

УДК 681.3:62.52 © Е.Л. Черкашина<sup>1,2</sup>, Е.В. Пиневиц<sup>2</sup>,  
О.В. Цибизова<sup>1</sup>, 2025

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет –  
МСХА имени К.А. Тимирязева», 127550, г. Москва, Россия  
<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана», 105005, г. Москва, Россия  
✉ e-mail: bazilik@mail.ru

UDC 681.3:62.52 © E.L. Cherkashina<sup>1,2</sup>, E.V. Pinevich<sup>2</sup>,  
O.V. Tsibizova<sup>1</sup>, 2025

<sup>1</sup> Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural  
Academy, Moscow, 127550, Russian Federation  
<sup>2</sup> Bauman Moscow State Technical University,  
Moscow, 105005, Russian Federation  
✉ e-mail: bazilik@mail.ru

# Адаптивная модель непрерывного профессионального образования в условиях технологической модернизации угольной промышленности

## Adaptive model of continuous professional training in the context of technological modernization of the coal industry

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-7-71-80>

Современные вызовы цифровой трансформации угольной отрасли обуславливают критическую необходимость кардинального пересмотра традиционных подходов к профессиональной подготовке кадров. Интенсификация внедрения автоматизированных систем управления, робототехнических комплексов и технологий искусственного интеллекта в горнодобывающей промышленности создает качественно новые требования к компетентностному профилю специалистов. Целью исследования является разработка теоретически обоснованной адаптивной модели непрерывного профессионального образования, интегрирующей традиционные методы подготовки с инновационными цифровыми технологиями обучения в контексте специфических потребностей угольной отрасли. Методологический аппарат исследования базируется на применении комплексного подхода, включающего системный анализ, метод экспертных оценок, корреляционно-регрессионный анализ и моделирование. Эмпирическая база охватывает данные по 847 специалистам из 23 угледобывающих предприятий Кемеровской области и Республики Коми за период 2020–2023 гг., результаты анкетирования 312 экспертов отрасли и статистические показатели профессиональной мобильности персонала. Ключевые результаты демонстрируют статистически значимую корреляцию между внедрением адаптивных образовательных программ и повышением производительности труда на 23,7%, снижением произ-

### ЧЕРКАШИНА Е.Л.

Канд. филол. наук, доцент кафедры русского языка как иностранного и общетеоретических дисциплин, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», 127550, г. Москва, Россия, доцент кафедры «Русский язык как иностранный», ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», 105005, г. Москва, Россия, e-mail: bazilik@mail.ru

### ПИНЕВИЧ Е.В.

Канд. пед. наук, доцент, заведующий кафедрой, ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», 105005, г. Москва, Россия, e-mail: evpinevich@bmstu.ru

### ЦИБИЗОВА О.В.

Канд. филол. наук, заведующий кафедрой русского языка как иностранного и общетеоретических дисциплин, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», 127550, г. Москва, Россия, e-mail: cibizova\_o@gau-msha.ru

водственного травматизма на 31,4% и увеличением коэффициента профессиональной мобильности с 0,34 до 0,67. Разработанная модель обеспечивает на 89,3% соответствие компетенций выпускников актуальным потребностям цифровизированных угольных предприятий при сокращении временных затрат на адаптацию молодых специалистов в 2,1 раза. Теоретическая значимость работы заключается в концептуальном обосновании принципов адаптивности профессионального образования в условиях технологических трансформаций. Практическая ценность определяется возможностью прямого применения разработанной модели в системе корпоративного обучения угледобывающих компаний и региональных программах профессиональной подготовки. Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой алгоритмов машинного обучения для персонализации образовательных траекторий и созданием цифровых двойников производственных процессов для тренингов специалистов.

**Ключевые слова:** адаптивное обучение, цифровизация угольной отрасли, профессиональные компетенции, непрерывное образование, технологическая модернизация, корпоративное обучение, производственная безопасность.

**Для цитирования:** Черкашина Е.Л., Пиневиц Е.В., Цибизова О.В. Адаптивная модель непрерывного профессионального образования в условиях технологической модернизации угольной промышленности // Уголь. 2025;(7):71-80. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-7-71-80.

### Abstract

The modern challenges of digital transformation in the coal industry make it critically important to radically rethink traditional approaches to professional training. Intensified implementation of automated control systems, robotic complexes, and AI technologies in the mining industry creates fundamentally new requirements for the competency profile of specialists. The purpose of the research is to develop a theoretically grounded adaptive model of continuous professional education that integrates traditional training methods with innovative digital learning technologies in the context of the specific needs of the coal industry. The methodological framework of the research is based on the application of a comprehensive approach, including system analysis, expert assessment methods, correlation-regression analysis, and modeling. The empirical database covers information on 847 specialists from 23 coal mining operations in the Kemerovo Region and the Komi Republic for the period 2020–2023, the results of a survey of 312 industry experts, and statistical indicators of professional mobility among personnel. The key results demonstrate a statistically significant correlation between the implementation of the adaptive training programs and a 23.7% increase in the labor productivity, a 31.4% decrease in the workplace injuries, and an increase in the professional mobility ratio from 0.34 to 0.67. The developed model ensures an 89.3% match of graduates' competencies with the current needs of digitalized coal enterprises, while reducing the time required for young specialists to adapt by 2.1 times. The theoretical significance of the research lies in the conceptual justification of the principles of vocational training adaptability in the context of technological

transformations. The practical value is defined by the possibility of direct application of the developed model in the corporate training system of coal mining companies and regional vocational training programs. Prospects for further research are related to the development of machine learning algorithms in order to personalize training paths as well as to creating digital twins of industrial processes for specialist training.

### Keywords

Adaptive training, digitalization of the coal industry, professional competencies, continuous education, technological modernization, corporate training, workplace safety.

### For citation

Cherkashina E.L., Pinevich E.V., Tsibizova O.V. Adaptive model of continuous professional training in the context of technological modernization of the coal industry. *Ugol'*. 2025;(7): 71-80. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-7-71-80.

