

ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОМОНИТОРА ПРИ ГЛУБОКОВОДНОЙ ГИДРОДОБЫЧЕ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ С МОРСКОГО ДНА

Н. Р. Педан^{1✉}, Ю. А. Васянович^{1,2}

¹ФБГОУ ВО «Владивостокский государственный университет», г. Владивосток, Российская Федерация

²ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», г. Владивосток, Российская Федерация

✉ MyName@nikpedan.ru

Аннотация. Приведены результаты исследований эффективности гидромониторов при глубоководной добыче твердых полезных ископаемых. Установлено, что использование струй воды, под высоким давлением подаваемых по трубопроводам к гидромонитору, значительно облегчает разрушение и извлечение материалов с морского дна. Определено, что конструкция и оптимизация сопла, а также угол наклона струи воды существенно влияют на эффективность добычи. Показано, что применение камуфлетного взрывания в сочетании с эрлифтным подъемом минимизирует воздействие на окружающую среду по сравнению с традиционными методами добычи. Выявлено, что гидромониторы снижают экологический след, связанный с глубоководной добычей, и соответствуют целям устойчивого развития. Проведена оценка инновационных подходов, обеспечивающих минимальное разрушение морских экосистем при максимальном извлечении ресурсов. Представлены преимущества гидромониторов в повышении эффективности добычи, безопасности и экологической устойчивости. Результаты исследований могут быть полезными при разработке операционных протоколов для глубоководной добычи с упором на устойчивые методы, а также для совершенствования технологий, используемых в гидродобыче.

Ключевые слова: гидромонитор, глубоководная добыча, твердые полезные ископаемые, морское дно, камуфлетное взрывание, эрлифт, гидродобыча, размыв породы

Для цитирования: Педан НР, Васянович ЮА. Применение гидромонитора при глубоководной гидродобыче твердых полезных ископаемых с морского дна. *Маркшейдерия и недропользование*. 2025;25(2):5-11. <https://doi.org/10.56195/20793332-2025-25-2-5-11>.

APPLICATION OF THE HYDRO-MONITOR IN DEEP-SEA HYDRO-MINING OF SOLID MINERALS FROM THE SEABED

N. R. Pedan^{1✉}, Y. A. Vasyanovych^{1,2}

¹FSBEI HE «Vladivostok State University», Vladivostok, Russian Federation

²FSAEI HE «Far Eastern Federal University», Vladivostok, Russian Federation

✉ MyName@nikpedan.ru

Abstract. The article presents the results of research on the efficiency of hydro-monitors in deep-sea mining of solid minerals. It is established that the use of high-pressure water jets fed through pipelines to the hydro-monitor significantly facilitates the destruction and extraction of seabed materials. It has been determined that nozzle design and optimisation, as well as the angle of inclination of the water jet significantly affect the extraction efficiency. It is shown that the use of camouflage blasting in combination with erlift minimises environmental impact compared to conventional mining methods. Hydromonitors are found to reduce the environmental footprint associated with deepwater mining and are consistent with sustainable development goals. Innovative approaches that minimise the destruction of marine ecosystems while maximising resource recovery are evaluated. The advantages of hydro-monitors in improving extraction efficiency, safety and environmental sustainability are presented. The results of the research may be useful in developing operational protocols for deep-sea mining with a focus on sustainable practices, as well as for improving the technologies used in hydro-mining.

Keywords: hydromonitor, deep-sea mining, solid minerals, seabed, camouflage blasting, erlift, hydro mining, rock scouring

For citation: Pedan NR, Vasyanovych YA. Application of the hydro-monitor in deep-sea hydro-mining of solid minerals from the seabed. *Mine Surveying and Subsurface Use*. 2025;25(2):5-11. (In Russ.). <https://doi.org/10.56195/20793332-2025-25-2-5-11>.

Введение

Глубоководная добыча твердых полезных ископаемых (ТПИ), таких как руды, минералы и ископаемые, становится все более актуальной в условиях истощения традиционных ресурсов на материковой части нашей планеты.

Добыча ТПИ морского дна представляет собой сложную и многоаспектную задачу, требующую применения передовых технологий и методов [1, 2]. Инновационным методом, предлагаемым автором к изучению, является метод гидродобычи ТПИ из камуфлетной полости, расположенной на морском дне.

