

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМ ОСВОЕНИЯ ТВЕРДЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ДНА МОРЕЙ И ОКЕАНОВ

В. П. Дробаденко¹, Малухин Г. Н.¹, О. А. Луконина¹, И. Н. Салахов¹

¹ Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе, Москва, Россия

Аннотация: Рассматривается проблема освоения шельфовых и глубоководных твердых полезных ископаемых. Отмечаются две концепции понятия и сущности геологического правового континентального шельфа. При этом приводятся существующие разногласия между Россией, США, Данией, Канадой и Норвегией относительно использования акватории Северного Ледовитого океана за пределами 200-мильной зоны от берега арктических государств. Отмечается, что Россия завершила сбор экспедиционных материалов по поводу того, что продолжением Сибирской континентальной платформы являются хребты Менделеева и Ломоносова. Это позволит расширить свою экономическую зону до 350 морских миль и увеличить площадь шельфа с 6,2 млн км² на 1,2 млн км² с его подводными минеральными и биологическими ресурсами. Приводятся сводная таблица полезных ископаемых шельфовых россыпей и их разработка в различных странах, и впервые составлена систематизация способов разработки морских и океанических месторождений по глубинам их залегания. Описаны наиболее распространенные минеральные ресурсы глубоководных месторождений на глубинах до 5000 м. Дано состояние геологоразведочных работ на арендуемых Россией сульфидного золото-медного месторождения в Атлантическом океане, а также горно-разведочных работ на железомарганцевом месторождении во впадине Клариион-Клиппертон.

Ключевые слова: Мировой океан, континентальный шельф, способы освоения морских месторождений, загрузочный аппарат, пульсационная колонна, эрлифтное грунтозаборное устройство, загрузочно-гидротранспортный аппарат, вихревое пульпоприготовление, погружная платформа, кольцевая закрученная струя.

Для цитирования: Дробаденко В. П., Малухин Г. Н., Луконина О. А., Салахов И. Н. Современное состояние проблем освоения твердых минеральных ресурсов дна морей и океанов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 3-1. – С. 99–109. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_31_0_99.

Solid marine mineral mining: current situation

V. P. Drobadenko¹, G. N. Malukhin², O. A. Lukonina¹, I. N. Salakhov¹

¹ Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting, Moscow, Russia

² «INVESTREGIONPROM», Moscow, Russia

Abstract: The article discusses the current situation in the shelf and deep-sea solid mineral mining. Two concepts of mining on the continental shelf are identified: geology and right. There is a clash between Russia, United States of America, Denmark, Canada and Norway as regards

the use of the offshore zone of the Arctic Ocean beyond the 200-mile Exclusive Economic Zone of the Arctic States. Russia has accomplished accumulation of data on the fact that the Mendeleev and Lomonosov Ridges are the extensions of the Siberian Platform. This allows expanding Russia's economic zone to 350 nautical miles and enlarging the shelf area from 6.2 Mkm² by 1.2 Mkm² with all its marine mineral and biological resources. The summary table of data on minerals of the shelf placers and on their development in different countries is given in the article. Moreover, the marine mineral mining methods are for the first time systematized by the occurrence depths. The prevalent deep-sea mineral resources at the depths to 5000 m are described. The current situation in geological exploration of a gold–copper sulfide ore deposit developed by Russia under mining license in the Atlantic ocean, as well as in exploration of an iron–manganese ore deposit in the Clarion–Clipperton Zone is described.

Key words: World Ocean, continental shelf, seabed mineral mining, feeding machine, pulse column, air-lift sampler, feeding–hydraulic transport machine, turbulence pulp preparation, submersible platform, annular swirling jet.

For citation: Drobadenko V. P., Malukhin G. N., Lukonina O. A., Salakhov I. N. Solid marine mineral mining: current situation. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(3-1):99–109. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_31_0_99.

Спорные вопросы по Арктическому шельфу

Известно, что морские и океанические ресурсы залегают в шельфовой (прибрежной) зоне со средней глубиной ~200 м (иногда до 400–600 м), а также в глубоководных частях океанов глубиной примерно 5000 м и более. В соответствии с этим твердые полезные ископаемые, залегающие на этих глубинах, имеют различные физико-химические характеристики [1–3].

С точки зрения морской разработки месторождений полезных ископаемых определяющим признаком разделения площади Мирового океана на отдельные зоны можно считать глубину их залегания (табл. 1) [4].

В отличие от прошлых лет в последние десятилетия определились две концепции сущности и принадлежности континентального шельфа, а именно геологическая и правовая, которые установлены в основных международных морских документах.

Согласно геологической сущности шельф является подводным продолжением материка с выровненным рельефом и небольшим уклоном поверхности дна в сторону ложа, характеризующимся общим с ним геологическим строением. Резкий перепад

морского дна к (материковому) континентальному склону считается другой границей шельфа.

