

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN GOLD MINING ENTERPRISES

**S. Dementiev
M. Roza**

Summary. Modern gold mining enterprises face challenges that require the introduction of innovative technologies to improve the efficiency and safety of production processes. One of the promising areas in this area is the use of artificial intelligence (AI), capable of automating operations, analyzing large amounts of data, and predicting possible risks. AI technologies open new opportunities to improve key aspects of gold mining, such as exploration, mining process management, ore processing and product quality control.

This article analyzes the potential of using artificial intelligence in gold mining enterprises and examines examples of its application at each stage of the production cycle. The purpose of the study is to identify the prospects and key directions for the development of AI technologies in gold mining, as well as to offer recommendations on their integration to improve the efficiency of enterprises.

Keywords: artificial intelligence (AI), gold mining industry, machine learning, computer vision, neural networks, prediction algorithms, SWOT analysis, productivity, environmental sustainability, forecasting.

Введение

На современном этапе горнодобывающая промышленность активно использует технологии искусственного интеллекта (ИИ) для решения разнообразных задач, таких как прогнозирование запасов, оптимизация производства, повышение безопасности труда и минимизация воздействия на окружающую среду. Внедрение ИИ в золотодобывающую отрасль нацелено на повышение эффективности ключевых процессов и требует адаптации существующих решений под специфические особенности добычи и переработки золота. Основные направления применения ИИ в отрасли можно выделить следующим образом [1]:

1. Геологоразведка и прогнозирование месторождений;
2. Оптимизация процессов добычи и переработки руды;
3. Автоматизация и управление производственными процессами;

Дементьев Сергей Юрьевич
Аспирант, Сибирский государственный университет
науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнёва
super.wark@mail.ru

Роза Мария Петровна
Сибирский государственный университет
науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнёва
mashenka-roza@mail.ru

Аннотация. Современные золотодобывающие предприятия сталкиваются с вызовами, требующими внедрения инновационных технологий для повышения эффективности и безопасности производственных процессов. Одним из перспективных направлений в этой области является применение искусственного интеллекта (ИИ), способного автоматизировать операции, анализировать большие объемы данных и предсказывать возможные риски. Технологии ИИ открывают новые возможности для улучшения ключевых аспектов золотодобычи, таких как геологоразведка, управление процессами добычи, обработка руды и контроль качества продукции.

В данной статье проводится анализ потенциала использования искусственного интеллекта в золотодобывающих предприятиях и рассматриваются примеры его применения на каждом этапе производственного цикла. Цель исследования — выявить перспективы и ключевые направления развития ИИ-технологий в золотодобыче, а также предложить рекомендации по их интеграции для повышения эффективности работы предприятий.

Ключевые слова: искусственный интеллект (ИИ), золотодобывающая отрасль, машинное обучение, компьютерное зрение, нейронные сети, алгоритмы предсказания, SWOT-анализ, производительность, экологическая устойчивость, прогнозирование.

4. Управление безопасностью труда и экологический мониторинг;
5. Экономическая и операционная эффективность.

Основные результаты

Одним из приоритетных направлений является использование ИИ для анализа геологоразведочных данных и повышения точности прогнозов о потенциальных месторождениях. Алгоритмы машинного обучения способны анализировать обширные массивы геофизических, геохимических и спутниковых данных, что позволяет более точно определять участки, перспективные для разработки. Нейронные сети используются для анализа данных о распределении минералов и предсказания наличия залежей золота. Методы глубокого обучения помогают выявить закономерности, ускользающие при традиционном анализе, позволяя улучшить планирование разведочных работ и снизить затраты на первичные исследования [2].

ИИ находит широкое применение в управлении и оптимизации производственных процессов, таких как дробление, измельчение, обогащение и переработка руды. Машинное обучение и алгоритмы предсказания помогают улучшить настройку оборудования и избежать чрезмерного износа, что снижает эксплуатационные расходы и экономит энергию. Алгоритмы машинного обучения позволяют прогнозировать износ оборудования и корректировать его работу для повышения срока службы. Оптимизация работы флотационного оборудования и фильтров позволяет экономить на реагентах и уменьшить потери золота в отходах.