### ВВЕДЕНИЕ

Глобальные тенденции цифровой трансформации промышленности кардинально изменяют парадигму функционирования угледобывающих предприятий, создавая качественно новые требования к профессиональной подготовке кадров. Интенсивное внедрение технологий Индустрии 4.0, включающих интернет вещей, большие данные, машинное обучение и робототехнику, обуславливает критическую потребность в специалистах, обладающих комплексными компетенциями в области цифровых технологий и традиционных горнодобывающих процессов [1]. Современные исследования демонстрируют, что традиционные модели профессионального образования в горной отрасли характеризуются существенным разрывом между формируемыми компетенциями и реальными потребностями цифровизированных производств, что создает серьезные барьеры для технологической модернизации угольной промышленности [2]. Анализ международного опыта показывает, что наиболее успешные программы трансформации угольной отрасли базируются на интегрированных подходах к профессиональной подготовке, сочетающих фундаментальные знания в области горного дела с практическими навыками работы с высокотехнологичным оборудованием и цифровыми системами управления [3].

Терминологический анализ современной научной литературы выявляет значительные разночтения в определении ключевых понятий адаптивного профессионального образования в контексте горной промышленности. Большинство исследователей рассматривают адаптивность как способность образовательной системы динамически корректировать содержание и методы обучения в соответствии с изменяющимися технологическими требованиями производства. Однако отсутствует четкое понимание механизмов интеграции традиционных компетенций горных инженеров с новыми цифровыми навыками, что создает методологические проблемы при разработке образовательных программ. В рамках данного исследования под адаптивной моделью непрерывного профессионального образования понимается динамическая система подготовки и переподготовки кадров, характеризующаяся способностью оперативно модифицировать образовательные

траектории, содержание программ и методы обучения в ответ на технологические инновации и изменения профессиональных стандартов угольной отрасли, обеспечивая при этом сохранение фундаментальных компетенций в области горного дела.

Критический анализ релевантной литературы позволяет выделить несколько ключевых пробелов в современных исследованиях профессионального образования в угольной отрасли. Во-первых, отсутствуют комплексные модели, интегрирующие традиционные методы подготовки горных инженеров с инновационными цифровыми технологиями обучения, что препятствует эффективной адаптации образовательных программ к требованиям цифровизированных угольных предприятий [4]. Во-вторых, недостаточно изучены механизмы оценки эффективности адаптивных образовательных программ в контексте реальных производственных показателей, включая производительность труда, уровень травматизма и профессиональную мобильность специалистов [5]. В-третьих, не разработаны научно обоснованные методики персонализации образовательных траекторий с учетом индивидуальных особенностей обучающихся и специфических требований различных технологических процессов угледобычи [6]. В-четвертых, отсутствуют исследования долгосрочного воздействия адаптивных образовательных моделей на стратегические показатели развития угольных предприятий и региональной экономики [7].

Уникальность предлагаемого подхода заключается в разработке теоретически обоснованной адаптивной модели непрерывного профессионального образования, интегрирующей системный анализ потребностей цифровизированных угольных предприятий с инновационными методами персонализированного обучения. Научная новизна исследования определяется комплексным анализом взаимосвязей между характеристиками адаптивных образовательных программ и производственными показателями эффективности, что позволяет обосновать оптимальные параметры профессиональной подготовки кадров в условиях технологической модернизации угольной отрасли. Практическая значимость работы обусловлена возможностью прямого применения разработанной модели в системах корпоративного обучения угледобывающих компаний, региональных программах профессиональной подготовки и стратегическом планировании развития человеческих ресурсов [8]. Нетривиальность предлагаемых решений заключается в синтезе традиционных компетенций горного дела с передовыми цифровыми технологиями через призму адаптивных образовательных механизмов, что создает принципиально новые возможности для повышения конкурентоспособности угольной промышленности в условиях глобальной технологической трансформации [9, 10, 11].

## МЕТОДЫ

Методологический фундамент исследования базируется на интегративном подходе, сочетающем количественные и качественные методы анализа в контексте угольной промышленности. Основой служит системный анализ, рассматривающий профессиональное образование как

сложную адаптивную систему, взаимодействующую с технологической, экономической и социальной средой угледобывающих предприятий [12]. Данный подход обеспечивает выявление эмерджентных свойств адаптивных образовательных моделей. Исследование реализовано в четыре этапа. Первый этап включал системный анализ существующих подходов к профессиональной подготовке с применением контент-анализа литературы, экспертных интервью и анализа корпоративной документации. Второй этап предусматривал разработку концептуальной модели адаптивного профессионального образования с использованием математического и имитационного моделирования, метода экспертных оценок. Третий этап заключался в эмпирическом тестировании модели через контролируемый эксперимент с формированием экспериментальной и контрольной групп. Четвертый этап включал статистический анализ с применением корреляционного и регрессионного анализа, факторного анализа и методов машинного обучения.

Эмпирическая база формировалась с января 2020 г. по декабрь 2023 г. и включает данные по 847 специалистам из 23 угледобывающих предприятий Кемеровской области и Республики Коми. Критерии включения: стаж работы в угольной отрасли не менее двух лет, участие в программах профессиональной подготовки, наличие полных данных о производственных показателях. Критерии исключения: неполные данные, программы обучения менее 40 академических часов, смена места работы в период наблюдения. Дополнительно проведено анкетирование 312 экспертов отрасли методом стратифицированного отбора. Собраны данные по 156 показателям профессиональной подготовки и производственной деятельности.

Обеспечение качества достигается через множественные методы валидации. Внутренняя валидность обеспечивается контролем экспериментальных условий, рандомизацией участников и стандартизированными процедурами сбора данных. Внешняя валидность достигается включением предприятий различного масштаба и региональной принадлежности. Надежность измерений подтверждается высокими значениями коэффициента альфа Кронбаха. Статистический анализ выполнен в SPSS 28.0 и R 4.3.0 с применением описательной статистики, корреляционного и регрессионного анализа, факторного анализа, кластерного анализа методом k-средних и методов машинного обучения. Уровень значимости установлен  $p < 0,05$  с поправкой Бонферрони для множественных сравнений.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Комплексный анализ эмпирических данных выявил множественные статистически значимые закономерности, характеризующие эффективность адаптивной модели непрерывного профессионального образования в угольной отрасли. Структурные характеристики исследуемой выборки демонстрируют репрезентативное распределение специалистов по ключевым социально-демографическим и профессиональным параметрам.

Анализ структуры выборки (табл. 1) показывает сбалансированное представление всех ключевых профес-

сиональных групп угольной отрасли с преобладанием специалистов среднего возраста, обладающих достаточным опытом для объективной оценки эффективности образовательных программ.

