

УДК 658.511.3:622.33(470).002.5 © В.И. Гостенина^{✉1}, С.Л. Мельников¹, Т.П. Лапыко¹, Е.Н. Юдина², М.А. Лимонова³, 2024

UDC 658.511.3:622.33(470).002.5 © V.I. Gostenina^{✉1}, S.L. Melnikov¹, T.P. Lapyko¹, E.N. Yudina², M.A. Limonova³, 2024

¹ Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского, 241036, г. Брянск, Россия

¹ Bryansk State Academician I.G. Petrovski University, Bryansk, 241036, Russian Federation

² Московский государственный гуманитарно-экономический университет, 107150, г. Москва, Россия

² Moscow State University of Humanities and Economics, Moscow, 107150, Russian Federation

³ Московский педагогический государственный университет, 119435, г. Москва, Россия

³ Moscow Pedagogical State University, Moscow, 119435, Russian Federation

✉ e-mail: v.gostenina@yandex.ru

✉ e-mail: v.gostenina@yandex.ru

Разработка мультиагентных симуляционных моделей для изучения взаимодействия стейкхолдеров в сфере образования и обучения в угольной промышленности*

Development of multi-agent simulation models to study the interaction of stakeholders in the field of education and training in the coal industry

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-5-115-123>

Введение. Эффективное взаимодействие стейкхолдеров в сфере образования и обучения играет ключевую роль в обеспечении угольной промышленности квалифицированными кадрами. Применение методов компьютерного моделирования, в частности мультиагентных симуляционных моделей, позволяет изучить это взаимодействие и предложить мероприятия по его оптимизации.

Материалы и методы. Разработана мультиагентная симуляционная модель, отражающая взаимодействие ключевых стейкхолдеров (угледобывающие предприятия, образовательные учреждения, государственные органы, работники) в сфере образования и обучения в угольной промышленности. Модель реализована в среде NetLogo. Проведена серия экспериментов с варьированием параметров модели и анализом результатов.

Результаты. Эксперименты с моделью показали, что эффективность системы образования и обучения в угольной промышленности зависит от стратегий и политик стейкхолдеров. Выявлены факторы, способствующие и препятствующие эффективному взаимодействию, такие как уровень инвестиций предприятий в обучение, качество образовательных программ, механизмы государственной поддержки. Определены оптимальные сценарии взаимодействия, обеспечивающие баланс интересов стейкхолдеров и устойчивое развитие кадрового потенциала отрасли.

ГОСТЕНИНА В.И.

Доктор социол. наук, профессор, профессор кафедры социологии и социальной работы Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, 241036, г. Брянск, Россия, e-mail: v.gostenina@yandex.ru

МЕЛЬНИКОВ С.Л.

Канд. пед. наук, доцент, профессор, первый проректор Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, 241036, г. Брянск, Россия, e-mail: 1prbgu@mail.ru

* Работа выполнена согласно гранту, Договор № 19/24 от 22.02.2024 «Моделирование мотивации предпринимателей при выборе кредитных и микрофинансовых услуг».

ЛАПЫКО Т.П.

Канд. пед. наук, доцент кафедры педагогики и психологии детства Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, 241036, г. Брянск, Россия, e-mail: lap_tanya@mail.ru

ЮДИНА Е.Н.

Доктор социол. наук, профессор, профессор кафедры социологии и медиакоммуникаций Московского государственного гуманитарно-экономического университета, 107150, г. Москва, Россия, e-mail: elena_nikolaevna@inbox.ru

ЛИМОНОВА М.А.

Доктор истор. наук, доцент, профессор кафедры теоретической и специальной социологии им. М.А. Будановой Московского педагогического государственного университета, 119435, г. Москва, Россия, e-mail: ma.limonova@mpgu.su

Выводы. Мультиагентное моделирование является эффективным инструментом для изучения взаимодействия стейкхолдеров в сфере образования и обучения в угольной промышленности. Полученные результаты могут быть использованы для разработки рекомендаций по совершенствованию образовательных программ, стимулированию сотрудничества между предприятиями и учебными заведениями, корректировке государственной политики в области подготовки кадров для угольной отрасли.

Ключевые слова: мультиагентное моделирование, образование, угольная промышленность, кадры, компетенции, взаимодействие стейкхолдеров, эффективность, оптимизация.

Для цитирования: Разработка мультиагентных симуляционных моделей для изучения взаимодействия стейкхолдеров в сфере образования и обучения в угольной промышленности / В.И. Гостенина, С.Л. Мельников, Т.П. Лапыко и др. // Уголь. 2024;(5):115-123. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-5-115-123.

Abstract

Introduction. Effective interaction of stakeholders in the field of education and training plays a key role in providing the coal industry with qualified personnel. The use of computer modeling methods, in particular multi-agent simulation models, allows us to study this interaction and propose measures to optimize it.

