

ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ КОБАЛЬТОНОСНЫХ ЖЕЛЕЗОМАРГАНЦЕВЫХ КОРОК В ПРЕДЕЛАХ РОССИЙСКОГО РАЗВЕДОЧНОГО РАЙОНА МАГЕЛЛАНОВЫХ ГОР ТИХОГО ОКЕАНА: ИСТОРИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

И. Н. Пономарева, В. М. Юбко, Т. М. Хулапова, И. А. Пуляева, Т. И. Лыгина

*ГНЦ АО «Южморгеология»,
Россия, 353461, г. Геленджик, ул. Крымская, 20,
e-mail: LyginaTI@rusgeology.ru*

В работе освещена история отечественных исследований кобальтомарганцевых корок (КМК), залегающих в районе Магеллановых гор Тихого океана, и представлены основные результаты геологоразведочных работ, проведенных на площади Российского лицензионного участка в Тихом океане, расположенного в пределах Российского разведочного района кобальтомарганцевых корок. Даны представления о контрактных обязательствах перед Международным органом по морскому дну (МОМД), которые имеет Российская Федерация согласно заключенному с Органом пятнадцатилетнему контракту на разведку кобальтомарганцевых корок. Изложены основные результаты изучения фоновых экологических характеристик природной среды в Российском разведочном районе кобальтомарганцевых корок. Приведены сведения о выполнении иных контрактных обязательств перед МОМД: научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию разведочных и добычных технологий, технологий переработки КМК, подготовке кадров для Международного органа, выполнении финансовых обязательств.

Ключевые слова: кобальтомарганцевые корки, Тихий океан, Магеллановы горы, Российский разведочный район, Международный орган по морскому дну, геологоразведочные работы, фоновые экологические характеристики

Введение

Планомерное изучение кобальтоносных железомарганцевых корок (КМК) в Мировом океане российскими экспедициями проводится с середины 80-х годов XX века. В это время работы были сосредоточены, главным образом, в западной и центральной частях Тихого океана: Магеллановы горы, Маршалловы острова, поднятия Маркус-Уэйк и Уэйк-Неккер, Императорский хребет. Геологоразведочными работами, проведенными в исследованных регионах, было выявлено корковое железомарганцевое оруденение и установлено, что наиболее перспективные гайоты с кобальтоносными железомарганцевыми корками, представляющими практическую ценность, расположены в районе Магеллановых гор.

Новый вид минерального сырья как за рубежом, так и в нашей стране, вызвал повышенный интерес. Предварительные экономические оценки показали промышленную значимость сырья, изучение железомарганцевого оруденения гайотов Магеллановых гор приняло широкомасштабный характер производственных работ, направленных на выявление промышленно значимых рудных скопления КМК. С 1986 по 1996 гг. отечественные экспедиционные работы выполнялись силами ПГО «Дальморгеология», с 2000 по 2010 гг. – ГНЦ ФГУГП «Южморгеология». За это время данными организациями было проведено 20 научно-исследовательских рейсов. В состав работ входили комплексные геофизические исследования (сейсмоакустическое и гидромагнитное профилирование, эхолотный промер), батиметрическая съемка многолучевым эхолотом масштаба 1:200 000, а на участках детализации масштаба 1:50 000 – фототелевизионное профилирование, геологическое опробование скальными драгами, бурением неглубоких скважин, дночерпателями и трубками, технологическое опробование, гидрологические исследования. Работы были направлены на выявление перспективных геологических структур железомарганцевого оруденения, изучения закономерностей размещения, масштабов и характера распространения этого оруденения.

В 2012 г., к моменту принятия «Правил поиска и разведки кобальтоносных железомарганцевых корок в Районе», были сформированы заявочные площади и подготовлена Заявка в Международный орган по морскому дну (МОМД, Орган) на утверждение плана работы по разведке кобальтоносных железомарганцевых корок. Решением Совета Международного органа по морскому дну от 21 июля 2014 г. представленный Российской Федерацией план работы по разведке КМК был утвержден. На следующий год, 10 марта 2015 г., состоялось заключение контракта между Органом и Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации, в результате чего Российской Федерации было предоставлено исключительное право на разведку полиметаллических руд в Российском разведочном районе кобальтоносных железомарганцевых корок (PPP–КМК) площадью 3 000 км², расположенном в западной части Тихого океана на Магеллановых горах.

Цели настоящей статьи:

- осветить историю отечественных исследований рудоносности Магеллановых гор и заключения контракта Российской Федерации с Международным органом по морскому дну, дать представления о характере контрактных обязательств контрактора перед Международным органом;
- изложить основные результаты как собственно геологоразведочных работ, проведенных на площади Российского разведочного района КМК, так и исследований фоновых экологических характеристик природной среды в разведочном районе, предусмотренных контрактными обязательствами.

Основой для статьи являются опубликованные и фондовые материалы геологоразведочных работ и экологических исследований морской среды, полученные по направлению кобальтоносных железомарганцевых корок на Магеллановых горах и в Российском разведочном районе КМК.

История российских (советских) исследований кобальтоносных железомарганцевых корок Магеллановых гор Тихого океана

В истории российских (до 1991 г. советских) исследований кобальтоносных железомарганцевых корок так же, как и в случае железомарганцевых конкреций, выделяется четыре основных этапа.

Первый этап истории исследований КМК (1968–1986 гг.) так же, как и в исследованиях ЖМК, связан с экспедиционной деятельностью Академии наук СССР. Первые сведения о корковом оруденении подводных гор в рамках этой деятельности были получены в 1968 и 1970 гг. в процессе 43-й и 48-й специализированных геологических экспедиций на НИС «Витязь» при изучении гайотов поднятия Уэйк-Неккер в центральной части Тихого океана (Богданов и др., 1987-1, 1987-2; Железомарганцевые конкреции ..., 1976).

