

41. Горин, Е. А. Внутренний потенциал технологической модернизации промышленных предприятий / Е.А.Горин // Инновации. – 2021. – № 2(268). – С. 47-55. – DOI 10.26310/2071-3010.2021.268.2.007. – EDN CZDQGJ.

42. Горнохимическая промышленность – Большая энциклопедия нефти и газа, статья, страница 1 (ngpedia.ru) [Электронный ресурс]. – URL: ngpedia.ru (дата обращения: 08.05.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

43. Гунина, И. А. Экономический потенциал промышленного предприятия / И.А.Гунина. – Воронеж: Издательство "Научная книга", 2005. – 159 с. – ISBN 5-98222-059-0. – EDN RSANUV.

44. Давыдова, Н. С. Проактивный менеджмент в органах государственной власти / Н.С.Давыдова // Вестник Удмуртского университета. – 2015. – № 5. – С. 38–43.

45. Дик, Ю. А. Практика технического перевооружения процессов горного производства / Ю.А.Дик // Комбинированная геотехнология: переход к новому технологическому укладу: Материалы докладов Международной конференции. Сб. тез. / под ред. В.Н. Калмыкова, М.В. Рыльниковой. – Магнитогорск: МГТУ, 2019. – С. 29–30.

46. Дикунов, И. Э. Тенденции развития горнодобывающей промышленности в России / И.Э.Дикунов // Бизнес-образование в экономике знаний. – 2021. – № 2(19). – С. 42–44. – EDN YYZWYN.

47. Дмитриева, Д. М. Вклад добывающих компаний в устойчивое развитие минерально-сырьевой базы Арктического региона: новый подход к оценке и взаимодействию ключевых акторов / Д.М.Дмитриева, А.Ф.Чанышева // Север и рынок: формирование экономического порядка. – 2024. – Т. 27, № 2(84). – С. 71-87. – DOI 10.37614/2220-802X.2.2024.84.006. – EDN QFUJKR.

48. Добывающая отрасль в 2022 году обеспечила 40% налогов в бюджет РФ — Новости [Электронный ресурс]. — URL: [https://nedradv.ru/nedradv/ru/page\\_news?obj=22abdff964dd122169871c5a7afedb93](https://nedradv.ru/nedradv/ru/page_news?obj=22abdff964dd122169871c5a7afedb93)

(дата обращения: 08.05.2023).

49. Долонин, К. А. Анализ инновационной деятельности высокотехнологичных промышленных комплексов / К.А.Долонин // Экономика: вчера, сегодня, завтра. — 2019. — Т. 9, № 5-1. — С. 483-491.

50. Дорошенко, Ю. А. Технологическая модернизация предприятия как фактор повышения его конкурентоспособности / Ю.А.Дорошенко, А.А.Климашевская // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. — 2016. — № 4. — С. 186-190. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologicheskaya-modernizatsiya-predpriyatiya-kak-faktor-povysheniya-ego-konkurentosposobnosti> (дата обращения: 08.02.2024).

51. Ермакова, Ж. А. Технологическая модернизация промышленности России: стратегия и организационно-экономические факторы (региональный аспект): научное издание / Ж.А.Ермакова; ответственный редактор А.И.Татаркин; Российская академия наук, Уральское отделение, Институт экономики. — Екатеринбург, 2007. — 363 с.

52. Ершов, А. Ю. Управление техническим перевооружением как необходимое условие развития промышленных предприятий региона / А.Ю.Ершов // Вестник Алтайской академии экономики и права. — 2019. — № 12 (часть 3). — С. 169–175.

53. Жаров, В. С. Формирование алгоритма управления инновационно-технологическим развитием промышленности / В.С.Жаров // Друкеровский вестник. — 2023. — № 1(51). — С. 36-45. — DOI 10.17213/2312-6469-2023-1-36-45.

54. Жаров, В. С. Формирование стратегии технологической модернизации производственных предприятий / В.С.Жаров // Друкеровский вестник. — 2021. — № 1(39). — С. 129-137. — DOI 10.17213/2312-6469-2021-1-129-137.

55. Журавлева, О. В. Бенчмаркинг как способ повышения эффективности операционной деятельности предприятия / О.В.Журавлева, Д.А.Соколова //

Инновационная экономика и право. – 2022. – № 2(21). – С. 14-21. – DOI 10.53015/2782-263X\_2022\_2\_14.

56. Забабурина, Н. В. Стратегическое планирование как фактор повышения конкурентоспособности предприятий в условиях повышенной нестабильности экономики / Н.В.Забабурина // Международный научный журнал «Инновационная наука». – 2016. – № 5. – С. 72–75.

57. Закондырин, А. Е. Роль экспертного сообщества при реализации программ и проектов экологизации в промышленности / А.Е.Закондырин // Russian Economic Bulletin. – 2023. – Т. 6, № 1. – С. 19-25.

58. Закондырин, А. Е. Совершенствование подходов к оценке эффективности наилучших доступных технологий / А.Е.Закондырин // Друкеровский вестник. – 2023. – № 1(51). – С. 233-245. – DOI 10.17213/2312-6469-2023-1-233-245. – EDN XRWIJO.

59. Иванова, М. В. Экономика и менеджмент горного производства: учебное пособие / М.В.Иванова, О.М.Островская. – М.: Издательство "Знание-М", 2021. – 104 с. – ISBN 978-5-907345-91-1.

60. Ивантер, В. В. От модернизации экономической политики к качественному росту экономики / В.В.Ивантер, Б.Н.Порфирьев, А.А.Широв // Российский экономический журнал. – 2016. – № 1. – С. 3-15. – EDN VSZULJ.

61. Ивантер, В. В. Состояние и перспективы инновационного развития экономики России / В.В.Ивантер, Н.И.Комков // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – 2018. – Т. 8. – № 4. – С. 5.

62. Ильинова, А. А. Конкурентная стратегия горнохимического холдинга на основе инвестиционной программы модернизации добывающего производства: автореф. дисс. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Ильинова Алина Александровна; Национальный минерально-сырьевой ун-т "Горный". Санкт-Петербург, 2013. – 20 с.

63. Индустрия 4.0: на пути к "цифровым" производствам [Электронный ресурс]. – URL: <https://events.kommersant.ru/events/industrija-na-puti-k-cifrovym-proizvodstvam/> (дата обращения: 08.05.2023).

64. Иноземцев, В. Л. Модернизация России: условия, предпосылки, шансы / В.Л.Иноземцев // Центр исследований постиндустриального общества: сборник статей и материалов. – 2009. – № 1. – С. 240.

65. Интегрированный отчет ПАО «ФосАгро»–2018: Чистые минералы для здоровой жизни [Электронный ресурс]. – URL: [91ba691c263028a369da4f7fc1623ef3.pdf](https://phosagro.ru/91ba691c263028a369da4f7fc1623ef3.pdf) (phosagro.ru) (дата обращения: 08.05.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

66. Интегрированный отчет ПАО «ФосАгро»–2019: Природа плодородия [Электронный ресурс]. – URL: <https://rspp.ru/download/f74f9dcee9cb6f1b741923927f7321d0/> (дата обращения: 08.05.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

67. Интегрированный отчет ПАО «ФосАгро»–2020: PRO рост [Электронный ресурс]. – URL: [ar\\_ru\\_annual-report\\_pages\\_phosagro\\_2020.pdf](https://phosagro.ru/ar_ru_annual-report_pages_phosagro_2020.pdf) (дата обращения: 08.05.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

68. Интегрированный отчет ПАО «ФосАгро»–2021: Наука устойчивого плодородия [Электронный ресурс]. – URL: [PhosAgro Integrated Report 2021 \(ru\)](https://phosagro.ru/PhosAgro_Integrated_Report_2021_(ru)) (дата обращения: 08.05.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

69. Интегрированный отчет–2022: Делая больше для устойчивого плодородия [Электронный ресурс]. – URL: [hnrej9ny013kx3wyuzzf1ymowhef1dew.pdf](https://phosagro.ru/hnrej9ny013kx3wyuzzf1ymowhef1dew.pdf) (phosagro.ru) (дата обращения: 08.05.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

70. Интегрированный отчет ПАО «ФосАгро»–2023: PRO образ будущего [Электронный ресурс]. – URL: <https://cdn.phosagro.ru/upload/iblock/e91/5il5hjpnbixmv271j7pa7kwv2ct0nixu.pdf> (дата обращения: 18.05.2024). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

71. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/564068887> (дата обращения: 08.05.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

72. Исева, Л. И. Комплексный анализ хозяйственной деятельности: учебное пособие / Л.И.Исева, Н.В.Пашкевич; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Санкт-Петербургский государственный горный ун-т. – СПб.: СПбГГУ, 2011. – 68 с. – ISBN 978-5-94211-510-4.

