

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»**

**НАУКА И МОЛОДЕЖЬ:
ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ**

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ВЫПУСК 28

*Труды Всероссийской научной конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
15 – 16 мая 2024 г.*

ЧАСТЬ I

Под общей редакцией профессора С.В. Коновалова

**Новокузнецк
2024**

ББК 74.48.288
Н 340

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, профессор Коновалов С.В.,
д-р физ.-мат. наук, профессор Громов В.Е.,
д-р техн. наук, профессор Кулаков С.М.,
канд. техн. наук Шевченко Р.А.,
канд. техн. наук, доцент Чаплыгин В.В.,
канд. техн. наук, доцент Риб С.В.,
канд. техн. наук, доцент Темлянцева Е.Н.

Н 340

Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 15–16 мая 2024 г. Выпуск 28. Часть I. Естественные и технические науки / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский государственный индустриальный университет; под общ. ред. С.В. Коновалова – Новокузнецк; Издательский центр СибГИУ, 2024. – 450 с. : ил.

ISSN 2500-3364

Представлены труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по результатам научно-исследовательских работ. Первая часть сборника посвящена актуальным вопросам в области естественных наук; металлургических процессов, технологий, материалов и оборудования; перспективных технологий разработки месторождений полезных ископаемых; экологии, безопасности, рационального использования природных ресурсов; информационных технологий и систем автоматизации управления.

Материалы сборника представляют интерес для научных и научно-технических работников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

ISSN 2500-3364

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2024

ВАРИАНТЫ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ

Кротков И.А., Никитина А.М.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, ivan.ru104@gmail.com*

Рассмотрены технологии, используемые в глубоководной добыче полезных ископаемых, а также основные вызовы, с которыми сталкиваются компании и ученые. Сделан обзор наиболее перспективных способов добычи на больших глубинах.

Ключевые слова: глубоководная добыча, горные работы, воздействие, окружающая среда, защита, экосистемы, морское дно, загрязнение, тяжелые металлы.

Глубоководная добыча полезных ископаемых представляет собой важное направление в современной горнодобывающей промышленности. С развитием технологий и ростом спроса на ресурсы, промышленность все больше обращается к эксплуатации морских ресурсов. Глубоководная добыча - это процесс извлечения полезных ископаемых, который осуществляется на дне океана. На значительной глубине формируются крупные сульфидные месторождения, содержащие ценные металлы, такие как серебро, золото, медь, марганец, кобальт, цинк. Для добычи таких месторождений применяются гидравлические насосы или ковшовые системы, которые поднимают руду на поверхность для последующей обработки [1].

Последние технологические достижения привели к использованию дистанционно управляемых транспортных средств (ТПА) для взятия проб минералов с перспективных рудников. После обнаружения участка создается горное судно или станция для добычи полезных ископаемых.

Существуют две преобладающие формы добычи полезных ископаемых: ковшовая система непрерывного действия (CLB) и гидравлическая система всасывания. Система CLB (рисунок 1) работает аналогично ленточному конвейеру, идущему от морского дна к поверхности океана, где корабль или горнодобывающая платформа добывают желаемые минералы и возвращают хвосты в океан.

При добыче с использованием гидравлического всасывания труба опускается на морское дно, по которой полезное ископаемое переносится на горное судно. Еще одна труба, идущая с корабля на морское дно, возвращает хвосты в район добычи.