В период с 1983 по 1986 гг. весьма активный характер приняли исследования Магеллановых гор в западной части Тихого океана, выполнявшиеся с участием большого количества академических институтов, в том числе Института океанологии Академии наук (ИО АН), Тихоокеанского океанологического института им. В. И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук (ТОИ ДВО РАН), Дальневосточного геологического института Дальневосточного отделения Российской академии наук (ДВГИ ДВО РАН), Института морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИМГиГ ДВО РАН), Института географии, Северо-Восточного комплексного научно-исследовательского института им. Н. А. Шило Дальневосточного отделения Российской академии наук (СВКНИИ) и Института вулканологии. Экспедиционные исследования осуществлялись в 1-м (1983 г.), 10-м (1986 г.) и 13-м (1988 г.) рейсах НИС «Академик Александр Несмеянов» (Кулаков и др., 1987), 13-м (1986 г.) рейсе НИС «Вулканолог» (Муравьев и др., 1988).

Особое значение академическим исследованиям подводных гор придавало то обстоятельство, что на рубеже 1985 г. они впервые стали осуществляться с применением обитаемых подводных аппаратов (ОПА). Так, в 9-м рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» (1984–1985 гг.) с использованием ОПА «Пайсис» изучено строение и рудоносность гайотов Федорова (ранее ИО АН) и Ита-Май-Тай, принадлежащих системе Магеллановых гор, вдоль серии поперечных к их склонам профилей (Богданов и др., 1987-2). Почти одновременно с этим в 1985 г. на одном из безымянных гайотов в срединной части поднятия Маркус-Неккер в 34-м рейсе НПС «Одиссей» в процессе погружения на обитаемом аппарате «Север-2» были обнаружены и опробованы поля богатых кобальтом корок и конкреций (Дарницкий, Кодолов, 1997; Федоров, 1988, 2016).

Отличительным признаком *второго этапа истории исследований КМК (1986–1999 гг.)* стало резкое усиление в них активности УМРМО Мингео СССР (до 1991 г.), Управления ресурсов недр шельфа и Мирового океана Роскомнедра (1992–1996 гг.) и Департамента науки и морских работ Минприроды России (1996–1999 гг.).

Содержание этой активности заключалось в планомерных геолого-геофизических исследованиях регионального плана в пределах западного сектора северной приэкваториальной зоны Тихого океана, особенно интенсивно осуществлявшихся в период до 1993 г. Помимо района Магеллановых гор, этот сектор включал поднятия Маркус-Уэйк и Уэйк-Неккер, хребет Даттон, участки Императорских гор и поднятия Маршалловых островов. В указанный период морскими организациями Мингео СССР (производственным геологическим объединением (ПГО) «Севморгеология», производственным объединением (ПО) «Южморгеология» и ПГО «Дальморгеология») были выполнены экспедиционные исследования названных районов в 20 рейсах НИС «Морской геолог», «Север», «Профессор Федынский» и «Геолог Петр Андропов». На данном этапе изучение коркового оруденения подводных гор осуществлялось, в основном, по данным донного пробоотбора, а условий локализации скоплений КМК – по результатам применения преимущественно геофизических методов исследований: однолучевого эхолотирования, сейсмоакустического и гидромагнитного профилирования.

С 1987 г. все большее внимание Мингео СССР стало уделяться геологическому изучению конкретных гайотов системы Магеллановых гор. В процессе работ, выполнявшихся преимущественно ПГО «Дальморгеология», к 1996 г. здесь отработано 502 станции драгирования, 235 дночерпательных станций и 35 станций пробоотбора грунтовыми трубками. Плотность сети пробоотбора составила 50×50 км в абиссальных участках, 25×25 км в пределах гайотов и 12.5×12.5 км в пределах участков детализации. На отдельных гайотах пройдены фототелевизионные профили общей протяженностью 290 км. Параллельно были выполнены исследования гидрологических и гидрохимических характеристик водной толщи. Одновременно с этим, с привлечением ЦНИГРИ и ЦНИИЧермет, были значительно активизированы научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) в области создания технологий добычи и переработки кобальтоносных железомарганцевых корок. Наиболее значимым результатом этих НИОКР стала разработка пирометаллургической и гидрометаллургической технологий переработки, в 1989 г. успешно прошедших стадию полупромышленных испытаний.

В результате этих работ установлены наиболее общие закономерности геологического строения гайотов Федорова, Альба и Грамберга. В пределах ассоциирующихся с ними рудных полей были оконтурены индивидуальные рудные залежи КМК. Изучены строение, вещественный и химический состав корок. Исследованы физико-механические и петрофизические свойства как рудных образований, так и подстилающих их субстратов. Для рудных полей гайотов Федорова и Альба выполнена оценка прогнозных ресурсов КМК категории P_2 , а на участках детализации гайота Федорова – категории P_1 . Прогнозные ресурсы рудного поля гайота Грамберга частично оценены по категориям P_2 и P_3 , а гайота Паллада – по категории P_3 .

Накопленный к 1994 г. объем сведений о рудоносности подводных гор Западной Пацифики привел специалистов ПГО «Дальморгеология» к выводу о целесообразности ее дальнейшего изучения лишь в пределах системы Магеллановых гор, наиболее перспективной как в отношении объема ресурсов КМК, так и их качества. Этот вывод

был подкреплен разработкой под руководством Управления ресурсов недр шельфа и Мирового океана Роскомнедра «Технико-экономических соображений (ТЭС) о целесообразности постановки поисково-разведочных работ на кобальтомарганцевые корки в пределах поля Магеллановы горы (с проектом оценочных кондиций)» (Технико-экономические соображения ..., 1994).

Так же, как и в случае ЖМК, параллельно с этим под руководством упомянутого управления Роскомнедра был разработан комплект методических документов по ведению ГРР на КМК, в т. ч.: Положение о стадийности геологоразведочных работ на кобальтомарганцевые корки Мирового океана (Положение о стадийности ..., 1991), Методические указания по оценке прогнозных ресурсов кобальтомарганцевых корок Мирового океана (Методические указания ..., 1996), Методические указания по проведению поисковых работ на кобальтомарганцевые корки Мирового океана (Методические указания ..., 1996), Методические рекомендации по проведению поисково-разведочных работ на кобальтомарганцевые корки в Мировом океане (Методические рекомендации ..., 1996), Методические рекомендации по рядовому опробованию кобальтомарганцевых корок Мирового океана (Методические рекомендации ..., 1996), Методические рекомендации по технологическим исследованиям руд при производстве геологоразведочных работ на железомарганцевые образования Мирового океана (Методические рекомендации ..., 1992).