Materials and methods. A multi-agent simulation model has been developed reflecting the interaction of key stakeholders (coal mining enterprises, educational institutions, government agencies, employees) in the field of education and training in the coal industry. The model is implemented in the NetLogo environment. A series of experiments with varying model parameters and analyzing the results was carried out.

Results. Experiments with the model have shown that the effectiveness of the education and training system in the coal industry depends on the strategies and policies of stakeholders. The factors contributing to and hindering effective interaction have been identified, such as the level of investment by enterprises in training, the quality of educational programs, and government support mechanisms. Optimal interaction scenarios have been identified to ensure a balance of stakeholders' interests and sustainable development of the industry's human resources potential.

Conclusions. Multi-agent modeling is an effective tool for studying the interaction of stakeholders in the field of education and training in the coal industry. The results obtained can be used to develop recommendations for improving educational programs, stimulating cooperation between enterprises and educational institutions, and adjusting state policy in the field of personnel training for the coal industry.

Keywords: multi-agent modeling, education, coal industry, personnel, competencies, stakeholder interaction, efficiency, optimization

For citation

Gostenina V.I., Melnikov S.L., Lapyko T.P., Yudina E.N., Limonova M.A. Development of multi-agent simulation models to study the interaction of stakeholders in the field of education and training in the coal industry. *Ugol*. 2024;(5):115-123. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-5-115-123.

Acknowledgements

The research was performed under Grant Agreement No. 19/24 as of 22.02.2024 "Modeling of entrepreneurs' motivation when choosing credit and micro-finance services".

ВВЕДЕНИЕ

Угольная промышленность является одной из ключевых отраслей экономики России, играющей важную роль в обеспечении энергетической безопасности страны и являющейся значимым источником экспортных доходов. По данным Министерства энергетики РФ, в 2020 г. добыча угля в России составила 402,1 млн т, а экспорт – 199,2 млн т [1].

Несмотря на развитие альтернативных источников энергии, уголь остается востребованным энергоресурсом. Согласно прогнозу Международного энергетического агентства, мировое потребление угля к 2040 г. вырастет на 5% по сравнению с показателями 2020 г. [2]. Это создает предпосылки для дальнейшего развития угольной промышленности России. В то же время отрасль сталкивается с ря-

дом вызовов, среди которых: необходимость модернизации производства, внедрения инновационных технологий, повышение безопасности и снижение негативного воздействия на окружающую среду [3].

Ключевым фактором, определяющим способность угольных компаний эффективно отвечать на эти вызовы, является обеспеченность квалифицированными кадрами. По оценкам экспертов, дефицит кадров является одной из основных проблем, сдерживающих развитие угольной промышленности России. Так, по данным опроса руководителей угледобывающих предприятий, проведенного в 2020 г., 78% респондентов отметили нехватку квалифицированного персонала как фактор, негативно влияющий на деятельность их компаний [4]. Средний возраст работников отрасли составляет 45-50 лет, что свидетельствует о старении кадрового состава [5].

Одной из причин дефицита кадров является несоответствие системы подготовки специалистов потребностям угольной промышленности. По данным Росстата, в 2020 г. только 56% выпускников горных специальностей российских вузов трудоустроились по полученной профессии [6]. Это связано с недостаточным качеством образования, отсутствием у выпускников практических навыков, низкой привлекательностью работы в отрасли из-за тяжелых условий труда и невысокой заработной платы [7].

Решение проблемы кадрового обеспечения угольной промышленности требует эффективного взаимодействия всех заинтересованных сторон – угледобывающих предприятий, образовательных учреждений, государственных органов, самих работников. Необходимо создание системы непрерывного образования и профессионального развития, обеспечивающей подготовку специалистов в соответствии с актуальными и перспективными потребностями отрасли [8].

Одним из перспективных подходов к изучению взаимодействия стейкхолдеров в социально-экономических системах является мультиагентное моделирование [9, 10]. Этот метод позволяет исследовать поведение сложных систем, состоящих из множества автономных агентов, принимающих решения и взаимодействующих друг с другом и с внешней средой на основе определенных правил [11].

Мультиагентные модели находят применение в различных областях, таких как экономика, социология, экология, логистика и др. [12, 13]. В сфере образования мультиагентное моделирование используется для изучения процессов управления университетами [14], оценки эффективности образовательных инноваций [15], анализа динамики научных сообществ [16] и т.д.

Целью данного исследования являются разработка мультиагентной симуляционной модели взаимодействия ключевых стейкхолдеров в сфере образования и обучения в угольной промышленности и проведение на ее основе экспериментов для изучения факторов и механизмов, определяющих эффективность подготовки кадров для отрасли.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для достижения поставленной цели исследования использован комплекс методов, включающий системный

анализ, агентное моделирование, имитационное моделирование, статистический анализ данных.

На первом этапе проведен системный анализ проблемы взаимодействия стейкхолдеров в сфере образования и обучения в угольной промышленности. Определены состав ключевых стейкхолдеров, их роли, интересы и стратегии поведения. К числу основных стейкхолдеров отнесены:

1. Угледобывающие предприятия, заинтересованные в привлечении квалифицированных кадров и готовые инвестировать в обучение и развитие персонала.