Согласно правовой концепции шельф также включает прибрежные районы морского дна за пределами геологического шельфа. Кроме того, если в первом случае он начинается от берега моря, то в правовом — от внешней границы территориального моря, так как оно, морское дно и его недра в границах территориального моря входят в состав прибрежного государства. Этот фактор закреплен в Федеральном законе №187 «О континентальном шельфе РФ.», который является важным документом в решении международных правовых вопросов в использовании акватории Северного Ледовитого океана за пределами 200-мильной зоны от берега арктических государств. Это относится к открытым еще советскими экспедициями хребтам Ломоносова и Менделеева, которые пересекают Северно-Ледовитый океан от России до Канады через Северный полюс и тянутся в направлении Гренландии. Его также оспаривают Норвегия, Дания, США и Канада. Поэтому возросшая активность России в Арктике, несмотря на негативную реакцию западных стран, нацелена на сбор дока-

Таблица 1

Распределение площади Мирового океана по глубинам
Distribution of the World Ocean area by depth

Морфологические элементы дна	Средняя глубина, м	Участие в дне Мирового океана, %
Континентальный шельф	0 – 200	7,6
Материковый склон	200 – 2400	11,0
Ложе океана	2400 – 6000	75,0
Глубоководные желоба и впадины	Свыше 6000	6,4

зательств того, что эти хребты относятся к материковой части Сибирской Континентальной платформы России.

Это необходимо для расширения своей экономической зоны до 350 морских миль и площадью 1,2 млн км² с подводными минеральными и биологическими ресурсами.

В настоящее время шельф России составляет 6,2 млн км². При этом существует минералогическое его разделение по россыпным областям, россыпным зонам и россыпным районам, размеры которых соответственно составляют: в первом случае более 120 тыс. км²; во втором – от 10–12 до 100–120 тыс. км² (в среднем примерно 50 тыс. км²) и от 2–3 до 22–25 тыс. км² (в среднем примерно 10 тыс. км²).

Выделяются следующие 6 шельфовых областей:

- западно-арктическая (перспективные минералы: алмазы, золото, ильменит, циркон, касситерит, янтарь);
- центрально-арктическая (алмазы, золото);
- восточно-арктическая (золото, касситерит);
- берингово-морская и Камчатско-Курильская (минералы титана и железа, золото, хромит);
- охото-морская (платина, золото хромит, касситерит);
- японо-морская (золото, касситерит, редкоземельные, хромит).

За рубежом титано-цирконевые, титано-магнетитовые, золотосодер-

жащие и касситеритовые шельфовые россыпи разрабатываются дражным и гидравлическими способами в течение нескольких десятилетий (Юго-Восточной Азией, а также Австралией, Бразилией, Японией, США и многими другими государствами) [5]. Юго-Восточное побережье и прилегающая акватория Балтийского моря являются основными районами добычи янтаря (Россия, Польша, страны Балтики). Однако в России россыпные районы в основном расположены в северных и арктических областях, что создает сложности и пока ограничения освоения этих месторождений. При этом есть определенный научно-технический задел разработки таких россыпей при функционировании разведочно-эксплуатационных предприятий по морской добыче титано-магнетита в акваториях Балтийского моря и касситерита моря Лаптевых. Техническое задание на выполнение этих работ составлено Московским горным институтом и Гиредметом.

Шельфы Балтийского, Восточно-Сибирского, Чукотского и Белого морей характеризуются мелководностью, их глубина ограничена первыми десятками метров [6]. Однако особенностью континентального шельфа нашей страны является то, что примерно 75 % акваторий расположены в северных и арктических районах, которые продолжительное время покрыты льдами, что создает дополнительные трудности освоения этих месторождений [7].

