

Научная статья  
УДК 338.24  
doi:10.37614/2220-802X.4.2023.82.006

## ЭФФЕКТЫ И МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА

Андрей Юрьевич Абрашитов<sup>1</sup>, Владимир Сергеевич Жаров<sup>2</sup>

<sup>1, 2</sup>Институт экономических проблем имени Г. П. Лузина Кольского научного центра Российской академии наук, Апатиты, Россия

<sup>1</sup>abrashit@mail.ru

<sup>2</sup>zharov\_vs@mail.ru, ORCID 0000-0002-1877-9214

**Аннотация.** В современных трендах устойчивого развития и становления низкоуглеродной экономики важно оценивать готовность горнопромышленных компаний к реализации широкомасштабных программ по технологической модернизации. Глубина модернизации, уровень активности самих компаний позволяют определить типы модернизационных преобразований. Кроме того, глубокая модернизация производства позволяет решать задачи повышения социальной и экологической ответственности бизнеса, включая вопросы промышленной безопасности на горнодобывающих предприятиях. Одновременно с реализацией программ по технологической модернизации важно не только повышать операционную эффективность производства, но и решать стратегические задачи эколого-ориентированного характера. В горной отрасли технологические решения могут быть уникальны, и, соответственно, комплекс мероприятий по модернизации может быть неординарным, требующим серьезных инвестиций в НИОКР. Разработка арктических месторождений, как правило, требует более высокого уровня технологического развития с применением цифровых технологий и автоматизированных систем управления. Цифровые решения, мероприятия по автоматизации и роботизации горного производства должны реализовываться в рамках программ модернизации. Методология исследования базируется на обобщении и синтезе теоретических и методических подходов к оценке эффективности программных мероприятий и формированию типологии моделей технологической модернизации. Целью исследования является уточнение концептуальных подходов к типологии организационно-экономических моделей технологической модернизации и оценке эффективности программ модернизации для условий арктических горнодобывающих производств. В статье уточнены базовые принципы технологической модернизации. Обоснованы виды эффектов, формируемых в рамках ее мероприятий, на примере горнодобывающего производства, функционирующего в арктической зоне хозяйствования. Предложена типология моделей технологической модернизации на основе авторских критериев, которые отражают технологический фокус, организационные эффекты, ключевые подходы к оценке эффективности. Передовые модели технологической модернизации должны всецело отражать не только экономические, но и социально-экологические эффекты.

**Ключевые слова:** технологическая модернизация, эффекты, эффективность, концептуальные модели, программы, горнодобывающая промышленность, Арктика

**Для цитирования:** Абрашитов А. Ю., Жаров В. С. Эффекты и модели технологической модернизации горнодобывающего производства // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2023. № 4. С. 71–84. doi:10.37614/2220-802X.4.2023.82.006.

Original article

## TECHNOLOGY MODERNIZATION IN THE MINING SECTOR: MODELS AND EFFECTS

Andrey Yu. Abrashitov<sup>1</sup>, Vladimir S. Zharov<sup>2</sup>

<sup>1, 2</sup>Luzin Institute for Economic Studies of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia

<sup>1</sup>abrashit@mail.ru

<sup>2</sup>zharov\_vs@mail.ru, ORCID 0000-0002-1877-9214

**Abstract.** Amidst the current shift towards sustainable development and a low-carbon economy, it is important to assess the preparedness of mining companies for implementing large-scale technology modernization programs. The extent of modernization and the level of the company's involvement are the factors determining the nature of modernization transformations. Major modernization of production makes it possible to address the challenges of improving corporate social and environmental responsibility, including industrial safety issues in mining operations. When implementing technology modernization programs, it is important to focus on environmentally-oriented objectives while improving operational efficiency. The mining industry, characterized by unique technological solutions, often necessitates unconventional modernization measures, entailing substantial investments in research and development (R & D). In Arctic deposit development, a higher level of technological advancement, including digital technologies and automated control systems, is imperative. Digital solutions, automation, and robotization should be integrated into modernization programs

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕЙ И СЕКТОРОВ ЭКОНОМИКИ НА СЕВЕРЕ И В АРКТИКЕ

in the mining sector. Our research methodology is based on the summary and synthesis of theoretical and methodological approaches to assessing the effectiveness of modernization measures and developing a typology of technology modernization models. This study aims to refine conceptual approaches to the typology of organizational and economic models of technology modernization and to assess the effectiveness of modernization programs in the context of mining in the Arctic. The article delineates the fundamental principles of technology modernization and substantiates the effects arising from modernization measures, using mining companies functioning in the Arctic economic zone as an illustrative case study. The article proposes a typology of technology modernization models based on criteria developed by the authors, among which are key technology, management effects, and key approaches to efficiency assessment. It is emphasized that advanced technology modernization models should holistically reflect both economic and socio-ecological effects.

**Keywords:** technology modernization, effects, efficiency, conceptual models, programs, mining industry, Arctic

**For citation:** Abrashitov A. Yu., Zharov V. S. Technology modernization in the mining sector: Models and effects. *Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo poriyadka* [The North and the Market: Forming the Economic Order], 2023, no. 4, pp. 71–84. doi:10.37614/2220-802X.4.2023.82.006.

## Введение

Технологическую модернизацию можно охарактеризовать как процесс перевода изношенного и устаревшего оборудования на новое высокотехнологичное с целью роста эффективности производства, а также повышения конкурентоспособности промышленного предприятия. В современной экономике модернизация промышленности характеризуется использованием не только новой техники и технологий, но и масштабных цифровых решений, автоматизированных систем, робототехники. При этом технологическую модернизацию можно представить как улучшение существующего производственно-технологического уровня или внедрение новой техники и технологий [1–4].

При реализации программ модернизации можно получать разнообразные эффекты: отраслевые, экономические, социальные, экологические и др.

В условиях современных тенденций развития промышленности экономические эффекты технологической модернизации в горнодобывающей отрасли представляются определяющими, но не являются единственными целями ее программ и проектов. Высокую значимость в рамках проектов технологической модернизации приобретают социальные, эколого-климатические и инновационные эффекты. В рамках определения разнородных эффектов необходимо использовать большой объем информации, при этом часто анализ факторов, влияющих на эффективность, осуществляется экспертными методами с применением не только количественной, но и качественной оценки. Например, оценка эффективности цифровых решений и готовности внедрения автоматизированных систем на предприятиях горнодобывающей промышленности требует использования экспертных подходов и методов вероятностной оценки.

В горнодобывающей промышленности качественный скачок экономического развития достигается при использовании информационных технологий.