73. Калинин, А. Р. Цифровое стратегирование горных предприятий / А.Р.Калинин // Имущественные отношения в Российской Федерации. – 2021. – № 3(234). – С. 7–11.

74. Кантор, В. Е. Проблемы управления эффективностью инвестиций в добывающей промышленности / В.Е.Кантор, А.В.Кантор // Форсайт «Россия»: будущее технологий, экономики и человека: сборник докладов Санкт-Петербургского международного экономического конгресса (СПЭК-2019), Санкт-Петербург, 01–30 апреля 2019 года / Институт нового индустриального развития имени С.Ю. Витте. Том 2. – СПб.: Ассоциация "Некоммерческое партнерство по содействию в проведении научных исследований "Институт нового индустриального развития им. С.Ю. Витте", 2019. – С. 347-359.

75. Карлик, А. Е. Использование системы сбалансированных показателей в стратегическом управлении предприятием для обеспечения конкурентных преимуществ в нефтегазовой отрасли / А.Е.Карлик, Р.Е.Шепелев // Стратегическое планирование и развитие предприятий: материалы XXV Всероссийского симпозиума, Москва, 09–10 апреля 2024 года. – М.: Центральный экономико-математический институт РАН, 2024. – С. 90-93. – DOI 10.34706/978-5-8211-0822-7-s1-18.

76. Киселев, А. Г. Кадровый потенциал модернизации / А. Г.Киселев // Социологические исследования. – 2011. – № 4(324). – С. 66-69.

77. Клейнер, Г. Б. Модернизация и предприятие / Г.Б.Клейнер // Научные труды Вольного экономического общества России. – 2010. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modernizatsiya-i-predpriyatie> (дата обращения: 01.11.2022).

78. Климашевская, А. А. Методический инструментарий оценки результативности технологической модернизации промышленных предприятий / А.А.Климашевская // Вопросы инновационной экономики. – 2018. – Т. 8, № 3. – С. 487-498. – DOI 10.18334/vines.8.3.39326.

79. Колганов, А. И. Опыт четырех модернизаций в экономике России и проблема догоняющей модернизации в постиндустриальную эпоху / А.И.Колганов // Философия хозяйства. – 2002. – № 1.

80. Колесников, А. М. Методы экспертной оценки инновационного развития высокотехнологичных предприятий / А.М.Колесников, К.В.Балашова // Наука и бизнес: пути развития. – 2021. – № 2(116). – С. 124-126.

81. Константюк, Д. А. Инвестиционный потенциал промышленного предприятия: теоретический базис, традиционный инструментарий / Д.А.Константюк, В.В.Климук // Наука XXI века: актуальные направления развития. – 2016. – № 2-2. – С. 27-34. – EDN XIEFZJ.

82. Лавринюк, Ю. Н. Проблемы и перспективы развития экспорта минеральных удобрений в Российской Федерации / Ю.Н.Лавринюк, М.М.Хайкин // Цифровая трансформация экономических систем: проблемы и перспективы (ЭКОПРОМ-2022): сборник трудов VI Всероссийской научно-практической конференции с зарубежным участием, Санкт-Петербург, 11–12 ноября 2022 года. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. – С. 39-42. – DOI 10.18720/IEP/2021.4/7.

83. Лапинскас, А. А. Управление рисками в обогащении полезных ископаемых / А.А.Лапинскас, С.А.Вертиев, В.Д.Власов // Управление рисками: проблемы и решения (РИСК'Э-2022): материалы VIII научно-практической конференции с зарубежным участием, Санкт-Петербург, 10–11 ноября 2022 года. – СПб.: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2022. – С. 140-144. – DOI 10.18720/SPBPU/2/id22-328.

84. Литвиненко, В. С. Инновационное развитие минерально-сырьевого сектора / В.С.Литвиненко, И.Б.Сергеев // Проблемы прогнозирования. – 2019. – № 6(177). – С. 60-72.

85. Лобанов, Н. Я. К реализации концепции устойчивого развития в горнодобывающей отрасли / Н.Я.Лобанов, Е.А.Куклина // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2004. – № 1. – С. 139-146.

86. Манираки, А. А. Проблемы выбора методов процесса модернизации промышленных предприятий / А.А.Манираки, Д.Ю.Сериков, Р.Ф.Гаффанов, У.С.Серикова // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2019. – № 1. – С. 28–33. – [https://doi.org/10.33285/1999-6934-2019-1\(109\)-28-33](https://doi.org/10.33285/1999-6934-2019-1(109)-28-33).

87. Марин, Е. А. Экономическая оценка проектов разработки месторождений углеводородного сырья в условиях северных районов добычи с применением бинарного и реверсированного дисконтирования / Е.А.Марин, Т.В.Пономаренко, Н.В.Василенко, С.Г.Галевский // Север и рынок: формирование экономического порядка. – 2022. – Т. 25, № 3(77). – С. 144-157. – DOI 10.37614/2220-802X.3.2022.77.010. – EDN QKFXJP.

88. Махонин, Д. А. Техническое перевооружение объектов нефтепродуктообеспечения: основные цели, задачи / Д.А.Махонин // Промышленные и строительные технологии. – 2016. – № 9(11). – С. 7.

89. Мацко, Н. А. Опыт и перспективы использования цифровых технологий в добывающих отраслях / Н.А.Мацко // Имущественные отношения в Российской Федерации. – 2020. – № 6(225). – С. 7–13. – DOI 10.24411/2072-4098-2020-10601. – EDN TWGUNV.

90. Мелешко, Ю. В. Цифровизация предприятия горной промышленности как фактор обеспечения его экономической безопасности / Ю.В.Мелешко // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2020. – № 2(52). – С. 59–63.

91. Мочалова, Л. А. Идеи циркулярной экономики в реализации промышленных экосистем в России / Л.А.Мочалова, О.С.Еремеева, В.Н.Подкорытов // Journal of New Economy. – 2024. – Т. 25, № 1. – С. 32-37. – DOI 10.29141/2658-5081-2024-25-1-5.

92. Мочалова, Л. А. Теория, методология и методика перехода к циркулярной экономике в сфере недропользования: научная монография /

Л.А.Мочалова, О.Г.Соколова. – Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2021. – 147 с. – ISBN 978-5-8019-0511-2.

93. Мощность ЗИФ на Валунистом выросла на 20 % [Электронный ресурс]. – URL: <https://dprom.online/metalls/moshhnost-zif-na-valunistom-vyros-la-na-20/> (дата обращения: 01.11.2022).

94. Мурадова, С. Ш. Человеческий потенциал как фактор модернизации промышленного комплекса региона / С.Ш.Мурадова, Л.В.Федосеева // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2020. – № 11-3. – С. 519-524. – DOI 10.17513/vaael.1457

95. Мясков, А. В. Формирование эколого-экономического алгоритма предотвращения экологических кризисов, зарождающихся в результате изменения климата Земли / А.В.Мясков, С.М.Попов // Экономика и управление инновациями. – 2018. – № 1. – С. 16-25. – DOI 10.26730/2587-5574-2018-1-16-24. – EDN TIVZFL.