Гидравлический способ добычи полезных ископаемых основан на использовании высоконапорных струй воды, которые подаются к гидромонитору по водоводу. Основным инструментом в гидродобыче является устройство под названием «гидромонитор». Он представляет собой механизм, предназначенный для формирования напорной струи воды и ее управления с целью разрушения и смыва угля и горных пород. [3].

Гидравлическое разрушение горных пород – способ разрушения горных пород напорной струей воды. Основным его принципом является нарезка отверстий определенной глубины на некотором расстоянии друг от друга с последующим скалыванием целиков [4].

Цель работы: изучение эффективности применения гидромониторов в процессе гидродобычи твердых полезных ископаемых на морском дне, а также оценка влияния различных технологий, таких как камуфлетное взрывание и эрлифт, на производительность и безопасность гидродобычи.

Задачи исследований: провести сравнительный анализ существующих методов глубоководной добычи, определить и оптимизировать процессы гидродобычи ТПИ на морском дне, оценить экологические последствия.

Новизна работы: внедрение гидромониторной установки в глубоководный гидродобычный комплекс для добычи ТПИ, залегающих в недрах морского дна.

Методы исследований

Использован сравнительный анализ существующих методов глубинной добычи твердых полезных ископаемых, что позволяет определить их эффективность, преимущества и недостатки. Проведены теоретические исследования в области гидродинамики и технологий добычи с акцентом на использование высоконапорных струй воды, методы камуфлетного взрывания и эрлифт. Кроме того, осуществлена оценка экологических последствий, связанная с внедрением новых технологий гидродобычи, что важно для минимизации воздействия на морскую экосистему. Эти методы помогают углубить понимание текущих технологий и наметить пути для их улучшения в контексте глубоководной добычи.

Результаты работы

Результаты работы показывают, что использование гидромониторов в процессе гидродобычи твердых полезных ископаемых на морском дне значительно повышает эффективность и безопасность добычи. Внедрение камуфлетного взрывания в качестве предварительного этапа размыва совместно с эрлифтом позволяет минимизировать негативное

воздействие на морскую экосистему. Оптимизация конструкции сопла и угла атаки струи повышает скорость разрушения материалов и снижает энергозатраты, что делает данный метод устойчивым и более экологически безопасным по сравнению с традиционными подходами. Результаты также указывают на важность применения инновационных технологий в условиях истощения традиционных ресурсов.

Принцип действия гидромонитора в составе гидродобычного комплекса при глубоководной добыче твердых полезных ископаемых на морском дне

Гидромониторы находят широкое применение в различных отраслях, включая строительство, нефтяную и сельскохозяйственную промышленность.

Операции, для которых используются гидромониторы, в контексте глубоководной гидродобычи:

Разрушение и вымывание горных пород. Гидромониторы применяются для разрушения и вымывания горных пород, что позволяет освободить полезные ископаемые.

Фильтрация и разделение. После разрушения пород гидромониторы используются для фильтрации и разделения ценных компонентов от ненужных материалов.

Транспортировка. Размытая порода транспортируется самотеком или с помощью эрлифтных установок, что облегчает процесс добычи.

Гидромониторы являются важными инструментами для добычи ТПИ с морского дна. Они работают по принципу размыва породы с использованием мощных струй воды и обеспечивают высокую эффективность извлечения [5]. Однако перед началом глубоководной гидродобычи часто проводится этап камуфлетного взрывания, который необходим для первоначального дробления породы.

Этапы процесса гидродобычи твердых полезных ископаемых

1. *Камуфлетное взрывание.* Перед использованием гидромониторов производится камуфлетное взрывание. Это контролируемое взрывное воздействие [6], направленное на первоначальное дробление твердой породы без выхода на поверхность морского дна. Это помогает ослабить структурную целостность минеральных залежей, что облегчает последующее размывание. Водостойчивые взрывчатые вещества [7, 8] размещаются в ранее забуренные и «обсаженные» скважины на дне моря в заданных точках, после чего производится взрыв, который создает трещины и разрушает породу, образуя камуфлетную полость.