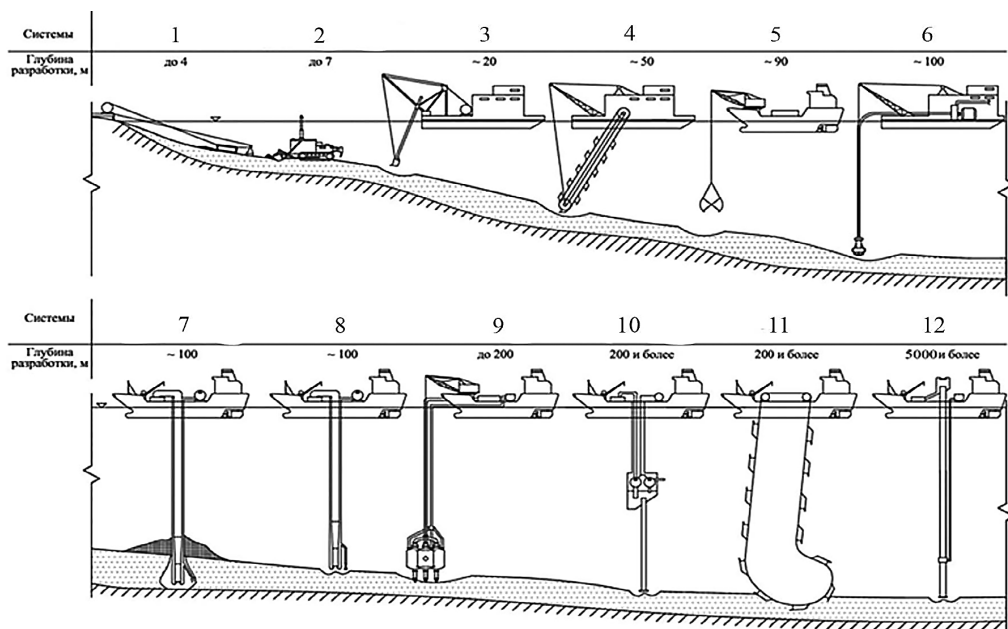


Рис. 1. Систематизация технических средств и способов освоения шельфовых месторождений полезных ископаемых [8]: 1 – с применением подводных скреперов; 2 – с применением подводных бульдозеров; 3 – штанговые земснаряды; 4 – многочерпаковые драги; 5 – грейферные снаряды; 6 – земснаряды с погружными насосами; 7 – с применением скважинной гидродобычи; 8 – эжекторные; 9 – с пневматическими камерными насосами; 10 – с погружными вертикальными пустотелыми камерами; 11 – многоковшовые канатно-цепные; 12 – эрлифтные

Fig. 1. Systematization of technical means and methods of development of offshore mineral deposits [8]: 1 – with the use of underwater scrapers; 2 – with the use of underwater bulldozers; 3 – rod dredgers; 4 – multi-pack dredges; 5 – grab shells; 6 – dredgers with submersible pumps; 7 – with the use of borehole hydraulic mining; 8 – ejector; 9 – with pneumatic chamber pumps; 10 – with submerged vertical hollow chambers; 11 – multi-bucket rope-chain; 12 – airlift

Кафедра геотехнологических способов и физических процессов горного производства МГРИ провела систематизацию существующих, предлагаемых и перспективных способов освоения месторождений дна морей и океанов, которые представлены на рис. 1 [8].

Перспективы освоения глубоководных месторождений

В глубоководных районах дна мирового океана, где потенциальные месторождения полезных ископаемых расположены на континентальном склоне

(от 200 до 2400 м) и ложе океана (2400–6000 м) перспективным минеральным сырьем считаются железомарганцевые образования (ЖМО), включающие конкреции (ЖМК), кобальтомарганцевые корки (КМК), глубоководные полиметаллические сульфиды (ГПС) и фосфориты. Они включают многочисленную гамму цветных, редких и редкоземельных элементов [9, 10, 11].

Россия взаимодействует с международным органом ООН по морскому дну (МОМД ООН) на контрактной основе по освоению минеральных ресурсов

Мирового океана — ЖМК с 2001 г., ГПС — с 2012 г., КМК — с 2015 г. [12].

Основными условиями контракта являются изыскание и анализ залежей полезных ископаемых в выделенном районе на исключительных правах, разработка и испытание технологических схем добычи, подъема, транспортирования, обогащения. Проведение исследований по экологическим, техническим, экономическим, коммерческим и другим факторам, которые должны учитываться при освоении минеральных ресурсов Мирового океана.

В 2011 г. МОМД ООН утвердил Российскую заявку на разведку твердых полезных ископаемых на дне Атлантического океана, одного из крупнейших неосвоенных золотомедных месторождений в мире. Контракт заключен на 15 лет с возможностью его продления на 5 лет. Участок залежи распо-

ложен в северной приэкваториальной зоне Срединно-Атлантического хребта (рис. 2) на глубине до четырех километров. На участке находится 100 блоков. Площадь одного блока составляет 100 км². Прогнозные ресурсы с запасами 55—70 млн т. руды открыты на шести перспективных блоках, при этом содержание полезных компонентов в руде глубоководного месторождения в несколько раз превышает их содержание в континентальных месторождениях.

В перспективе при реализации этого проекта с учетом вещественного состава руд возможно широкое применение физико-химических технологий.