96. Мясков, А. В. Экономические аспекты адаптации параметров производственной деятельности карьеров к изменениям на рынках сырьевых ресурсов / А.В.Мясков, А.С.Ильин, С.М.Попов // Горный журнал. – 2017. – № 2. – С. 51-56. – DOI 10.17580/gzh.2017.02.09.

97. Назарова, З. М. Использование искусственного интеллекта для разработки стратегических планов развития горных предприятий при отработке труднодоступных месторождений полезных ископаемых / З.М.Назарова, Ю.В.Забайкин, Ю.А.Леонидова // Известия Уральского государственного горного университета. – 2022. – № 1(65). – С. 138-146. – DOI 10.21440/2307-2091-2022-1-138-146.

98. Налоговый кодекс Российской Федерации (часть вторая) от 05.08.2000 N 117-ФЗ (ред. от 28.12.2024) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.04.2025).

99. Наши активы - добыча, производство, продажи (eurochem.ru) [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.eurochem.ru/global-operations/> (дата обращения 06.02.2024).

100. Невская, М. А. Современные тенденции использования

имитационного моделирования при управлении проектными рисками добывающих предприятий / М.А.Невская, А.Е.Шабалова // Социальные и экономические системы. – 2023. – № 3-1(43). – С. 129-148.

101. Никулина, Е. Ю. Модернизация и факторы, ее определяющие / Е.Ю.Никулина // Вестник Самарского муниципального института управления. – 2020. – № 1. – С. 48–57.

102. Нифонтов, А. И. Расчёт технико-экономических показателей производственно-хозяйственной и финансовой деятельности горного предприятия: для студентов, обучающихся по направлению подготовки 38.03.01 "Экономика", профилю подготовки "Экономика предприятий и организаций в горной промышленности" / А.И.Нифонтов, Ю.П.Кушнеров, О.П.Черникова. – Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет, 2016. – 26 с.

103. Обеднение почв глобального масштаба. Потребление удобрений может сократиться во всем мире — Журнал «Агроинвестор» – Агроинвестор (agroinvestor.ru) [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.agroinvestor.ru/markets/article/39865-obednenie-pochv-globalnogo-masshtaba-potreblenie-udobreniy-mozhet-sokratitsya-vo-vsem-mire/> (дата обращения 06.02.2024).

104. Обзор результатов «Фосагро» за 2021 год (tinkoff.ru) [Электронный ресурс]. – URL: <https://journal.tinkoff.ru/news/review-phor-2021/> (дата обращения: 08.05.2023).

105. Обзор рынка минеральных удобрений за 2019 год Национального исследовательского университета Высшей школы экономики [Электронный ресурс]. – URL: <https://dcenter.hse.ru/data/2019/12/26/1524652323/Рынок%20минеральных%20удобрений-2019.pdf> (дата обращения: 08.05.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

106. Обзор рынка – Стратегический отчет – Интегрированный отчет ПАО «Фосагро» за 2023 г. [Электронный ресурс]. – URL:

<https://ar2023.phosagro.ru/strategic-report/market-overview> (дата обращения: 08.05.2024).

107. Отрасль минеральных удобрений: 15 лет устойчивого роста / А.Гурьев; Российская ассоциация производителей удобрений. – 22.03.2024 [Электронный ресурс]. – URL: [https://rapu.ru/sector\\_2008\\_2023/](https://rapu.ru/sector_2008_2023/) (дата обращения 06.06.2024).

108. Официальный сайт Московской биржи [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.moex.com/ru/index/totalreturn/MCFTR/archive> (дата обращения: 01.11.2024).

109. Официальный сайт ПАО «Акрон» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.acron.ru/products-and-services/> (дата обращения: 01.11.2024).

110. Официальный сайт Центрального банка РФ [Электронный ресурс] [https://www.cbr.ru/hd\\_base/zcyc\\_params/?UniDbQuery.Posted=True&UniDbQuery.From=01.01.2019&UniDbQuery.To=31.12.2019](https://www.cbr.ru/hd_base/zcyc_params/?UniDbQuery.Posted=True&UniDbQuery.From=01.01.2019&UniDbQuery.To=31.12.2019) (дата обращения: 01.11.2024).

111. Пашкевич, Н. В. Особенности учета геологического риска при инвестировании в геологоразведочные работы на дефицитные хромовые руды / Н.В.Пашкевич, В.С.Хлопонина // Записки Горного института. – 2013. – Т. 201. – С. 84-94. – EDN RENUUZ.

112. Пермяков, Р. С. Горно-химическая промышленность России / Р.С.Пермяков // Горный журнал. – 2015. – № 7. – С. 98–102. DOI: [10.17580/gzh.2015.07.13](https://doi.org/10.17580/gzh.2015.07.13).

113. Петров, И. В. Научно-методический подход к экологической оценке горнодобывающих и энергетических проектов Арктики / И.В.Петров, И.А.Меркулина, Т.В.Харитоновна // Уголь. – 2023. – № 5(1167). – С. 77-83. – DOI 10.18796/0041-5790-2023-5-77-83.

114. Пискунов, А. И. Техническое перевооружение как основа инновационного развития промышленных предприятий России / А.И.Пискунов // Russian Journal of Innovation Economics. – 2019. – № 1 (9). – С. 137–150.

115. Повышение безопасности и производительности золотого рудника в Папуа-Новой Гвинее за счет инновационных решений по модернизации

конвейера [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mogroup.com/ru/insights/case-studies/mining-and-metals/innovative-conveyor-upgrades-improve-safety-and-throughput-at-png-gold-mine/> (дата обращения: 01.11.2022).

116. Поляков, А. Г. Комплексная автоматизированная система управления производством горнодобывающих предприятий / А.Г.Поляков // Горное оборудование и электромеханика. – 2007. – № 8. – С. 23–28.

117. Пономаренко, Т. В. Методический подход к оценке ценности проекта освоения месторождения и создания цепочки добавленной стоимости / Т.В.Пономаренко, Ф.Д.Ларичкин, К.В.Щетинина // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2017.– Т. 10. – № 4. – С. 128-143. DOI: 10.15838/esc/2017.4.52.7.

118. Построение интеллектуальной геоинформационной системы горного предприятия с использованием методов прогнозной аналитики / И.О.Темкин, Д.А.Клебанов, С.А.Дерябин, И.С.Конов // ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – №3. – С. 114–125. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/postroenie-intellektualnoy-geoinformatsionnoy-sistemy-gornogo-predpriyatiya-s-ispolzovaniem-metodov-prognoznoy-analitiki> (дата обращения: 02.05.2023)

119. Применение новых технологий в алмазодобывающей отрасли [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.rough-polished.com/ru/analytics/112610.html> (дата обращения: 01.11.2022).

120. Производство удобрений в России - ФосАгро - Продукция (phosagro.ru) [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.phosagro.ru/production/> (дата обращения: 01.11.2022).

121. Развитие методологии сценарного анализа инвестиционных проектов предприятий минерально-сырьевого комплекса / К.В.Матрохина, В.Я.Трофимец, Е.Б.Мазаков [и др.] // Записки Горного института. – 2023. – Т. 259. – С. 112-124. – DOI 10.31897/PMI.2023.3.

122. Результаты промышленного внедрения автоматизированной системы диспетчеризации на Восточном руднике ОАО «Апатит» / К.В.Никитин, А.Ю.Звонарь, Д.Е.Козлов, С.В.Маркитан // Горная промышленность. – 2012. – № 4(104). – С. 20–24.

123. Реутова, И. В. Производственный потенциал промышленного предприятия как экономическая категория / И.В.Реутова // Успехи современного естествознания. – 2004. – № 8. – С. 138-139. – EDN JJYEKX.