Внедрение систем автоматизации на базе ИИ способствует созданию «умных шахт» — предприятий, на которых большинство процессов контролируется и управляется в режиме реального времени. Применение компьютерного зрения и роботизированных систем позволяет выполнять операции дистанционно и минимизировать участие человека в опасных зонах. Внедрение автономных буровых и транспортных установок снижает риски для здоровья работников и позволяет существенно сократить затраты на персонал. Интеллектуальные системы мониторинга позволяют в режиме реального времени управлять концентрацией золота в потоке, избегая перерасхода реагентов и уменьшив затраты.

ИИ также активно используется для улучшения условий труда и снижения экологических рисков. Системы компьютерного зрения и датчиков позволяют контролировать соблюдение техники безопасности, а прогнозные модели помогают предсказать аварийные ситуации и предупредить их. Использование ИИ для мониторинга безопасности, включая распознавание опасных ситуаций (например, близость работников к опасным зонам), позволяет снизить количество несчастных случаев. Алгоритмы анализа данных помогают предсказывать аварии, определять потенциальные угрозы для окружающей среды, например выбросы вредных веществ, что позволяет оперативно реагировать на возникающие проблемы [1].

В золотодобывающей отрасли внедрение ИИ способствует снижению затрат на производственные процессы и улучшению операционной эффективности. Например, системы предиктивной аналитики позволяют избежать дорогостоящих простоев и ремонта, прогнозируя износ и необходимость обслуживания оборудования. Оптимизация маршрутов для автономной техники и управление расходом энергии с помощью алгоритмов машинного обучения также способствуют сокращению операционных расходов [2].

Несмотря на значительные преимущества ИИ, его внедрение в золотодобывающей отрасли сопряжено с рядом трудностей:

- высокие затраты на внедрение и настройку ИИ-систем, что требует дополнительных инвестиций на первоначальном этапе;
- недостаток квалифицированного персонала для работы с ИИ-технологиями, что требует затрат на обучение и адаптацию персонала;
- необходимость адаптации ИИ-решений под специфику золотодобывающих процессов, что требует времени и дополнительных ресурсов.

Текущее состояние применения ИИ в золотодобывающей отрасли демонстрирует большой потенциал для улучшения процессов, однако требует комплексного подхода к внедрению и адаптации.

Внедрение технологий искусственного интеллекта в золотодобывающей отрасли является важным шагом к повышению эффективности и устойчивости производственных процессов. Практические кейсы из реального мира предоставляют ценные данные о том, как именно ИИ может быть использован для решения конкретных задач, а также о рисках и трудностях, с которыми сталкиваются компании. Далее рассмотрим несколько успешных примеров применения ИИ в золотодобыче [3].

Barrick Gold Corporation (Канада), одна из крупнейших золотодобывающих компаний в мире, активно использует ИИ для повышения производительности и оптимизации своих операций. Barrick внедрила систему, использующую машинное обучение для анализа данных из сенсоров и оборудования, что позволяет предсказывать поломки и планировать техническое обслуживание. Использование ИИ в геологоразведке для улучшения моделей прогнозирования месторождений, что повышает эффективность разведки и снижает затраты на поиск новых ресурсов. В результате компания добилась снижения времени простоя оборудования и оптимизация процессов добычи, а также повышение точности прогнозирования запасов золота. Риски, связанные с интеграцией это начальные инвестиции в инфраструктуру и обучение персонала, а также необходимость интеграции ИИ-систем с существующими процессами и данными.