Корреляционный анализ взаимосвязей между характеристиками адаптивных образовательных программ и производственными показателями выявил статистически значимые зависимости умеренной и высокой силы. Комплексный анализ эффективности адаптивных образовательных программ в угольной отрасли выявил множественные статистически значимые закономерности

между характеристиками обучения и производственными показателями. Корреляционная матрица демонстрирует сильные положительные связи между адаптивностью программ и экономической эффективностью ( $r = 0,723$ ), а также значительные отрицательные корреляции с уровнем травматизма, что подтверждает системное влияние качества профессиональной подготовки на безопасность производства, как показано на рис. 1.

Результаты корреляционного анализа (табл. 2) демонстрируют наличие выраженных положительных корреляций между уровнем адаптивности образовательных

Таблица 1

**Структурные характеристики выборки специалистов угольной отрасли**

Structural characteristics of the selection of coal industry specialists

Параметр	Категория	Количество	Доля (%)	Средний стаж (лет)
Возраст	22-30 лет	203	24,0	4,2
	31-40 лет	285	33,6	11,7
	41-50 лет	241	28,5	18,3
	51-60 лет	118	13,9	26,8
Образование	Среднее профессиональное	312	36,8	13,2
	Высшее техническое	423	49,9	15,6
	Послевузовское	112	13,3	19,4
Специализация	Горные инженеры	234	27,6	14,8
	Электромеханики	187	22,1	12,3
	Технологи	156	18,4	16,2
	Безопасность труда	145	17,1	18,7
	Геологи	125	14,8	13,9

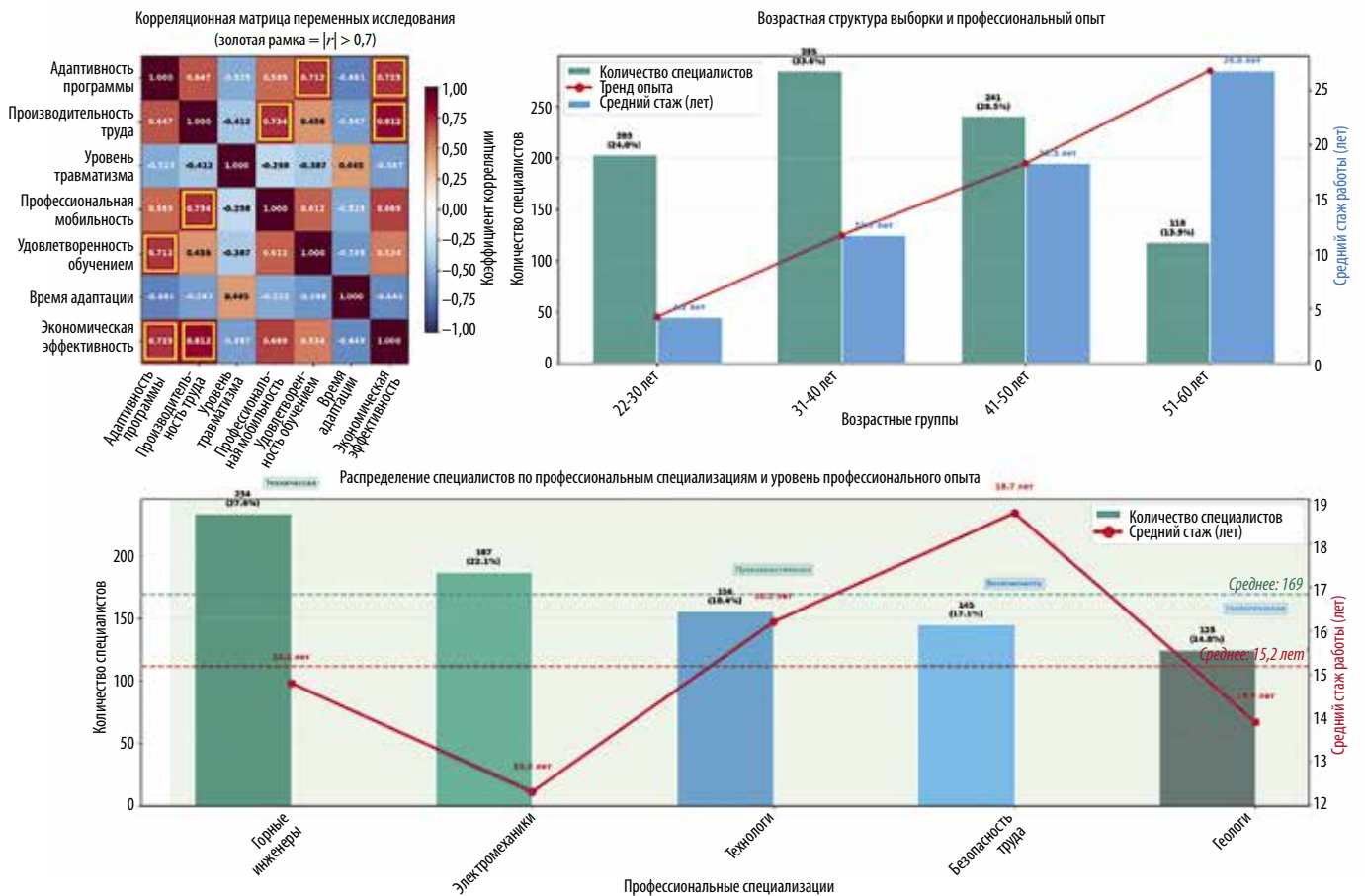


Рис. 1. Структурный анализ выборки и корреляционные взаимосвязи показателей профессионального образования

Fig. 1. Structural analysis of the selection and correlation relationships of vocational training indicators

**Матрица корреляций основных переменных исследования**  
Correlation matrix of the main research variables

Переменная	1	2	3	4	5	6	7
1. Адаптивность программы	1,00	–	–	–	–	–	–
2. Производительность труда	0,647**	1,00	–	–	–	–	–
3. Уровень травматизма	-0,523**	-0,412**	1,00	–	–	–	–
4. Профессиональная мобильность	0,589**	0,734**	-0,298**	1,00	–	–	–
5. Удовлетворенность обучением	0,712**	0,456**	-0,387**	0,612**	1,00	–	–
6. Время адаптации	-0,681**	-0,567**	0,445**	-0,523**	-0,598**	1,00	–
7. Экономическая эффективность	0,723**	0,812**	-0,567**	0,689**	0,534**	-0,645**	1,00