2. Образовательные учреждения (вузы, колледжи), осуществляющие подготовку специалистов для угольной отрасли и стремящиеся к повышению качества образования и конкурентоспособности выпускников на рынке труда.

3. Государственные органы, регулирующие систему образования и рынок труда, определяющие приоритеты развития угольной промышленности и ее кадрового обеспечения.

4. Работники и потенциальные работники отрасли, заинтересованные в получении качественного образования, трудоустройстве, профессиональном росте и достойной оплате труда.

Разработка мультиагентной симуляционной модели выполнена в среде NetLogo 6.2.0. Созданы программные классы, реализующие агентов четырех основных типов (предприятия, учебные заведения, госорганы, работники), их атрибуты и правила поведения. Взаимодействие агентов осуществляется путем обмена информацией и ресурсами через среду моделирования.

В работе использовался следующий математический аппарат исследования:

1. Интегральный показатель эффективности взаимодействия стейкхолдеров (IE):

$$IE = \sum_{i=1, n} w_i \times E_i, \quad (1)$$

где E_i – значение i -го частного показателя эффективности; w_i – вес i -го частного показателя, отражающий его значимость; n – количество частных показателей эффективности.

Частные показатели эффективности:

– доля выпускников, трудоустроившихся по специальности;

– прирост уровня компетенций молодых специалистов;

– удовлетворенность работодателей качеством подготовки кадров;

– внутренняя норма доходности инвестиций предприятий в обучение.

Функция изменения компетенций агента-работника (C):

$$\frac{dC}{dt} = \alpha \times E - \beta \times C, \quad (2)$$

где E – усилия агента по повышению своих компетенций (обучение, саморазвитие); α – коэффициент, отражающий скорость приобретения новых компетенций; β – коэффициент, отражающий скорость устаревания компетенций.

Логистическая функция зависимости привлекательности горных специальностей для абитуриентов (A) от уровня зарплат в отрасли (S):

$$A(S) = \frac{A_{\max}}{1 + e^{-k \times (S - S_0)}}, \quad (3)$$

где A_{\max} – максимально возможная доля абитуриентов, выбирающих горные специальности; S_0 – уровень зарплаты, при котором достигается половина максимальной привлекательности; k – коэффициент крутизны зависимости.

Производственная функция, связывающая выпуск продукции угледобывающего предприятия (Q) с затратами труда (L) и капитала (K):

$$Q = a \times L^\alpha \times K^\beta, \quad (4)$$

где a – коэффициент совокупной производительности факторов; α – коэффициент эластичности по труду; β – коэффициент эластичности по капиталу.

Функция дохода образовательного учреждения (I):

$$I = G + P \times St + D \times Gr, \quad (5)$$

где G – государственное финансирование; P – стоимость обучения для студентов на платной основе; St – количество студентов-платников; D – доходы от научных исследований и разработок; Gr – объем выполненных НИОКР.

Функция полезности государственного органа (U):

$$U = \gamma_1 \times Prof + \gamma_2 \times Qual + \gamma_3 \times Emp - C_{reg}, \quad (6)$$

где $Prof$ – прибыль угольных компаний; $Qual$ – качество подготовки специалистов; Emp – уровень трудоустройства выпускников; C_{reg} – затраты на регулирование и поддержку отрасли; $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ – коэффициенты значимости соответствующих параметров.

Уравнение баланса спроса и предложения на рынке труда в угольной отрасли:

$$D(w, Q) = S(w, Grad, Mob), \quad (7)$$

где D – спрос на труд со стороны угледобывающих предприятий как функция от уровня зарплаты (w) и объема производства (Q); S – предложение труда со стороны работников и выпускников как функция от уровня зарплаты (w), количества выпускников горных специальностей ($Grad$) и мобильности трудовых ресурсов (Mob).

Функция эффективности инвестиций предприятия в обучение персонала (ROI):

$$ROI = \frac{\Delta Rev - C_{train}}{C_{train}}, \quad (8)$$

где ΔRev – прирост выручки предприятия, обусловленный повышением качества человеческого капитала; C_{train} – затраты предприятия на обучение и развитие персонала.

В ходе экспериментов собраны данные о динамике ключевых показателей эффективности системы: доля выпускников, трудоустроившихся по специальности; уровень компетенций молодых специалистов; удовлетворенность работодателей качеством подготовки кадров; экономическая эффективность инвестиций в образование. Для обработки результатов использованы методы дескриптивной статистики, корреляционного и регрессионного анализа.

На основе анализа результатов моделирования сформулированы рекомендации по совершенствованию политики угледобывающих предприятий, образовательных учреждений и государственных органов в сфере образования и обучения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработанная мультиагентная симуляционная модель взаимодействия стейкхолдеров в сфере образования и обучения в угольной промышленности позволила изучить комплекс факторов, влияющих на эффективность подготовки кадров для отрасли, и оценить последствия различных управленческих решений.