124. Рынок минеральных удобрений в 2022 году: государственное регулирование и санкции. 14 июля 2022 [Электронный ресурс]. – URL: <https://delprof.ru/press-center/open-analytics/rynok-mineralnykh-udobreniy-v-2022-godu-gosudarstvennoe-regulirovanie-i-sanktsii/> (дата обращения: 08.05.2024). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

125. Рынок минеральных удобрений 2023 и перспективы на 2024 – аналитические материалы «Деловой профиль». 18 марта 2024 [Электронный ресурс]. – URL: <https://delprof.ru/press-center/open-analytics/rynok-mineralnykh-udobreniy-2023-i-perspektivy-na-2024/?ysclid=m6wfvvzt4z825976854> (дата обращения: 08.05.2024). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

126. Савон, Д. Ю. Цифровая трансформация производственных процессов и бизнес-моделей горнодобывающей промышленности в условиях рыночной нестабильности / Д.Ю.Савон, Е.В.Шкарупета, А.Е.Сафронов, А.Ю.Анисимов // Уголь. – 2021. – №. – С. 32–37. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-proizvodstvennykh-protsessov-i-biznes-modeley-gornodobyvayuschey-promyshlennosti-v-usloviyah-rynochnoy> (дата обращения 06.02.2024).

127. Скобелев, Д. О. Наилучшие доступные технологии: опыт повышения ресурсной и экологической эффективности производства / Д.О.Скобелев. – М.: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования "Академия стандартизации, метрологии и сертификации (учебная)", 2020. – 257 с. – ISBN 978-5-93088-211-7. – EDN VWLBRH.

128. Скобелев, Д. О. Формирование инфраструктуры ресурсно-технологической трансформации промышленности / Д.О.Скобелев // Экономика устойчивого развития. – 2020. – № 1(41). – С. 162-167.

129. Скобелев, Д. О. Эколого-технологическая модернизация промышленности и переход к наилучшим доступным технологиям / Д.О.Скобелев // Современные тренды экологически устойчивого развития: Сборник тезисов, Москва, 06–07 декабря 2018 года / ФГБОУ ВО "Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова" (экономический факультет). – М.: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова" (экономический факультет), 2018. – С. 153-154. – EDN YUZZLQT.

130. Смирнов, А. А. Особенности технологической модернизации на горных предприятиях с подземным способом добычи руды / А.А.Смирнов, И.В.Никитин // Проблемы недропользования. – 2020. – № 4. – С. 53-61. – <https://doi.org/10.25635/2313-1586.2020.04.053>.

131. Смолин, А. В. О проектировании системы обеспечения безопасности труда на горнодобывающих предприятиях / А.В.Смолин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2022. – № 5-2. – С. 233-242. – DOI 10.25018/0236\_1493\_2022\_52\_0\_233.

132. Современные проблемы управления горно-химическим комплексом России / С.А.Березиков, В.В.Дядик, Ф.Д.Ларичкин [и др.]. – Апатиты: Кольский научный центр Российской академии наук, 2023. – 127 с. – ISBN 978-5-91137-479-2. – DOI 10.37614/978.5.91137.479.2.

133. Сухарев, О. С. Цифровизация и направления технологического обновления промышленности России / О.С.Сухарев // Journal of New Economy. – 2021. – № 1 (22). – С. 26–52. – DOI: 10.29141/26585081-2021-22-1-2

134. Толстых, Т. О. Стратегические приоритеты технологического развития: подходы и инструменты / Т.О.Толстых, Н.В.Шмелева //

Проектирование будущего. Проблемы цифровой реальности. – 2024. – № 1(7). – С. 204-213. – DOI 10.20948/future-2024-4-3. – EDN VFKEYZQ.

135. Увеличение эксплуатационной готовности дробилки на 23 % на предприятии Codelco Andina в Чили [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mogroup.com/ru/insights/case-studies/mining-and-metals/codelco-andina-crusher-availability-up/> (дата обращения: 01.11.2022).

136. Устойчивое ESG развитие интеллектуальных экосистем: Монография / Под редакцией А.В. Бабкина. – СПб.: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2023. – 399 с. – ISBN 978-5-7422-8171-9. – DOI 10.18720/IEP/2023.3. –

137. Устойчивое развитие. Официальный сайт ПАО «ФосАгро» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.phosagro.ru/sustainability/> (дата обращения 08.11.2021).

138. Фадеев, А. М. Стратегические приоритеты обеспечения технологической независимости при реализации энергетических проектов в Арктике / А.М.Фадеев // Стратегирование: теория и практика. – 2022. – Т. 2, № 1(3). – С. 88-105. – DOI 10.21603/2782-2435-2022-2-1-88-105.

139. Федосеев, С. В. Оценка совокупного стратегического потенциала базовых отраслей промышленности Арктической зоны хозяйствования России / С.В.Федосеев, А.Е.Череповицын // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета. – 2014. – Т. 17, № 3. – С. 598-605. – EDN SNGBBP.

140. Федотова, Г. В. Проблемы цифровизации промышленного сектора / Г.В.Федотова // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2019. – Т. 15. – №2 (371).

141. ФосАгро в 2024 году увеличила поставки российским аграриям до 3,34 млн тонн | 4 февраля 2025 ФосАгро [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.phosagro.ru/press/company/fosagro-v-2024-godu-uvelichila-postavki-rossiyskim-agrariyam-do-3-34-mln-tonn/> (дата обращения 06.02.2024).

142. ФосАгро занимает одну из лидирующих позиций в мире по объемам выпуска фосфорсодержащих минеральных удобрений (phosagro.ru) [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.phosagro.ru/> (дата обращения 06.02.2024).

143. «ФосАгро» прошла сертификацию по стандарту «Листок жизни» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.fertilizerdaily.ru/20220126-fosagro-proshla-sertifikaciyu-po-standartu-listok-zhizni/> (дата обращения 06.02.2024).

144. ФосАгро – российская компания, один из ведущих мировых производителей фосфорсодержащих удобрений [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.phosagro.ru/about/-holding> (дата обращения 06.02.2024).

145. Хайкин, М. М. Конкуренентоспособность ресурсоориентированных экономических систем / М.М.Хайкин, А.А.Лапинскас. – СПб.: Центр научно-производственных технологий "Астерион", 2021. – 156 с. – ISBN 978-5-00188-092-9. – DOI 10.53115/9785001880929.

146. Харченко, А. А. Цифровая экономика как экономика будущего / А.А.Харченко, В.Ю.Конюхов // Молодежный вестник ИрГТУ. – 2017. – № 3. – С. 17.

147. Хетагурова, Т. Г. Оптимизация производственной программы и управление стратегией развития горного предприятия / Т.Г.Хетагурова // Труды СКГМИ (ГТУ). – 2008. – № 15. – С. 328-331. – EDN VEASYH.

148. Цветков, В. А. Об отправной точке неоиндустриальной модернизации / В.А.Цветков // Экономист. – 2010. – № 11. – С. 16–26.

149. Чанышева, А. Ф. Классификация цифровых проектов черной металлургии РФ / А.Ф.Чанышева, О.В.Новикова // «Экономика будущего: тренды, вызовы и возможности»: Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, Казань, 23-24 мая 2023 г. / Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ. – Казань, 2023. – С. 703-708.

150. Чеберко, Е. Мотивационный потенциал модернизации / Е.Чеберко, Ю.Крылова // Проблемы теории и практики управления. – 2014. – № 7. – С. 8-23.

151. Череповицын, А. Е. Исследование инновационного потенциала нефтегазовой компании на разных стадиях эксплуатации месторождений / А.Е.Череповицын, А.Краславски // Записки Горного института. – 2016. – Т. 222. – С. 892-902. – DOI 10.18454/PMI.2016.6.892.

152. Череповицын, А. Е. Формирование реестра и оценка рисков типового горно-обогатительного инвестиционного проекта в золоторудной отрасли / А.Е.Череповицын, Р.С.Марченко, Ф.Д.Ларичкин [и др.] // Север и рынок: формирование экономического порядка. – 2018. – № 3(59). – С. 43-52. – DOI 10.25702/KSC.2220-802X.3.2018.59.43-52

153. Черешнев, В. А. Институциональная среда модернизации и инновационных преобразований / В.А.Черешнев // Новая экономика. – Инновационный портрет России. – 2010. – С. 42–49.