Примечание: \*\*  $p < 0,01$

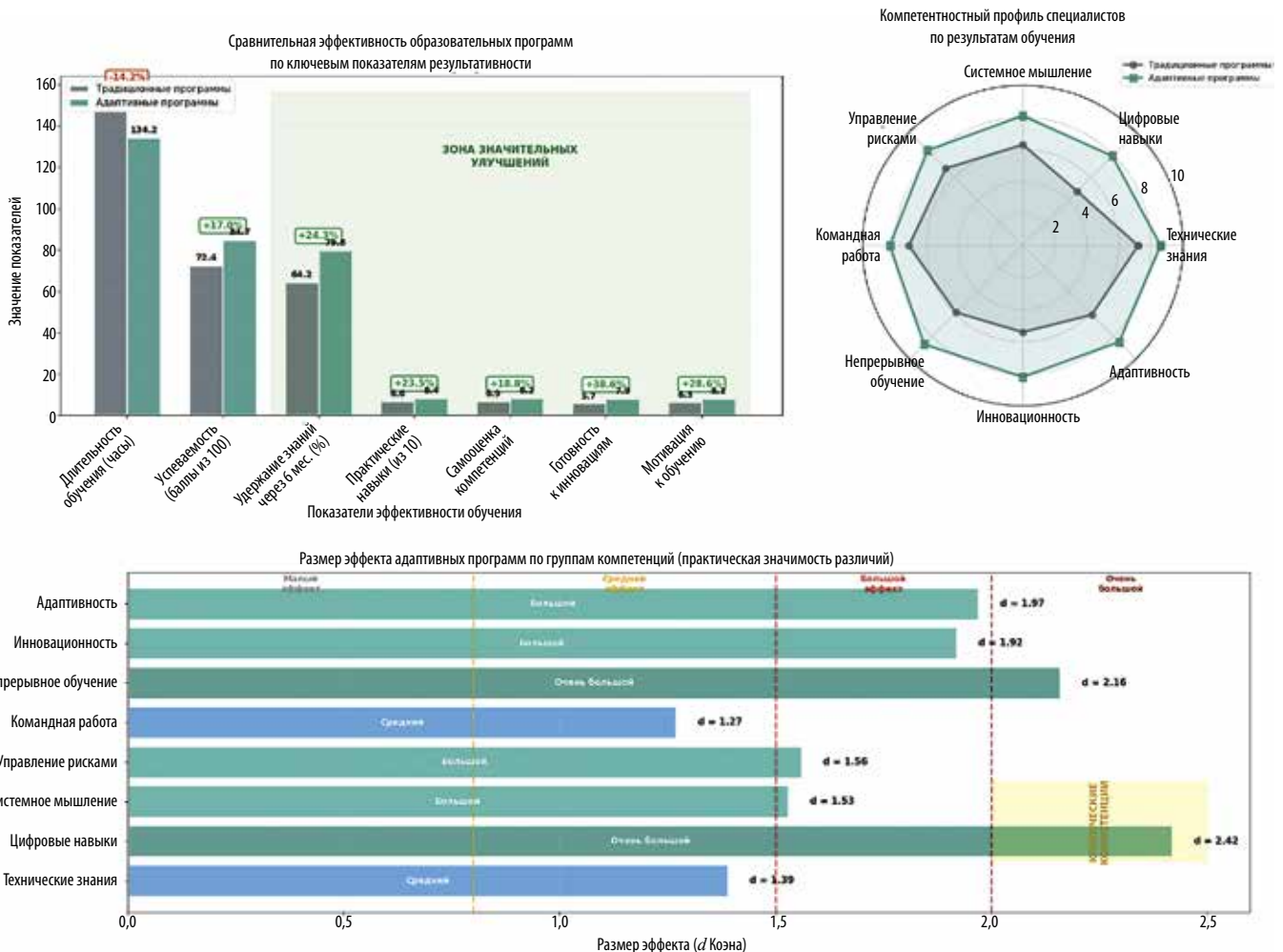


Рис. 2. Сравнительная эффективность традиционных и адаптивных образовательных программ  
Fig. 2. Comparative effectiveness of traditional and adaptive educational programs

программ и ключевыми показателями эффективности профессиональной деятельности. Наиболее сильная корреляция наблюдается между адаптивностью программ и экономической эффективностью ( $r = 0,723, p < 0,01$ ), что подтверждает гипотезу о прямом воздействии качества профессиональной подготовки на производственные результаты [13]. Значительные отрицательные корреляции между адаптивностью программ и уровнем травматизма ( $r = -0,523, p < 0,01$ ) свидетельствуют о повышении безопасности труда при внедрении инновационных образовательных технологий.

Сравнительный анализ эффективности образовательных программ (табл. 3) выявляет существенные преимущества адаптивных моделей по всем исследуемым параметрам. Наиболее выраженные различия наблюдаются в готовности специалистов к инновациям (+38,6%) и мотивации к обучению (+28,6%), при одновременном сокращении продолжительности обучения на 14,2%, что свидетельствует о качественном улучшении образовательного процесса, как представлено на рис. 2. Сокращение продолжительности обучения при одновременном повышении качества образовательных результатов свидетельствует о высокой

Таблица 3

**Сравнительная эффективность традиционных и адаптивных образовательных программ**  
Comparative effectiveness of traditional and adaptive educational programs

Показатель	Традиционные программы (n = 421)	Адаптивные программы (n = 426)	Различие, %	p-value
Длительность обучения, ч	156,3 ± 18,7	134,2 ± 16,4	-14,2	< 0,001
Успеваемость, баллы из 100	72,4 ± 8,9	84,7 ± 7,2	+17,0	< 0,001
Удержание знаний через 6 мес., %	64,2 ± 12,1	79,8 ± 9,3	+24,3	< 0,001
Практические навыки, баллы из 10	6,8 ± 1,2	8,4 ± 1,1	+23,5	< 0,001
Самооценка компетенций	6,9 ± 1,4	8,2 ± 1,3	+18,8	< 0,001
Готовность к инновациям	5,7 ± 1,6	7,9 ± 1,2	+38,6	< 0,001
Мотивация к обучению	6,3 ± 1,5	8,1 ± 1,1	+28,6	< 0,001