Newmont Mining Corporation (США) одна из ведущих золотодобывающих компаний, которая использует ИИ для повышения безопасности труда и управления экологическими рисками. Компания разработала систему компьютерного зрения для анализа видеопотоков с камер на производственных площадках. Это позволяет в реальном времени выявлять опасные ситуации и потенциальные угрозы. ИИ используется для анализа данных об окружающей среде, что помогает контролировать выбросы и минимизировать негативное воздействие на природу. Как результат существенное улучшение уровня безопасности на местах работы

и уменьшение негативного воздействия на экологию, улучшение репутации компании. Трудности внедрения — это высокие затраты на установку, обслуживание систем видеонаблюдения и ложности в анализе данных и необходимость в квалифицированных кадрах.

Gold Fields (Южноафриканская Республика) активно внедряет ИИ в своих шахтах для повышения эффективности и уменьшения затрат. Применение ИИ в компании используются для оптимизации процессов добычи и дистанционного управления. Использование алгоритмов машинного обучения для анализа и оптимизации процессов дробления и обогащения руды. Внедрение автономных транспортных средств для транспортировки руды, что снижает риск для работников. Это привело к повышению производительности, снижению затрат на операционные процессы и увеличение уровня безопасности за счет снижения числа работников в опасных

зонах. Присутствует необходимость значительных инвестиций в автономные технологии и потребность в обучении персонала для работы с новыми технологиями.

Kinross Gold Corporation (Канада) использует ИИ для улучшения качества продукции и повышения эффективности производственных процессов. Компания занимается разработкой моделей машинного обучения для анализа данных о качестве руды и улучшения процесса обогащения. ИИ применяется для предсказания потребностей в ресурсах и оптимизации запасов. В результате компания добилась улучшения качества конечного продукта, снижение отходов и повышение экономической эффективности за счет более точного планирования. Риски и трудности заключаются в сложности в интеграции ИИ-систем с существующими процессами, а также потребность в постоянной поддержке и обновлении моделей.



Рис. 1. Преимущества и ограничения использования ИИ в золотодобыче

Agnico Eagle Mines Limited (Канада) внедряет ИИ для повышения устойчивости своих операций и минимизации воздействия на окружающую среду. Применение ИИ в компании применяется в области экологического мониторинга и оптимизации ресурсов. Использование ИИ для анализа данных о выбросах и состоянии окружающей среды, что позволяет своевременно выявлять и устранять проблемы. Применение машинного обучения для оптимизации использования воды и энергоресурсов в производственных процессах. Как результаты снижение экологического воздействия на местные экосистемы и оптимизация использования ресурсов, что привело к снижению затрат. Внедрение происходит с учетом непредсказуемости изменений в экологическом законодательстве и необходимость в постоянном мониторинге и адаптации к изменениям.

Изучение практических кейсов внедрения ИИ в золотодобывающую отрасль показывает, что технологии ИИ могут значительно улучшить производственные процессы, повысить безопасность и снизить экологическое воздействие. Однако успешная реализация ИИ требует внимательного подхода к оценке рисков, затрат и необходимости в подготовке персонала. Эти примеры служат основой для дальнейшего изучения и разработки стратегий внедрения ИИ в золотодобычу, с учетом уникальных условий и потребностей каждой компании.

Искусственный интеллект (ИИ) находит все более широкое применение в золотодобывающей отрасли, предлагая значительные возможности для повышения производительности и оптимизации процессов. Однако, помимо многочисленных преимуществ, внедрение ИИ сопряжено с определенными ограничениями, которые стоит учитывать. На рисунке 1 приводится оценка преимуществ и ограничений использования ИИ в золотодобыче с учетом экономической эффективности, экологической устойчивости и безопасности труда [4].

Применение ИИ в золотодобыче предоставляет значительные преимущества в аспектах экономической эффективности, устойчивости и безопасности труда. ИИ позволяет улучшить производственные процессы, снизить влияние на окружающую среду и обеспечить более высокую безопасность для работников. Однако реализация этих технологий требует учета значительных финансовых, технических и социальных ограничений. Эти ограничения могут быть преодолены при тщательном планировании и комплексной поддержке процессов, направленных на эффективную интеграцию ИИ в золотодобывающую отрасль.

