

ОЦЕНКА И СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ТРАНСПОРТИРОВКИ ГЛУБОКОВОДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ EVALUATION AND COMPARISON OF DEEP-SEA MINERAL TRANSPORTATION METHODS

Юнгмейстер Д.А., д.т.н, профессор, профессор кафедры Машиностроения Санкт-Петербургского горного университета, г. Санкт-Петербург, iungmeister@yandex.ru
Смоленский М.П., аспирант 2 года обучения кафедры Машиностроения Санкт-Петербургского горного университета, г. Санкт-Петербург, ivanchenko97@mail.ru
Yungmeister D.A., PhD, professor, professor of the Department of Mechanical Engineering of the St.Petersburg Mining University, St.Petersburg, iungmeister@yandex.ru
Smolenskii M.P., 2nd year postgraduate student of the Department of Mechanical Engineering of the St.Petersburg Mining University, St. Petersburg, ivanchenko97@mail.ru

Аннотация. Работа посвящена оценке и сравнению методов транспортировки глубоководных полезных ископаемых. Рассмотрены три вида глубоководных полезных ископаемых, их геология, глубина залегания, размеры. Представлены сведения о технологии добычи железомарганцевых конкреций при помощи сборщиков с камерами разрежения. Рассмотрены и проанализированы способы транспортировки глубоководных ископаемых тремя способами: гидравлическим, подъем при помощи кассетного трала, подъем кабель-тросом.

Ключевые слова: глубоководные полезные ископаемые, методы транспортировки, железомарганцевые конкреции, производительность, камера разрежения.

Abstract. The paper is devoted to the evaluation and comparison of deep-sea minerals transportation methods. Three types of deep-sea minerals, their geology, depth of occurrence, size are considered. Information about the technology of extraction of ferromanganese nodules by means of collectors with rarefaction chambers is presented. Methods of transportation of deep-sea minerals by three methods are considered and analyzed: hydraulic, cassette trawl lifting, cable rope lifting.

Key words: deep-sea minerals, transportation methods, ferromanganese nodules, productivity, rarefaction chamber.

В Мировом океане среди глубоководных полезных ископаемых заслуживают внимание три вида: железомарганцевые конкреции (ЖМК), полиметаллические сульфиды (ГПС) и кобальтоносные марганцевые корки (КМК) [1]. Железомарганцевые конкреции располагаются на абиссальных океанических равнинах глубиной от 4000 до 6000 метров, имеют сферическую форму (рис. 1), диаметром от 1 до 15 см. Кобальтоносные марганцевые корки имеют толщину до 20 см и залегают на глубине 1000–2500 метров. Глубоководные полиметаллические сульфиды располагаются на глубине от 1200 метров до 3500 метров.

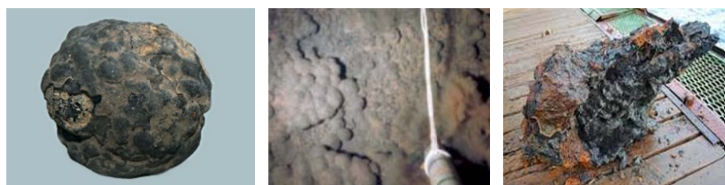


Рис. 1. ЖМК, КМК, ГПС

Железомарганцевые конкреции в своем составе могут содержать до 36 % марганца, кобальтоносные марганцевые корки – до 28 %. В сравнении с содержанием других

ценных металлов (никель, кобальт) составы этих двух групп различаются по количеству марганца наиболее наглядно [2]. Общий объем ЖМК и КМК в Мировом океане составляет соответственно 51,3 млрд тонн и 39,6 млрд тонн. Рентабельность добычи конкреций оценивается в 2–3 млн тонн в год [3].

Методы транспортировки конкреций. На основании повышенных требований к экологичности установки, к ее энергоемкости, безопасности и производительности были предложены способы экологического сбора ЖМК устройствами с рабочим органом – камерой разрежения [3] (рис. 2).

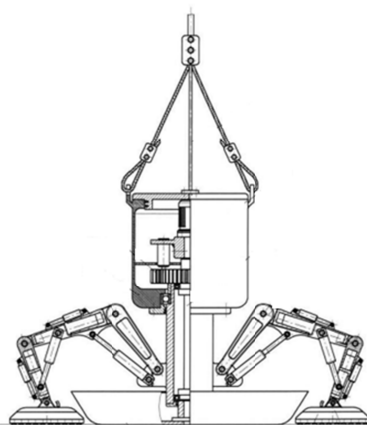


Рис. 2. Глубоководное добычное устройство с камерами разрежения

Подъем собранных конкреций – одна из наиболее трудоемких задач исследуемого процесса. Известны способы подъема при помощи гидротранспорта [4], всплывающими кассетными тралами [5] и при помощи кевларового кабель-троса [6]. Добычным комплекс с гидротранспортом осуществляет сбор рабочим органом грунтозаборного устройства: вал гидродвигателя оснащен рыхлителями, которые отделяют конкреции от дна и ресурсы направляются в кольцевой канал, сообщающийся с промежуточной капсулой. Для подъема конкреций с глубины 5000 метров необходима многоступенчатая гидравлическая система с большим количеством промежуточных капсул. Более того, требуется четырехслойная труба большого диаметра с нулевой плавучестью. Изготовление такой трубы в настоящее время отечественными производителями затруднительно.