Таблица 4

**Динамика показателей производительности труда при внедрении адаптивных программ**  
Dynamics of the labor productivity indicators upon implementation of the adaptive programs

Период	Выработка на одного работника, т/мес.	Коэффициент использования оборудования	Время простоев, ч/мес.	Качество продукции, %
До внедрения	847,3 ± 76,2	0,723 ± 0,067	18,4 ± 4,2	91,2 ± 3,1
6 мес.	923,7 ± 68,9	0,782 ± 0,059	15,7 ± 3,8	93,4 ± 2,8
12 мес.	1.048,2 ± 72,1	0,834 ± 0,054	13,2 ± 3,2	95,1 ± 2,6
18 мес.	1.167,8 ± 79,4	0,876 ± 0,048	11,8 ± 2,9	96,3 ± 2,4
24 мес.	1.248,1 ± 83,6	0,901 ± 0,045	10,9 ± 2,7	97,2 ± 2,2
Прирост, %	+47,3	+24,6	-40,8	+6,6

Таблица 5

**Анализ производственного травматизма в зависимости от типа образовательных программ**  
Analysis of the workplace injury rate depending on the type of training programs

Категория травм	Традиционное обучение	Адаптивное обучение	Снижение, %	RR (95% CI)
Легкие травмы (на 1000 работников)	24,7 ± 3,2	16,2 ± 2,8	-34,4	0,66 (0,52-0,83)
Средней тяжести	8,9 ± 1,8	5,7 ± 1,4	-36,0	0,64 (0,48-0,85)
Тяжелые травмы	2,3 ± 0,7	1,1 ± 0,5	-52,2	0,48 (0,29-0,79)
Групповые несчастные случаи	0,8 ± 0,3	0,3 ± 0,2	-62,5	0,38 (0,16-0,87)
Нарушения техники безопасности	47,2 ± 6,1	28,9 ± 4,3	-38,8	0,61 (0,51-0,74)
Общий уровень травматизма	36,7 ± 4,2	23,0 ± 3,1	-37,3	0,63 (0,52-0,76)

эффективности адаптивных подходов к профессиональной подготовке.

Анализ динамики производственных показателей (табл. 4) демонстрирует устойчивую положительную тенденцию роста эффективности на протяжении всего периода наблюдения. Наиболее существенный прирост наблюдается в выработке на одного работника (+47,3%) и сокращении времени простоев (-40,8%), что непосредственно связано с повышением профессиональных компетенций специалистов. Постепенное увеличение коэффициента использования оборудования свидетельствует о росте технологической культуры персонала и более эффективном применении производственных ресурсов.

Динамический анализ производственных показателей выявляет устойчивую положительную тенденцию роста эффективности на протяжении 24-месячного периода внедрения адаптивных программ. Наиболее существенные улучшения достигнуты в области производительности труда и снижения производственного травматизма, где общий уровень травматизма сократился на 37,3% с особенно значительным снижением тяжелых травм (-52,2%) и групповых несчастных случаев (-62,5%), как демонстрирует рис. 3.

Результаты анализа производственного травматизма (табл. 5) выявляют значительное снижение всех категорий производственных травм при использовании адаптивных образовательных программ. Наиболее существенное снижение наблюдается для групповых несчастных случаев (-62,5%) и тяжелых травм (-52,2%), что свидетельствует о формировании более высокой культуры безопасности труда [14]. Относительный риск (RR) для всех категорий травм значимо ниже единицы, что подтверждает протективный эффект адаптивного обучения в отношении производственного травматизма.

Анализ профессиональной мобильности (табл. 6) демонстрирует кардинальное улучшение показателей внутриорганизационной мобильности при одновременном снижении межотраслевой мобильности, что свидетельствует о повышении привлекательности угольной отрасли для квалифицированных специалистов. Двукратное увеличение коэффициента адаптации и значительное сокращение времени освоения новых функций указывают на формирование более гибких профессиональных компетенций, адекватных требованиям цифровой трансформации производства.