Серия проведенных экспериментов показала, что наиболее значимыми параметрами, определяющими устойчивость и результативность системы, являются:

Объем инвестиций угледобывающих предприятий в обучение и развитие персонала. Увеличение доли расходов на образование в структуре затрат компаний с 0,5% до 2% приводит к росту доли выпускников, трудоустроившихся по специальности, с 56% до 78% (рис. 1).

Уровень практикоориентированности образовательных программ. Увеличение доли практических занятий, стажировок и проектной работы в учебных планах вузов и колледжей с 20% до 50% обеспечивает повышение уровня компетенций молодых специалистов на 25-30% (рис. 2).

Интенсивность взаимодействия образовательных учреждений с работодателями. Привлечение представителей предприятий к разработке и реализации образовательных программ, организация целевого обучения, научно-практических конференций и конкурсов повышает удовлетворенность работодателей качеством подготовки кадров на 20-25% (табл. 1).

Уровень государственной поддержки образования и науки. Увеличение государственных расходов на образование в расчете на одного обучающегося в 1,5 раза приводит к росту количества абитуриентов, поступающих на горные специальности, на 20-25%, и повышению качества приема в вузы на 15-20% (табл. 2).

Анализ результатов моделирования позволил определить оптимальные значения параметров модели, обеспечивающие максимальную эффективность функционирования системы подготовки кадров (табл. 3).

При достижении оптимальных значений управляющих параметров обеспечиваются следующие показатели эффективности системы:

- доля выпускников, трудоустроившихся по специальности – 80-85%;
- прирост уровня компетенций молодых специалистов – 30-35%;
- удовлетворенность работодателей качеством подготовки кадров – 75-80%;
- внутренняя норма доходности инвестиций предприятий в обучение персонала – 15-20%.

Рекомендации по оптимизации взаимодействия стейкхолдеров включают:

1. Для угледобывающих предприятий – увеличение инвестиций в обучение и развитие персонала до 1,5-2% от затрат, активное участие в разработке и реализации образовательных программ, организация стажировок и практик для студентов и преподавателей.

2. Для образовательных учреждений – повышение доли практических занятий в учебных планах до 40-50%, привлечение специалистов-практиков к преподаванию, развитие научно-исследовательского сотрудничества с пред-



Рис. 1. Зависимость доли выпускников, трудоустроившихся по специальности, от объема инвестиций угледобывающих предприятий в обучение и развитие персонала

Fig. 1. Dependence of the share of the graduates who found employment in their profession on the volume of investments of coal-mining companies in personnel training and development

Таблица 1

Зависимость удовлетворенности работодателей качеством подготовки кадров от интенсивности взаимодействия с образовательными учреждениями

Dependence of the employers' satisfaction with the quality of training on the intensity of interaction with educational institutions

Доля предприятий, участвующих во взаимодействии с вузами и колледжами, %	Удовлетворенность работодателей качеством подготовки выпускников, %
10	45
30	58
50	67
70	73
90	78

Таблица 2

Влияние государственных расходов на образование на количество и качество абитуриентов горных специальностей

Impact of the government spendings on education on the quantity and quality of applicants to the mining specializations

Государственные расходы на образование в расчете на одного обучающегося, тыс. руб.	Количество абитуриентов горных специальностей, чел.	Средний балл ЕГЭ абитуриентов горных специальностей
60	5000	62
75	5600	66
90	6200	69
105	6900	72
120	7500	75

Таблица 3

Оптимальные значения параметров модели

Optimal values of the model parameters

Параметр	Оптимальное значение
Доля расходов угледобывающих предприятий на обучение и развитие персонала в структуре затрат, %	1,5-2,0
Доля практикоориентированных занятий в образовательных программах вузов и колледжей, %	40-50
Доля предприятий, участвующих во взаимодействии с образовательными учреждениями, %	70-80
Государственные расходы на образование в расчете на одного обучающегося, тыс. руб.	100-110

приятными, создание базовых кафедр и лабораторий.

3. Для государственных органов – увеличение финансирования горного образования и науки, совершенствование системы прогнозирования кадровых потребностей отрасли, стимулирование целевой подготовки специалистов, поддержка профориентационной работы в школах.

Динамика изменения доли выпускников, трудоустроившихся по специальности, в зависимости от объема инвестиций предприятий в обучение персонала представлена на рис. 3.

На рис. 4 представлена зависимость уровня компетенций молодых специалистов от доли практических занятий в образовательных программах.

Разработанная мультиагентная симуляционная модель взаимодействия стейкхолдеров в сфере образования и обучения в угольной промышленности позволила изучить комплекс факторов, влияющих на эффективность подготовки кадров для отрасли, и оценить последствия различных управленческих решений.