154. Шкарупета, Е. В. Концептуальные положения цифровой трансформации промышленных экосистем / Е.В.Шкарупета, Л.А.Гамидуллаева, А.В.Тарасов // Цифровизация экономических систем: теория и практика. – СПб.: Политех-Пресс, 2020. – С. 136-154. – DOI 10.18720/IEP/2020.3/7.

155. Шулятьев, Ю. В. Повышение эффективности факторов производства как потенциал экономического роста промышленного предприятия / Ю.В.Шулятьев // Вестник Российской академии естественных наук (Санкт-Петербург). – 2013. – № 4. – С. 110-113.

156. Экономическая оценка экологических последствий при разработке месторождений полезных ископаемых: Монография / А.Н.Иванов, М.Н.Игнатьева, А.В.Душин [и др.]. – М.: Ай Пи Ар Медиа, 2021. – 158 с. – ISBN 978-5-4497-1410-7. – EDN CNVHZE.

157. Юрак, В. В. Восстановление нарушенных земель в горных экосистемах / В.В.Юрак, А.И.Усманов // Устойчивое развитие горных территорий. – 2023. – Т. 15, № 4(58). – С. 901-911. – DOI 10.21177/1998-4502-2023-15-4-901-911.

158. Ясин, Е. Г. Модернизация российской экономики: что в повестке дня / Е.Г.Ясин // Общество и экономика. – 2001. – № 3-4. – С. 5–29.

159. Яшина, М. Н. Модернизация промышленных предприятий в условиях цифровой экономики / М.Н.Яшина, С.В.Бочарова, В.В.Пименов // Промышленность: экономика, управление, технологии. – 2018. – №4 (73). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modernizatsiya-promyshlennyh-predpriyatiy-v-usloviyah-tsifrovoy-ekonomiki> (дата обращения: 01.11.2022).
160. Aiginger, K. Industrial Policy for a sustainable growth path / K.Aiginger. – European Union's Seventh Framework Programme for research, technological development and demonstration. Policy Paper. OECD, 2014. – No. 13. – 33 p.
161. Ainbinder, I. I. Modernization of underground mining of ores at deep depths / I.I.Ainbinder // Gornyi zhurnal. – 2016. – No. 12. – P. 51–55.
162. Ali, D. Adoption of autonomous mining system in Pakistan – Policy, skillset, awareness and preparedness of stakeholders / Ali D., Ur Rehman A. // Resources Policy. – 2020. – No. 68. – P. 101796.
163. Almgren, R. Economic development and environmental reform / R.Almgren. – The case of Sweden. Lund University, 2003. – 36 p.
164. Almgren, R. Evolution of Technology and Technology Governance / R.Almgren, D.O.Skobelev // Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity. – 2020. – No. 2 (6). – P. 22.
165. Aznar-Sánchez, J. A. [and etc.]. Innovation and technology for sustainable mining activity: A worldwide research assessment // Journal of Cleaner Production. – 2019. – No. 221. – P. 38–54.
166. Aznar-Sánchez, J. [and etc.]. Mining Waste and Its Sustainable Management: Advances in Worldwide Research // Minerals. – 2018. – No. 7 (8). – P. 284.
167. Aznar-Sánchez, J. [and etc.]. The Sustainable Management of Metals: An Analysis of Global Research // Metals. – 2018. – No. 10(8). – P. 805.
168. Bai, C. An implementation path for green information technology systems in the Ghanaian mining industry / C.Bai, S.Kusi-Sarpong, J.Sarkis // Journal of Cleaner Production. – 2017. – No. 164. – P. 1105–1123.

169. Barnewold, L. Identification of digital technologies and digitalisation trends in the mining industry / L.Barnewold, B.G.Lottermoser // *International Journal of Mining Science and Technology*. – 2020. – Volume 30, Issue 6. – P. 747-757. – <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2020.07.003>.
170. Calas, G. Mineral Resources and Sustainable Development / G.Calas // *Elements*. – 2017. – No. 5 (13). – P. 301–306.
171. Careddu, N. [and etc.]. Raw materials associated with extractive industry: An overview // *Resources Policy*. – 2018. – No. 59. – P. 1–6.
172. Choi, Y. Review of photovoltaic and wind power systems utilized in the mining industry / Y.Choi, J.Song // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2017. – No. 75. – P. 1386–1391.
173. Command | Cat | Caterpillar [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.cat.com/en\\_US/by-industry/mining/surface-mining/surface-technology/command.html](https://www.cat.com/en_US/by-industry/mining/surface-mining/surface-technology/command.html) (дата обращения: 01.11.2022).
174. Corder, G. D. Insights from case studies into sustainable design approaches in the minerals industry / G.D.Corder // *Minerals Engineering*. – 2015. – No.76. – P. 47–57.
175. Dayo-Olupona, O. Technology adoption in mining: A multi-criteria method to select emerging technology in surface mines / O.Dayo-Olupona, B.Genc, M.Onifade. // *Resources Policy*. – 2020. – No. 69. – P. 101879.
176. Digital technologies used by companies in Russia [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.statista.com/statistics/1054923/russia-digital-technologies-used-by-companies/> (дата обращения: 08.05.2023).
177. Dodgson, M. Policies for Science, Technology and Innovation in Asian Newly Industrializing Economies / M.Dodgson // *Technology, Learning, and Innovation: Experiences of Newly Industrializing Economies*. – 2000. – P. 229–268.
178. Economic evaluation of environmental impact of mining: Ecosystem approach / A.V.Dushin, M.N.Ignatyeva, V.V.Yurak, A.N.Ivanov // *Eurasian Mining*. – 2020. – No. 1. – P. 30-36. – DOI 10.17580/em.2020.01.06. – EDN AQXCFQ.

179. Ediriweera, A. Barriers and enablers of technology adoption in the mining industry / A.Ediriweera, A.Wiewiora // *Resources Policy*. – 2021. – No. 73. – P. 102188.
180. Energy efficiency and industry: the national trend [Электронный ресурс]. — 2017. — URL: <https://www.aceee.org/blog/2017/08/energy-efficiency-and-industry> (дата обращения: 01.11.2022).
181. Fernandez, V. Innovation in the global mining sector and the case of Chile / V.Fernandez // *Resources Policy*. – 2020. – No. 68. – P. 101690.
182. Gao, S. Digital Transformation in Asset-intensive Businesses: Lessons Learned from the Metals and Mining Industry / Shan Gao, Esko Hakanen, Pekka Töytäri, Risto Rajala // *Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences*. – 2019. – No. 10. – P. 4927-4936. – DOI: 10.24251/HICSS.2019.593.
183. Ge, X. Smart Mine Construction based on Knowledge Engineering and Internet of Things / Xiaosan Ge, Shuai Su, Haiyang Yu, Gang Chen, and Xiaoping Lu // *International Journal of Performability Engineering*. – 2018. – No. 14(5). – P. 1060-1068. – doi: 10.23940/ijpe.18.05.p25.10601068.
184. Global Challenges for Innovation in Mining Industries / A.Daly, D.Humphreys, J.Raffo, G.Valacchi, eds. – Cambridge University Press, 2022. – <https://doi.org/10.1017/9781108904209>.
185. Golov, R. Model management of innovative development of industrial enterprises / R.Golov, T.Narezhnaya, N.Voytolovskiy, V.Mylnik, E.Zubeeva // *MATEC Web of Conferences*. – 2018. – No. 193. – P. 05080.
186. Gorman, M. R. A review of sustainable mining and resource management: Transitioning from the life cycle of the mine to the life cycle of the mineral / M.R.Gorman, D.A.Dzombak // *Resources, Conservation and Recycling*. – 2018. – No. 137. – P. 281–291.
187. IndexMundi [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=rock-phosphate&months=240&currency=rub> (дата обращения: 08.05.2023).

188. Innovations in Mining Sector – Mining Technology [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mining-technology.com/innovations-in-mining-sector/> (дата обращения: 01.11.2022).

189. International Bank for Reconstruction and Development Oil, Gas, and Mining. A sourcebook for understanding the extractive industries [Электронный ресурс]. – URL: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/26130/9780821396582.pdf?sequence=2&isAllowed=y> (дата обращения: 01.11.2022).