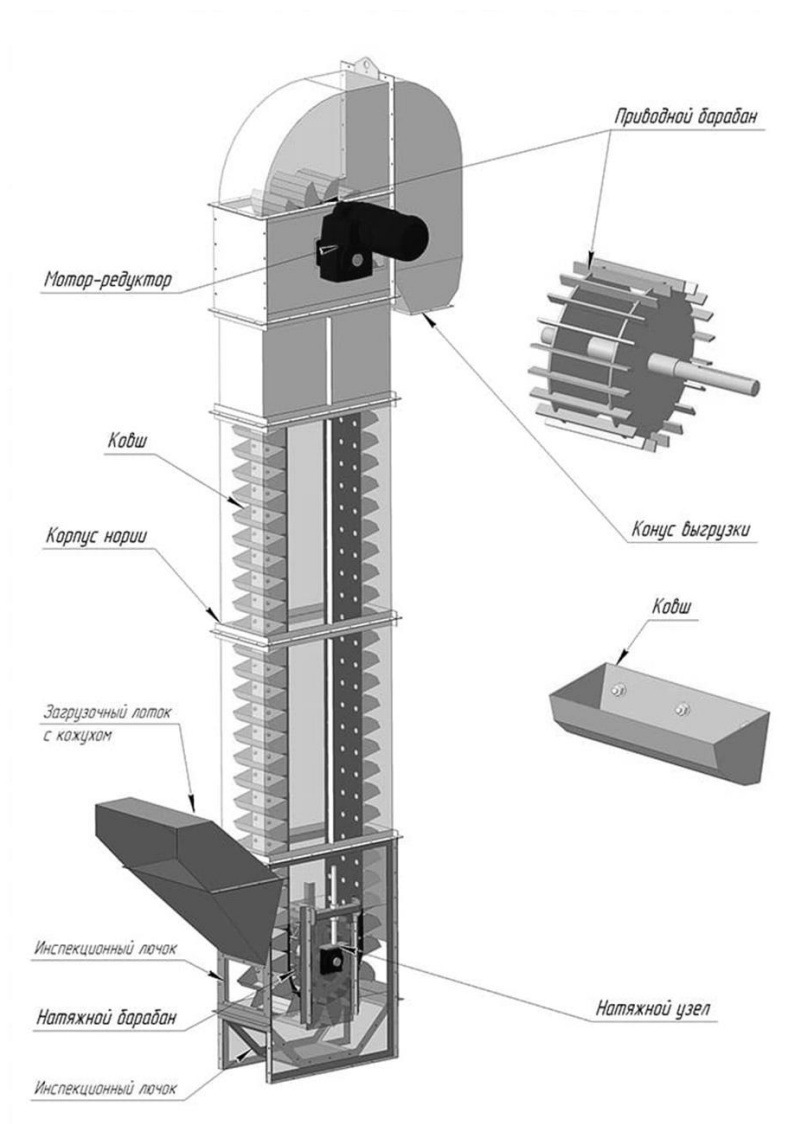


Рисунок 1 – Ковшовая система непрерывного действия CLB [1]

Глубокое море представляет собой богатый источник различных ресурсов, доступных для добычи. Эти ресурсы находятся в различных формах на морском дне. Например, алмазы добываются с морского дна компанией De Beers, а Nautilus Minerals Inc. занимается добычей золота и серебра.

Компания De Beers уже более полувека успешно извлекает алмазы из песчаных отложений. Начиная с глубин до 35 метров, но в 2006 году, после истощения легкодоступных запасов, инженеры De Beers вынуждены были заменить обычные земснаряды на плавучие буровые установки.

В 2015 году специально для освоения запасов на глубине 100–140 метров компания Marine & Mineral Projects построила новый гусеничный «пылесос» с дистанционным управлением - 320-тонный электрогидравлический гигант (проект Solwara 1). Этот уникальный аппарат способен за час очистить от песка площадку размером в два футбольных поля. Технологический цикл завершается на вспомогательном судне Mafuta, где драгоценный шлам непрерывно поступает на сортировочный конвейер. Ежеднев-

но с борта Mafuta доставляется около 700 крупных алмазов высшего качества.

Проект Solwara 1, лицензия на разработку которого принадлежит канадской компании Nautilus Minerals, является значимым в мире глубоководной добычи. Этот проект предполагает извлечение месторождения халькопирита, содержащего 2,5 млн тонн с 7,5% меди, 7,2 г/т золота и 37 г/т серебра, общей рыночной стоимостью \$1,5 миллиарда.

Водно-шламовая схема добычи руды, адаптированная инженерами Nautilus под условия Solwara 1, включает в себя три базовых элемента: подводную карьерную технику с дистанционным управлением, вертикальную систему подъема шлама и вспомогательное судно. Ключевым элементом технологии является первое в мире специализированное судно для глубоководных горных работ, строительство которого началось в апреле 2015 года. Это плавучее судно несет на себе весь технологический цикл месторождения: доставку оборудования в точку погружения; спуск, подъем и обслуживание машин; а также подъем, осушение и складирование шлама.

Глубоководная добыча, как и любая горнодобывающая деятельность, вызывает беспокойство по поводу ее потенциального воздействия на окружающую среду. Группы по защите окружающей среды высказывали опасения относительно разрешения добычи полезных ископаемых на морском дне в большинстве мировых океанов из-за возможного вреда глубоководным экосистемам и загрязнениями, содержащими тяжелые металлы [2].