После шестого рейса НИС «Дальморгеология», состоявшегося в 1995 г., экспедиционная деятельность ОАО «Дальморгеология», созданного в 1992 г. путем акционирования государственного геологического предприятия (ГПП) «Дальморгеология», практически прекратилась. Причиной этого послужило кризисное развитие ОАО, приведшее к утрате им к 1999 г. практически всего своего научно-исследовательского флота. С учетом этого на уровне Департамента науки и морских работ Министерства природных ресурсов РФ было принято решение о возложении функций головной организации по ведению ГРР на КМК в пределах Магеллановых гор на ГНЦ ФГУГП «Южморгеология».

Третий этап истории исследований КМК (2000–2014 гг.) ознаменован применением ГНЦ ФГУГП «Южморгеология» в рабочем режиме новых прогрессивных методов изучения коркового оруденения Магеллановых гор и батиметрических и геолого-геоморфологических условий локализации скоплений КМК. Комплекс упомянутых методов включал: батиметрическую съемку морского дна с использованием многолучевого эхолота (МЛЭ) Simrad EM 12S-120, придонное геоакустическое и фототелевизионное профилирование с использованием, соответственно, ГБО «МАК-1» и ФТК «Нептун» разработки ГНЦ ФГУГП «Южморгеология», бурение мелких скважин с использованием погружной глубоководной буровой установки ГБУ-1/4000 разработки ФГУНПП «Севморгео» (Рождественский и др., 2011).

В течение третьего этапа в процессе экспедиционных исследований на НИС «Геленджик» упомянутым комплексом методов были обследованы практически все гайоты системы Магеллановых гор, включая гайоты Альба, Паллада, Федорова, Грамберга, Ита-Май-Тай, Геленджик, Бутакова, Говорова, Вулканолог, Скорняковой, Гордина,

Пегас, Ильичева, Коцебу, Затонского, Зубова, Назимова, Маровой и Рыкачева. На всех гайотах выполнена батиметрическая съемка дна масштаба 1:200 000, а на участках детализации в пределах гайотов Федорова, Альба и Паллада – масштаба 1:50 000. На площади рудных полей перечисленных гайотов были отработаны 742 станции драгирования и 3 дночерпательных станции донного пробоотбора. Впервые в массовом порядке были изучены строение и мощностные характеристики корковых покровов на гайотах Паллада, Альба, Федорова, Грамберга, Ита-Май-Гай, Геленджик и Бутакова путем бурения скважин, общее количество которых составило 127 станций.

В 2002–2008 гг. по поручению Минприроды России ГНЦ ФГУГП «Южморгеологией» при участии ФГУП «ВИМС» продолжены работы по технологическим исследованиям КМК. В итоге этих исследований удалось добиться существенных результатов в области повышения эффективности таких технологических операций, как отделение корок от субстрата в процессе обогащения вынутой рудной массы, а также собственно методов обогащения (пат. 2311232 РФ, Способ переработки ..., 2007). В числе этих методов в первую очередь следует упомянуть схему механической крупнокусковой рентгенорадиометрической сепарации рудной массы, обеспечивающую повышение содержания кобальта, никеля, меди и марганца в концентрате, а также почти двукратное сокращение объема материала, направляемого на дальнейшую гидрометаллургическую переработку.

Что касается непосредственно технологии гидрометаллургической переработки КМК, то здесь важным инновационным достижением характеризуемых исследований следует считать разработку и успешные лабораторные испытания ее двухстадийной схемы, не требующей применения жестких операций кислотного выщелачивания (Иванов и др., 2005; пат. 2261923 РФ; Способ переработки ..., 2005).

В результате систематизации, обобщения и интерпретации накопленных данных, осуществлявшихся специалистами ГНЦ ФГУГП «Южморгеология» в рамках НИР, инициированных Департаментом топливно-энергетических ресурсов недр и морских работ Минприроды России, установлены закономерности формирования богатых Со залежей ЖМК и КМК в пределах рудных провинций Тихого океана, изучены закономерности строения рудных залежей кобальтоносных марганцевых корок на гайотах Магеллановых гор и осуществлено геолого-промышленное районирование ассоциирующихся с ними месторождений КМК, оценены прогнозные ресурсы КМК отдельных гайотов. Наиболее значимые итоги исследований по указанным направлениям опубликованы в виде монографий (Мельников, 2005, 2018; Юбко, 2018) и журнальных статей (Мельников, Плетнев, 2011, 2013; Мирчинк и др., 2001; Новиков и др., 2014; Хулапова, Седышева, 2003; Хулапова и др., 2004; Юбко, Мельников, 2001; Юбко и др., 2001). На основе материалов, полученных в комплексных геолого-геофизических экспедициях на НИС «Геленджик» ГНЦ ФГУГП «Южморгеология», начиная с 2000 г., подготовлена монография «Геология гайотов Магеллановых гор, Тихий океан», вышедшая в 2020 г. в издательстве ДВО РАН с участием специалистов ГНЦ «Южморгеология» (Плетнев, Мельников и др., 2020).

Таким образом, к концу 2010 г. объем сведений о рудоносности большинства гайотов Магеллановых гор, накопленных ГНЦ ФГУГП «Южморгеология», уже был вполне достаточным для подготовки российской заявки в МОМД на утверждение плана работ по разведке КМК. В этой связи, а также с учетом того, что на 16-й сессии МОМД (2010 г.) стартовал процесс обсуждения проекта «Правил поиска и разведки кобальтоносных железомарганцевых корок в Районе» (далее Правила по коркам) и их принятие ожидалось в ближайшее время, Департаментом государственной политики и регулирования в области геологии и недропользования было принято решение о подготовке проекта такой заявки силами ГНЦ ФГУГП «Южморгеология», но от имени Минприроды России, что и было закреплено приказом Минприроды России № 9 от 19.01.2011.