Достижения компаний-лидеров подчеркивают необходимость интеллектуализации производства, приводящей к новым возможностям по созданию добавленной стоимости, в результате объединения виртуальной реальности и материальных активов, имеющихся в распоряжении предприятий. По оценкам компании McKinsey, цифровая трансформация горных предприятий обеспечивает рост производства на 13 % и снижение затрат до 15 % [5].

Так, например, в Кировском филиале АО «Апатит», разрабатывающем месторождения апатит-нефелиновых руд, реализуется проект системы дистанционного бурения глубоких скважин, который позволит увеличить точность бурения на 15–20 %, провести оптимизацию численности машинистов буровых установок со снижением штатной численности на 40 %, повысить производительность труда одного работника на 39 %<sup>1</sup>.

Программы модернизации подвержены влиянию не только внутренних, но и внешних факторов, таких как деятельность поставщиков и конкурентов, государственных органов управления, тенденции научно-технического прогресса и др. Тем самым при оценке эффектов модернизации устанавливается роль и степень влияния совокупности факторов макро- и микроокружения внешней среды, а также внутренней среды горнодобывающего предприятия. Влияние факторов существенно при выборе конкретных показателей для оценки эффективности, что необходимо учитывать при разработке и реализации соответствующих программ модернизации предприятий.

Для определения экономической эффективности модернизации необходимо учитывать способность новых технологий приносить прибыль с одновременным обеспечением надёжности, промышленной безопасности, экологичности и повышением конкурентоспособности предприятия [6].

<sup>1</sup> Интегрированный отчет ПАО «ФосАгро»–2021: Наука устойчивого плодородия [Электронный ресурс]. URL: <https://rspp.ru/download/148f63c45d44e827ae38173e7add3c83>

(дата обращения: 08.05.2023). Режим доступа: свободный. Текст: электронный.

## ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕЙ И СЕКТОРОВ ЭКОНОМИКИ НА СЕВЕРЕ И В АРКТИКЕ

Факторы промышленной безопасности и экологичности горнодобывающих производств особенно остро стоят в условиях Арктики [7; 8]. Суровые климатические условия, чувствительность окружающей среды к техногенным воздействиям, тяжелые условия труда предъявляют все больше социально-экологических требований к программам технологической модернизации.

Ряд исследователей отмечают безусловную важность влияния технологической модернизации на устойчивое недропользование и развитие низкоуглеродных технологических систем [9–11]. Производство новой продукции, например в результате комплексного извлечения полезных компонентов при добыче руды, также является результатом проведения мероприятий модернизации.

Подходы к оценке эффективности определяются и моделями технологической модернизации промышленных предприятий, которые могут различаться радикальностью преобразований и степенью инновационности [12].

Целью настоящего исследования является уточнение концептуальных подходов к типологии организационно-экономических моделей технологической модернизации и оценке эффективности ее программ для условий арктических горнодобывающих производств.

Задачи исследования заключаются в следующем:

1) обосновать принципы технологической модернизации, позволяющие формировать более прозрачные подходы к оценке эффективности программных мероприятий; 2) уточнить виды эффектов, генерируемых в рамках мероприятий технологической модернизации на примере горнодобывающего производства; 3) сформировать типологию моделей технологической модернизации на основе выделенных критериев.

### Методология

В исследовании применялись мыслительно-логические и эмпирические методы, включая наблюдение обобщение, сравнение, анализ, синтез.

При анализе особенностей объекта исследования важно учитывать многозначность и комплексность существующих нерешенных вопросов в контексте модернизации горнопромышленного комплекса.

В статье применяются декомпозиция проблемы технологической модернизации на горнодобывающем предприятии, которая позволяет разделить эффекты на экономические и социально-экологические составляющие.

Используя методы дивергенции, авторы обобщают существующую литературу и аналитическую информацию по проблеме реализации и оценки программ модернизации горнодобывающих производств. Также использование методов дивергенции позволяет визуализировать виды эффектов.

В статье использован метод типологии организационно-экономических моделей технологической модернизации на горнодобывающих предприятиях с выделением сравнительных критериев, идентифицирующих ту или иную модель.

Методология исследования базируется на необходимости выделения актуальных технологических и организационно-управленческих факторов влияния на экономическое развитие горнодобывающих предприятий в современных экономических условиях, которые должны приниматься во внимание при разработке типологии моделей модернизации и оценке ее эффективности. К таким факторам целесообразно отнести:

1. *Тенденции процессов технологического развития.* Нелинейность процесса технологического развития и скачкообразные во времени технологические изменения при определенной закономерности непрерывного роста научно-технического прогресса, происходящие в том числе и в сфере добычи минерального сырья [13]. Нелинейность во многом определяется спросом на тот или иной вид минерального сырья. Например, в связи с трансформацией энергетики и экономики требуется наращивать объемы добычи никеля, меди, кобальта, лития, редкоземельных металлов и др. [14; 15]. Соответственно, будут реализовываться инновационные проекты по разработке новых месторождений. Также предполагаются серьезные технологические изменения с целью повышения степени извлечения полезных компонентов на старых месторождениях. В том числе можно предположить масштабное развитие технологий более полного извлечения ценных компонентов из многокомпонентных руд. Технологическое развитие горнодобывающего производства сопряжено с более широким вовлечением в промышленное освоение бедных руд и техногенных образований, при этом разработка таких объектов в большинстве случаев в недавнем прошлом представлялась экономически нерентабельной, в том числе и по причине отсутствия рыночного спроса.

2. *Обязательный учет промышленной безопасности и экологических аспектов.* Вопросы промышленной безопасности и экологии особенно актуальны для горнодобывающих предприятий, функционирующих в Арктике. Суровые климатические условия диктуют необходимость масштабного внедрения «безлюдных» технологий, а вопросы окружающей среды связаны с экологической ориентацией технологической модернизации, рациональным недропользованием и повышением эффективности используемых ресурсов.

3. *Более полное использование управленческого потенциала.* Горнодобывающим предприятиям необходимо широко использовать новые

## ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕЙ И СЕКТОРОВ ЭКОНОМИКИ НА СЕВЕРЕ И В АРКТИКЕ

организационные и управленческие возможности. Такого рода потенциал определяется способностью компаний внедрять различные формы проектного управления, широко использовать системы диспетчеризации и автоматизации на подземных рудниках и шахтах, тем самым повышая промышленную безопасность и эффективность использования трудовых ресурсов. Менеджмент компаний должен освободиться от консервативности своих подходов и активнее использовать информационно-цифровые решения.