Поскольку глубоководная добыча является относительно новой областью, полные последствия горных работ для этих экосистем остаются неизвестными. Однако некоторые исследователи предполагают, что удаление частей морского дна может нарушить бентический слой (слой, расположенный ближе ко дну водоема, обитаемый организмами, называемыми «бентосом»), повысить токсичность воды и вызвать загрязнение хвостовыми отходами.

Один из вариантов подхода к решению проблемы предложила компания Impossible Metals - селективная добыча глубоководных полиметаллических конкреций. В настоящее время разрабатывается парк робототехники (рисунок 2) AUV, использующий технологию манипулятора «взять и разместить» для индивидуального сбора конкреций, сводя к минимуму нарушение отложений и экосистем морского дна. Технология распознавания изображений позволит идентифицировать мегафауну, присутствующую на конкрециях, и оставить эти конкреции нетронутыми, сохраняя фауну, зависящую от конкреций [3].

К основным преимуществам этой системы относятся:

1. Низкое воздействие на окружающую среду – отсутствие фауны конкреций, отсутствие значительного шлейфа, отсутствие возврата воды, отсутствие воздействия на структуру отложений или фауну отложений. Низкая освещенность и шумовое загрязнение.

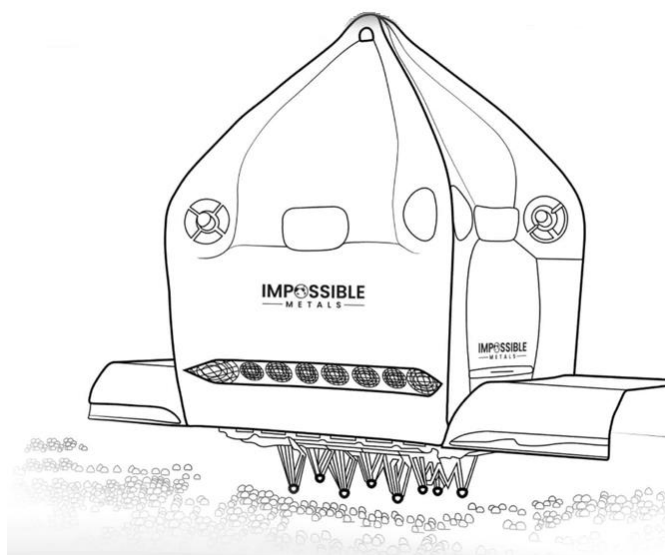


Рисунок 2 – Прототип робототехники AUV компании Impossible Metals [2]

2. Масштабируемость – отсутствие единой точки отказа, возможность начать с низкой производительности и увеличивать ее с течением времени.

3. Экономическая эффективность. Несмотря на то, что технология дноуглубительных работ, разработанная более 30 лет назад, имеет высокие капитальные/операционные расходы со сроком окупаемости 9 лет, наш автономный флот может окупить капитал через 3 года при тех же темпах производства.

Проведенный анализ технологий, используемых в глубоководной добыче полезных ископаемых, показал, что глубоководная добыча играет ключевую роль в обеспечении мировых потребностей в энергии и сырье. Однако, она также представляет собой вызовы с точки зрения технологии, экологии и экономики.

Новые технологии добычи со дна морей и океанов позволят сделать океан неисчерпаемым в обозримом будущем источником твердого минерального сырья. Дальнейшие исследования и инновации необходимы для устойчивого развития этой промышленности и минимизации ее негативного воздействия на окружающую среду.

Библиографический список

1. Рева Ю.В. Технические средства добычи минеральных ресурсов и полезных ископаемых из глубин Мирового океана / Ю.В. Рева // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2020. №1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnicheskie-sredstva-dobychi-mineralnyh-resursov-i-poleznyh-iskopaemyh-iz-glubin-mirovogo-okeana> (дата обращения: 07.04.2024).

2. Кириченко Ю.В. Анализ экологического воздействия разработок подводных месторождений твердых полезных ископаемых / Ю.В. Кириченко, А.С. Каширский, Г.С. Иващенко // Горная промышленность, № 3

(145).2019. – С. 92–97.

3. ROBOTIC COLLECTION SYSTEM // Impossible metals 2022. – URL: <https://impossiblemetals.com/technology/robotic-collection-system/> (Дата обращения 07.04.2024).

УДК 681.5 [622.6 : 622.371]

ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ МАШИНАМИ И МЕХАНИЗМАМИ В УСЛОВИЯХ АЛМАЗОДОБЫВАЮЩИХ РУДНИКОВ

**Марченко Л.А., Владимиров В.В., Карпов А.В.,
Гордеева А.П., Коряга М.Г.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: toly123490@gmail.com*

В данной статье описываются направления диспетчеризации и автоматизации подземных работ в процессе добычи алмазов. Рассмотрены перспективные отечественные и зарубежные системы дистанционного управления машинами и оборудованием. Предложена перспективная схема дистанционного управления с размещением диспетчера на поверхности рудника.