К моменту принятия Правил (26 июля 2012 г.) заявка России была подготовлена к подаче, но, к сожалению, сделать это сразу после указанной даты не удалось, поскольку обращение потенциального заявителя (Минприроды России) в Правительство РФ об издании соответствующего распоряжения до принятия Правил по коркам поддержки не нашло (Письмо Аппарата Правительства РФ от 30 июня 2011 г. № П9-26947). Только в ноябре 2012 г. такое распоряжение за № 2054-р от 03.11.2011 было принято, но в силу неизбежных бюрократических процедур, предусматривавших вовлечение в них МИД России и посольства России на Ямайке, первоначальный вариант заявки на утверждение плана работ по разведке КМК поступил в МОМД лишь 6 февраля 2013 г., т. е. спустя 195 дней после принятия Правил по коркам.

Для судьбы первоначального варианта российской заявки данное обстоятельство имело достаточно печальные последствия, поскольку оказалось, что ее площадь частично перекрывается с площадью заявки Китая, поданной им на следующий день после принятия Правил по коркам, т. е. на 194 дня раньше российской. Так как согласно п. 2 Приложения к Решению Совета МОМД относительно «Правил поиска и разведки кобальтоносных железомарганцевых корок в Районе» (ISBA/18/C/23), улаживание перекрывания заявок между соответствующими заявителями допускается только в том случае, если разница во времени подачи их заявок составляет не более 30 дней, именно Российская Федерация вынуждена была внести необходимые изменения в первоначальный вариант своей заявки. Новый вариант заявки был представлен в МОМД 26 апреля 2013 г.

Решением Совета МОМД от 21 июля 2014 г. заявка РФ была удовлетворена, а Генеральному секретарю МОМД было рекомендовано «оформить план работы по разведке кобальтоносных железомарганцевых корок в виде контракта между Органом и Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации» (ISBA/20/C/24). Начиная с указанной выше даты, стороны приступили к согласованию текста контракта, на что ушло более полугода. Вследствие этого его подписание состоялось лишь 10 марта 2015 г.

Согласно контракту, Российская Федерация получила исключительное право на ведение разведочных работ в пределах PPP–КМК общей площадью 3 000 км², состоящего из 150 блоков площадью 20 км² каждый, расположенных на четырех гайотах

Магеллановых гор Тихого океана в диапазоне широт 16° – 19° с. ш. и долгот 150° – 155° в. д., в том числе: 55 блоков – на гайоте Говорова, 20 блоков – на гайоте Вулканолог, 40 блоков – на гайоте Коцебу и 35 блоков – на гайоте Альба. Блоки РРР–КМК сгруппированы в кластеры: 08-1, 08-2 и 08-3 – кластеры, расположенные на гайоте Говорова; 09-1 – кластер на гайоте Вулканолог; 14-1, 14-2 и 14-3 – кластеры на гайоте Коцебу; 15-1 и 15-2 – кластеры на гайоте Альба (рисунок 1).

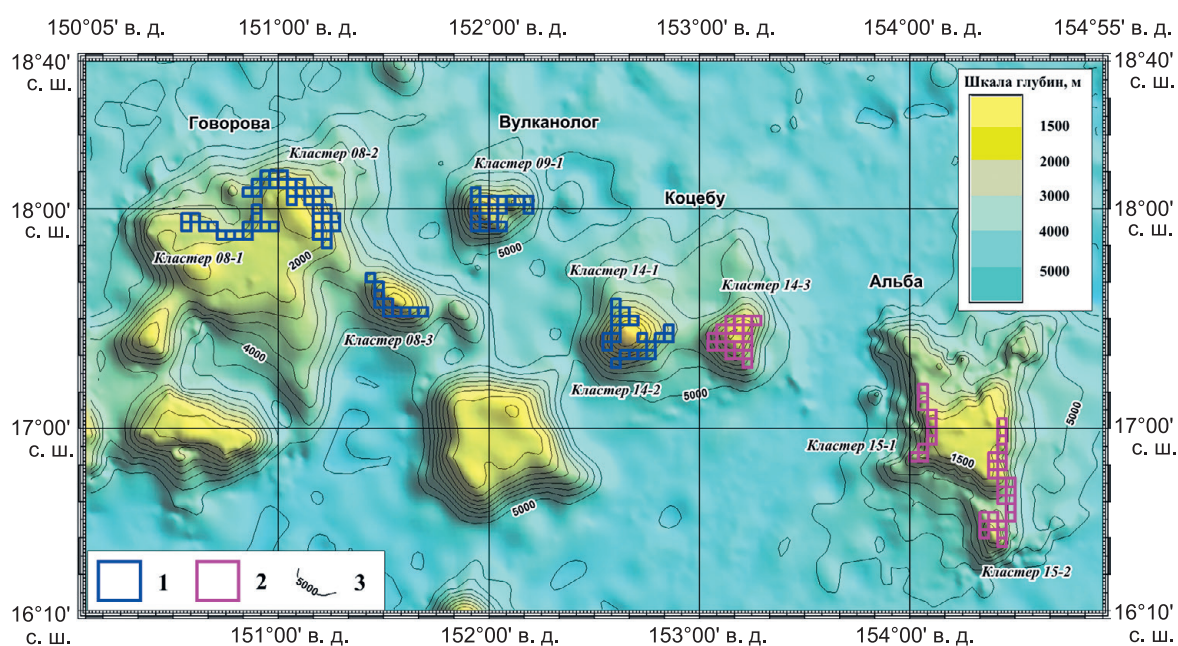


Рис. 1 – Схема расположения блоков и кластеров Российского разведочного района КМК на гайотах Магеллановых гор Тихого океана: 1, 2 – блоки и кластеры РРР–КМК с указанием степени изученности кластеров: 1 – выполнены ГРР поисковой стадии; 2 – выполнены ГРР оценочной стадии; 3 – изобаты сечением 500 м

Четвертый этап истории исследований КМК (2015 г. – настоящее время) охватывает период контрактной деятельности Минприроды России по освоению Российского разведочного района КМК (РРР–КМК), осуществляемой по его поручению АО (до 2016 г. ГНЦ ФГУГП) «Южморгеология».