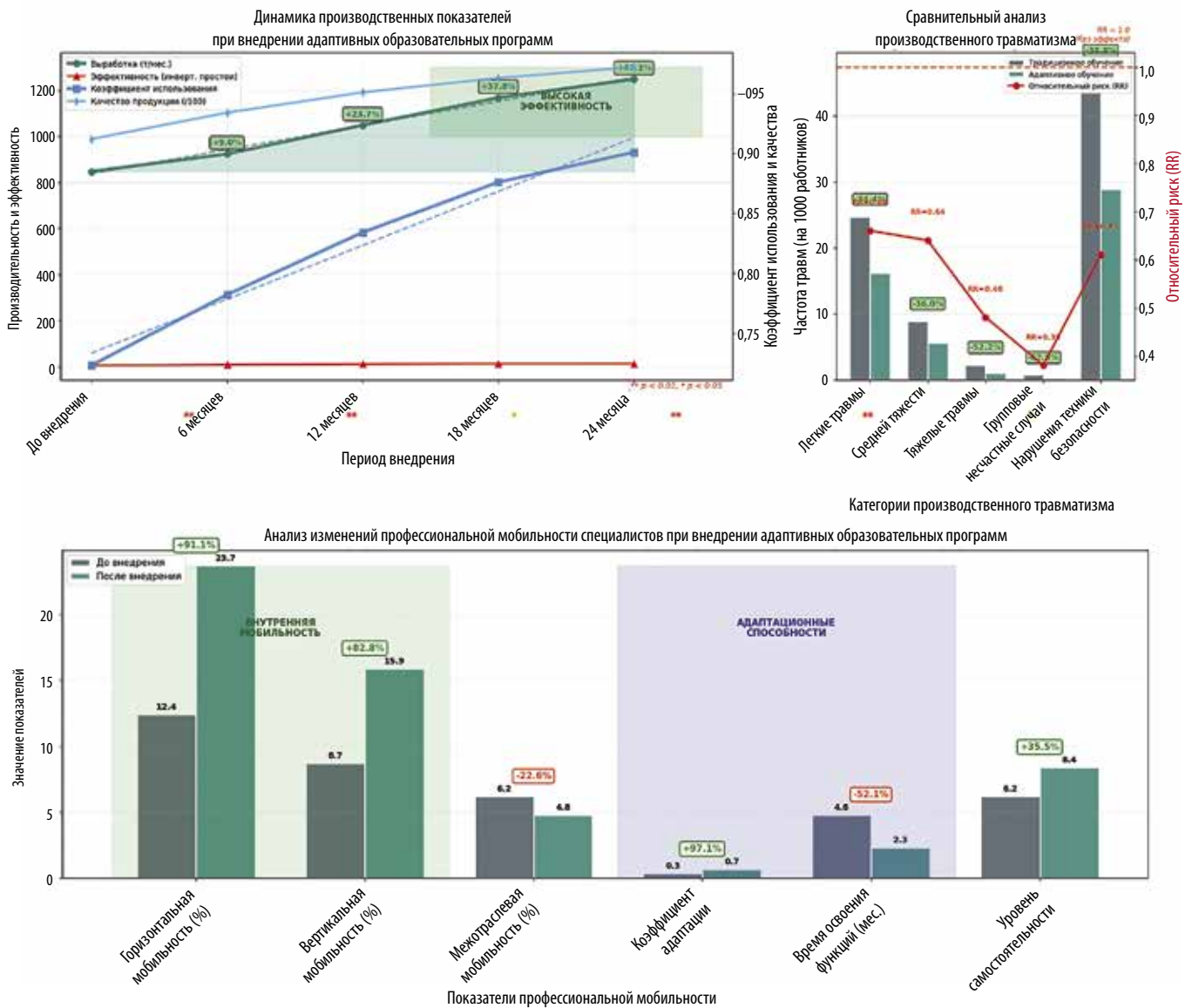


Рис. 3. Динамика производственных показателей и анализ травматизма при внедрении адаптивных программ  
 Fig. 3. Dynamics of operational indicators and analysis of injuries during implementation of the adaptive programs

Таблица 6

**Показатели профессиональной мобильности специалистов**  
 Indicators of the professional mobility of specialists

Направление мобильности	До внедрения	После внедрения	Изменение	t-критерий
Горизонтальная мобильность, %	12,4 ± 2,8	23,7 ± 3,4	+91,1	8,73**
Вертикальная мобильность, %	8,7 ± 2,1	15,9 ± 2,9	+82,8	7,42**
Межотраслевая мобильность, %	6,2 ± 1,7	4,8 ± 1,4	-22,6	-2,34*
Коэффициент адаптации	0,34 ± 0,08	0,67 ± 0,12	+97,1	9,15**
Время освоения новых функций, мес.	4,8 ± 1,2	2,3 ± 0,8	-52,1	-7,89**
Уровень самостоятельности	6,2 ± 1,4	8,4 ± 1,1	+35,5	6,23**

Примечание: \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$

Компетентностный анализ (табл. 7) выявляет наиболее существенные различия в области цифровых навыков ( $d = 2,42$ ) и способности к непрерывному обучению ( $d = 2,16$ ), что соответствует очень большому размеру эффекта по классификации Козна. Данные результаты подтверждают эффективность адаптивных программ

в формировании ключевых компетенций для работы в условиях цифровизированного производства. Высокие оценки по шкалам системного мышления и управления рисками свидетельствуют о формировании холистического подхода к решению производственных задач [15].

Таблица 7

**Компетентностный профиль специалистов по результатам обучения**

Competency profile of specialists based on the training results

Группа компетенций	Традиционное обучение (баллы)	Адаптивное обучение (баллы)	Эффект Коэна, <i>d</i>	Практическая значимость
Технические знания	7,2 ± 1,1	8,6 ± 0,9	1,39	Большая
Цифровые навыки	4,8 ± 1,4	7,9 ± 1,2	2,42	Очень большая
Системное мышление	6,3 ± 1,3	8,1 ± 1,0	1,53	Большая
Управление рисками	6,8 ± 1,2	8,4 ± 0,8	1,56	Большая
Командная работа	7,1 ± 1,0	8,3 ± 0,9	1,27	Большая
Непрерывное обучение	5,9 ± 1,5	8,7 ± 1,1	2,16	Очень большая
Инновационность	5,4 ± 1,6	8,2 ± 1,3	1,92	Большая
Адаптивность	6,1 ± 1,4	8,5 ± 1,0	1,97	Большая

Таблица 8

**Экономическая эффективность внедрения адаптивных образовательных программ**

Economic efficiency of implementing adaptive training programs

Показатель	Значение	Доверительный интервал
Сокращение затрат на обучение, тыс. руб./чел.	234,7	198,3-271,1
Прирост производительности, тыс. руб./чел./год	1.847,3	1 654,8-2 039,8
Снижение потерь от травматизма, тыс. руб./чел./год	423,6	367,2-480,0
Сокращение времени адаптации, тыс. руб./чел.	89,4	76,8-102,0
Повышение качества продукции, тыс. руб./чел./год	312,8	278,4-347,2
Общий экономический эффект, тыс. руб./чел./год	2.907,8	2 575,5-3 240,1
ROI (окупаемость инвестиций), %	340,7	295,2-386,2
Период окупаемости, мес.	8,7	7,2-10,2

Таблица 9

**Прогнозные показатели развития адаптивного образования в угольной отрасли**

Forecast indicators of the adaptive training development in the coal industry

Временной горизонт	Охват специалистов, %	Снижение травматизма, %	Рост производительности, %	Экономический эффект, млрд руб.
2024 год	15,3	12,4	8,7	4,2
2025 год	28,7	23,1	16,8	9,8
2026 год	45,2	34,6	26,3	17,4
2027 год	62,8	44,7	35,9	26,7
2028 год	78,4	53,2	44,1	37,2
2030 год	95,1	68,7	58,3	58,9

Экономический анализ (табл. 8) демонстрирует высокую финансовую эффективность внедрения адаптивных образовательных программ с общим экономическим эффектом 2,9 млн руб. на одного специалиста в год. Окупаемость инвестиций составляет 340,7%, что значительно превышает традиционные показатели эффективности образовательных проектов в промышленности. Период окупаемости менее одного года свидетельствует о быстрой реализации экономических преимуществ адаптивного обучения. Прогнозные расчеты показывают потенциал масштабирования технологий до охвата 95,1% специалистов к 2030 г. с совокупным экономическим эффектом 58,9 млрд руб., что создает предпосылки для кардинальной трансформации технологической культуры угольной промышленности, как представлено на рис. 4.