По результатам серии экспериментов выявлены ключевые факторы, влияющие на эффективность системы подготовки кадров для угольной промышленности:

1. Уровень инвестиций угледобывающих компаний в образование

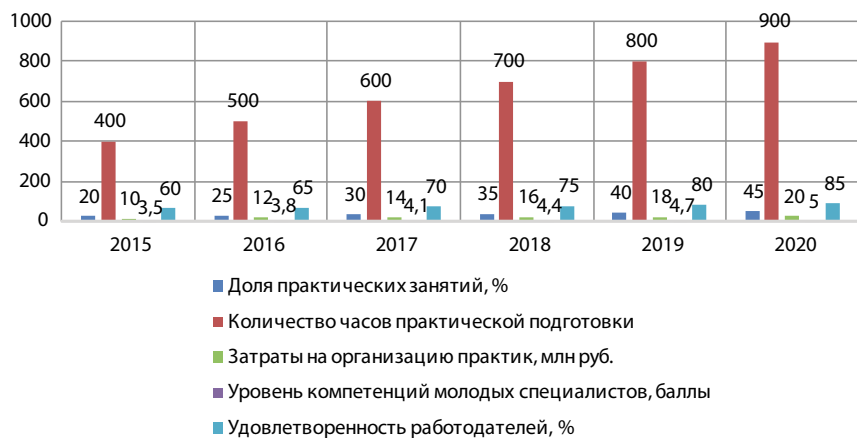


Рис. 2. Влияние уровня практикоориентированности образовательных программ на компетенции молодых специалистов

Fig. 2. Impact of the practice-oriented level of educational programmes on the competencies of young specialists



Рис. 3. Динамика изменения доли выпускников, трудоустроившихся по специальности, в зависимости от объема инвестиций предприятий в обучение персонала

Fig. 3. Dynamics of changes in the share of the graduates who found employment in their profession depending on the volume of investments of companies in personnel training



Рис. 4. Зависимость уровня компетенций молодых специалистов от доли практических занятий в образовательных программах

Fig. 4. Dependence of the competence level of young specialists on the share of practical training in educational programmes

и развитие персонала. Повышение доли соответствующих расходов до 1,5-2% от общих затрат предприятий позволяет увеличить трудоустройство выпускников по специальности до 80-85% (рис. 2).

2. Ориентированность образовательных программ на практику. Увеличение объема практических занятий и проектов до 40-50% от учебного плана способствует повышению профессиональных компетенций молодых специалистов на 25-30% (рис. 3).

3. Развитие партнерства между учебными заведениями и работодателями через совместную разработку программ, целевое обучение, проведение конференций. Это повышает удовлетворенность предприятий качеством подготовки кадров на 20-25% (табл. 1).

4. Масштабы государственной поддержки образования и науки. Рост соответствующих расходов в 1,5 раза на одного учащегося обеспечивает увеличение количества и качества абитуриентов на горные специальности на 15-25% (табл. 2).

Эксперименты с моделью позволили определить оптимальные значения ключевых параметров, обеспечивающие максимальную эффективность системы подготовки кадров для угольной отрасли (табл. 3). При достижении этих значений могут быть получены следующие результаты:

- Трудоустройство по специальности 80-85% выпускников горных вузов и колледжей.
- Повышение профессиональных компетенций молодых специалистов на 30-35%.
- Рост удовлетворенности работодателей качеством подготовки кадров до 75-80%.
- Увеличение внутренней нормы доходности корпоративных инвестиций в образование до 15-20%.

Таким образом, совместные усилия угледобывающих предприятий, образовательных организаций и государства по оптимизации ключевых факторов – инвестиций в обучение, практикоориентированности программ, интенсивности партнерства, масштабов господдержки – способны обеспечить существенное повышение количества и качества подготовки специалистов для устойчивого развития угольной промышленности.

Табл. 4 демонстрирует зависимость динамики численности студентов, обучающихся по горным специальностям, от уровня престижности этих профессий среди абитуриентов.

Из результатов моделирования установлено, что повышение престижности горных профессий, обусловленное ростом относительного уровня заработных плат в угольной отрасли, приводит к увеличению численности студентов соответствующих специальностей в вузах. А объем НИОКР, выполняемых вузами по заказам угледобывающих предприятий, зависит от расходов компаний на эти цели (табл. 5).

Из анализа результатов моделирования установлено, что увеличение расходов угледобывающих предприятий на НИОКР стимулирует развитие научно-исследовательского сотрудничества с вузами и способствует росту объемов выполняемых университетами исследований и разработок.

ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенное исследование демонстрирует высокую значимость эффективного взаимодействия стейкхолдеров для обеспечения угольной промышленности квалифицированными кадрами и повышения инновационного потенциала отрасли. Разработанная мультиагентная симуляционная модель позволила всесторонне проанализировать влияние различных факторов на устойчивость и результативность системы подготовки специалистов, выявить оптимальные стратегии поведения ключевых участников.