Однако в ближайшие годы перспективными месторождениями для освоения глубоководного дна Мирового океана, который МОМД ООН наряду с другими ведущими странами выделил Российской Федерации, считаются

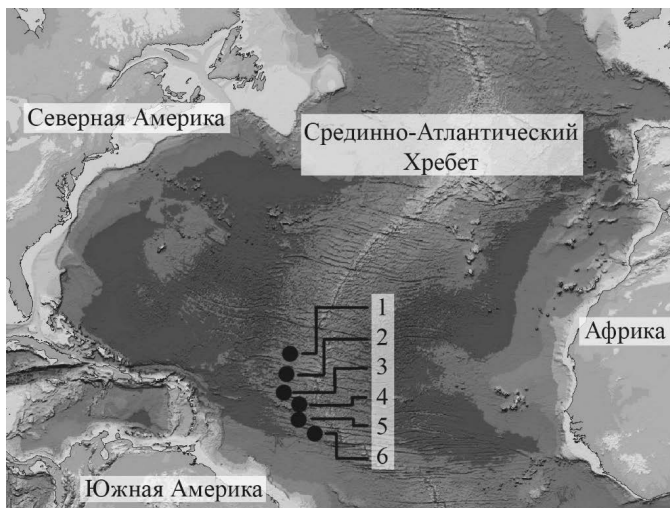


Рис. 2. Золотомедное месторождение дна Атлантического океана, выделенное МОМД ООН России на разведку в 2011 году: 1 — Зенит-Виктория (2009, 7,9 млн т рудной массы); 2 — Питерское (2010, н/д); 3 — Краснов (2004, 10 млн т); 4 — Семенов (2007, 40 млн т); 5 — Логачев (1993, 3 млн т); 6 — Ашадзе (2003, 3,4 млн т)

Fig. 2. Gold and copper deposit of the Atlantic Ocean floor, allocated by the UN MOMD to Russia for exploration in 2011: 1 — Zenit—Victoria (2009, 7.9 million tons of ore mass); 2 — St. Petersburg (2010, n/a); 3 — Krasnov (2004, 10 million tons); 4 — Semenov (2007, 40 million tons); 5 — Logachev (1993, 3 million tons); 6 — Ashadze (2003, 3.4 million tons)

месторождения железомарганцевых конкреций (ЖМК) в средней части Тихого океана в зоне Клариион-Клиппертон площадью 75 тыс. м² на глубинах 4500–5000 м. В регионе содержание ценных компонентов в них довольно высокое: никель — 1,4 %, кобальт — 0,24 %, марганец — 29,4 %, медь — 1,1 %, а в целом минерально-сырьевой потенциал сопоставим с ресурсами уникального Норильского горнопромышленного района [9, 13, 14].

Россия заканчивает этап поисково-оценочных и разведочных работ в этом районе. Планируется в ближайшие годы провести опытно-промышленные работы, затем промышленную добычу ЖМК. Однако между геологоразведочными и добычными работами в части технического и технологического оснащения образовался существенный разрыв. Наиболее слабым местом в этой проблеме считается отсутствие высокоэффективных эксплуатационных тех-

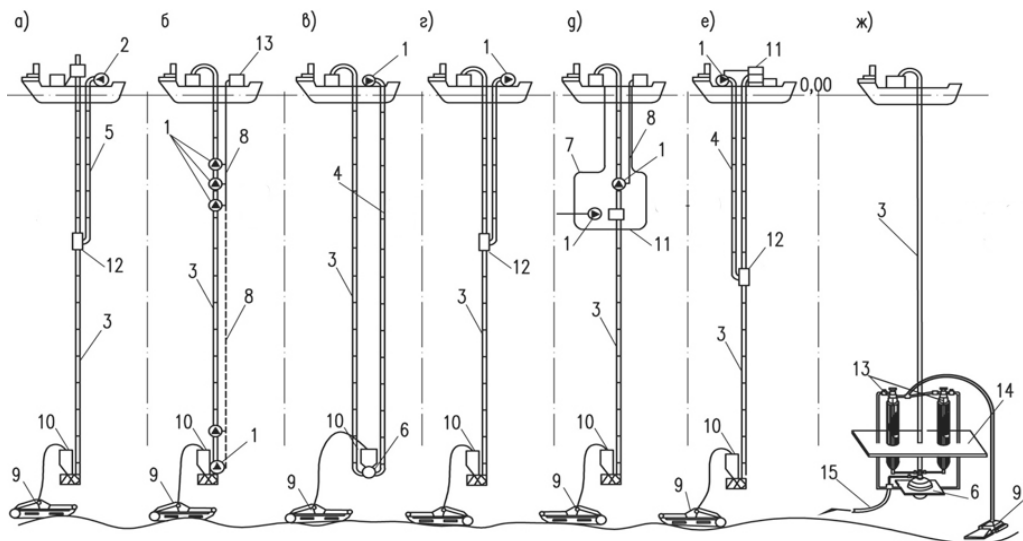


Рис. 3 Систематизация технических средств и способов глубоководного гидравлического подъема железомарганцевых конкреций: а) эрлифтный; б) погружной-грунтоносный; в) с загрузочными аппаратами; г) с твердыми элементами плавучести; д) с вертикальными пустотелыми камерами УППК; е) с использованием жидких углеводородов, плотность которых меньше плотности морской воды; ж) с загрузочными аппаратами и аппаратом колонного типа, позволяющими разделять донные осадки непосредственно на месте производства работ. 1 — электронасосный агрегат; 2 — компрессор; 3 — транспортный трубопровод; 4 — трубопроводы подачи рабочей жидкости; 5 — воздухопровод; 6 — загрузочный аппарат; 7 — камера; 8 — электрокабель силовой; 9 — агрегат сбора; 10 — бункер-питатель низконапорный; 11 — сепаратор; 12 — смеситель; 13 — аппарат колонного типа; 14 — погружная платформа; 15 — слив илистой фракции из колонного аппарата