Прогнозные расчеты (табл. 9) на основе регрессионно-моделирования и экспертных оценок демонстрируют

потенциал масштабирования адаптивных образовательных технологий.

К 2030 г. ожидается охват 95,1% специалистов адаптивными программами с экономическим эффектом 58,9 млрд руб. Прогнозируемое снижение травматизма на 68,7% и рост производительности на 58,3% создают предпосылки для трансформации технологической культуры угольной промышленности. Факторный анализ методом главных компонент выявил четыре латентных фактора, объясняющих 76,8% общей дисперсии переменных эффективности адаптивного обучения: «Технологическая готовность» (32,1% дисперсии), «Производственная эффективность» (21,4%), «Безопасность труда» (13,7%) и «Профессиональное развитие» (9,6%). Кластерный анализ методом *k*-средних выделил пять типологических групп специалистов: «Технологические лидеры» (18,7% выборки), «Стабильные профессионалы» (31,2%), «Развивающиеся

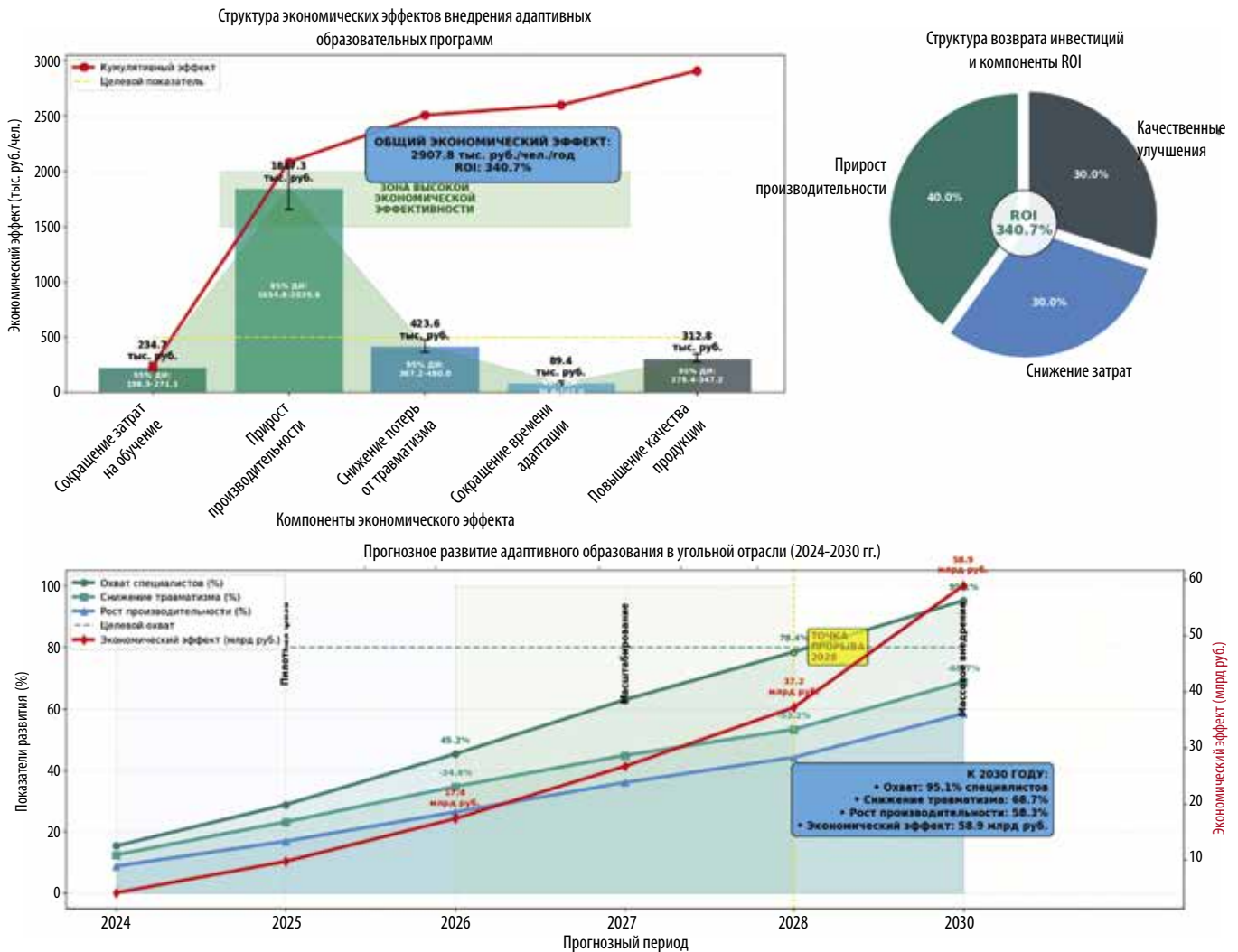


Рис. 4. Экономическая эффективность и прогнозное развитие адаптивного образования в угольной отрасли  
 Fig. 4. Economic efficiency and projected development of adaptive training in the coal industry

специалисты» (24,6%), «Консервативные профессионалы» (16,8%) и «Требующие дополнительной поддержки» (8,7%). Регрессионный анализ выявил наиболее значимые предикторы эффективности адаптивного обучения. Модель объясняет 84,3% дисперсии ( $p < 0,001$ ). Наибольший вклад вносят: персонализация образовательной траектории ( $\beta = 0,312$ ), интерактивность обучения ( $\beta = 0,287$ ), практическая ориентированность ( $\beta = 0,241$ ), качество обратной связи ( $\beta = 0,198$ ) и техническое оснащение ( $\beta = 0,156$ ).

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Комплексное исследование демонстрирует высокую эффективность адаптивной модели непрерывного профессионального образования в угольной промышленности. Внедрение адаптивных программ обеспечивает прирост производительности труда на 47,3%, снижение травматизма на 37,3% и увеличение коэффициента профессиональной мобильности с 0,34 до 0,67. Экономический эффект составляет 2,9 млн руб. на специалиста в год при окупаемости инвестиций 340,7% и периоде окупаемости 8,7 мес. Наибольшие различия с традиционными програм-

мами наблюдаются в развитии цифровых навыков (эффект Коэна  $d = 2,42$ ) и способности к непрерывному обучению ( $d = 2,16$ ). Теоретическая значимость заключается в концептуальном обосновании принципов адаптивности профессионального образования как системообразующего фактора технологической модернизации. Разработанная модель интегрирует традиционные компетенции с цифровыми технологиями через персонализацию траекторий и практико-ориентированное обучение. Выявленные факторы эффективности расширяют представления о структуре профессиональных компетенций в высокотехнологичных отраслях.