Внедрение технологий ИИ в золотодобычу может значительно повысить эффективность процессов и минимизировать экологическое воздействие. Разные технологии ИИ обладают своими сильными и слабыми

сторонами, что делает их более или менее подходящими для определенных задач на каждом этапе производственного цикла. В таблице 1 будут рассмотрены основные технологии ИИ, такие как машинное обучение, компьютерное зрение, нейронные сети и алгоритмы предсказания [2, 3].

Сравнительный анализ технологий ИИ показывает, что каждая из них имеет свои уникальные возможности и ограничения, что делает их более или менее подходящими для различных задач в золотодобывающей отрасли. Для достижения максимальной эффективности следует рассматривать возможность интеграции нескольких технологий в рамках единой системы, что позволит более полно использовать их преимущества и минимизировать недостатки. Определение конкретных задач и требований на каждом этапе производственного цикла поможет выбрать наилучшие подходы для внедрения ИИ в золотодобычу [5].

SWOT-анализ (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) представляет собой стратегический инструмент, который помогает оценить внутренние и внешние факторы, влияющие на внедрение технологий искусственного интеллекта в золотодобычу. Этот анализ позволяет выявить сильные и слабые стороны, возможности и угрозы, связанные с использованием ИИ-технологий, что в свою очередь помогает разработать стратегию для успешного внедрения. SWOT-анализ отображен на рисунке 2.

SWOT-анализ показывает, что внедрение ИИ в золотодобывающую отрасль имеет как значительные пре-

Таблица 1.
Сравнительная таблица технологий ИИ

Технология	Применение	Преимущества	Ограничения
Машинное обучение	Оптимизация процессов, предсказание	Гибкость, способность обрабатывать большие данные	Зависимость от данных, сложность интерпретации
Компьютерное зрение	Мониторинг безопасности, контроль качества	Высокая точность, автоматизация процессов	Качество изображений, сложность настройки
Нейронные сети	Геологоразведка, прогнозирование	Обучение на сложных данных, поддержка глубокого обучения	Необходимость в большом объеме данных, высокие требования к вычислениям
Алгоритмы предсказания	Прогнозирование выходов и потребностей	Простота реализации, быстрая адаптация	Ограниченная предсказательная сила, необходимость в обновлении