**Результаты и дискуссия**

Модернизацию с точки зрения системы управления можно определить как совокупность функциональных взаимосвязей, возникающих при реализации процессов обновления, замены технологий, построения принципиально новых технологических цепочек. Оценка эффективности программ модернизации может осуществляться с использованием классических показателей. Однако в каждом конкретном случае необходимо учитывать специфические факторы воздействия на горнодобывающее предприятие, которые позволят выявить особенности преобразований в компании, определять новые эффекты экономического, природоохранного, социального характера. Также нельзя не учитывать инновационный характер технологической модернизации. Ключевые принципы модернизации в контексте оценки ее эффективности в следующем:

1. 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 и устойчивости бизнеса.

2. Динамичность ресурсного развития будет способствовать достижению новых результатов в повышении использования ресурсов и энергии. Для энергоемких предприятий горнопромышленного комплекса эффективность использования ресурсов приобретает все большее значение.

3. Комплексность — это охват функционала, связанного с технологическим развитием, а также обязательный учет при оценке эффективности социальных, природоохранных и климатических аспектов. Принцип комплексности особенно характерен для горнодобывающих предприятий Арктической зоны, поскольку вопросы социальной поддержки и снижение воздействия на арктические

экосистемы должны решаться в комплексе с достижением экономической эффективности.

4. Релевантность показателей — выбор показателей, актуальных в условиях современных трендов модернизации горнодобывающей промышленности, в том числе и в условиях развития цифровизации и автоматизации технологических процессов, и всесторонне отражающих оценку результатов.

5. Прозрачность технико-экономического результата — способность определить долю вклада конкретной программы (проекта) модернизации в повышение общей эффективности производственно-хозяйственной деятельности горнодобывающего предприятия.

6. Необратимость процессов — отсутствие возможностей возвращения производственной системы в исходное состояние.

Экономическое развитие на основе технологической модернизации и инновационных изменений в бизнес-процессах считается одним из важнейших факторов обеспечения сбалансированности функционирования горнодобывающих предприятий в среднесрочных и долгосрочных периодах [16; 17]. 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 [18].

В таблице 1 предложены основные этапы оценки эффективности модернизации производства.

Необходимо отметить, что в рамках сравнения альтернативных программ модернизации при одинаковой коммерческой эффективности принятие инвестиционного решения может быть основано на технологиях, повышающих экологическую или социальную эффективность.

Как уже отмечалось, эффекты программ технологической модернизации определяются не только коммерческими результатами. В исследовании декомпозированы возможные эффекты технологической модернизации, характеристика которых представлена на рисунке.

Как видно из рисунка, эффекты можно поделить на три группы: экономические, социально-экологические и технологические. При этом бюджетные эффекты можно отнести к социальной группе, поскольку они не являются прямым экономическим результатом компании, но увеличение доходов государства и региона может быть использовано для развития социальных программ.

**ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕЙ И СЕКТОРОВ ЭКОНОМИКИ НА СЕВЕРЕ И В АРКТИКЕ**

Таблица 1

Последовательность оценки эффективности модернизации горнодобывающего предприятия

Этап	Методы	Цели
Первичный анализ	Наблюдение: метод контент-анализа; опросы и интервью; литературный обзор; исследование правовых и нормативных документов; анализ корпоративных регламентов и документов	Обобщить собранную информацию и провести ее структуризацию для последующего анализа и формирования необходимых показателей, позволяющих оценить результативность модернизации с учетом специфики горнодобывающих предприятий, удельного веса открытых и подземных горных работ
Аналитическая обработка информации	Сравнительный анализ; стратегический анализ; структурный анализ; факторный анализ; параметрический анализ; применение абсолютных и относительных показателей, их группировка, определение средних величин	Исследовать потенциал модернизации горнодобывающей компании на основе выделения и структурирования факторов влияния. Определить степень влияния факторов макро- и микросреды на деятельность предприятий, а также перечень показателей, возможных для использования. Построить корреляционные зависимости влияния выбранного перечня показателей на результаты. Определить релевантные статистические и динамические показатели, необходимые для оценки мероприятий технологической модернизации
Оценка эффективности модернизации	Методы оценки инвестиционных и инновационных проектов; экономико-математические модели; экспертные методы	Выбрать конкретные программы и проекты технологической модернизации. Выбрать методы и инструменты оценки и уточнить критерии эффективности. Проанализировать результаты экономической оценки и провести анализ рисков возможных изменений эффективности в зависимости от степени влияния важнейших факторов внешней и внутренней экономической среды. В случае невозможности оценки количественными показателями, экспертно определить степень влияния горного предприятия на экологию и промышленную безопасность, а также определить влияние технологической модернизации на социальные аспекты (улучшение условий труда, появление новых рабочих мест). Выполнить оценку потенциала развития за счет технологической модернизации, в том числе и за счет цифровых решений

Примечание. Источник: составлено авторами.

Ресурсный эффект в большей степени связан с рациональным использованием ресурсов и отражает тенденции устойчивого развития и технологических совершенствований.

Безусловно, технологическая модернизация сопряжена со значительными инвестиционными и эксплуатационными затратами. При определении затрат на внедрение технологий нужно учитывать основные принципы оценки. Так, А. Э. Вайно с соавторами [19] предлагают принципы, которые способствуют повышению прозрачности оценки затрат и тем самым повышают точность оценки вариантов экономической эффективности модернизации при выборе вариантов технологического развития.