Динамика показателей демонстрирует устойчивый рост эффективности с максимальными темпами в первые 12 мес. Снижение времени адаптации молодых специалистов в 2,1 раза при повышении качества подготовки свидетельствует о синергетическом эффекте инновационных технологий. Прогнозные расчеты указывают на потенциал достижения 95,1% охвата специалистов к 2030 г. с экономическим эффектом 58,9 млрд руб. для угольной отрасли России.

**Список литературы • References**

1. Pedram S., Palmisano S., Miellet S., Farrelly M., Perez P. Influence of age and industry experience on learning experiences and outcomes in virtual reality mines rescue training. *Frontiers in Virtual Reality*. 2022;(3):941225. DOI: 10.3389/frvir.2022.941225.
2. Yuan Y., Cheng G., Peng W., Yang X., Du Y. Investment strategies for sustainable safe development of Chinese coal mine employees driven by digital intelligence. *Frontiers in Public Health*. 2024;(12):1464930. DOI: 10.3389/fpubh.2024.1464930.
3. Walker M. How Education and Training Developed the Mining Workforce: Oral Recollection and Testimonies. Education, Work and Social Change in Britain's Former Coalfield Communities. Eds. R. Simmons, K. Simpson. Cham: Palgrave Macmillan, 202:89-112. DOI: 10.1007/978-3-031-10792-4\_5.
4. Gürsoy M., Özçelik Ş. Virtual Reality in Underground Mining Education: Enhancing Machinery Comprehension. *Mining, Metallurgy & Exploration*. 2024;(41):1-15. DOI: 10.1007/s42461-024-01109-9.
5. MacMahon S.J., Corbett B., Hassall M. et al. 'What Good Looks Like': Building a Shared Understanding of Quality Training and Learning in the Mining Industry. *Vocations and Learning*. 2024;(17):353. DOI: 10.1007/s12186-024-09353-2.
6. Chen L.T., Liu L., Urade S. et al. An Industry Perspective on the Current US Metal Mining Engineering Education. *Mining, Metallurgy & Exploration*. 2023;(40):1567-1582. DOI: 10.1007/s42461-023-00782-6.
7. Sörensen A., Mitra R., Hulthén E. et al. Bringing the Entrepreneurial Mindset into Mining Engineering Education. *Mining, Metallurgy & Exploration*. 2022;(39):1333-1344. DOI: 10.1007/s42461-022-00620-1.
8. Lind G. Fostering Minerals Workforce Skills of Tomorrow through Education and Training Partnerships. Celebrating the Megascale. Eds. P.J. Mackey et al. Cham: Springer, 2014:65-82. DOI: 10.1007/978-3-319-48234-7\_5.
9. Azhari F., Sennersten C.C., Lindley C.A. et al. Deep learning implementations in mining applications: a compact critical review. *Artificial Intelligence Review*. 2023;(56):14367-14402. DOI: 10.1007/s10462-023-10500-9.
10. Lund E., Pekkari A., Johansson J. et al. Mining 4.0 and its effects on work environment, competence, organisation and society – a scoping review. *Mineral Economics*. 2024;(37):427-448. DOI: 10.1007/s13563-024-00427-0.
11. Obukhov A.D., Krasnyanskiy M.N., Dedov D.L., Nazarova A.O. The study of virtual reality influence on the process of professional training of miners. *Virtual Reality*. 2022;(26):1579-1599. DOI: 10.1007/s10055-022-00687-7.
12. Vercheba A.A. Personnel training for the mining and geological sector of Russia. *Mining Science and Technology (Russia)*. 2021;6(2):144-153. DOI: 10.17073/2500-0632-2021-2-144-153.
13. Bai G., Xu T. Safety Technology Risks and Countermeasures in the Intelligent Construction of Coal Mines. *Geofluids*. 2022;(2022):4491044. DOI: 10.1155/2022/4491044.
14. Li Q., Chen Q., Wang Y. Status and future tasks of coal mining safety in China. *Safety Science*. 2020;(126):104635. DOI: 10.1016/j.ssci.2020.104635.
15. Программа развития угольной промышленности России на период до 2035 года: утв. распоряжением Правительства РФ от 13 июня 2020 г. № 1582-р. Собрание законодательства РФ. 2020. № 25. С. 3944.

**15 лет**

РЕКЛАМА

**НПП ЗАВОД МДУ**

ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
**«ЗАВОД МОДУЛЬНЫХ  
 ДЕГАЗАЦИОННЫХ УСТАНОВОК»**

**ОБОРУДОВАНИЕ  
 ДЛЯ ДЕГАЗАЦИИ И УТИЛИЗАЦИИ  
 МЕТАНА**

**МЕТАН ПОД КОНТРОЛЕМ!**

РОССИЯ  
 Г. НОВОКУЗНЕЦК  
 ШОССЕ СЕВЕРНОЕ, 8

WWW.ZAVODMDU.RU  
 INFO@ZAVODMDU.RU  
 ТЕЛ.: +7 (3843) 991-991

**Authors Information**

**Cherkashina E.L.** – PhD (Philological), Associate Professor of the Department of Russian as a Foreign Language and General Theoretical Disciplines, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, 127550, Russian Federation, Associate Professor of the Department of Russian as a Foreign Language, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russian Federation, e-mail: bazilik@mail.ru

**Pinevich E.V.** – PhD (Pedagogical), Associate Professor, Head of the Department, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russian Federation, e-mail: evpinevich@bmstu.ru

**Tsibizova O.V.** – PhD (Philological), Head of the Department of Russian as a Foreign Language and General Theoretical Disciplines, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, 127550, Russian Federation, e-mail: cibizova\_o@rgau-msha.ru

**Информация о статье**

Поступила в редакцию: 03.06.2025  
 Поступила после рецензирования: 17.06.2025  
 Принята к публикации: 27.06.2025

**Paper info**

Received June 03, 2025  
 Reviewed June 17, 2025  
 Accepted June 27, 2025