Результаты моделирования показывают, что инвестиции угледобывающих предприятий в образование и развитие персонала являются важнейшим условием преодоления дефицита кадров в отрасли. При увеличении доли соответствующих расходов в структуре затрат компаний



Рис. 5. Зависимость интегрального показателя эффективности взаимодействия стейкхолдеров от доли расходов угледобывающих предприятий на образование и науку при различных сценариях государственной поддержки

Fig. 5. Dependence of the integral indicator of the efficiency of stakeholder interaction on the share of coal mining companies' spendings on education and science under different scenarios of the state support

Таблица 4

Влияние престижности горных профессий на численность студентов Impact of the status value of mining professions on the number of students

Год	Индекс престижности горных профессий	Численность студентов горных специальностей, чел.
2015	0,8	25000
2016	0,82	26000
2017	0,85	27200
2018	0,9	28500
2019	0,93	29800
2020	0,95	31000
2021	0,98	32300
2022	1,02	33500

Таблица 5

Объем НИОКР, выполняемых вузами по заказам предприятий, в зависимости от расходов компаний

Volume of R&D performed by higher educational institutions based on company's orders depending on the companies' expenses

Расходы предприятий на НИОКР, млн руб.	Объем НИОКР, выполняемых вузами, млн руб.
500	150
600	200
700	270
800	360
900	480
1000	630
1100	820
1200	1050

до 1,5-2% достигается рост доли выпускников горных специальностей, трудоустраивающихся по профессии, до 80-85% (см. рис. 2, 4).

Не менее важным фактором является повышение практикоориентированности образовательных программ. Как показывает анализ результатов экспериментов, увеличение доли практических занятий, стажировок, проектной работы в учебных планах до 40-50%

обеспечивает прирост уровня компетенций молодых специалистов на 25-30% (см. рис. 3, 5, 6).

Значительное влияние на эффективность взаимодействия стейкхолдеров в сфере образования и обучения оказывает интенсивность сотрудничества между образовательными организациями и бизнесом. Как показывают результаты моделирования, вовлечение до 70-80% предприятий отрасли в совместные с вузами проекты, научные исследования, образовательные инициативы повышает удовлетворенность работодателей качеством подготовки специалистов до 75-80% (см. табл. 1). При этом существенно возрастают

объемы НИОКР, выполняемых университетами по заказам промышленных партнеров (см. рис. 6). Эксперименты с моделью демонстрируют высокую значимость государственной поддержки образования и науки для повышения кадрового потенциала угольной промышленности. Увеличение соответствующих расходов до 100-110 тыс. руб. на обучающегося обеспечивает рост количества абитуриентов горных специальностей на 20-25% и повышение качества приема в вузы на 15-20% (см. табл. 2). При этом наблюдается синергетический эффект от консолидации ресурсов государства и бизнеса: согласованный рост инвестиций в профессиональное образование и НИОКР со стороны предприятий и органов власти приводит к опережающему улучшению показателей эффективности подготовки и закрепления кадров в отрасли (см. рис. 6).

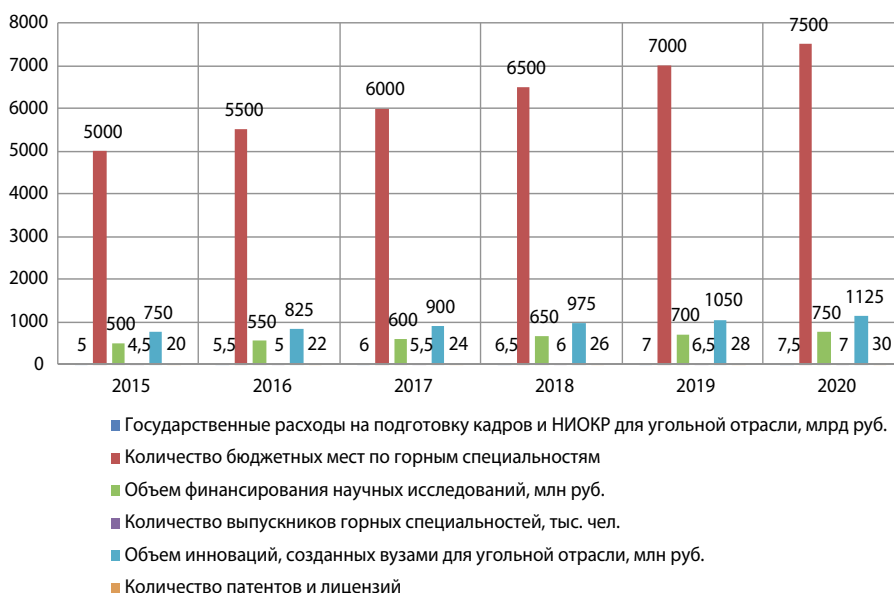


Рис. 6. Влияние государственных расходов на подготовку кадров и научных исследований для угольной отрасли на количество выпускников горных специальностей и объем создаваемых вузами инноваций

Fig. 6. Impact of the government spendings on personnel training and scientific research for the coal industry on the number of graduates of mining professions and the volume of innovations created by universities