190. International Fertilizers Association [Электронный ресурс]. – URL: [fertilizer.org](https://www.fertilizer.org) (дата обращения: 08.05.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

191. Ivanova, D. A. Application of complementary assets in mining industry: definition, nature, and features / D.A.Ivanova, T.V.Ponomarenko // St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics. – 2021. – Vol. 14, No. 2. – P. 92-104. – DOI 10.18721/JE.14206. – EDN BIZTBJ.

192. Joachim, V. Active innovation resistance: An empirical study on functional and psychological barriers to innovation adoption in different contexts / V.Joachim, P.Spieth, S.Heidenreich // Industrial Marketing Management. – 2018. – No. 71. – P. 95–107.

193. Johnson, M. Barriers to innovation adoption: a study of e-markets / M.Johnson // Industrial Management & Data Systems. – 2010. – No. 2(110). – P. 157–174.

194. Jun-Ju, Y. The Empirical Research for Taking Technology Innovation Genes and Forming Chromosomes Based on Coal-bed gas Mining / Y.Jun-Ju, F.Li-Jie. // Procedia Engineering. – 2017. – No. 174. – P. 227–231.

195. Kuan, J. The political economy of technology adoption: The case of Saharan salt mining / J.Kuan, S.Rombe-Shulman, E.Shittu // The Extractive Industries and Society. – 2015. – No. 2 (2). – P. 328–338.

196. Kusch-Brandt, S. Industrial symbiosis: powerful mechanisms for sustainable use of environmental Resources [Text] / S.Kusch-Brandt // Brief for GSDR

2015 – [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.researchgate.net/publication/290821143\\_Industrial\\_symbiosis\\_powerful\\_mechanisms\\_for\\_sustainable\\_use\\_of\\_environmental\\_resources](https://www.researchgate.net/publication/290821143_Industrial_symbiosis_powerful_mechanisms_for_sustainable_use_of_environmental_resources) (дата обращения: 01.11.2022).

197. Lodhia, S. Sustainability accounting and reporting in the mining industry: current literature and directions for future research / S.Lodhia, N.Hess // *Journal of Cleaner Production*. – 2014. – No. 84. – P. 43–50.

198. Matinde, E. Mining and metallurgical wastes: a review of recycling and re-use practices [Text] / E.Matinde, G.S.Simate, S.Ndlovu // *Journal of South African Institute for Mining and Metallurgy*. – 2018. – Vol. 118. – Pp. 825-844.

199. Mining industry revenue has remained relatively stable over the past decade [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.statista.com/markets/410/topic/954/mining-metals-minerals/#statistic1> (дата обращения: 08.05.2023).

200. Mining patent data: Measuring innovation in the mining industry with patents / A.Daly, G.Valacchi; J.Raffo. – <https://doi.org/10.34667/tind.29097>. – URL: <https://tind.wipo.int/record/29097?v=pdf> (дата обращения: 01.11.2024).

201. Misyura, A. V. High-tech industrial company: A normative and a positive approach to the definition / A.V.Misyura // *Journal of New Economy*. – 2019. – No. 4(20). – P. 88–107.

202. Mohnen, P. Complementarities in innovation policy / P.Mohnen, L.-H.Röller // *European Economic Review*. – 2005. – No. 6 (49). – P. 1431–1450.

203. New investment in renewable energy worldwide from 2004 to 2022 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.statista.com/statistics/186807/worldwide-investment-in-sustainable-energy-since-2004/> (дата обращения: 08.05.2023).

204. Pereira Cabral, B. Assessing the impacts of innovation barriers: a qualitative analysis of Brazil's natural resources industry / B.Pereira Cabral, Lage de Sousa F., M.Canêdo-Pinheiro // *Resources Policy*. – 2020. – No. 68. – P. 101736.

205. Pietrobelli, C. Innovation in mining value chains: New evidence from Latin America / C.Pietrobelli, A.Marin, J.Olivari // Resources Policy. – 2018. – No. 58. – P. 1–10.

206. Pricewaterhouse Coopers. Обзор горнодобывающей промышленности, 2019 г. Ресурсы для будущего. – 2019. – URL: <https://pwc.to/3F7xkje>. – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

207. Pricewaterhouse Coopers. Обзор мировых тенденций в горнодобывающей промышленности «Mine 2024», 21-е издание: Подготовка к столкновению. 2024 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.pwc.com/kz/en/publications/mine/mine-2024-rus.pdf> (дата обращения: 01.02.2025).

208. Public Summary - Medium-Term Fertilizer Outlook 2024-2028 - Fertilizer / Cross, L., Gruère, A., de Sousa, J., Chtioui, H. IFA Annual Conference, Singapore, 20-22 May 2024 [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.fertilizer.org/wp-content/uploads/2024/08/2024\\_ifa\\_medium\\_term\\_outlook\\_report.pdf](https://www.fertilizer.org/wp-content/uploads/2024/08/2024_ifa_medium_term_outlook_report.pdf) (дата обращения: 01.06.2024).

209. Rademaekers, K. Study on Incentives Driving Improvement of Environmental Performance of Companies / K.Rademaekers, R.Williams, E.Matthew Smith, K.Svatikova, V.Bilsen // Ecorys, Netherlands [Электронный ресурс]. – 2012. – URL: [https://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/Incentives\\_Ecorys.pdf](https://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/Incentives_Ecorys.pdf) (дата обращения: 01.11.2022).

210. Rodrigues, M. Human Capital, Organizational Competences and Knowledge and Innovation Transfer: A Case Study Applied to the Mining Sector / M.Rodrigues, J.Leitão. – 2018. – P. 107–136.

211. Sganzerla, C. Disruptive Innovation in Digital Mining / C.Sganzerla, C.Seixas, A.Conti // Procedia Engineering. – 2016. – No.138. – P. 64–71.

212. The Intelligent Enterprise for the Mining Industry: SAP Industries White Paper [Электронный ресурс]. – 2020. – URL: <https://illumiti.com/wp-content/uploads/2020/07/The-Intelligent-Enterprise-Whitepaper-for-the-Mining-Industry.pdf> (дата обращения: 01.11.2022).

213. Vale использует имитационное моделирование для модернизации оборудования и сокращения расходов [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.rocky-dem.ru/media/uploads/vale.pdf> (дата обращения: 01.11.2022).

214. Voet E. van der. Environmental Implications of Demand Scenarios for Metals, Methodology and Application to Seven Major Metals. [Text] / E. van der Voet, L. van Oers, M. Verboon, K. Kuipers // Journal of Industrial Ecology. – 2019. – Vol. 23 (1). – Pp. 141-155.

215. WIPO, based on The 2023 EU Industrial R&D Investment Scoreboard [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.wipo.int/en/web/global-innovation-index/w/blogs/2024/r-and-d-spenders> (дата обращения: 01.11.2024).

216. Zharov, V. S. Problems of Innovation and Technological Development of Mining Enterprises of the Arctic Zone of the Russian Federation / V.S.Zharov, V.A.Tsukerman, N.V.Zharov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vladivostok, 06–09 октября 2020 года. – Vladivostok, 2021. – P. 042051. – DOI 10.1088/1755-1315/666/4/042051.

## Приложение А

Таблица А.1 – Добыча руды по годам, млн т

Версии бизнес-плана	Добыча руды по годам, млн т																
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Горизонт +10 м БП вер. №1	-	-	0,3	0,4	0,9	1,5	2,5	3,0	3,9	4,4	4,9	6,0	6,5	7,5	8,5	8,5	8,5
Горизонт +10 м БП вер. №2	0,2	0,2	0,2	1,7	4,0	5,4	6,5	7,5	8,2	8,8	7,8	8,2	8,3	6,2	6,7	6,9	7,7

Таблица А.2 – Капитальные вложения проекта, млн руб.