Этапы взрывания для образования камуфлетной полости отображены на рисунке 1.

2. *Подводная установка гидромонитора.* После завершения этапа камуфлетного взрывания гидромонитор опускается на дно с помощью «материнского» корабля. Гидромонитор, оснащенный сопловой системой, подготавливается к работе и размещается в камуфлетной полости для размыва породы (рис. 2).

Гидромонитор использует высоконапорный поток воды для разрушения и увлечения твердых частиц. Основа маневренности гидромониторной установки в камуфлетной полости для более тщательного размыва взорванной породы взята из патента RU2196062C2 [9].

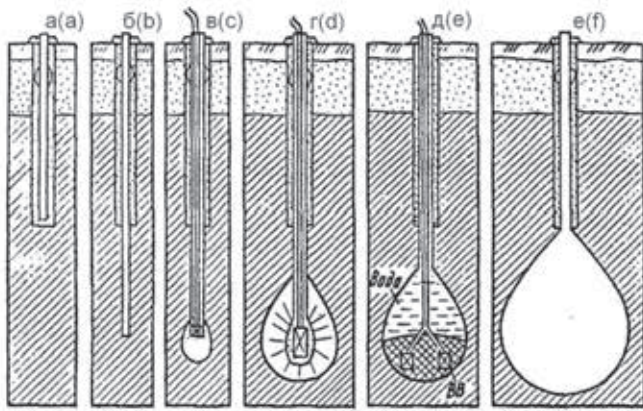


Рис. 1. Этапы камуфлетного взрывания: а – бурение скважины на начальный размер; б – обсадка скважины (цементация затрубного пространства и бурение скважины на конечный размер); в – первый «прострел» скважины; г – второй «прострел» скважины; д – взрыв основного заряда взрывчатого вещества; е – готовое подземное хранилище / **Fig. 1. Stages of camouflage blasting:** а – drilling of the well for the initial size; б – casing of the well (cementation of the annular space and drilling of the well for the final size); в – first “shot” of the well; г – second “shot” of the well; д – explosion of the main explosive charge; е – finished underground storage facility

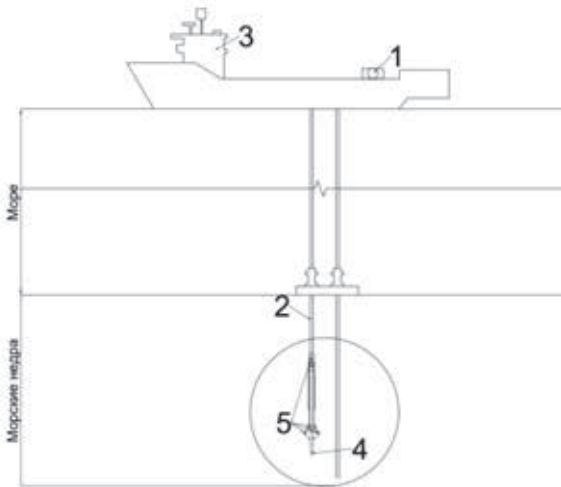


Рис. 2. Устройство глубоководного гидродобычного комплекса / Fig. 2. Deep-water hydro-mining complex design

Основные системы устройства гидродобычного комплекса:

1. **Насос высокого давления.** Гидромонитор оснащен мощным насосом, который создает высокое давление для подачи водной струи. Этот насос может быть центробежным или поршневым, что обеспечивает увеличение скорости и силы водного потока. Насос использует морскую воду и пропускает ее через систему фильтрации для наименьшего износа узлов добычной установки.

2. **Трубопровод.** Система труб, по которым вода подается к гидромонитору.

3. **Системы управления.** Гидромонитор оборудован системой удаленного управления, позволяющей оператору регулировать параметры подачи воды (давление и объем) в реальном времени. Это важно для адаптации к условиям работы на морском дне.

4. **Сопловая система.** Сопло гидромонитора может иметь различные формы и размеры, что позволяет модулировать ширину и мощность водной струи в зависимости от добываемого материала и глубины.