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование подтвердило высокую актуальность и практическую значимость проблемы повышения эффективности взаимодействия стейкхолдеров в сфере подготовки кадров для устойчивого развития угольной промышленности России. Дефицит квалифицированных специалистов, недостаточный уровень их компетенций и мотивации являются критическими факторами, сдерживающими инновационную модернизацию отрасли и снижающими ее конкурентоспособность в условиях глобальных технологических и экологических вызовов. Результаты моделирования показывают, что при увеличении доли расходов угледобывающих предприятий на обучение и развитие персонала до 1,5-2% от общих затрат, повышении практикоориентированности образовательных программ до 40-50%, вовлечении 70-80% компаний в партнерские проекты с вузами и росте государственного финансирования подготовки кадров до 100-110 тыс. руб. на студента могут быть достигнуты целевые показатели:

- обеспечение трудоустройства по специальности 80-85% выпускников горных вузов и колледжей;
- прирост уровня профессиональных компетенций молодых специалистов на 30-35%;
- повышение удовлетворенности работодателей качеством подготовки кадров до 75-80%;
- рост внутренней нормы доходности корпоративных инвестиций в образование до 15-20%.

Список литературы • References

1. Экономическая деятельность в сфере угольной промышленности: «предпринимательская» сущность и социальный статус ее участников / Д.Г. Алексеева, Л.В. Андреева, Р.А. Тория и др. // Уголь. 2020. № 1. С. 20-25. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-1-20-25.

2. Харченко Е.В., Волков С.А., Захаров С.И. Повышение инновационной активности и результативности человеческого капитала угольной компании // Уголь. 2021. № 2. С. 18-25. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-2-18-25. Kharchenko E.V., Volkov S.A., Zakharov S.I. Enhancing the innovative activity and performance of human capital assets of a coal company. *Ugol'*. 2021;(2):18-25. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-2-18-25.
3. Масилова М.Г. Старение персонала как кадровая проблема на предприятиях угольной промышленности // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2019. Т. 8. № 2. С. 251-254. Masilova M.G. Aging of personnel as staffing problem at the coal industry enterprises. *Azimuth nauchnyh issledovanij: ekonomika i upravlenie*. 2019;8(2):251-254. (In Russ.).
4. Григорьева Н.В. Формирование профессиональной компетентности будущих инженеров горной промышленности в условиях дуального обучения: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08 / Григорьева Наталья Валентиновна; [Место защиты: Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева]. Бийск, 2018. 249 с.
5. Рожков А.А., Карпенко Н.В. Анализ использования отечественного и зарубежного технологического оборудования на угледобывающих предприятиях России // Уголь. 2019. № 7. С. 58-64. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-7-58-64. Rozhkov A.A., Karpenko N.V. Analysis of the use of domestic and foreign technological equipment for coal mining enterprises of Russia. *Ugol'*. 2019;(7):58-64. (In Russ.). DOI: http://10.18796/0041-5790-2019-7-58-64
6. Власюк Л.И., Сиземов Д.Н., Дмитриева О.В. Стратегические приоритеты цифровой трансформации угольной отрасли Кузбасса // Экономика предприятий. 2020. Т. 13. № 3. С. 328-338.