Fig. 3 Systematization of technical means and methods of deep-water hydraulic lifting of ferromanganese nodules: a) airlift; b) submersible-ground-bearing; c) with loading apparatuses; d) with solid buoyancy elements; e) with vertical hollow chambers of the USPK; e) using liquid hydrocarbons, the density of which is less than the density of seawater; g) with loading apparatuses and a column-type apparatus that allows separating bottom sediments directly at the work site. 1-electric pump unit; 2-compressor; 3-transport pipeline; 4 — working fluid supply pipelines; 5-air line; 6-loading device; 7-chamber; 8-power electric cable; 9-collection unit; 10-low-pressure hopper-feeder; 11-separator; 12-mixer; 13-column-type apparatus; 14-submersible platform; 15-discharge of silt fraction from the column apparatus.

нических средств добычи, связанных с выемкой и подъемом горной массы на плавсредство. Поэтому на сегодняшний день требуется интенсификация конструкторско-технологических разработок для ускорения процессов освоения месторождений на океаническом дне.

Специалистами предлагаются различные океанические технологические комплексы, которые обычно состоят из добычного судна, агрегатов сбора твердых полезных ископаемых со дна океана, подъем на борт судна и предварительное обогащение с последующим транспортированием на континент [6]. В настоящее время технически-реализуемым комплексом можно считать технологическое оборудование, работающее на базе гидравлической системы подъема.

Научно-технические разработки МГРИ

Кафедра геотехнологических способов и физических процессов горного производства МГРИ в течение последних десятилетий проводит аналитические и экспериментальные исследования, связанные с освоением морских месторождений.

На рис. 3 представлена систематизация способов глубоководного трубопроводного гидроподъема, составленная в последние годы сотрудниками кафедры.

Кроме того, разработаны способ и технические гидротранспортные средства, новизна которых подтверждена патентами России, США, Германии, Франции и других зарубежных стран. Некоторые из них — загрузочный аппарат, работающий на принципе взаимодействия кинетической энергии кольцевых закрученных струй с твердыми частицами (эффект искусственного смерча) — успешно

прошли морские испытания в акватории г. Новороссийск, в Черном море, на глубине ~100 м совместно с ЦКБ «Океангеотехника» и Черноморской опытно-методической экспедицией, которые подтвердили работоспособность и эффективность данной патентно-чистой конструкции аппарата.

Промышленные испытания эрлифтного грунтозабора механогидравлическим рыхлением, разработанного сотрудниками кафедры, проведены при добыче песчано-гравийных алмазосодержащих пород на глубинах ~200 м на шельфе Атлантического океана (побережье Намибии). При этом часовая производительность установки по горной массе увеличилась в 2,5 раза по сравнению с применяемым способом на алмазодобывающем судне «Samikog».

Для освоения глубоководных минерально-сырьевых ресурсов дна Мирового океана нами разработана патентно-чистая технология с применением загрузочного аппарата в комплексе с пульсационной колонной, которая представлена на рис. 4. [15].

Она включает добычное судно и подводный комплекс, в котором технологически взаимоувязана работа загрузочного-гидротранспортного аппарата с вихревым пульпоприготовлением и пульсационной колонны, расположенных на погружной платформе. Он осуществляет процесс сепарации, отделяя зерновую часть полезного компонента горной массы от шламовых фракций в пульсационной колонне. При этом зерновая компонента гидросмеси загрузочным аппаратом поднимается на плавсредство, а тонкие частицы укладываются в выработанное пространство океанического дна, образованного в результате выемки агрегатом сбора. Для режима классификации была установлена методоло-