Как и в случае контракта на разведку ЖМК, контрактная деятельность Минприроды России находится под жестким контролем МОМД за своевременным и добросовестным исполнением контрактных обязательств.

В соответствии с Планом работ по разведке, утвержденным МОМД и прилагаемым к контракту, разведочная деятельность в РРР–КМК включает три пятилетних этапа, направленных на решение следующих задач:

- этап 1 (расчетная продолжительность 5 лет) – выявление первоочередных районов для проведения более детальных разведочных работ с целью оконтуривания возможных месторождений кобальтоносных марганцевых корок;
- этап 2 (расчетная продолжительность 5 лет) – выделение месторождений и запасов корок, которые можно было бы разрабатывать в дальнейшем;

• этап 3 (расчетная продолжительность 5 лет) – отбор участков для возможной эксплуатации (блоков) на оконтуренных месторождениях корок и определение возможных к извлечению запасов корок с учетом уклона и расчлененности дна, физических препятствий, физико-механических характеристик субстрата и других существенных факторов.

В контексте российских подходов к определению стадийности ГРП на КМК этапы разведочной деятельности 1–3, предусмотренные Планом работ по разведке, по своему содержанию являются практически полными аналогами поисковой, оценочной и разведочной стадий ГРП соответственно.

По состоянию на момент заключения контракта научные исследования на всей площади РРР–КМК были завершены, а около 20 % этой площади было изучено с детальностью, отвечающей требованиям поисковой стадии ГРП.

Достигнутая степень изученности гайотов, вошедших в состав РРР–КМК, оказалась достаточной для утверждения о том, что строение ассоциирующихся с ними рудных полей КМК как объектов разведки носит однотипный характер. Идеализированная модель такого типового гайота и фациальных обстановок рудоотложения в его пределах представлена на рисунке 2.

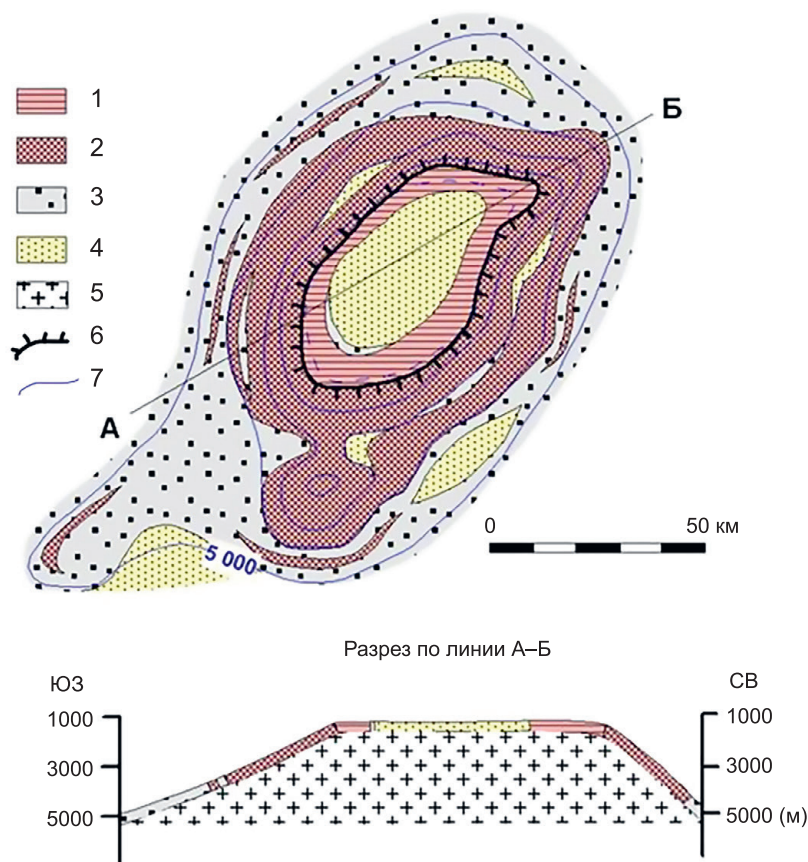


Рис. 2 – Идеализированная модель рудоносного гайота:

1–2 – фациальные зоны коркового оруденения вершинного плато (1) и склонов (2) отдельного стоящего гайота; 3 – зоны развития ЖМК; 4 – безрудные зоны; 5 – вулканогенный пьедестал гайота; 6 – граничный эскарп вершинного плато; 7 – изобаты (м)

За основу модели принят отдельно стоящий гайот, подножие которого оконтуривается изобатой 5 000 м. В контурах изобаты размеры основания гайота составляют 120×80 км.

Вершинная поверхность расположена в интервале глубин 1300–1500 м. Его бровка приурочена к отметке 1500 м. Форма вершинного плато в целом повторяет форму основания и имеет размеры в контурах изобаты 1500 м 65×35 км. Общая крутизна склонов в интервале 1500–3000 м изменяется от 20° до 30°, глубже склоны выстилаются до уклонов 5°–10°.

Как правило, область развития коркового оруденения приурочена к привершинным склоновым частям подводных гор и в плане имеет форму кольца, опоясывающего вершинное плато. В нижней части склонов и у основания гайота на выложенных поверхностях развиты скопления конкреций. Поверхность собственно плато обычно покрыта рыхлыми карбонатными осадками и в системе оруденения является безрудной зоной. Иногда возможны случаи, когда вершинное плато свободно от осадков, и на всей его поверхности на обнаженных коренных породах также развиты корки.

Пример реальной зоны оруденения на одном из гайотов Магеллановых гор (гайот Грамберга) приведен на рисунке 3. Область коркового оруденения имеет здесь кольцевой характер, занимая периферические части вершинного плато и верхние части склонов гайота. В центральной части вершинного плато выделяется безрудная зона, связанная с областью развития рыхлых карбонатных осадков.