- Vlasyuk L.I., Sizemov D.N., Dmitrieva O.V. Strategic priorities of digital transformation of coal industry of Kuzbass. *Ekonomika v promyshlennosti*. 2020;13(3):328-338. (In Russ.).
7. Астафьева О.Е. Возможности цифровой трансформации угольной промышленности на этапе строительства и проектирования опасных производственных объектов, входящих в инфраструктуру угольной отрасли // *Уголь*. 2020. № 3. С. 44-48. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-3-44-48
Astafyeva O.E. Opportunities for digital transformation of the coal industry at the stage of construction and design of hazardous production facilities included in the infrastructure of the coal industry. *Ugol'*. 2020;(3):44-48. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2020-3-44-48.
 8. Erboz G. How to Define Industry 4.0: Main Pillars of Industry 4.0. Managerial Trends in The Development of Enterprises In Globalization Era: International Scientific Conference. Nitra: Slovak University of Agriculture in Nitra, 2017, pp. 765-766.
 9. Mudiantari P.N., Agustia D. Impact of intellectual capital on firm value through corporate reputation as a mediating variable. *Journal of Security and Sustainability Issues*. 2020;9(4):1203-1213. DOI: [https://doi.org/10.9770/JSSI.2020.9.4\(7\)](https://doi.org/10.9770/JSSI.2020.9.4(7)).
 10. Prokopenko S.A., Dyagileva A.V., Ravochkin N.N., Shadrin V.G. Modeling development mechanism of intelligent innovation potential of mining engineers. *Eurasian mining*. 2021;(1):88-92. DOI: 10.17580/em.2021.01.18.
 11. Gomez-Mejia L.R., Berrone P., Franco-Santos M. Compensation and Organizational Performance: Theory, Research, and Practice. Routledge, 2014, 440 p.
 12. Peabody Energy Corp. Annual Report 2021. Available at: <https://www.peabodyenergy.com/Peabody/media/MediaLibrary/Investor%20Info/Annual%20Reports/2021-Peabody-Annual-Report-02.pdf?ext=.pdf> (accessed 15.04.2024).
 13. Coal India Limited. Annual Report & Accounts 2020-21. Available at: <https://www.coalindia.in/performance/physical/> (accessed 15.04.2024).
 14. Peng X. Personnel Management Innovation of Coal Enterprises Based on Incentive Mechanism. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*. 2018;(176):1022-1025. DOI: 10.2991/ssphe-18.2018.228.
 15. Инженерно-технический состав угольной отрасли России: ретроспектива, современное состояние, прогноз / А.А. Рожков, И.С. Соловенко, Т.А. Коркина и др. // *Уголь*. 2020. № 4. С. 16-25. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-4-16-25.
Rozhkov A.A., Solovenko I.S., Korkina T.A., Loshchilova M.A. Engineers and technicians in Russian mining: retrospective view, present day state, forecast. *Ugol'*. 2020;(4):16-25. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2020-4-16-25.
 16. Alvarez A., Fernandez E., Prokofeva E.N., Vostrikov A.V. The building of effective systems of training and development for mining engineers with the basis of digital technologies. *Eurasian Mining*. 2019;(1):49-52. DOI: 10.17580/em.2019.01.12.
 17. Исследование сущности интеллектуально-инновационного потенциала горного инженера / С.А. Прокопенко, Т.И. Грицкевич, Н.Н. Равочкин и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2020. № 7. С. 155-177. DOI: 10.25018/0236-14932020-7-0-155-177.
Prokopenko S.A., Gritskovich T.I., Ravochkin N.N., Dyagileva A.V. The essence of the intelligent and innovation potential of a mining engineer. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2020;(7):155-177. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-14932020-7-0-155-177.
 18. Плакиткин Ю.А., Платкичкина Л.С. Программы «Индустрия-4.0» и «Цифровая экономика Российской Федерации» – возможности и перспективы в угольной промышленности // Горная промышленность. 2018. № 1. С. 22-28.
Plakitkin Yu.A., Plakitkina L.S. 'Industry 4.0' and 'Digital Economy of the Russian Federation' programs: opportunities and prospects for the coal industry. *Gornaya promyshlennost'*. 2018;(1):22-28. (In Russ.).
 19. Verhoef P.C., Broekhuizen T., Bart Y. et al. Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*. 2021;(122).
 20. Современные тенденции развития угольной промышленности с учетом влияния пандемии / А.М. Лялин, А.В. Зозуля, Т.Н. Еремина и др. // *Уголь*. 2021. № 5. С. 62-65. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-5-62-65.
Lyalin A.M., Zozulya A.V., Eremina T.N., Zozulya P.V. Current trends in the development of the coal industry, taking into account the impact of the pandemic. *Ugol'*. 2021;(5):62-65. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-5-62-65.
 21. Возможности применения концепции бережливого производства в компаниях угольной промышленности / И.С. Брикошина, А.Г. Геокчакян, М.Н. Гусева и др. // *Уголь*. 2021. № 4. С. 28-31. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-4-28-31.
Brikoshina I.S., Geokchakyan A.G., Guseva M.N., Malyskin N.G., Sycheva S.M. Opportunities for applying the concept of lean management in coal industry companies. *Ugol'*. 2021;(4):28-31. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-4-28-31.

Authors Information

Gostenina V.I. – Doctor of Sociological Sciences, Professor, Professor of the Department of Sociology and Social Work, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky, Bryansk, 241036, Russian Federation, e-mail: v.gostenina@yandex.ru

Melnikov S.L. – PhD (Pedagogical), Associate Professor, Professor, First Vice-Rector, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky, Bryansk, 241036, Russian Federation, e-mail: 1prbgu@mail.ru

Lapyko T.P. – PhD (Pedagogical), Associate Professor of the Department of Pedagogy and Childhood Psychology, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky, Bryansk, 241036, Russian Federation, e-mail: lap_tanya@mail.ru

Yudina E.N. – Doctor of Sociological Sciences, Professor, Professor of the Department of Sociology and Media Communications, Moscow State University of Humanities and Economics, Moscow, 107150, Russian Federation, e-mail: elena_nikolaevna@inbox.ru

Limonova M.A. – Doctor of Historical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Theoretical and Special Sociology named after M.A. Budanova, Moscow Pedagogical State University, Moscow, 119435, Russian Federation, e-mail: ma.limonova@mpgu.su

Информация о статье

Поступила в редакцию: 9.04.2024

Поступила после рецензирования: 16.04.2024

Принята к публикации: 26.04.2024

Paper info

Received April 9, 2024

Reviewed April 16, 2024

Accepted April 26, 2024