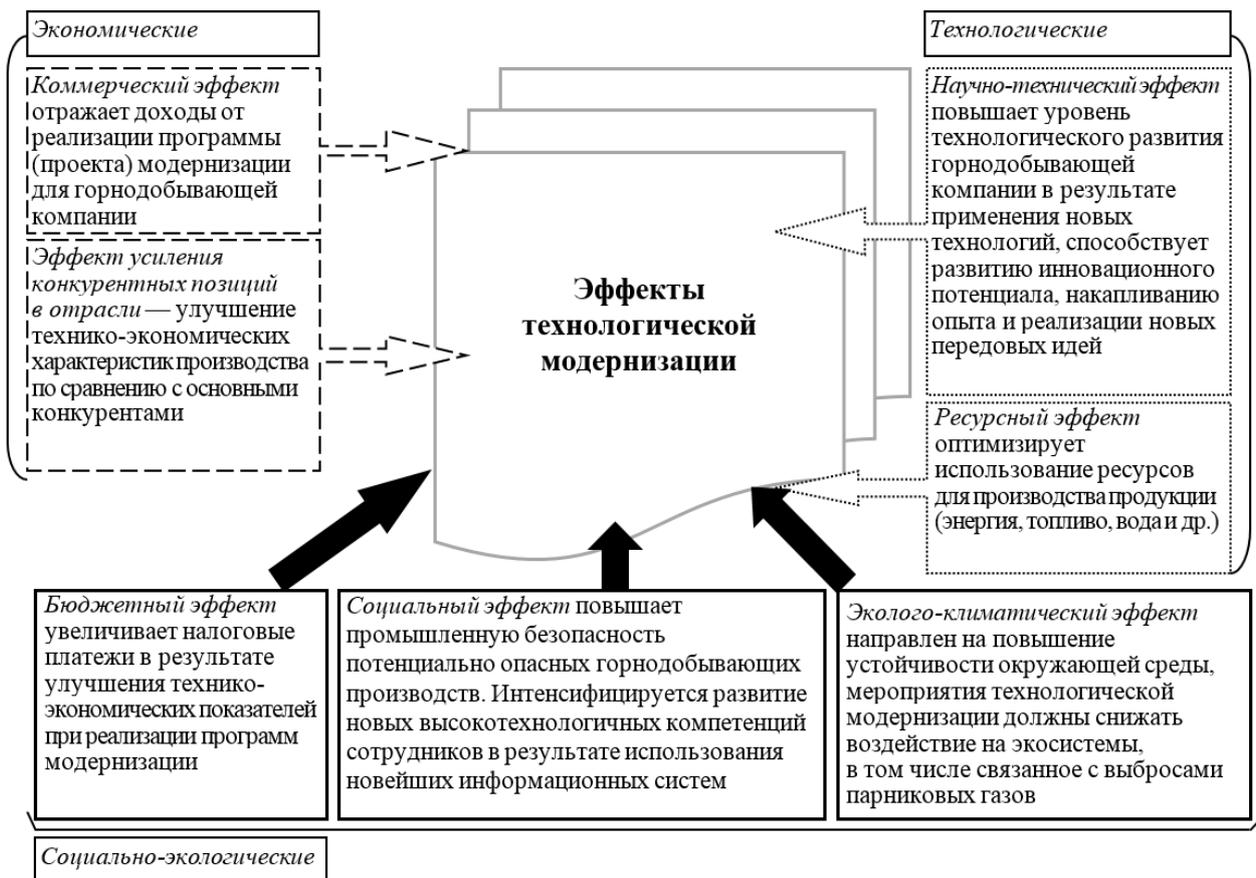
С использованием разработок, представленных в исследованиях [19–21], усовершенствованы принципы оценки специфических затрат в горнодобывающей отрасли. В статье [19] рассмотрены специфические факторы, влияющие на эффективность

инновационных проектов в горной отрасли. В статье [21] рассмотрены основные факторы учета результатов и затрат проектов экологической модернизации промышленных предприятий на основе принципов устойчивого развития, в том числе социально ответственного инвестирования. В статье [20] А. Е. Закондырин обобщил затраты, которые необходимо принимать во внимание при выполнении экономической оценки проектов внедрения наилучших доступных технологий.

Авторы предлагают использовать бинарное дисконтирование с целью использования разных норм дисконтирования результатов и затрат. Также целесообразно широко использовать метод бенчмаркинга и более четко выделить необходимость учета природоохранных и социальных результатов в рамках программ технологической модернизации.

Данные принципы следует использовать и при оценке эффективности программ модернизации (табл. 2).

**ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕЙ И СЕКТОРОВ ЭКОНОМИКИ НА СЕВЕРЕ И В АРКТИКЕ**



Виды эффектов технологической модернизации

Таблица 2

Принципы оценки затрат на внедрение технологии

Принцип	Характеристика
Идентификация специфических затрат горнодобывающего производства	Определение состава и элементов затрат в зависимости от региональных, геологических, горнотехнических условий, а также вида минерального сырья
Использование бенчмаркинга	Сравнительный анализ затрат по аналогичным горнодобывающим производствам — нахождение эталонных значений
Прогнозирование уникальных затрат	Прогнозирование капитальных и эксплуатационных затрат при внедрении уникальных технологий и оборудования
Мониторинг цен и инфляции	Унификация учета и организация единой системы мониторинга за изменением: цен на услуги поставщиков и транспорт; биржевых курсов на сырьевые ресурсы; инфляции. Использование методов простого и бинарного дисконтирования и калькуляции ежегодных затрат
Идентификация природоохранных и социальных затрат	Научное обоснование отнесения затрат к природоохранным, например, в случае экологической модернизации и внедрения наилучших доступных технологий. Формирование перечня затрат, связанных с обеспечением промышленной безопасности и развитием социальной ответственности

Примечание. Источник: Составлено авторами на основе материалов [19–21].

## ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕЙ И СЕКТОРОВ ЭКОНОМИКИ НА СЕВЕРЕ И В АРКТИКЕ

Учет особенностей горнодобывающего производства при оценке капитальных и эксплуатационных затрат связан не только с применением сложных технологий в условиях подземного производства и отработки открытых рудников и карьеров. Также важно понимать уровень затрат, которые связаны с обеспечением промышленной безопасности и поддержанием стабильности экосистем.

Далее рассмотрим организационно-экономические модели и специфику оценки эффективности технологической модернизации в рамках каждой модели.

М. Р. Галиахметова и А. А. Русинова в своем исследовании выделяют оптимизационную, имитационную, операционную, временную и функциональную модели технологической модернизации промышленных предприятий [12]. Также различные модели технологической модернизации представлены в работах [22–26]. Так, А. В. Брагина в работе [22] предложила авторскую классификацию видов технологической модернизации промышленных предприятий. А. А. Климашевская [25] обосновала инновационную модель для горнодобывающей промышленности. Технологическая модернизация может быть классифицирована и в зависимости от происхождения стимула к обновлению, так считает И. Ю. Бринк с соавторами в работе [23]. Ю. К. Сальникова в работе [26] выделила авторские классификационные признаки проектов модернизации по направлениям, целям, объемам инвестиций.

В настоящем исследовании представлена усовершенствованная типология дескриптивных моделей технологической модернизации (табл. 3).

Предлагается выделить четыре концептуальные модели: оптимизационную, адаптивную, поддерживающую, прогрессивную, которые будут отличаться друг от друга на основе выделенных критериев. Модели технологической модернизации целесообразно описать рядом критериев, связанных со стратегической направленностью, фокусом на технологическом развитии и инновациях, организационными аспектами, подходами к экономической эффективности мероприятий модернизации.

Стратегии предприятия в контексте модернизации определяют возможные стратегические ориентиры и видение долгосрочного развития. Критерий 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 вовлечения сотрудников в процесс реализации проектов модернизации, необходимы в условиях активной деятельности по модернизации производства. В случаях меньшей инновационной активности менеджменту компании целесообразно использовать иерархические организационные модели с применением проектных подходов.

Технологическая модернизация включает много преобразований, направленных 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.