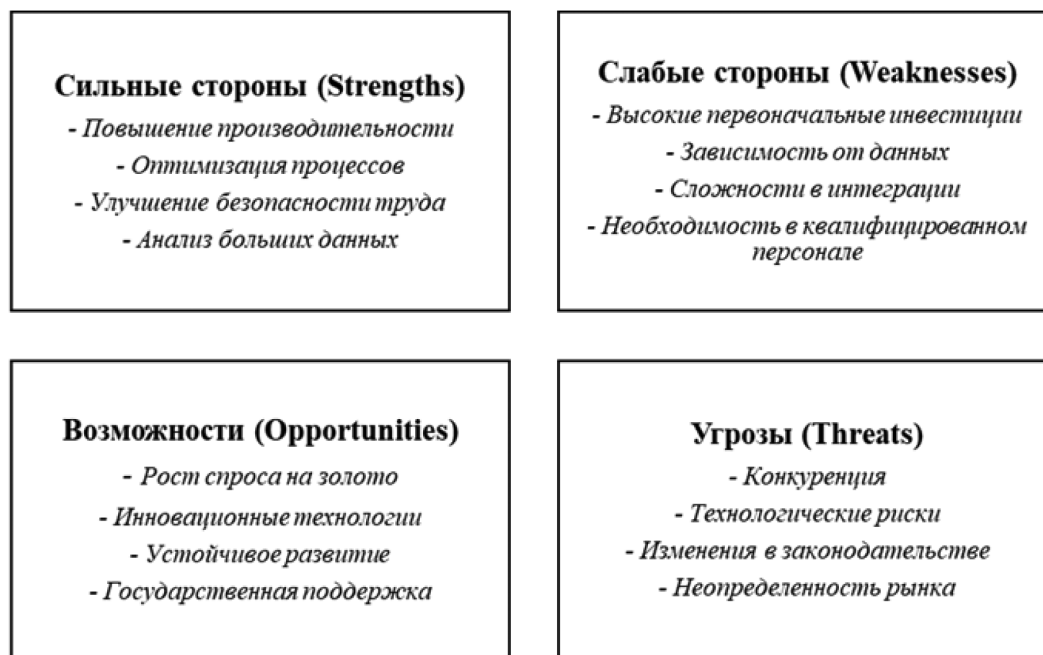


Рис. 2. SWOT-анализ внедрения ИИ в золотодобывающую отрасль

имущества, так и определенные риски. Сильные стороны и возможности создают благоприятные условия для развития и оптимизации процессов, в то время как слабые стороны и угрозы требуют внимательного подхода и стратегического планирования. Успех внедрения ИИ в золотодобычу будет зависеть от способности компаний эффективно управлять этими факторами и использовать технологии для достижения конкурентных преимуществ.

Внедрение ИИ в золотодобывающую отрасль требует стратегического подхода, учитывающего особенности производственных процессов и возможные риски. Правильная интеграция ИИ может значительно повысить экономическую эффективность, улучшить экологическую устойчивость и повысить безопасность труда. На рисунке 3 представлены ключевые рекомендации для успешного внедрения ИИ-технологий на золотодобывающих предприятиях [6, 8].

Подробнее по каждой рекомендации далее:

1. Проведение анализа потребностей и возможностей предприятия. Перед началом внедрения ИИ необходимо провести тщательный анализ текущих производственных процессов и определить конкретные задачи, которые могут быть решены с помощью технологий ИИ. Рекомендуется:
 - определить ключевые процессы;
 - провести предварительную оценку;
 - проанализировать готовность.
2. Создание инфраструктуры для работы с данными. Для успешного использования ИИ предприятиям необходимо иметь надежную систему сбора, хранения и анализа данных. Следует:

- внедрить систему управления данными;
 - обеспечить безопасность и защиту данных;
 - разработать стандарты данных.
3. Пилотное внедрение ИИ на приоритетных участках. Для минимизации рисков и адаптации технологий ИИ к особенностям предприятия рекомендуется начинать с пилотных проектов. Это позволяет выявить потенциальные трудности и оптимизировать процессы до полномасштабного внедрения. Рекомендуется:
 - выбрать участки с наибольшим потенциалом для оптимизации;
 - оценить результаты пилотного внедрения;
 - внести необходимые коррективы.
 4. Обучение и адаптация персонала. Использование ИИ требует подготовки персонала и привлечения специалистов, способных работать с данными и технологиями ИИ. Это помогает сократить риск ошибок и повысить доверие работников к новым технологиям. Следует:
 - организовать обучающие программы;
 - внедрить систему поддержки пользователей;
 - привлечь специалистов по ИИ и аналитике данных.
 5. Мониторинг рисков и соблюдение стандартов безопасности. При внедрении ИИ важно учитывать возможные риски для работников, техники и окружающей среды. Рекомендуется:
 - разработать систему мониторинга и предотвращения рисков;
 - соблюдать стандарты безопасности;
 - интегрировать меры защиты данных и информации.
 6. Постоянный контроль экономической эффективности и экологической устойчивости. После вне-



Рис. 3. Ключевые рекомендации для внедрения ИИ-технологий на золотодобывающих предприятиях

дрения ИИ на полномасштабной основе рекомендуется регулярно оценивать его эффективность, чтобы выявлять дополнительные возможности для оптимизации. Следует:

- оценивать экономическую эффективность;
 - проводить регулярный аудит экологических показателей;
 - адаптировать и обновлять модели ИИ.
7. Адаптация подходов к соблюдению нормативных требований и социальной ответственности. Внедрение ИИ может вызывать вопросы в части соблюдения правовых норм и социальной ответственности перед работниками и местными сообществами. Рекомендуется:
- обеспечить соответствие законодательным требованиям;
 - внедрить социальные программы;
 - учитывать мнение местных сообществ.