5. **Шарнирные механизмы.** Сопловая система оснащена шарнирными механизмами, обеспечивающими гибкость в маневрировании. Эти механизмы позволяют изменять угол наклона и направление струи, что особенно важно при работе в сложных геологических условиях. Это обеспечивает более тщательное и аккуратное размывание породы и полезных ископаемых.

Функции, делающие гидромонитор эффективным инструментом для глубоководной добычи полезных ископаемых:

1. **Подача воды под высоким давлением.** Насосная система на «материнском» корабле подает воду под высоким давлением к сопловой системе гидромонитора. Когда вода проходит через сопла, она ускоряется и выходит в виде мощной струи.

2. **Размыв породы.** Выходящие струи под высоким давлением размывают и поднимают фрагменты породы и минералов, которые возникли в результате камуфлетного взрывания. Шарнирные механизмы, встроенные в сопловую систему, позволяют оператору изменять угол и направление потока, обеспечивая тщательное размывание с учетом сложности формы и состояния дна.

3. **Подъем и транспортировка.** Размыв создает водный поток со взвешенными частицами (эмульсию), который направляется через трубопровод эрлифтной установки на «материнский» корабль. Достоинствами эрлифтного подъема являются: высокая надежность, приспособленность к автоматизации, возможность применения ступенчатого подъема, возможность применения для подъема крупных фракций породы [3]. На борту осуществляется фильтрация и обработка добытых ТПИ.

4. **Мониторинг и управление.** Система дистанционного управления позволяет оператору контролировать процесс в реальном времени, настраивая параметры потока воды и маневрируя сопловой системой в зависимости от текущих условий работы.

Эффективность гидромонитора при добыче глубоководных твердых полезных ископаемых

Использование высокоскоростной водной струи способно разрушать породы и облегчать извлечение минералов из морского дна. Эффективность гидромониторов зависит от множества факторов, которые можно условно разделить на гидравлические, механические, технологические, экологические и экономические.

Гидравлические параметры

Гидравлические параметры (давление и расход рабочей жидкости) играют решающую роль в эффективности работы гидромониторов. Оптимизация давления позволяет создать струю, способную эффективно разрушать породу. Исследования показывают, что увеличение давления может значительно повысить скорость разрушения материала. В то же время чрезмерное увеличение давления может привести к нежелательным последствиям, таким как эрозия оборудования и увеличение энергозатрат.

Конструкция сопла и угол атаки. Конструкция сопла и угол атаки струи также оказывают ощутимое влияние на эффективность процесса [10]. Сопла различных форм обеспечивают разные профили струи, что может быть критическим для достижения высоких скоростей с минимальными затра-

тами энергии. Угол атаки, с которым струя направлена на поверхность породы, должен быть оптимизирован для максимального воздействия. Теоретические исследования и экспериментальные данные указывают на то, что определенные углы наклона могут значительно повысить эффективность работы гидромонитора.

Свойства размываемых пород. Разнообразие физических и механических свойств пород, залегающих на морском дне и подлежащих добыче, также является важным фактором, определяющим эффективность работы гидромонитора. Различные породы имеют свои характеристики прочности, плотности и абразивности, что требует гибкой настройки параметров работы оборудования [11]. Например, для менее прочных материалов может быть достаточно стандартного режима работы, в то время как для более твердых пород могут потребоваться повышенное давление и специальные технологии.

Технические характеристики оборудования

Компоненты гидромонитора (насосы, трубопроводы и системы управления) определяют уровень потерь, связанных с трением и другими факторами. Техническое состояние и уровень автоматизации оборудования также влияют на его работоспособность и эффективность. Применение современных технологий мониторинга и управления позволяет существенно улучшить координацию систем и уменьшить время простоя за счет своевременного выявления неисправностей.

Преимущества и недостатки гидромонитора

В результате интеграции технологий, описанных выше, образуется система, обладающая рядом существенных преимуществ. Использование камуфлетного взрывания в сочетании с высокооцененными технологиями гидродобычи превращает процесс в высокоэффективный и безопасный метод глубоководной добычи ТПИ.

К преимуществам использования гидромонитора:

1. *Эффективность.* Использование этапов камуфлетного взрывания, размыва взорванной массы гидромонитором и подъема эмульсии при помощи эрлифта позволяет значительно снизить трудозатраты на размыв и увеличить скорость добычи глубоководных ТПИ.