Объекты	Капитальные вложения проекта по годам, млн руб.						
	Всего	2015–2019	2020	2021	2022	2023	2024–2035
БП вер. №1	16 739	8 036	2 838	1 887	1 469	643	-
БП вер. №2	36 067	5 787	4 362	7 972	4 592	3 418	9 936
в т.ч. пусковой комплекс	23 941	5 787	4 362	7 516	3 882	2 391	-

Таблица А.3 – Экономическая оценка проекта методом *DCF* (*WACC*=11 %)

Период	0	1	2	3	4	5	6	7	...	15	16
Годы	2015-2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	...	2034	2035
Капитальные вложения, млн руб.	13 823	7 200	9 859	6 061	4 061	9 936	-	-	...	-	-
Изменение объемов добычи руды, млн т	0,2	0,2	-0,1	1,3	3,1	3,9	4	4,5	...	-1,6	-0,8
Изменение выручки, млн руб.	1 000	1 000	-500	6 500	15 500	19 500	20 000	22 500	...	-8 000	-4 000
Изменение прибыли, млн руб.	1000,00	1000,00	-500,00	6500,00	15500,00	19500,00	20000,00	22500,00	...	-8000,00	-4000,00
Изменение чистой прибыли, млн руб.	800,00	800,00	-400,00	5200,00	12400,00	15600,00	16000,00	18000,00	...	-6400,00	-3200,00
Изменение денежного потока, млн руб.	-13023,00	-6400,00	-10259,00	-861,00	8339,00	5664,00	16000,00	18000,00	...	-6400,00	-3200,00
Изменение дисконтированного денежного потока, млн руб.	-13023,00	-5765,77	-8326,43	-629,56	5493,16	3361,31	8554,25	8669,85	...	-1337,63	-602,54
Изменение чистой приведенной стоимости, млн руб.	-13023,00	-18788,77	-27115,20	-27744,76	-22251,60	-18890,29	-10336,04	-1666,19	...	17266,05	<b>16663,51</b>

Таблица А.4 – Ставка дисконтирования для положительных денежных потоков проекта

Годы	2015-2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Период, <i>t</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<i>DFI</i>	1,00	0,87	0,78	0,71	0,65	0,60	0,55	0,51	0,47	0,44	0,41	0,38	0,35	0,32	0,30	0,28	0,26
Ставка, %	17,17	15,39	13,49	12,25	11,40	10,80	10,37	10,04	9,79	9,60	9,44	9,31	9,20	9,10	9,03	8,96	8,90

Таблица А.5 – Экономическая оценка проекта с применением методов бинарного и реверсированного дисконтирования

Период	0	1	2	3	4	5	6	7	...	15	16
Капитальные вложения, млн руб.	13 823	7 200	9 859	6 061	4 061	9 936	-	-	...	-	-
Ставка дисконтирования оттоков, %	8	8	8	8	8	8	8	8	...	8	8
Дисконтированная величина капитальных вложений, млн руб.	13823,0	6666,7	8452,5	4811,4	2985,0	6762,3	0,0	0,0	...	0,0	0,0
Изменение выручки, млн руб.	1 000	1 000	-500	6 500	15 500	19 500	20 000	22 500	...	-8 000	-4 000
Ставка дисконтирования притоков, %	17,17	15,39	13,49	12,25	11,40	10,80	10,37	10,04	...	8,96	8,9
Дисконтированная величина изменения выручки, млн руб.	1000,0	866,7	-388,2	4595,9	10064,1	11675,0	11064,5	11513,6	...	-2209,4	-1022,9
Изменение чистой прибыли, млн руб.	800,0	693,3	-310,5	3676,7	8051,2	9340,0	8851,6	9210,9	...	-1767,5	-818,3
Изменение ДДП, млн руб.	-13023,0	-5973,3	-8763,0	-1134,7	5066,3	2577,7	8851,6	9210,9	...	-1767,5	-818,3
Изменение ЧПС, млн руб.	-13023,0	-18996,3	-27759,4	-28894,1	-23827,8	-21250,1	-12398,5	-3187,6	...	17602,3	<b>16784,0</b>

Таблица А.6 – Экономическая оценка проекта методом *DCF*, при увеличении капитальных вложений на 10 %  
(*WACC*=11 %)

Период	0	1	2	3	4	5	6	7	...	15	16
Годы	2015-2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	...	2034	2035
Капитальные вложения, млн руб.	<b>15205,3</b>	<b>7920</b>	<b>10844,9</b>	<b>6667,1</b>	<b>4467,1</b>	<b>10929,6</b>	-	-	...	-	-
Изменение объемов добычи руды, млн т	0,2	0,2	-0,1	1,3	3,1	3,9	4	4,5	...	-1,6	-0,8
Изменение выручки, млн руб.	1 000	1 000	-500	6 500	15 500	19 500	20 000	22 500	...	-8 000	-4 000
Изменение прибыли, млн руб.	1000,00	1000,00	-500,00	6500,00	15500,00	19500,00	20000,00	22500,00	...	-8000,00	-4000,00
Изменение чистой прибыли, млн руб.	800,00	800,00	-400,00	5200,00	12400,00	15600,00	16000,00	18000,00	...	-6400,00	-3200,00
Изменение денежного потока, млн руб.	-14405,3	-7120,0	-11244,9	-1467,1	7932,9	4670,4	16000,0	18000,0	...	-6400,0	-3200,0
Изменение дисконтированного денежного потока, млн руб.	-14405,3	-6414,4	-9126,6	-1072,7	5225,6	2771,7	8554,3	8669,9	...	-1337,6	-602,5
Изменение чистой приведенной стоимости, млн руб.	-14405,3	-20819,7	-29946,3	-31019,1	-25793,4	-23021,8	-14467,5	-5797,7	...	13134,6	<b>12532,0</b>

Таблица А.7 – Экономическая оценка проекта с применением методов бинарного и реверсированного дисконтирования при увеличении капитальных вложений на 10 %

Период	0	1	2	3	4	5	6	7	...	15	16
Капитальные вложения, млн руб.	13 823	7 200	9 859	6 061	4 061	9 936	-	-	...	-	-
Ставка дисконтирования оттоков, %	-	<b>-1,82</b>	<b>2,97</b>	<b>4,62</b>	<b>5,46</b>	<b>5,96</b>	<b>6,30</b>	<b>6,54</b>	...	<b>7,32</b>	<b>7,36</b>
Дисконтированная величина капитальных вложений, млн руб.	<b>13823,0</b>	<b>7333,3</b>	<b>9297,8</b>	<b>5292,6</b>	<b>3283,5</b>	<b>7438,5</b>	0,0	0,0	...	0,0	0,0
Изменение выручки, млн руб.	1 000	1 000	-500	6 500	15 500	19 500	20 000	22 500	...	-8 000	-4 000
Ставка дисконтирования притоков, %	17,17	15,39	13,49	12,25	11,40	10,80	10,37	10,04	...	8,96	8,9
Дисконтированная величина изменения выручки, млн руб.	1000,0	866,7	-388,2	4595,9	10064,1	11675,0	11064,5	11513,6	...	-2209,4	-1022,9
Изменение чистой прибыли, млн руб.	800,0	693,3	-310,5	3676,7	8051,2	9340,0	8851,6	9210,9	...	-1767,5	-818,3
Изменение ДДП, млн руб.	-13023,0	-6640,0	-9608,3	-1615,8	4767,8	1901,5	8851,6	9210,9	...	-1767,5	-818,3
Изменение ЧПС, млн руб.	-13023,0	-19663,0	-29271,3	-30887,2	-26119,4	-24217,9	-15366,3	-6155,4	...	14634,5	<b>13816,2</b>

## Приложение Б

Таблица Б.1 – Определение уровня потенциала технологической модернизации на основе экспертных оценок