Технологический аспект может быть отражен в рамках перехода на новый уровень разработки внутри месторождения одного участка или рудного тела к другому. Также может измениться технология добычи. Кроме того, возможен переход на новый тип механизации, автоматизации производства, например переход на новые высокотехнологичные виды машин, дистанционное и роботизированное управление горной техникой [27].

Модернизация связана с инновационными преобразованиями, поэтому в рамках инициации и реализации программ модернизации важно определять инновационную активность предприятия и ее инновационный потенциал [28]. 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.

Вопросы оценки эффективности программ модернизации должны отражать особенности горнопромышленного сектора, при этом, безусловно, определяется финансовая (коммерческая) эффективность проекта модернизации. В рамках определения эффективности нельзя не учитывать важные социальные, экологические, климатические параметры, достигнутые в рамках проектов технологической модернизации, отражающие современные принципы устойчивого развития и низкоуглеродной экономики. Адекватность экономической и других видов оценки эффективности должна базироваться на качественном стратегическом анализе, включающем анализ рынков, технологий, конкурентов. Также представляется важным акцентировать внимание на оценке специфических затрат, сопоставлении потенциально возможных и минимально достижимых инвестиций.

## ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕЙ И СЕКТОРОВ ЭКОНОМИКИ НА СЕВЕРЕ И В АРКТИКЕ

Таблица 3

## Концептуальные модели технологической модернизации

Стратегическая направленность	Целевые задачи	Организационный подход к управлению	Технико-технологические фокусы	Инновационный фактор	Основные подходы к оценке эффективности
<i>Оптимизационная модель</i>					
Стратегия поддержания и роста конкурентоспособности с одновременной оптимизацией эксплуатационных затрат. Поиск существующего высокотехнологичного оборудования на рынке	Сбалансированность развития, обеспечение долгосрочной экономической устойчивости	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
<i>Адаптивная модель</i>					
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
<i>Поддерживающая модель</i>					
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, уменьшение количества ремонтных циклов
<i>Прогрессивная модель</i>					
Формирование стратегии инновационного развития — лидер высокотехнологичного производства	Развитие и формирование новых конкурентных преимуществ. Обеспечение стратегической устойчивости бизнеса. Развитие научно-исследовательских подразделений	Проектный и матричный подходы, активное использование кадрового и творческого потенциала компании	Передовые 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. Полномасштабный учет социально-экологических эффектов

## ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕЙ И СЕКТОРОВ ЭКОНОМИКИ НА СЕВЕРЕ И В АРКТИКЕ

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

1) 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, социоэкологического характера, а также подчеркивает необходимость формирования алгоритмов оптимизации бизнес-процессов и решений, диктует важность повышения контроля с использованием управленческих решений;

2) увеличивается использование информационных и цифровых технологий, облегчающих формализацию существенно важных для горного производства экономических и управленческих данных, включая, например, обобщение уровня затрат и эксплуатационных характеристик оборудования на рудниках и в шахтах, похожих по горнотехническим условиям;

3) повышается важность учета значительного количества специфических факторов горного производства, начиная с геологии и заканчивая вопросами охраны окружающей среды, изменения климата, а также промышленной безопасности;

4) существует потребность количественного описания причинно-следственной связи в рамках сложных производственных процессов и организационных взаимодействий в процессе разработки многовариантных экономических и управленческих решений.

Моделирование можно идентифицировать как важный метод, используемый в экономике горного производства, для получения достоверных сведений о существующих зависимостях и взаимосвязях 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 в горном производстве и всестороннего учета факторов макроокружения.

Так, например, можно использовать оптимизационные экономико-математические модели, которые связывают объем производства, затраты на производство, время производства,

а также извлекаемые ценности и риски в результате технологических преобразований. Потенциал модернизации важно рассматривать в системе «ресурсы — инновации — рынок», которая должна быть направлена на включение в разработку обедненных и забалансовых запасов руд [6].

Часто для оценки альтернативных видов технологий, а также для контроля отклонений во время производственного процесса (добычи полезных ископаемых) используют методы математического и аналогового моделирования, например метод Монте-Карло [29].

Как уже отмечалось, программы модернизации горнодобывающего сектора, особенно крупномасштабные инвестиционные проекты, должны учитывать интересы стейкхолдеров, что подтверждается в ряде исследований. В частности, Т. В. Пономаренко с соавторами [30] 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 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 экономически 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 подойти для оценки проектов по технологической модернизации в горнодобывающей отрасли. Учет интересов стейкхолдеров подчеркивает важность принципов устойчивого развития, где менеджеры всех уровней и общественность могут оказывать влияние на реализацию сложных проектов в горнодобывающей отрасли с возможными негативными последствиями для социальной и природной среды, особенно это важно для условий Арктики.

## ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕЙ И СЕКТОРОВ ЭКОНОМИКИ НА СЕВЕРЕ И В АРКТИКЕ

Программы модернизации зачастую связаны с высоким уровнем неопределенности эффективности их использования, поскольку необходимо внедрять новые технологии, а для горных предприятий такие технологии могут быть не апробированы и иметь узкое применение. Важно оценивать риски и понимать, каким образом изменятся применяемые показатели оценки эффективности в результате влияния тех или иных факторов. При этом риски изменения инвестиционных и эксплуатационных затрат могут быть учтены с помощью бинарного дисконтирования, которое предусматривает использование различных ставок дисконта к притокам и оттокам инвестиционного проекта.

При управлении рисками целесообразно выделить три этапа:

- 1) распознавание потенциальных рисков при внедрении программ технологической модернизации;
- 2) количественный анализ рисков, введение системы индикаторов риска;
- 3) обоснование и использование методов, способствующих снижению и предотвращению рисков.

При оценке эффективности программ модернизации горнодобывающего производства необходимо идентифицировать специфические риски для определения места каждого из них при оценке эффективности программ модернизации.

Среди специфических рисков, определяющих особенности проектов модернизации, и уже рассмотренных в настоящем исследовании особенностей горного производства можно выделить: 1) риски высокой капиталоемкости со сложно прогнозируемым уровнем отдачи на вложенный капитал; 2) риск неподтверждаемости запасов — геологический риск; 3) риски промышленной безопасности; 4) риски, связанные с испытанием новых уникальных и неапробированных технологий, часто не имеющих аналогов; 5) риски изменчивости мировых цен на сырье и их слабой контролируемости и прогнозируемости; 6) риски, отражающие значительное влияние недропользователей на экосистемы; 7) риски, связанные с реакцией на программы модернизации разнообразных стейкхолдеров и уровень их вовлеченности.

Все вышеперечисленное предполагает выбор организационно-экономических инструментов в системе управления горнодобывающим предприятием, связанных с оценкой и учетом всевозможных рисков при реализации программ модернизации.