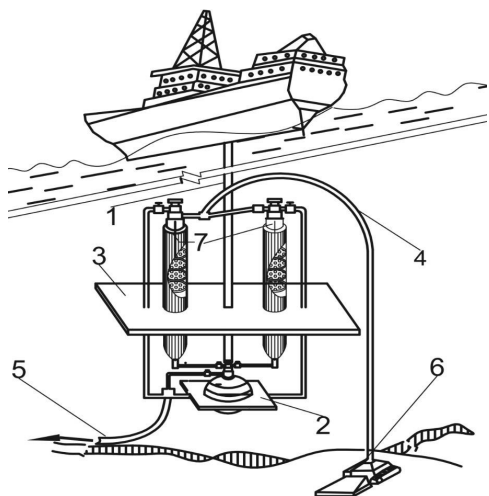


Рис. 4. Схема работы загрузочного аппарата в комплексе с полифункциональным массообменно-транспортным аппаратом: 1 — система магистральных трубопроводов (водовода и пульповода); 2 — загрузочная емкость массообменного аппарата; 3 — полупогружная платформа; 4 — трубопровод придонного транспорта ЖМК от агрегата сбора; 5 — трубопроводы слива технологической воды в выработанное пространство; 6 — агрегат сбора железомарганцевых конкреций; 7 — пульсационная колонна

Fig. 4. Scheme of operation of the loading device in combination with a multifunctional mass transfer and transport device: 1 — the system of main pipelines (water pipe and pulp pipe); 2 — the loading capacity of the mass transfer device; 3 — a semi-submersible platform; 4 — the pipeline of the bottom transport of the LMC from the collection unit; 5 — pipelines for draining process water into the developed space; 6 — the unit for collecting ferromanganese nodules; 7 — a pulsation column

гия расчетов конструктивных параметров колонны, исходя из концепции достижения максимальной производительности при минимальных расходах промывной воды и сжатого воздуха, т. е. максимального КПД. Использование предлагаемой технологии позволяет снизить негативную нагрузку по загрязнению океанических толщ воды за счет сброса шламовых частиц в придонную часть океана [16].

Анализируя состояние данной проблемы в настоящее время следует отметить, что, несмотря на определенные успехи, она базируется на использовании результатов обширных научных геологоразведочных работах, проводимых Управлением минеральных ресурсов Мирового океана Мингео СССР, в результате которых определен перечень основных видов минерального сырья, их морфология, физико-технические характеристики и других факторов.

Заключение

В последние годы техническое и технологическое обеспечение, связанное с освоением глубоководных месторождений, для активизации выполнения Россией обязательств по контрактам неоднократно обсуждалось на различных конференциях и форумах разного уровня, в том числе на Морской коллегии, в Совете Федерации, в Государственной Думе, в которой прошло совместное заседание Комитета Государственной Думы РФ по природным ресурсам, природопользованию и экологии. Высшим горным советом НП «Горнопромышленники России» был рассмотрен вопрос «О создании морской горнодобывающей отрасли России». В результате рекомендовалось в рамках реализации «Морской доктрины Российской Федерации на период до 2020 г.» образовать Координационный центр (ведомство) по созданию и развитию морской горнодобывающей отрасли, основной целью [17] которого является координация и планирование исследований и разработок заинтересованных предприятий, организаций и институтов различной ведомственной принадлежности. Однако положительных сдвигов по решению данной проблемы пока не имеется.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ялтанец И. М., Мясков А. В., Дробаденко В. П., Пастихин Д. В. Проблемы освоения месторождений твердых полезных ископаемых дна морей и океанов // Гидротехническое строительство. — 2018. — № 11. С. 8–15.
2. Maciąg Ł., Kotliński R., Piestrzyński A., Zawadzki D. Potencjał metalogeniczny oceanów (Metallogenic potential of the oceans) // Aktualia i perspektywy gospodarki surowcami mineralnymi. 2019. pp. 117–144
3. Pak, S.-J.; Seo, I.; Lee, K.-Y.; Hyeong, K. Rare Earth Elements and Other Critical Metals in Deep Seabed Mineral Deposits: Composition and Implications for Resource Potential. Minerals. 2019. no. 9. pp. 3–9.
4. Дробаденко В. П., Калинин И. С., Малухин Н. Г. Методика и техника морских геологоразведочных и горных работ: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений. — Волгоград: Издательский Дом «Ин-Фолио», 2010. — 352 с.
5. Каширский А. С., Кириченко Ю. В. Мировой океан — последний резерв человечества // Горные науки и технологии. — 2017. — №1. — С. 67–74.
6. Дробаденко В. П., Малухин Н. Г., Луконина О. А., Козлов М. Ю. Перспективы освоения шельфовых и глубоководных месторождений полезных ископаемых. Вестник РАН. 2013. Т. 13. № 5. С. 99–103.
7. Петоян Г. Б. Оптимизация режимов бурения для повышения скорости строительства скважины на шельфе. В сборнике: проблемы современных интеграционных процессов и пути их решения. Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции. 2019. С. 139–142.
8. Козлов М. Ю. Совершенствование технологий гидроподъема при освоении шельфовых месторождений железомарганцевых конкреций на основе исследования гидродинамических процессов. Дисс. канд. техн. наук. — М.: Российский государственный геологоразведоч. ун-т им. С. Орджоникидзе (РГГРУ), 2016. — 147 с.
9. Углов Б. Д. Геолого-геофизические основы минерагенического районирования дна Мирового океана. Дисс. докт. техн. наук. — М.: Центр. науч.-исслед. геологоразведоч. ин-т цв. и благород. металлов (ЦНИГРИ), 2004. — 208 с.
10. Кириченко Ю. В., Каширский А. С. Месторождения твердого минерального сырья мирового океана и потенциал его использования // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № 9. С. 251–259.
11. Козловский Е. А. Морские и океанические кладовые минерального сырья // Промышленные ведомости. № 1. 2005.
12. Ширяев Б. К. Вопросы выполнения Россией обязательств по контрактам по разведке ЖМК, ГПС и КМК, подписанным с Международным органом по морскому дну. Сборник материалов Второго Национального горнопромышленного форума. — М: Некоммерческое партнерство «Горнопромышленники России». 2016. С. 231–238.
13. Benjamin Gillard, Kaveh Purkiani, Damianos Chatzievangelou, Annemiek Vink, Morten H. Iversen, Laurenz Thomsen. Physical and hydrodynamic properties of deep sea mining-generated, abyssal sediment plumes in the Clarion Clipperton Fracture Zone (eastern-central Pacific) // elementa: science of the anthropocene (2019–01–01) Vol. 7, no. 1. pp. 3–14.
14. Nijen K. V., Passel S. V., Squires D. A stochastic techno-economic assessment of seabed mining of polymetallic nodules in the Clarion Clipperton Fracture Zone // Marine Policy. 2018. Vol. 95. P. 133–141.
15. Патент на изобретение №2558594 РФ, МПК В01Д11/02 «Способ ведения мас-собменных процессов и устройство для его осуществления» (Дробаденко В. П., Малухин Н. Г., Луконина О. А., Вильмис А. Л., Ребриков Д. Н., Козлов М. Ю.) заявлено 04.08.2014 г. опубликован 10.08.2015, бюллетень №22.