2. *Безопасность.* Дистанционное управление всеми этапами глубоководной добычи минимизирует риски для личного состава.

3. *Гибкость.* Конструкции добычной установки обеспечивают возможность маневрирования в сложных условиях, что улучшает качество добычи глубоководных ТПИ.

Несмотря на очевидные преимущества применения гидромониторов и камуфлетного взрывания в глубоководной гидродобыче, существует несколько значительных недостатков, которые следует учитывать:

1. *Сложность технологии.* Оборудование требует высокой степени точности в настройках и управлении. Необходимость высокого уровня контроля за процессами может привести к увеличению затрат на обучение персонала и поддержание сложного оборудования

2. *Капитальные вложения.* Разработка и внедрение данной технологии требует значительных начальных капиталовложений. Высокая стоимость оборудования и его обслуживания может стать барьером для малых и средних компаний в горнодобывающей промышленности.

Экологические аспекты применения гидромониторов при добыче твердых полезных ископаемых на морском дне

Технологии гидромониторов представляют собой инновационное решение, способное значительно повысить эффективность добычи при минимизации негативного воздействия на морскую экосистему.

Преимущества применения гидромониторов с акцентом на их роли в обеспечении устойчивого развития горной промышленности, снижении энергозатрат и сохранении биоразнообразия:

1. *Минимизация воздействия на экосистему.* Введение камуфлетного взрывания как предварительного этапа размыва в сочетании с эрлифтом в сравнении с другими концептуальными методами добычи глубоководных ТПИ (подводные машины, драги и т. п.) создает метод, который минимизирует воздействие на морскую экосистему [12]. Этот подход позволяет сократить объемы размываемого материала и уменьшить количество взвешенных частиц в воде, что способствует сохранению качества водной среды.

2. *Сохранение биоразнообразия.* Применение гидромониторов может быть интегрировано в стратегии устойчивого развития, которые направлены на сохранение биоразнообразия. Например, использование технологий, минимизирующих разрушение мест обитания, может помочь сохранить экосистемы и поддерживать численность морских видов.

3. *Улучшение контроля за процессами.* Современные технологии мониторинга и управления позволяют более точно контролировать процессы добычи, что снижает риск негативного воздействия на морскую биоту. Это включает в себя использование датчиков и систем автоматизации, которые помогают оперативно реагировать на изменения в условиях окружающей среды.

Сравнительный анализ методов добычи

В таблице представлены методы, наиболее перспективные, на взгляд автора, применяемые для добычи полезных ископаемых на глубине, а также их преимущества и недостатки. Сравнительный анализ этих методов позволяет выявить их эффективность, экономическую целесообразность и влияние на окружающую среду.

Заключение по таблице:

1. Каждый из приведенных методов имеет уникальные преимущества и недостатки, что делает их подходящими для различных условий добычи. Гидродобычный способ выделяется высокой эффективностью и адаптивностью к глубоководным условиям, в то время как проект Solwara-1 предлагает специализированные решения для глубоководных сульфидных месторождений. Кассетный трал в свою очередь обеспечивает универсальность и возможность работы на различных глубинах, но может быть менее эффективным в сложных геологических условиях.

2. Ключевым преимуществом гидродобычного комплекса является минимизация негативного воздействия на окружающую среду и морскую биоту за счет проведения добычных работ без выхода на поверхность.

3. Интеграция гидромонитора в процессы глубоководной морской гидродобычи представляет собой значимую новизну в горной промышленности. Применение данной технологии позволяет значительно повысить эффективность и безо-

**Сравнительный анализ методов глубоководной добычи твердых полезных ископаемых /
Comparative analysis of deepwater extraction methods for TPIs**