### Заключение

Технологическая модернизация направлена на экономическое развитие горнодобывающих производств и повышение их конкурентоспособности.

В рамках программ модернизации решаются важные задачи по оптимизации затрат, уменьшению воздействия на экосистемы, повышению промышленной безопасности. Эффективность модернизации в современных условиях ассоциируется не только с экономической эффективностью, важными задачами являются вопросы повышения социальной и экологической устойчивости горнодобывающих предприятий, также необходимо решать климатические проблемы и обеспечивать инновационное развитие. Вопросы оценки эффективности программ технологической модернизации требуют дальнейшего развития.

Важно отметить, что преобразования, связанные с модернизацией, осуществляются в горнодобывающей отрасли недостаточно быстро по сравнению с другими секторами промышленности, поскольку присутствует инертность в отрасли в связи существенными геологическими и инвестиционными рисками, сложностью и уникальностью технологических цепочек, слабым взаимодействием с внешними заинтересованными сторонами. При этом 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. Горнодобывающим компаниям, функционирующим в Арктике, важно развивать интеграционные механизмы взаимодействия с ключевыми стейкхолдерами.

В работе предложены ключевые принципы модернизации в контексте оценки ее эффективности, такие как: целеориентированность, динамичность ресурсного развития, релевантность показателей, прозрачность технико-экономического результата, необратимость процессов. Данные принципы отражают комплексность программ модернизации горнодобывающих производств в условиях освоения арктических минерально-сырьевых ресурсов.

Предложена типология дескриптивных моделей технологической модернизации. Рассмотрены четыре концептуальные модели: оптимизационная, адаптивная, поддерживающая и прогрессивная, которые будут отличаться друг от друга на основе выделенных критериев. В качестве критериев используются: стратегическая направленность; целевые задачи модернизации; организационный подход к управлению; технико-технологический фокус; инновационный фактор; аспекты, связанные с оценкой эффективности. В развитие настоящего исследования авторы рассматривают вопрос по расширению критериев в контексте влияния технологической модернизации на устойчивое развитие горнодобывающих компаний.

## ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕЙ И СЕКТОРОВ ЭКОНОМИКИ НА СЕВЕРЕ И В АРКТИКЕ

## Список источников

1. Абрашитов А. Ю. Барьеры и возможности технологической модернизации в горнопромышленной компании // Российский экономический интернет-журнал. 2022. № 4. EDN
2. Третьяков Н. А., Череповицын А. Е. Цифровая трансформация Арктического нефтегазового комплекса: новые вызовы и возможности // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2022. Т. 25, № 1 (75). С. 17–32. DOI 10.37614/2220-802X.1.2022.75.002. LZFW
3. Aznar-Sánchez J. A. [et al.]. Innovation and technology for sustainable mining activity: A worldwide research assessment // Journal of Cleaner Production. 2019. (221). P. 38–54.
4. van der Voet E., van Oers L., Verboon M., Kuipers K. Environmental Implications of Demand Scenarios for Metals, Methodology and Application to Seven Major Metals [Text] // Journal of Industrial Ecology. 2019. Vol. 23 (1). P. 141–155.
5. Мелешко Ю. В. Цифровизация предприятия горной промышленности как фактор обеспечения его экономической безопасности // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2020. № 2 (52). С. 59–63.
6. Голик В. И., Хадонов З. М., Габараев О. З. Управление технологическими комплексами и экономическая эффективность разработки рудных месторождений. Владикавказ: Терек, 2001. 391 с.
7. Научные основы модернизации промышленного развития Севера и Арктики России / отв. ред. В. А. Цукерман. Апатиты: Изд-во ФИЦ КНЦ РАН, 2018. 224 с.
8. Цукерман В. А., Горячевская Е. С. Оценка промышленного потенциала горнодобывающего сектора арктических регионов России // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2023. Т. 26, № 2 (80). С. 38–54. DOI 10.37614/2220-802X.2.2023.80.003.
9. Прогноз технологического развития в горнодобывающих отраслях на основе модернизации техники и технологии горного производства / А. И. Татаркин, С. В. Корнилов, В. Л. Яковлев, Е. А. Орлова // Экономика региона. 2012. № 4 (32). С. 80–92. DOI 10.17059/2012-4-7.
10. Choi Y., Song J. Review of photovoltaic and wind power systems utilized in the mining industry // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2017. (75). P. 1386–1391.
11. Lodhia S., Hess N. Sustainability accounting and reporting in the mining industry: current literature and directions for future research // Journal of Cleaner Production. 2014. (84). P. 43–50.
12. Галиахметова М. Р., Русинова А. А. Основные модели модернизации промышленных предприятий // Социально-экономическое управление: теория и практика. 2019. № 2 (37). С. 11–14.
13. Жаров В. С., Цукерман В. А. Обоснование перспектив инновационного развития горнопромышленных предприятий // Экономика в промышленности. 2012. № 4. С. 17–20.
14. Череповицын А. Е., Соловьева В. М. Концептуальные подходы к формированию промышленной политики развития отрасли редкоземельных металлов // Известия Уральского государственного горного университета. 2022. № 2 (66). С. 122–134. DOI 10.21440/2307-2091-2022-2-122-134.
15. Cherepovitsyn A., Solovyova V. Prospects for the Development of the Russian Rare-Earth Metal Industry in View of the Global Energy Transition-A Review // Energies. 2022. Vol. 15, No. 1. DOI 10.3390/en15010387.
16. Ивантер В. В., Комков Н. И. Состояние и перспективы инновационного развития экономики России // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2018. Т. 8, № 4. С. 5.
17. Golov R., Narezhnaya T., Voytolovskiy N., Mylnik V., Zubeeva E. Model management of innovative development of industrial enterprises, MATEC Web of Conferences, 2018, 193, 05080.
18. Жаров В. С. Эффект инновационного налогового рычага и «квзисамофинансирование» инновационной деятельности промышленных предприятий // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2017. Т. 10, № 5. С. 104–113.
19. Вайно А. Э., Кобяков А. А. Оценка влияния факторов на эффективность типовых вариантов инновационного развития горнопромышленного производства // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012. (4–10). С. 14–19.
20. Закондырин А. Е. Совершенствование подходов к оценке эффективности наилучших доступных технологий // Дружеровский вестник. 2023. № 1 (51). С. 233–245. DOI 10.17213/2312-6469-2023-1-233-245.
21. Скобелев Д. О., Федосеев С. В. Устойчивое развитие и повышение конкурентоспособности промышленности в Баренцевом Евро-Арктическом регионе // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2021. Т. 24, № 2 (72). С. 7–19. DOI 10.37614/2220-802X.2.2021.72.001.
22. Брагина А. В. Технологическая модернизация промышленного предприятия с использованием технологии сквозного планирования: дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05. Курск, 2021. 153 с.
23. Бринк И. Ю., Колбачев Е. Б., Сироткин А. Ю. Управление модернизацией производственных систем промышленных предприятий // Вестник Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института). Серия: Социально-экономические науки. 2010. № 4. С. 4–17.