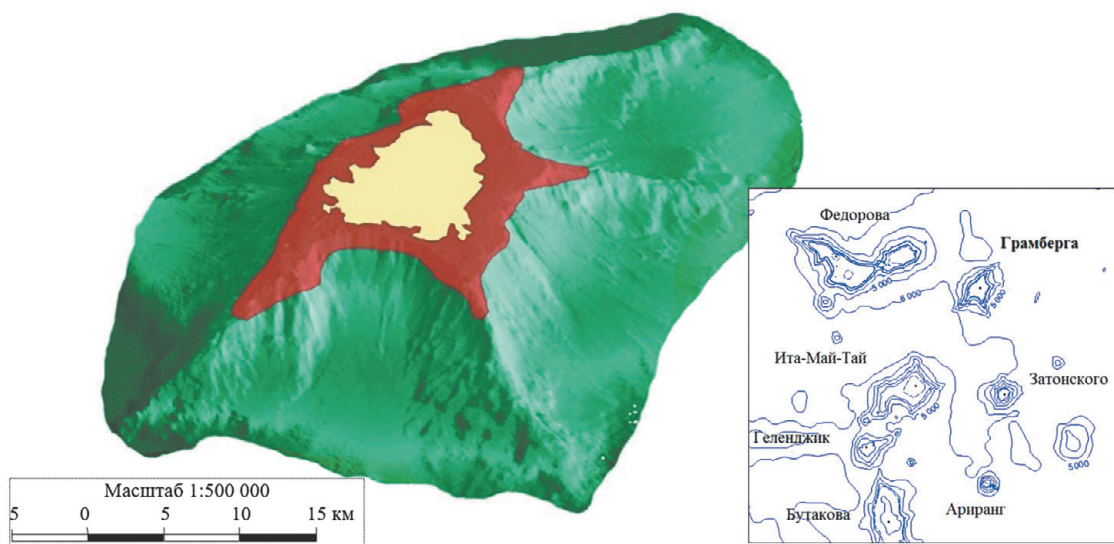


Рис. 3 – Кольцевой характер оруденения КМК гайота Грамберга

Желтым цветом показаны рыхлые карбонатные осадки на вершинном плато гайота (интервал глубин 1225–1300 м), коричневым – рудная залежь КМК (интервал глубин 1300–3000 м), зеленым – вулканогенный пьедестал гайота (интервал глубин 3000–5500 м)

Вполне очевидно, что однотипный характер строения рудных полей КМК является весьма важным фактором проблемы выбора методов разведки конкретных объектов и планирования состава и параметров геологоразведочных систем в их пределах.

Результаты разведочных работ

В соответствии с утвержденным планом работ в Российском разведочном районе КМК, подрядчик Минприроды России к 2019 г. завершил работы первого этапа плана работ по контракту и приступил к решению задач второго этапа. По итогам выполненных работ на всей площади разведочного района достигнута степень геологической изученности РРР–КМК, удовлетворяющая требованиям поисковой стадии ГРР, а в пределах кластера 14-3 на гайоте Коцебу и кластеров 15-1 и 15-2 на гайоте Альба – оценочной стадии ГРР (рисунок 1). Виды и объемы этих работ представлены в таблице 1.

Табл. 1 – Виды и объемы морских работ, выполненных на площади РРР–КМК в течение первого этапа плана работ по контракту

Виды работ	Единицы измерения	Объемы работ, в том числе по годам					
		2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Итого
Многочувствительное эхолотирование	км	170	1122	–	103	–	1 395
Геоакустическое профилирование	км	200	–	–	331	–	531
Фототелевизионное профилирование	км	250	155	425	110	309	1 249
	кадры, шт.	11685	7184	21681	5090	14099	59 739
Геологическое опробование	драга	30	61	45	31	–	167
	буровая станция	20	20	57	–	–	97
	телегрейфер	12	–	–	–	–	12
Поднято рудных образований	кг	730.0	869.4	774.0	281.5	–	2 654.9

По данным многолучевой батиметрической съемки разведочных блоков КМК, выполненной в масштабе 1:50 000, установлено, что около 30 % из них пространственно ассоциируются с вершинными поверхностями гайотов с уклонами дна 0°–2° и глубинами в пределах гайотов Альба, Коцебу и Вулканолог 1200–1500 м, а гайота Говорова – 1800–2000 м. Остальные 70 % площади РРР–КМК приходятся на склоны гайотов с крутизной до 25° и глубинами дна до 4000 м.

Собственно, склоны в большинстве случаев имеют ступенчатую форму. Пологие фрагменты ступеней, полосовидно протягивающиеся вдоль склона примерно на одном и том же батиметрическом уровне, иногда прослеживаются по всему периметру гайота, но чаще их протяженность составляет порядка его трети (80–100 км). Ширина таких полос может изменяться от первых сотен метров до первых километров, а амплитуда крутых склонов и уступов на их границах – от первых метров до первых десятков метров.

Итоги комплексной интерпретации материалов донного пробоотбора, акустического профилирования (рисунок 4) и результатов биостратиграфических исследований (Плетнев и др., 2017), выполненной с привлечением данных по скважинам

глубоководного бурения (Tertiary Pelagic Ooze ..., 1973), показали, что общей чертой строения гайотов является однотипный характер строения их разрезов (Плетнев, Мельников, 2015), в нижней части представленных магматическим цоколем позднеюрского-раннемелового возраста, а в верхней – литифицированными осадочными породами мел-среднемиоценового возраста и среднемиоценовыми базальтовыми лавами щелочного ряда, а также рыхлыми плиоцен – четвертичными осадками (рисунок 5).