Комплекс для добычи ЖМК может использовать технологию всплывающих тралов [5]. Принцип действия основан на собирании ковшем-черпаком конкреций, наполнением высокопрочной сети и последующей подачей сжатого воздуха в заполненный трал для подъема на поверхность. Положительной стороной данного предложения является высокая наполняемость сетчатых приемных емкостей, а соответственно и высокая производительность установки, по утверждению авторов исследования не менее 100 тыс. тонн в год только с одного комплекса. В случае расположения данных месторождений на глубинах более 1500 метров использование драг нецелесообразно в связи с длительным циклом спуска-подъема ковша и увеличения требуемого объема гибких емкостей в пять раз, что конструктивно тяжело осуществимо [7].

Транспортировка конкреций кабель-тросом позволяет достичь производительности комплекса около 300 тыс. тонн в год. Кевларовый кабель-трос с высоким разрывным усилием способен поднять резервуар грузоподъемностью 50–60 тонн за 40 минут. Способ сбора при помощи добычного устройства (рис. 2), оснащенного рычагами с вакуумными захватами, является одним из перспективных с экологической точки зрения [3]. Комплекс включает в себя судно, с которого на кабель-тросе спускается придонный добычной агрегат. Способ не создает замутненности и пылеобразования, а также аккуратно взаимодействует с придонной областью.

Согласно исследованиям [8], добыча марганца в России ведется нерегулярно, составляя порядка 66 тысяч тонн в год, учитывая, что общий объем минерально-сырьевой базы марганца – 230 млн тонн. Поскольку важность развития собственных месторождений на сегодняшний день приобретает большую актуальность, одним из решений вышеупомянутой проблемы является разработка морских месторождений редкоземельных металлов. На основании анализа методов транспортировки конкреций наиболее реализуемым решением служит подъем при помощи кевларового кабель-троса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Turner, P.J. Deep-sea mining and environmental management // Encyclopedia of Ocean Sciences. Elsevier Inc. – 2019. – P. 507–515. doi:10.1016/B978-0-12-409548-9.11106-6.
2. Кириченко, Ю.В. Месторождения твердого минерального сырья Мирового океана и потенциал его использования / Ю.В. Кириченко, А.С. Каширский // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – № 9. – С. 251–259.
3. Придонное добычное устройство для сбора железомарганцевых конкреций со дна морей: Патент № 186415 РФ / Д.А. Юнгмейстер, А.П. Исаев, С.Л. Сержан. – Заявка № 2018124404 от 03.07.2018; опубл. 21.01.2019. Бюл. № 3.
4. Сержан, С.Л. Параметры системы с грунтозаборным устройством для добычи железомарганцевых конкреций морского дна / С.Л. Сержан, В.И. Александров // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – № 3. – С. 279–291.
5. Кириченко, Ю.В. Технология добычи железомарганцевых конкреций с помощью кассетного трала / Ю.В. Кириченко, А.С. Каширский // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – № S11. – С. 114–122.
6. Юнгмейстер, Д.А. Обоснование типов глубоководной техники для добычи морских железомарганцевых конкреций / Д.А. Юнгмейстер, С.М. Судариков, К.А. Киреев // Записки Горного института. – 2019. – Т. 235. – С. 88–95. DOI: 10.31897/PMI.2019.1.88.
7. Каширский, А.С. Новая технология крупнообъемного опробования твердых полезных ископаемых месторождений дна морей и океанов / А.С. Каширский [и др.] // Недропользование XXI век. – 2018. – № 2. – С. 36–42.
8. Дашевский, В.Я. Проблема марганца в российской металлургии / В.Я. Дашевский [и др.] // Известия высших учебных заведений. Черная Металлургия. – 2020. – № 63(8). – С. 579–590.

УДК: 622.2

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ДОБЫЧИ РУДЫ В УСЛОВИЯХ ЯКОВЛЕВСКОГО РУДНИКА

Сиренко Ю.Г., Белов И.В.,
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет»,
sirenkoym@mail.ru

Яковлевское месторождение богатых железных руд является одним из самых крупных месторождений Белгородского железорудного района по разведанным запасам высококачественных руд. Строительство Яковлевского рудника ведется с 1974 года. Установленная производительность Яковлевского рудника составляет более 2 млн тонн в год [1].

Для обеспечения проведения *закладочных работ* предусматривается прокладка сетей закладочных трубопроводов для подачи закладочной смеси в отработанные горные выработки рудного тела, разделенного на 11 панелей [2].