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕЙ И СЕКТОРОВ ЭКОНОМИКИ НА СЕВЕРЕ И В АРКТИКЕ

24. Дорошенко Ю. А., Климашевская А. А. Технологическая модернизация предприятия как фактор повышения его конкурентоспособности // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2016. № 4. С. 186–190. EDN VRRFSB.
25. Климашевская А. А. Оценка результативности технологической модернизации предприятий и отраслей промышленности: дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05. [Место защиты: Ур. федер. ун-т имени первого Президента России Б.Н. Ельцина]. Екатеринбург, 2019. 252 с.
26. Сальникова Ю. К. О некоторых аспектах формирования механизма управления модернизацией предприятий в рамках интегрированных бизнес-групп // Проблемы экономики и менеджмента. 2016. № 5 (57). С. 98–110.
27. Smirnov A. A., Nikitin I. V. Features of technological modernization at mining enterprises with underground method of ore extraction // Problemi nedropolzovania. 2020. (4).
28. Жаров В. С. Система стимулирования инновационной активности промышленных предприятий Арктической зоны Российской Федерации // Север и рынок: формирование экономического порядка, 2016. № 2. С. 105–114.
29. Ainbinder I. I. Modernization of underground mining of ores at deep depths // Gornyi Zhurnal. 2016. (12). P. 51–55.
30. Ponomarenko T., Larichkin F., Shchetinina K. Methodological Approach to Assessing the Value of the Project on the Development of a Deposit and the Creation of Value-Added Chains // Economic and social changes: facts, trends, forecast = Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2017. № 4 (52).

References

1. Abrashitov A. Yu. Bar'ery i vozmozhnosti tekhnologicheskoi modernizatsii v gornopromyshlennoi kompanii [Barriers and opportunities for technological modernization in a mining company]. *Rossiiskii ekonomicheskii internet-zhurnal* [Russian Economic Online Journal], 2022, no. 4. (In Russ.).
2. Tret'yakov N. A., Cherepovitsyn A. E. Tsifrovaya transformatsiya Arkticheskogo neftegazovogo kompleksa: novye vyzovy i vozmozhnosti [Digital transformation of the Arctic oil and gas complex: new challenges and opportunities]. *Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo poriadka* [The North and the market: Forming the economic order], 2022, vol. 25, no. 1 (75), pp. 17–32. (In Russ.). DOI: 10.37614/2220-802X.1.2022.75.002.
3. Aznar-Sánchez J. A., Velasco-Muñoz J. F., Belmonte-Ureña L. J., Manzano-Agugliaro F. Innovation and technology for sustainable mining activity: A worldwide research assessment. *Journal of Cleaner Production*, 2019, (221), pp. 38–54.
4. van der Voet E., van Oers L., Verboon M., Kuipers K. Environmental Implications of Demand Scenarios for Metals, Methodology and Application to Seven Major Metals. *Journal of Industrial Ecology*, 2019, vol. 23 (1), pp. 141–155.
5. Mialeshka Yu. V. Tsifrovizatsiya predpriyatiya gornoi promyshlennosti kak faktor obespecheniya ego ekonomicheskoi bezopasnosti [Digitalization of the mining enterprise as a factor of ensuring its economic security]. *Tekhniko-tekhnologicheskie problemy servisa* [Technical and technological issues in the service sector], 2020, no. 2 (52), pp. 59–63. (In Russ.).
6. Golik V. I., Hadonov Z. M., Gabaraev O. Z. *Upravlenie tekhnologicheskimi kompleksami i ekonomicheskaya effektivnost' razrabotki rudnykh mestorozhdenii* [Industrial equipment management and economic efficiency of mine development]. Vladikavkaz, Terek, 2001, 391 p. (In Russ.).
7. *Nauchnye osnovy modernizatsii promyshlennogo razvitiya Severa i Arktiki Rossii* [Scientific foundations of industrial modernization in the North and the Arctic of Russia]. Apatity, FIC KNC RAN, 2018, 224 p. (In Russ.).
8. Tsukerman V. A., Goryachevskaya E. S. Otsenka promyshlennogo potentsiala gornodobyvayushchego sektora arkticheskikh regionov Rossii [The mining sector of the Russian Arctic: Industrial potential assessment]. *Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo poriadka* [The North and the market: Forming the economic order], 2023, vol. 26, no. 2 (80), pp. 38–54. (In Russ.). DOI:10.37614/2220-802X.2.2023.80.003.
9. Tatarkin A. I., Kornilkov S. V., Yakovlev V. L., Orlova E. A. Prognoz tekhnologicheskogo razvitiya v gornodobyvayushchikh otraslyakh na osnove modernizatsii tekhniki i tekhnologii gornogo proizvodstva [Forecast of technological development in ore mining branches on basis of modernization of technique and technology of mining practice]. *Ekonomika regiona* [Economy of the region], 2012, no. 4 (32), pp. 80–92. (In Russ.). DOI 10.17059/2012-4-7.
10. Choi Y., Song J. Review of photovoltaic and wind power systems utilized in the mining industry. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017, (75), pp. 1386–1391.
11. Lodhia S., Hess N. Sustainability accounting and reporting in the mining industry: current literature and directions for future research. *Journal of Cleaner Production*, 2014, (84), pp. 43–50.