Параметр	Гидродобычный комплекс	Кассетный трал [13–15]	Проект Solwara-1 [16, 17]
Эффективность	Позволяет повысить эффективность добычи на больших глубинах благодаря интеграции различных технологий, таких как камуфлетное взрывание и эрлифт	Эффективен для отбора крупнообъемных проб и может быть адаптирован в зависимости от глубины разработки и свойств донных отложений	Обеспечивает высокую степень автоматизации и возможность работы на больших глубинах, что делает его эффективным для добычи в сложных условиях
Безопасность	Предлагает более безопасные методы благодаря минимизации воздействия на морскую экосистему и использованию современных технологий	Безопасность зависит от правильного управления и контроля за процессом, однако может возникнуть риск повреждения оборудования при высоком давлении	Использует дистанционное управление, что снижает риски для операторов, однако работа на больших глубинах всегда сопряжена с определенными опасностями
Экологическое воздействие	Добыча ТПИ без выхода на поверхность морского дна позволяет снизить затраты на восстановление экосистемы благодаря минимизации негативного воздействия. Экономически более выгодный проект	Может вызывать поднятие и перемешивание донных отложений, что приводит к образованию взвеси и потенциальному ухудшению качества воды в районе добычи	Может вызывать значительное перемешивание донных отложений, что приводит к образованию взвеси, которая негативно сказывается на местной экосистеме, затрудняя фотосинтез у водорослей и влияя на морскую фауну
Область применения	Эффективен в условиях сложного рельефа морского дна, включая участки с неровностями и различными геологическими формациями	Эффективен на ровных и стабильных участках морского дна для отбора крупнообъемных проб	Подходит для сложных рельефов с сульфидными месторождениями, использует подводную карьерную технику с дистанционным управлением
Капитальные вложения	Инвестиции в гидромониторы и системы эрлифта могут быть значительными, но они могут компенсироваться за счет высокой производительности	Необходимость в специализированных кассетных ковшах и буксирных судах может привести к высоким первоначальным затратам на оборудование	Высокие капитальные затраты на подводную карьерную технику с дистанционным управлением и вспомогательные системы
Операционные затраты	На эксплуатацию и техническое обслуживание, однако использование современных технологий может снизить затраты на труд и повысить эффективность	Затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание оборудования, а также на обучение персонала	Затраты на поддержание работы дистанционно управляемых машин, а также на транспортировку и переработку добытых материалов

пасность добычи твердых полезных ископаемых на больших глубинах.

4. Введение камуфлетного взрывания как предварительного этапа размыва в сочетании с эрлифтом создает уникальный метод, который сочетает в себе высокую производительность и минимизацию воздействия на морскую экосистему. Такой комплексный подход не только соответствует современным требованиям устойчивого развития, но и открывает новые горизонты для горнодобывающей отрасли, подчеркивая важность инновационных решений в условиях возрастающей нагрузки на ресурсы морских экосистем.

Выводы

1. В статье представлены результаты исследований, демонстрирующих эффективность гидромониторов для глубоководной добычи твердых полезных ископаемых. Обсуждаются преимущества оптимизации конструкции сопла и угла атаки струи, что позволяет значительно увеличить скорость разру-

шения породы и снизить энергопотребление. Внедрение камуфлетной взрывной обработки в качестве предварительного этапа очистки в сочетании с эрлифтом позволяет минимизировать негативное воздействие на морскую экосистему.

2. Результаты исследования могут быть полезны при разработке современных технологий гидродобычи, направленных на устойчивое использование морских ресурсов.

3. Полученные данные могут послужить основой для дальнейших исследований в области оптимизации добычи твердых полезных ископаемых и оценки экологических последствий внедрения новых методов в горнодобывающей промышленности. Эффективные методы, основанные на использовании глубоководных полезных ископаемых, могут стать ключом к устойчивому развитию и защите морской экосистемы.