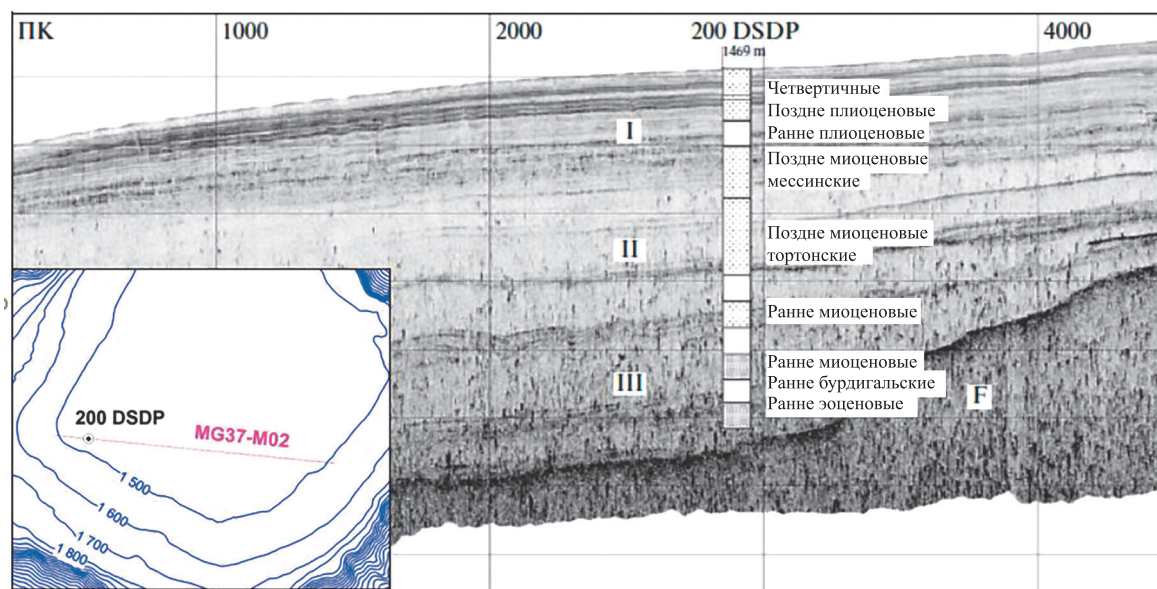


Рис. 4 – Геоакустический разрез осадочной толщи гайота Ита-Май-Тай вдоль профиля MG37-M02 между пикетами 0–4500 м в сопоставлении с данными бурения скважины 200 DSDP, по (Мельников, Туголесов, 2010):

I, II, III – геоакустически разнородные толщи позднемиоцен-четвертичного, позднемиоценового и раннеэоцен-раннемиоценового возраста, соответственно;
F – акустический фундамент.

Положение гайота Ита-Май-Тай указано на врезке к рисунку 3

Литологически комплекс консолидированных осадочных пород представлен рифогенными и планктоногенными известняками, эдафогенными брекчиями, туфами, туффитами и реже – аргиллитами, уплотненными глинами, песчаниками и гравелитами. Преимущественными разновидностями рыхлых осадков являются карбонатные илы и глины.

Согласно результатам комплексной интерпретации материалов многолучевого эхолотирования, гидроакустического и фототелевизионного профилирования, данных пробоотбора, внутреннее строение кольцевых зон оруденения (рисунок 2) каждого из гайотов определяется комбинацией индивидуальных рудных залежей, представляющих собой сплошные покровы корок на поверхностях коренных пород (рисунок 6).

Система	Отдел	Ярус, подотдел	Индекс	Колонка	Мощность, м	Характеристика пород
Четвертичная	Плейстоцен		N ₂ -Q		20–50	N ₂ -Q – осадки карбонатные, глинисто-карбонатные и карбонатно-глинистые, глины
						N ₂ – слаболитифицированные известняки, вулканокластические породы
Неогеновая	Миоцен	Поздний	N ₁		50–100	N ₁ – известняки слаболитифицированные органогенно-обломочные и кокколитофораминиферовые, вулканогенно-осадочные породы, базальтоиды щелочные (базаниты)
		Средний				
		Ранний				
Палеогеновая	Эоцен	Поздний	P ₁ ² -P ₂		100–150	P ₁ ² -P ₂ – известняки рифогенные и кокколитофораминиферовые фосфатизированные, мелоподобные разновидности; эдафогенные брекчии с кокколитофораминиферовым цементом
		Средний				
		Ранний				
	Палеооцен	Поздний	P ₂ – туфы, туффиты			
Меловая	Верхний	Маастрихт	K ₂ st-m		100–200	K ₂ st-m – известняки рифогенные и кокколитофораминиферовые интенсивно фосфатизированные, фосфатизированные эдафогенные брекчии
		Кампан				
		Сантон				
	Турон	Сеноман	K ₁ a-K ₂ t		200–300	K ₁ a-K ₂ t – известняки рифогенные (биогермные, органогенно-детритовые, ракушняковые, оолитовые) и кокколитофораминиферовые, брекчии эдафогенные
	Нижний	Альб	K ₁ a-K ₂ t		200–300	K ₁ a-al – вулканические турбидиты: вулканомиктовые брекчии, песчаники и алевролиты
		Апт				
		K ₁		>3000	Эффузивы толеит-щелочнобазальтовой ассоциации. Туфы и туффиты	

Рис. 5 – Сводный стратиграфический разрез гайотов Магеллановых гор, по (Плетнев, Мельников, 2015)