8. Постоянное развитие и внедрение новых ИИ-технологий. Технологии ИИ развиваются стремительно, и для максимального эффекта важно отслеживать инновации и внедрять новые подходы по мере их появления. Рекомендуется:

- поддерживать связь с поставщиками технологий ИИ;
- инвестировать в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР);
- создать отдел инноваций.

Внедрение ИИ-технологий в золотодобывающую отрасль требует комплексного подхода и учета уникальных особенностей производственного процесса. Следование данным рекомендациям поможет минимизировать риски, повысить производительность и эффективно адаптировать ИИ к потребностям компании, обеспечив экономическую выгоду, устойчивое развитие и повышение уровня безопасности на всех этапах производства [7].

Таблица 2.

Ключевые направления будущих исследований и разработок ИИ в золотодобыче

Направление	Пример	Описание
1. Разработка интеллектуальных систем для предсказательной аналитики	Оптимизация производственных процессов	Дальнейшие исследования в области предсказательной аналитики могут помочь в прогнозировании производительности оборудования, потребности в ресурсах и возможности возникновения непредвиденных ситуаций. Это позволит более эффективно планировать добычу и переработку руды.
	Анализ больших данных	Необходимо разработать алгоритмы, способные обрабатывать и анализировать большие объемы данных с учетом многопараметрических моделей, что улучшит точность прогнозирования.
2. Улучшение моделей машинного обучения для разведки месторождений	Геологоразведка с использованием ИИ	Исследование новых методов применения ИИ в анализе геофизических и геохимических данных для повышения точности определения месторождений. Это включает в себя использование алгоритмов глубокого обучения для создания 3D-моделей подземных структур.
	Интеграция ИИ с традиционными методами	Разработка моделей, которые объединяют ИИ с традиционными геологоразведочными подходами для более точного прогнозирования находок золота.
3. Автоматизация процессов добычи и переработки	Автономные системы	Дальнейшие исследования в области разработки и внедрения автономных буровых установок и грузовых машин, способных эффективно работать в условиях сложного рельефа и меняющихся геологических условий.
	Интеллектуальные системы управления	Создание более совершенных систем управления для оптимизации процессов дробления и обогащения с использованием ИИ, что позволит увеличить эффективность извлечения золота и снизить энергозатраты.
4. Оптимизация экологического мониторинга и управления отходами	Индикаторы устойчивости	Разработка ИИ-систем для мониторинга и анализа экологических показателей в реальном времени, таких как уровень выбросов, качество воды и состояние почвы. Это позволит оперативно реагировать на экологические угрозы.
	Управление отходами	Исследование решений на основе ИИ для автоматизации процессов обработки и утилизации отходов, что может минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.
5. Инновационные подходы к обучению и адаптации персонала	Виртуальная и дополненная реальность (VR/AR)	Разработка технологий VR и AR для обучения сотрудников использованию ИИ-технологий в безопасной и контролируемой среде. Это поможет быстрее адаптировать персонал к новым технологиям.
	Системы поддержки принятия решений	Создание интеллектуальных систем, которые помогут работникам в принятии решений на основе анализа данных и предсказаний, что повысит уровень вовлеченности и понимания технологий.
6. Изучение социальных и этических аспектов внедрения ИИ	Влияние на рабочие места	Исследование воздействия автоматизации на занятость в золотодобывающей отрасли, включая методы переподготовки и переквалификации работников, чтобы смягчить последствия сокращения рабочих мест.
	Этические аспекты применения ИИ	Анализ вопросов этики и социальной ответственности, связанных с внедрением ИИ в золотодобычу, чтобы разработать рекомендации по-справедливому и устойчивому внедрению новых технологий.
7. Системы управления рисками и безопасностью	Модели оценки рисков	Разработка ИИ-моделей, которые смогут оценивать риски для работников и окружающей среды, основываясь на данных о состоянии оборудования и условиях работы.
	Интеллектуальные системы безопасности	Создание систем, использующих ИИ для мониторинга условий труда и выявления потенциально опасных ситуаций в режиме реального времени, что повысит уровень безопасности на предприятиях.