16. Вильмис А. Л. Методическое обоснование параметров глубоководного подъема // Материалы 13 международной научно-практической конференции «Новые идеи в науках о Земле». — М.: МГРИ, 2017. — Т. 1. — С. 384–385.

17. Голева Р. В. Воспроизводство минерально-сырьевой базы как основы устойчивого развития России в условиях глобализации. Рациональное освоение недр. 2017. № 5—6. С. 20—32. **МИАБ**

REFERENCES

1. Yaltanec I. M., Myaskov A. V., Drobadenko V. P., Pastihin D. V. Problems of development of solid mineral deposits of the bottom of the seas and oceans. *Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo*. 2018. no.11, pp. 8—15. [In Russ]

2. Maciąg Ł., Kotliński R., Piestrzyński A., Zawadzki D. Potencjał metalogeniczny oceanów (Metallogenic potential of the oceans). *Aktualia i perspektywy gospodarki surowcami mineralnymi*, 2019. pp.117—144.

3. Pak, S.-J.; Seo, I.; Lee, K.-Y.; Hyeong, K. Rare Earth Elements and Other Critical Metals in Deep Seabed Mineral Deposits: Composition and Implications for Resource Potential. *Minerals*. 2019. no. 9. pp. 3—9.

4. Drobadenko V. P., Kalinin I. S., Maluhin N. G. *Metodika i tekhnika morskikh geologorazvedochnykh i gornyx rabot* [Methodology and technique of marine geological exploration and mining operations]: Ucheb. dlya stud. vyssh. ucheb. zavedenij. Volgograd: Izdatel'skij Dom «In-Folio», 2010. 352 p. [In Russ]

5. Kashirskij A. S., Kirichenko Yu. V. The world Ocean the last reserve of mankind. *Gornye Nauki i Tekhnologii*. 2017. no.1, pp. 67—74 [In Russ]

6. Drobadenko V. P., Maluhin N. G., Lukonina O. A., Kozlov M. Yu. Prospects for the development of offshore and deep-sea mineral deposits. *Vestnik RAEN*. 2013. Vol. 13. no. 5. pp. 99—103. [In Russ]

7. Petoyan G. B. *Optimizaciya rezhimov bureniya dlya povysheniya skorosti stroitel'stva skvazhiny na shel'fe* [Optimization of drilling modes to increase the speed of well construction on the shelf. In the collection: problems of modern integration processes and ways to solve them]. V sbornike: problemy sovremennykh integracionnykh processov i puti ih resheniya. Sbornik statej po itogam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 2019. pp. 139—142. [In Russ]