№	Факторы	Независимый эксперт		Группа экспертов								Векторы групповой оценки			Взвешенная групповая оценка	Расчет разностей групповых оценок	
		балл от 0 до 10	Весовые коэффициенты $w_i$	Специалист в области информационных технологий	Специалист в области персонала	Директор по производству	Главный инженер	Специалист в области горного производства	Специалист в области обогащения	Главный научный сотрудник	Старший научный сотрудник	$r_1$	$r_2$	$r_3$	$r_3 * w_i$	$r_2 - r_1$	$r_3 - r_2$
СП1	Развитие конкретных цифровых и роботизированных технологий в компаниях-конкурентах	10	0,052632	5	4	4	3	5	4	3	4	4,00000	4,03820	4,03831	0,2125424	0,03820	0,00010
СП2	Доступ к технологиям и техническим средствам	10	0,052632	3	4	4	3	4	3	2	2	3,12500	3,18032	3,18050	0,1673947	0,05532	0,00018
СП3	Тенденции повышения внимания к промышленной безопасности (нормативный и законодательный аспект)	8	0,042105	4	4	5	5	5	4	4	4	4,37500	4,39250	4,39256	0,1849498	0,01750	0,00006
СП4	Системы кредитования	7	0,036842	3	3	3	3	2	3	2	2	2,62500	2,65725	2,65735	0,0979023	0,03225	0,00010
СП5	Развитие внутренних рынков (например, увеличение потребностей внутренних сельскохозяйственных рынков для горно-химических компаний)	8	0,042105	5	4	4	4	3	3	3	3	3,62500	3,67660	3,67677	0,1548112	0,05160	0,00016
СП6	Ужесточение экологических ограничений в целом	6	0,031579	4	4	4	4	4	3	3	3	3,62500	3,66430	3,66443	0,115719	0,03930	0,00013
СК1	Ужесточение конкуренции на региональных и глобальных рынках минерального сырья	9	0,047368	5	4	4	4	4	3	3	3	3,75000	3,80801	3,80819	0,1803879	0,05801	0,00018

№	Факторы	Независимый эксперт		Группа экспертов								Векторы групповой оценки			Взвешенная групповая оценка	Расчет разностей групповых оценок	
		балл от 0 до 10	Весовые коэффициенты $w_i$	Специалист в области информационных технологий	Специалист в области персонала	Директор по производству	Главный инженер	Специалист в области горного производства	Специалист в области обогатительного производства	Главный научный сотрудник	Старший научный сотрудник	$r_1$	$r_2$	$r_3$	$r_3*w_i$	$r_2-r_1$	$r_3-r_2$
СК2	Тенденции научно-технического прогресса в отрасли и необходимость обеспечивать конкурентоспособность за счет внедрения передовых и доступных технологий	9	0,047368	4	4	5	4	5	5	4	4	4,37500	4,38793	4,38795	0,2078501	0,01293	0,00002
СК3	Тенденции, связанные с повышением экологической и климатической эффективности в целом, и горнопромышленных компаний в частности	6	0,031579	3	4	3	4	4	3	2	3	3,25000	3,28045	3,28057	0,1035969	0,03045	0,00012
СК4	Государственная налоговая политика	7	0,036842	5	4	5	4	5	3	4	3	4,12500	4,17956	4,17972	0,1539897	0,05456	0,00016
СК5	Тренды повышения внимания к социальной ответственности бизнеса	5	0,026316	5	4	4	5	4	4	3	3	4,00000	4,06130	4,06148	0,106881	0,06130	0,00018
СК6	Образовательный и кадровый потенциал региона	7	0,036842	4	4	3	3	3	4	2	3	3,25000	3,28817	3,28829	0,1211476	0,03817	0,00012
ВП1	Уровень эффективности системы планирования, быстрая адаптация под меняющиеся запросы перерабатывающих сегментов холдинга	8	0,042105	5	5	4	4	5	5	3	3	4,25000	4,31622	4,31641	0,1817434	0,06622	0,00019

№	Факторы	Независимый эксперт		Группа экспертов								Векторы групповой оценки			Взвешенная групповая оценка	Расчет разностей групповых оценок	
		балл от 0 до 10	Весовые коэффициенты $w_i$	Специалист в области информационных технологий	Специалист в области персонала	Директор по производству	Главный инженер	Специалист в области горного производства	Специалист в области обогащения производства	Главный научный сотрудник	Старший научный сотрудник	$r_1$	$r_2$	$r_3$	$r_3 * w_i$	$r_2 - r_1$	$r_3 - r_2$
ВП2	Текущее экономическое положение, степень финансовой устойчивости и инвестиционных возможностей компании	9	0,047368	5	5	5	4	5	5	5	4	4,75000	4,76771	4,76774	0,2258405	0,01771	0,00004
ВП3	Уровень развития производственно-технологической и информационной базы	10	0,052632	5	4	4	4	4	5	4	3	4,12500	4,16470	4,16479	0,2191993	0,03970	0,00009
ВП4	Уровень квалификации менеджмента для реализации сложных технологических проектов	9	0,047368	5	4	5	5	5	4	3	3	4,25000	4,32487	4,32509	0,2048725	0,07487	0,00022
ВП5	Набор конкретных компетенций специалистов для осуществления технологической модернизации	8	0,042105	5	4	5	5	5	5	5	5	4,87500	4,87191	4,87188	0,2051318	0,00309	0,00003
ВП6	Уровень мотивации сотрудников и способность их к изменениям	8	0,042105	5	4	3	5	3	4	4	4	4,00000	4,00907	4,00910	0,1688041	0,00907	0,00003
ВК1	Корпоративные стратегии, регламенты и возможная скорость их корректировки	8	0,042105	5	4	4	4	4	4	4	3	4,00000	4,04035	4,04045	0,1701242	0,04035	0,00010
ВК2	Планы холдинга по выходу на новые рынки	7	0,036842	5	3	5	5	4	4	3	3	4,00000	4,06537	4,06554	0,1497832	0,06537	0,00018

№	Факторы	Независимый эксперт		Группа экспертов								Векторы групповой оценки			Взвешенная групповая оценка	Расчет разностей групповых оценок	
		балл от 0 до 10	Весовые коэффициенты $w_i$	Специалист в области информационных технологий	Специалист в области персонала	Директор по производству	Главный инженер	Специалист в области горного производства	Специалист в области обогатительного производства	Главный научный сотрудник	Старший научный сотрудник	$r_1$	$r_2$	$r_3$	$r_3 * w_i$	$r_2 - r_1$	$r_3 - r_2$
ВК3	Существующая организационная среда холдинга и его гибкость	8	0,042105	5	4	4	4	4	5	4	3	4,12500	4,16470	4,16479	0,1753595	0,03970	0,00009
ВК4	Форма собственности предприятия и структура акционерного капитала	7	0,036842	4	4	4	4	3	3	3	3	3,50000	3,53289	3,53301	0,1301636	0,03289	0,00012
ВК5	Существующие модели профессиональной подготовки кадров	7	0,036842	4	4	3	3	3	3	3	2	3,12500	3,16844	3,16857	0,1167368	0,04344	0,00013
ВК6	Уровень развития собственных высокотехнологичных центров для производства наукоемкой продукции	9	0,047368	5	5	5	4	5	4	4	4	4,50000	4,53537	4,53548	0,2148387	0,03537	0,00011
<b>Итоговый потенциал</b>															<b>3,96977</b>		

Таблица Б.2 – Расчет весовых коэффициентов компетентности экспертов

Весовые коэффициенты компетентности экспертов	Эксперты								Сумма
	1	2	3	4	5	6	7	8	
v0 - нормированные	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	
v0 - абсолютные	427,88	381,375	393,5	383,875	391,25	370,25	321,5	307,75	<b>2977,375</b>
v1 - нормированные	0,1437	0,12809	0,13216	0,12893	0,13141	0,12435	0,10798	0,10336	
v1 - абсолютные	432,21	385,201	397,427	387,697	395,129	373,83	324,476	310,597	<b>3006,568</b>
v2 - нормированные	0,1438	0,12812	0,13219	0,12895	0,13142	0,12434	0,10792	0,10331	
v2 - абсолютные	432,22	385,213	397,438	387,708	395,14	373,84	324,484	310,605	<b>3006,652</b>