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕЙ И СЕКТОРОВ ЭКОНОМИКИ НА СЕВЕРЕ И В АРКТИКЕ

12. Galiakhmetova M. R., Rusinova A. A. Osnovnye modeli modernizatsii promyshlennykh predpriyatii [Main models of modernization of industrial enterprises]. *Sotsial'no-ekonomicheskoe upravlenie: teoriya i praktika* [Socio-economic management: theory and practice], 2019, no. 2 (37), pp. 11–14. (In Russ.).
13. Zharov V. S., Zukerman V. A. Obosnovanie perspektiv innovatsionnogo razvitiya gornopromyshlennykh predpriyatii [Justification prospects of innovative development of mining and industrial enterprises]. *Ekonomika v promyshlennosti* [Russian Journal of Industrial Economics], 2012, no. 4, pp. 17–20. (In Russ.).
14. Cherepovitsyn A. E., Solov'eva V. M. Kontseptual'nye podkhody k formirovaniyu promyshlennoi politiki razvitiya otrasli redkozemel'nykh metallov [Conceptual approaches to create the industrial policy for rare-earth metal sector's development]. *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta* [News of the Ural State Mining University], 2022, no. 2 (66), pp. 122–134. (In Russ.). DOI:10.21440/2307-2091-2022-2-122-134.
15. Cherepovitsyn A., Solovyova V. Prospects for the Development of the Russian Rare-Earth Metal Industry in View of the Global Energy Transition-A Review. *Energies*, 2022, vol. 15, no. 1. DOI: 10.3390/en15010387.
16. Ivanter V. V., Komkov N. I. Sostoyanie i perspektivy innovatsionnogo razvitiya ekonomiki Rossii [State and Prospects of Innovative Development of Economy of Russia]. *MIR (Modernizatsiya. Innovatsii. Razvitie)* [MIR (Modernization. Innovation. Research)], 2018, vol. 8, no. 4, p. 5. (In Russ.).
17. Golov R., Narezhnaya T., Voytolovskiy N., Mylnik V., Zubeeva E. Model management of innovative development of industrial enterprises. *MATEC Web of Conferences*, 2018, 193, 05080.
18. Zharov V. S. Effekt innovatsionnogo nalogovogo rychaga i "kvazisamofinansirovanie" innovatsionnoi deyatel'nosti promyshlennykh predpriyatii [The effect of innovative tax lever and 'quasi' self-financing of innovative activities of industrial enterprises]. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU. Ekonomicheskie nauki* [St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics], 2017, vol. 10, no. 5, pp. 104–113. (In Russ.).
19. Vaino A. E., Kobayakov A. A. Otsenka vliyaniya faktorov na effektivnost' tipovykh variantov innovatsionnogo razvitiya gornopromyshlennogo proizvodstva [An assessment of the influence of factors on the efficiency of standard scenarios of innovation-driven development in mining]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal)* [Mining Information and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)], 2012, (4–10), pp. 14–19. (In Russ.).
20. Zakondyrin A. E. Sovershenstvovanie podkhodov k otsenke effektivnosti nailuchshikh dostupnykh tekhnologii [Improving approaches to assessing the effectiveness of the best available techniques]. *Drukerovskii vestnik* [Drukerovskij Vestnik], 2023, no. 1 (51), pp. 233–245. (In Russ.). DOI 10.17213/2312-6469-2023-1-233-245.
21. Skobelev D. O., Fedoseev S. V. Ustoichivoe razvitie i povyshenie konkurentosposobnosti promyshlennosti v Barentsevom Evro-Arkticheskom regione [Sustainable development and industrial enterprises competitiveness increasing in the Barents Euro-Arctic region]. *Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo poryadka* [The North and the market: Forming the economic order], 2021, vol. 24, no. 2 (72), pp. 7–19. (In Russ.). DOI:10.37614/2220-802X.2.2021.72.001.
22. Bragina A. V. *Tekhnologicheskaya modernizatsiya promyshlennogo predpriyatiya s ispol'zovaniem tekhnologii skvoznogo planirovaniya: dis. ... kand. ekonom. nauk* [Technology modernization of an industrial enterprise with the use of the end-to-end planning technology. A PhD (Economics) thesis]. Kursk, 2021, 153 p. (In Russ.).
23. Brink I. Yu., Kolbachev E. B., Sirotkin A. Yu. Upravlenie modernizatsiei proizvodstvennykh sistem promyshlennykh predpriyatii [Management of production system modernization in industrial enterprises]. *Vestnik Yuzhno-Rossiiskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Novocherkasskogo politekhnicheskogo instituta). Seriya: Sotsial'no-ekonomicheskie nauki* [Bulletin of the South Russian State Technical University (Novocherkassk Polytechnic Institute). Series: Socio-Economic Sciences], 2010, no. 4, pp. 4–17. (In Russ.).
24. Doroshenko Yu. A., Klimashevskaya A. A. Tekhnologicheskaya modernizatsiya predpriyatiya kak faktor povysheniya ego konkurentosposobnosti [Technological modernization of the enterprise as a factor of increase of its competitiveness]. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V. G. Shukhova* [Bulletin of Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov], 2016, no. 4, pp. 186–190. (In Russ.).
25. Klimashevskaya A. A. *Otsenka rezul'tativnosti tekhnologicheskoi modernizatsii predpriyatii i otraslei promyshlennosti: dis. ... kand. ekonom. nauk* [An assessment of the efficiency of technology modernization in enterprises and industries. A PhD (Economics) thesis]. Ekaterinburg, 2019, 252 p. (In Russ.).
26. Sal'nikova Yu. K. O nekotorykh aspektakh formirovaniya mekhanizma upravleniya modernizatsiei predpriyatii v ramkakh integrirovannykh biznes-grupp [About some aspects of the development of enterprises modernization management tool within the integrated business-groups]. *Problemy ekonomiki i menedzhmenta* [Problems of economics and management], 2016, no. 5 (57), pp. 98–110. (In Russ.).

**ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕЙ И СЕКТОРОВ ЭКОНОМИКИ НА СЕВЕРЕ И В АРКТИКЕ**

---

27. Smirnov A. A., Nikitin I. V. Features of technological modernization at mining enterprises with underground method of ore extraction. *Problemi nedropolzovania* [Problems of subsurface use], 2020, (4).
28. Zharov V. S. Sistema stimulirovaniya innovatsionnoi aktivnosti promyshlennykh predpriyatii Arkticheskoi zony Rossiiskoi Federatsii [A system for stimulating innovation activity in industrial enterprises of the Arctic zone of the Russian Federation]. *Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo poriadka* [The North and the market: Forming the economic order], 2016, no. 2, pp. 105–114. (In Russ.).
29. Ainbinder I. I. Modernization of underground mining of ores at deep depths. *Gornyi Zhurnal* [Mining Magazine], 2016, (12), pp. 51–55.
30. Ponomarenko T., Larichkin F., Shchetinina K. Methodological Approach to Assessing the Value of the Project on the Development of a Deposit and the Creation of Value-Added Chains. *Ekonomicheskie i social'nye peremeny: fakty, tendencii, prognoz* [Economic and social changes: facts, trends, forecast], 2017, no. 4 (52).

**Об авторах:**

А. Ю. Абрашитов — стажер-исследователь;

В. С. Жаров — докт. экон. наук, главный научный сотрудник.

**About the authors:**

A. Yu. Abrashitov — Research Intern;

V. S. Zharov — DSc. (Economics), Chief Researcher.

Статья поступила в редакцию 24 августа 2023 года.

Статья принята к публикации 28 октября 2023 года.

The article was submitted on August 24, 2023.

Accepted for publication on October 28, 2023.