Искусственный интеллект (ИИ) открывает новые горизонты для оптимизации производственных процессов и минимизации экологического воздействия в зо-

лотодобывающей отрасли. В таблице 2 представлены ключевые направления, которые могут стать основой для будущих исследований и разработок [8].

Заключение

Дальнейшие исследования и разработки в области применения ИИ в золотодобыче имеют огромный потенциал для оптимизации производственных процессов и снижения экологического воздействия. Успешная реализация этих направлений поможет создать более устойчивую и эффективную золотодобывающую отрасль, способствующую сохранению окружающей среды и повышению качества жизни работников.

Внедрение технологий искусственного интеллекта (ИИ) в золотодобывающую отрасль предоставляет компаниям значительные преимущества и возможности для оптимизации производственных процессов. Результаты исследования показали, что ИИ может значительно повысить эффективность на различных этапах производственного цикла, включая разведку месторождений, добычу и переработку руды, а также контроль качества и безопасность.

Искусственный интеллект становится ключевым инструментом для повышения конкурентоспособности золотодобывающих компаний. Эффективное использование ИИ позволяет не только оптимизировать процессы,

но и снижать затраты, повышать безопасность и минимизировать экологические риски. Успешное внедрение ИИ требует системного подхода, включающего оценку текущих процессов, разработку стратегии, обучение персонала и управление рисками. Компании должны учитывать специфику своих производственных процессов и адаптировать технологии к их нуждам. В свете быстро меняющихся технологий и требований рынка важно продолжать исследовать и развивать новые ИИ-решения, которые могут способствовать дальнейшему совершенствованию производственных процессов и снижению экологического воздействия. Рекомендации для практики. Золотодобывающим компаниям рекомендуется следовать разработанным рекомендациям по внедрению ИИ-технологий, активно обучать персонал и создавать механизмы мониторинга для оценки эффективности внедрения.

В итоге применение ИИ в золотодобывающей отрасли открывает новые горизонты для повышения производительности, экономической эффективности и устойчивого развития. Компании, готовые инвестировать в эти технологии и адаптироваться к новым условиям, смогут занять лидирующие позиции на рынке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dementiev S.Yu. Industrial Internet of Things in Russia / S.Yu. Dementiev, A.V. Murygin // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. — 2023. — Vol. 8, No. 5–2(31). — P. 5–8. — EDN YUADZX.
2. Henrik B. Mashinnoe obuchenie. [Text]. / B. Henrik, M. Feverolf, Dzh. Richards // Piter. — 2017. — p. 336.
3. Sheffer Je. Industrija H.O. Preimushhestva cifrovih tehnologij dlja proizvodstva. [Text]. / Je. Sheffer // 2019. — p.320.
4. Dementev S.Y. big data analysis in an industrial enterprise / S.Y. Dementev, M.P. Roza // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. — 2023. — Vol. 8, No. 6(32). — P. 142–147. — EDN BGKFTG.
5. Tan P.N. Introduction to data mining / P.N. Tan, M. Steinbach, V. Kumar. — Pearson, 2018. — 173 p.
6. Talla M.N. Real-time process mining: Challenges, techniques, and applications / M.N. Talla, F.M. Nakhli, S. Rinderle-Ma // Information Systems. — 2021. — No. 99. — pp. 602–620.
7. Theuri J., Olukuru J. The impact of Artificial Intelligence and how it is shaping banking. — KBA Centre for Research on Financial Markets and Policy Working Paper Series, 2022. — №. 61. — С. 3–7.
8. Ng K.K.H. et al. A systematic literature review on intelligent automation: Aligning concepts from theory, practice, and future perspectives //Advanced Engineering Informatics. — 2021. — T. 47. С. 10–12.