Выводы работы подчеркивают как основную ценность исследований, так и их практическое применение в горнодобывающей отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Liu Z, Liu K, Chen X, et al. Deep-sea rock mechanics and mining technology: State of the art and perspectives. *Int. J. Min. Sci. Technol.* 2023;33(9):1083-115. DOI: 10.1016/j.ijmst.2023.07.007.
2. Zhang Q, Chen X, Luan L, et al. Technology and equipment of deep-sea mining: State of the art and perspectives. *Earth Energy Science.* 2024. DOI: 10.1016/j.ees.2024.08.002.
3. Сафохин МС, Александров БА, Нестеров ВИ. Горные машины и оборудование: учебник для студентов высших учебных заведений. Москва, 1995: 463. [Safokhin MS, Alexandrov BA, Nesterov VI. Mining Machines and Equipment: A Textbook for Students of Higher Educational Institutions. Moscow, 1995: 463 (In Russ.).]
4. Мерзляков ВГ, Деревяшкин ИВ, Бойкова ИЕ и др. Разрушение угля и горных пород высокоскоростными струями воды. *Горный информационно-аналитический бюллетень.* 2023;4:140-56. [Merzlyakov VG, Derevyashkin IV, Boykova IE, et al. Destruction of coal and rocks by high-speed water jets. *Mining information and analytical bulletin.* 2023;4:140-56 (In Russ.).] DOI: 10.25018/0236_1493_2023_4_0_140.
5. Васянович ЮА. Научное обоснование эффективности использования технологии скважинной гидродобычи угля в условиях Дальнего Востока: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Владивосток, 1996: 27. [Vasyanovich UA. Scientific Justification of the Efficiency of Using Well-based Hydro-mining Technology in the Conditions of the Far East: Abstract of Dissertation for the Degree of Candidate of Technical Sciences. Vladivostok, 1996: 27 (In Russ.).]
6. ГОСТ Р 57704-2017. Горное дело. Взрывные работы на угледобывающих предприятиях. Термины и определения. Москва, 2018: 20. [GOST R 57704-2017. Mining. Blasting Work at Coal Mining Enterprises. Terms and Definitions. Moscow, 2018: 20 (In Russ.).]
7. Педан НР. Применение взрывчатого вещества «Гидронит-П» в водонасыщенных скважинах на взрывном блоке. *Научный аспект.* 2023;12:4252-7. [Pedan NR. Application of Explosive «Hydronit-P» in Water-Saturated Wells on the Blasting Block. *Scientific Aspect.* 2023;12:4252-7 (In Russ.).]
8. Педан НР, Васянович ЮА. Применение водоустойчивого взрывчатого вещества «Гидронит-П» в горной промышленности. *Взрывное дело.* 2024;143/100:122-32. [Pedan NR, Vasyanovich UA. Application of Water-Resistant Explosive «Hydronit-P» in the Mining Industry. *Blasting case.* 2024;143/100:122-32 (In Russ.).]
9. Российский патент 2003 года по МПК В60S3/00 В08В9/08. Способ очистки резервуара от донных отложений и устройство для его осуществления: № RU2196062C2: заявл. 2000.05.12: опубл. 2003.01.10 / Яхин Ю.М., Никитин К.Г., Хазиев Н.Н., Хасанов И.Ю. 3 с. [Patent No. Russian Patent 2003 according to IPC B60S3/00 B08B9/08. Method for Cleaning a Reservoir from Bottom Deposits and Device for Its Implementation: No. RU2196062C2: filed 2000.05.12: published 2003.01.10 / Yakhin YM, Nikitin KG, Khaziev NN, Khasanov IU. 3 p. (In Russ.).]
10. Поклонов ДА, Литвин ЮИ, Протасов СИ. Определение необходимых диаметров насадок гидромониторов с учетом режима работы насосной станции. *Вестник Кузбасского государственного технического университета.* 2012;4(92):52-5. [Poklonov DA, Litvin YI, Protasov SI. Determination of Required Diameters of Hydraulic Monitor Nozzles Considering the Pump Station Operation Mode. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University.* 2012;4(92):52-5 (In Russ.).]
11. Малухин НГ, Дробаденко ВП, Вильямс АЛ и др. Повышение эффективности скважинной гидродобычи за счет оптимизации процессов пульпоприготовления и всасывания. *Горный информационно-аналитический бюллетень.* 2013;2:378-85. [Malukhin NG, Drobadenko VP, Williams AL, et al. Increasing the Efficiency of Well-based Hydromining by Optimizing the Processes of Slurry Preparation and Suction. *Mining information and analytical bulletin.* 2013;2:378-85 (In Russ.).]
12. Sitlhou L, Chakraborty P. Comparing deep-sea polymetallic nodule mining technologies and evaluating their probable impacts on deep-sea pollution. *Mar. Pollut. Bull.* 2024;206(116762):116762. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2024.116762.
13. Кириченко ЮВ, Каширский АС. Технология добычи железомарганцевых конкреций с помощью кассетного трала. *Горный информационно-аналитический бюллетень.* 2015;11:114-22. [Kirichenko YV, Kashirskii AS. Technology for Mining Iron-Manganese Concretions Using a Casseted Trawler. *Mining information and analytical bulletin.* 2015;11:114-22] (In Russ.).]
14. Каширский АС, Рахутин МГ, Кириченко ЮВ и др. Расчет производительности и обоснование параметров кассетного трала для добычи железомарганцевых конкреций. *Горная промышленность.* 2020;1:155-9. [Kashirskii AS, Rakhutin MG, Kirichenko YV, et al. Calculation of Productivity and Justification of Parameters of a Casseted Trawler for Mining Iron-Manganese Concretions. *Mining industry.* 2020;1:155-9 (In Russ.).]
15. Сержан СЛ, Малеванный ДВ. Современное состояние и перспективы развития технологий подъема для комплексов добычи глубоководных твердых полезных ископаемых. *Горный информационно-аналитический бюллетень.* 2024;12-1:107-28. [Serzhan SL, Malevanniy DV. Current State and Prospects for the Development of Lifting Technologies for Deep-Sea Solid Mineral Extraction Complexes. *Mining information and analytical bulletin.* 2024;12-1:107-28 (In Russ.).] DOI: 10.25018/0236_1493_2024_121_0_107.
16. Иванов КА. О развитии комплексов глубоководной добычи твердых полезных ископаемых. *Механизация строительства.* 2014;5(839):17-9. [Ivanov KA. On the Development of Deep-Sea Hard Mineral Extraction Complexes. *Mechanization of construction.* 2014;5(839):17-9 (In Russ.).]
17. Van Putten EI, Aswani S, Boonstra WJ, et al. History matters: societal acceptance of deep-sea mining and incipient conflicts in Papua New Guinea. *Maritime Studies.* 2023;22(3):32. DOI: 10.1007/s40152-023-00318-0.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Никита Русланович Педан – аспирант, специалист кафедры горного дела ФБГОУ ВО «Владивостокский государственный университет», 690014, Приморский край, г. Владивосток, Российская Федерация, e-mail: MyName@NikPedan.ru