8. Kozlov M. Yu. *Sovershenstvovanie tekhnologij gidropod»ema pri osvoenii shel'fovyyh mestorozhdenij zhelezomargancevykh konkrecij na osnove issledovaniya gidrodinamicheskikh processov* [Improvement of hydraulic lifting technologies in the development of shelf deposits of ferromanganese nodules based on the study of hydrodynamic processes]. Dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. Moscow. 2016. 147 p. [In Russ]

9. Uglov B. D. *Geologo-geofizicheskie osnovy mineragenicheskogo rajonirovaniya dna Mirovogo okeana* [Geological and geophysical bases of mineragenic zoning of the World Ocean floor]. Dissertacii na soiskanie uchyonoy stepeni doktora geologo-mineralogicheskikh nauk. Moscow. 2004. 208 p. [In Russ]

10. Kirichenko Yu. V., Kashirskij A. S. Deposits of solid mineral raw materials of the world ocean and the potential for its use. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2015. no. 9. pp. 251—259 [In Russ]

11. Kozlovskij E. A. Marine and oceanic storerooms of mineral raw materials. *Promyshlennye vedomosti*. no. 1. 2005 [In Russ]

12. Shiryaev B. K. *Voprosy vypolneniya Rossiej obyazatel'stv po kontraktam po razvedke ZhMK, GPS i KMK, podpisannym s Mezhdunarodnym organom po morskomu dnu* [Issues of Russia's fulfillment of its obligations under the contracts for exploration of the ZHMC, GPS and KMC signed with the International Seabed Authority]. Sbornik materialov Vtorogo

Nacional'nogo gornopromyshlennogo foruma. — M: Nekommercheskoe partnerstvo «Gornopromyshlenniki Rossii». 2016. pp. 231–238. [In Russ]

13. Benjamin Gillard, Kaveh Purkiani, Damianos Chatzievangelou, Annemiek Vink, Morten H. Iversen, Laurenz Thomsen. Physical and hydrodynamic properties of deep sea mining-generated, abyssal sediment plumes in the Clarion Clipperton Fracture Zone (eastern-central Pacific). *elementa: science of the anthropocene* (2019–01–01) Vol. 7, no. 1. pp. 3–14.

14. Nijen K. V., Passel S. V., Squires D. A stochastic techno-economic assessment of seabed mining of polymetallic nodules in the Clarion Clipperton Fracture Zone. *Marine Policy*. 2018. Vol. 95. P. 133–141.

15. *Patent na izobretenie no.2558594 RF, MPK V01D11/02 «Sposob vedeniya massobmennyyh processov i ustrojstvo dlya ego osushchestvleniya»* (Drobadenko V. P., Maluhin N. G., Lukonina O. A., Vil'mis A. L., Rebrikov D. N., Kozlov M. Yu.) zavayavleno 04.08.2014 g. opublikovan 10.08.2015, byulleten' no.22. [In Russ]

16. Vil'mis A. L. *Metodicheskoe obosnovanie parametrov glubokovodnogo podzema. Materialy 13 mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Novye idei v naukah o Zemle»* [Methodological substantiation of parameters of the deep rise. Proceedings of the 13th International Scientific and Practical Conference «New Ideas in Earth Sciences»] (Moscow, MGRI 2017 g., t. 1. pp. 384–385) [In Russ]

17. Goleva R. V. Reproduction of the mineral resource base as the basis for sustainable development of Russia in the context of globalization. *Racional'noe osvoenie nedr*. 2017. no. 5–6. pp. 20–32. [In Russ]

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Дробаденко Валерий Павлович*¹ — докт. техн. наук, профессор, профессор кафедры геотехнологических способов и физических процессов горного производства, drobadenko@mail.ru;

Малухин Г. Н. — канд. техн. наук, заместитель директора Департамента по стратегическому развитию производства, ООО «Инвестрегионпром», Москва, Россия;

*Луконина Ольга Александровна*¹ — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры геотехнологических способов и физических процессов горного производства;

*Салахов Ильмир Наильевич*¹ — аспирант, преподаватель кафедры геотехнологических способов и физических процессов горного производства;

¹ Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе», Москва, Россия.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*Drobadenko V. P.*¹, Dr. Sci. (Eng.), professor, professor of department geotechnological methods and physical processes of mining operations;

Malukhin G. N., Cand. Sci. (Eng.), Deputy Director Of the Department for strategic development of production, «INVESTREGIONPROM», Moscow, Russia;

*Lukonina O. A.*¹, Cand. Sci. (Eng.), associate professor, associate professor of department geotechnological methods and physical processes of mining operations;

*Salakhov I. N.*¹, post-graduate student, teacher of department geotechnological methods and physical processes of mining operations;

¹ *Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting, Moscow, Russia.*

Получена редакцией 13.10.2020; получена после рецензии 14.01.2021; принята к печати 10.02.2021.

Received by the editors 13.10.2020; received after the review 14.01.2021; accepted for printing 10.02.2021.