Ключевые слова: система дистанционного управления, диспетчеризация, автоматизация, добыча алмазов, подземная добыча.

Российская компания «Алроса» обеспечивает порядка трети мировой добычи алмазов. Так, в 2021 году компания добыла 32,4 млн карат – это 27 % от мирового объёма [1].

Сегодня все запасы руды, содержащей алмазы, можно разделить на 3 категории. К первой категории относятся 48 % запасов, вовлечённые в эксплуатацию. Вторая категория – это запасы, находящиеся в прединвестиционной фазе и обладающие коммерческими потенциалом. Они составляют 29 % от всех запасов РФ, и данные активы подразумевают отработку подземным способом. Третья категория – те, по которым не приняты инвестиционные решения, составляют 23 % от общего количества.

Более половины добываемых сегодня российских алмазов – это результат работы открытых коренных месторождений. При этом почти половина имеющихся запасов предполагает подземную добычу, что влечёт за собой снижение уровня доходности.

Так как добыча на рудниках производится с помощью буровзрывных работ, вопрос об повышении эффективности БВР становится всё более актуальным.

Цикл БВР включает в себя: бурение шпуров, закладка взрывчатого вещества, взрывание, вентиляция и откатка отбитой горной массы.

Все эти процессы напрямую связаны с наличием бригады в забое выработки. Как следствие имеются постоянные затраты времени, связанные с

МИКРОЛЕГИРОВАНИЕ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ НИОБИЕМ <i>Бессонова О.В., Осколкова Т.Н.</i>	153
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ <i>Олифиренко И.А.¹, Осколкова Т.Н.²</i>	157
III ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	161
РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕХОДА РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ ДЛЯ ОБУЧАЮЩЕ-ТЕСТИРУЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ «ТЕХНОЛОГИЯ ОТРАБОТКИ ПОЛОГИХ ПЛАСТОВ» <i>Кротков И.А., Любогощев В.И., Домрачев А.Н.</i>	161
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УГОЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДОБЫЧИ УГЛЯ В РОССИИ (2016-2023 ГГ.) <i>Коновалова О.Ю., Курдюков М.О., Ермаков А.Ю.</i>	165
ВАРИАНТЫ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ <i>Кротков И.А., Никитина А.М.</i>	168
ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ МАШИНАМИ И МЕХАНИЗМАМИ В УСЛОВИЯХ АЛМАЗОДОБЫВАЮЩИХ РУДНИКОВ <i>Марченко Л.А., Владимиров В.В., Карнов А.В., Гордеева А.П., Коряга М.Г.</i>	172
ПРИМЕНЕНИЕ БУРОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА РАЗРЕЗАХ КУЗБАССА <i>Ворсина А.М., Агеев Д.А., Никитина А.М.</i>	175
РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ САМОВОЗГОРАНИЯ УГЛЯ НА РАЗРЕЗАХ КУЗБАССА <i>Ворсина А.М., Агеев Д.А., Никитина А.М.</i>	179
ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ <i>Трабер Н.С., Ворсина А.М., Никитина А.М.</i>	182
РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ КУЗБАССА <i>Апенкин Д.Е., Волошин В.А., Марченко Д.И.</i>	187
МОНИТОРИНГ СЕЙСМИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ ПРИ МАССОВЫХ ВЗРЫВАХ НА РАЗРЕЗАХ <i>Ефименко И.А., Волошин В.А., Апенкин Д.Е.</i>	191
ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ГОРНОПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ПО КРЕПКИМ ПОРОДАМ <i>Марченко Д.И., Волошин В.А., Володина А.В., Апенкин Д.Е.</i>	194

Научное издание

НАУКА И МОЛОДЕЖЬ: ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Выпуск 28

*Труды Всероссийской научной конференции студентов,
аспирантов и молодых ученых*

Часть I

Под общей редакцией

С.В. Коновалова

Компьютерная верстка

Н.В. Ознобихина

Подписано в печать 14.05.2024 г.

Формат бумаги 60х84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 26,8 Уч.-изд. л. 28,37 Тираж 300 экз. Заказ № 87

Сибирский государственный индустриальный университет

654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42

Издательский центр СибГИУ