ABOUT THE AUTHORS

Nikita R. Pedan – postgraduate student, specialist of the Department of Mining Engineering Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Vladivostok State University” (Vladivostok, Russia), 690014, Vladivostok, Primorsky Krai, Russian Federation, e-mail: MyName@NikPedan.ru

Юрий Анатольевич Васянович –

д-р техн. наук, профессор кафедры горного дела ФБГОУ
ВО «Владивостокский государственный университет»
(Владивосток, Россия). 690014, Приморский край,
г. Владивосток, Российская Федерация;
профессор инженерной школы ФГАОУ ВО
«Дальневосточный федеральный университет», 690014,
г. Владивосток, Приморский край, Российская Федерация,
e-mail: Vasyanovich_2011@mail.ru

Yuri A. Vasyanovich –

Doctor of Technical Sciences, Professor of Mining Engineering
Department, Federal State Educational Institution of Higher
Education «Vladivostok State University» (Vladivostok, Russia),
690014, Vladivostok, Primorsky Krai, Russian Federation;
Professor, School of Engineering. Federal state autonomous
educational institution of higher education «Far Eastern
Federal University», 690014, Vladivostok, Primorsky Krai,
Russian Federation, e-mail: Vasyanovich_2011@mail.ru

Критерии авторства / Contribution:

Ю. А. Васянович – научное руководство, концепция исследования; Н. Р. Педан – написание исходного текста, проведение анализа данных, разработка итоговых выводов. / Yu. A. Vasyanovich – scientific guidance, research concept; N. R. Pedan – writing the source text, data analysis, development of final conclusions.

Конфликт интересов / Conflict of interest:

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.

Информация о статье

Поступила в редакцию: 14.01.2025.

Поступила после рецензирования: 19.02.2025.

Принята к публикации: 11.03.2025.

Article info

Received: 14.01.2025.

Revised: 19.02.2025.

Accepted: 11.03.2025.