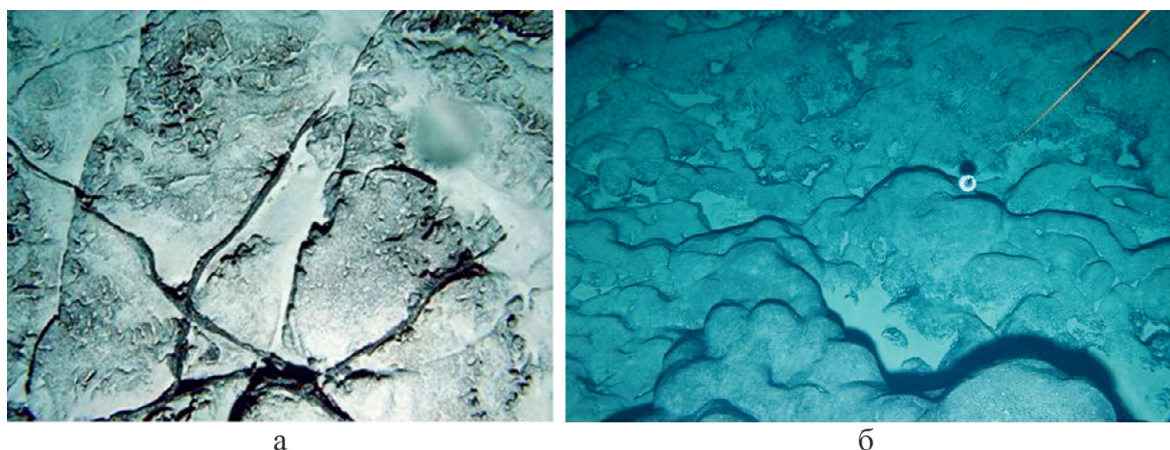


Рис. 6 – Покровы КМК на поверхности литифицированных осадков (а) и базальтовых лав (б) на гайоте Грамберга (материалы рейса 6-02 НИС «Геленджик», 2003 г.). Глубоководные фотографии, площадь съемки 3.5 м²
 а – вершина; б – верхняя часть склона

Специфика геоморфологии и рельефа склоновых частей гайотов, состоящая в их ступенчатом характере, служит причиной того, что преимущественной формой рудных залежей КМК является полосовидная форма. Протяженность таких полос, как правило, ориентированных вдоль склонов, составляет от первых километров до нескольких десятков километров. Их ширина варьирует в пределах нескольких сотен метров.

Таким образом, главной чертой внутреннего строения кольцевых зон оруденения является лестничный характер комбинации индивидуальных рудных залежей, расположенных на различных батиметрических уровнях в интервале глубин от 1200 до 3900 м. Каждая из рудных залежей характеризуется специфическими и только для нее характерными горно-геологическими условиями (ГГУ) локализации, изменяющимися от простых к сложным (таблица 2).

Табл. 2 – Параметры горно-геологических условий локализации КМК различной степени сложности

Степень сложности ГГУ	Параметры ГГУ				
	Уклоны дна, град.	Мезорельеф поверхности корок	Степень присыпанности, %	Мощность перекрывающих осадков, см	Характер дезинтегрированности корок
Низкая	<10	Ровный	<20	<5	Отсутствует
Средняя	10–20	Слаборасчлененный	20–60	5–15	Частичная
Высокая	>20	Сильнорасчлененный	>60	>15	Сплошная

Согласно сегодняшним оценкам, доля рудных площадей с низкой степенью сложности горно-геологических условий составляет ~30 %, средней – 20 % и высокой – 50 %.

Система	Отдел	Ярус	Индекс	Возраст, млн лет	Мощность, см	Характеристика
Квартер	Плиоцен	N ₂ -Q	N ₂ -Q	2.0	2.0	Плиоцен-четвертичный. Слой III Массивный облик, цвет черный с бурым оттенком, текстура столбчатая
				5.0		
				6.0		
Неогеновая	Миоцен	Верхний Средний Нижний	N ₁	15.0	3.5	Миоцен. Слой II. Пористый слой, пестроокрашен, текстура радиально-столбчатая. Заполнение интерстиций – неполное. Материал заполнения – глинистый, карбонатно-глинистый
				24.6		
				38.0		
Палеогеновая	Эоцен	Верхний	P ₂ ^{2,3}	48.0	3.5	Средний – верхний эоцен. Слой I-2. Слой пятнистого облика, пестроокрашен, текстура гиганто-столбчатая. Рудный материал – иссиня-черный. Фосфатный материал заполнения интерстиций – серо-бежевый
				50.0		
		Нижний	P ₁ ² -P ₂ ¹	53(?)	3.5	Верхний палеоцен – нижний эоцен. Слой I-I. Облик слоя антрацитовидный, цвет иссиня-черный, текстура тонко-слоистая. Высокое содержание бежевых фосфатных прожилков – межслоевых и секущих
Меловая	Верхний	Верхний	P ₁ ² (?)	?	До 8.0	Верхний палеоцен (?) Реликтовый слой. Пестроокрашенный слой. Рудный материал – интенсивно черный. Текстура – мозаично-блоковая. Многочисленные фосфатные включения, прожилки, линзы серо-бежевого цвета
				60.0		
				65.0		
		Маастрихт Кампан	K ₂ km-m		3.0	Верхний мел. Кампан-маастрихт. Реликтовый слой. Пестроокрашенный слой. Рудный материал – интенсивно черный. Текстура – мозаично-блоковая. Фосфатные включения, прожилки, линзы серо-бежевого цвета

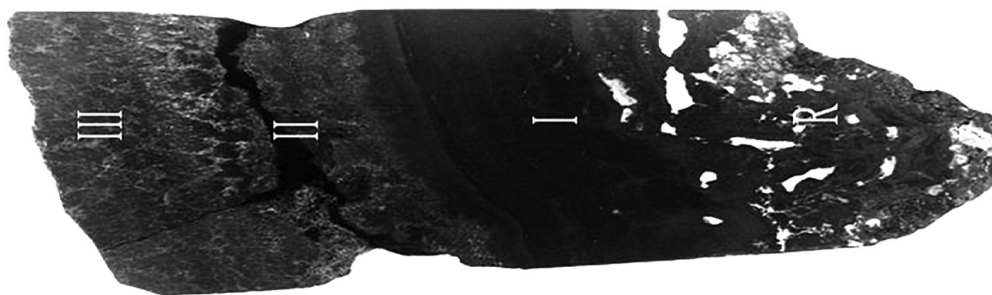


Рис. 7 – Последняя характеристика сводного разреза КМК Магеллановых гор, по (Мельников, 2005)

Значения мощности корковых покровов внутри рудных залежей подвержены значительным колебаниям и изменяются от нескольких миллиметров до 20 см и более, но в преобладающем большинстве их значения варьируют в пределах от 7 до 10 см, чему соответствуют вариации весовых концентраций влажных КМК от 130 до 200 кг/м². При этом по состоянию на текущий момент контрактором принято, что к промышленно значимым рудным залежам относятся только те, в контурах которых мощность КМК составляет не менее 4 см (весовые концентрации влажных КМК более 80 кг/м²).

Характер параметров оруденения контролируется мощностью, строением и составом корок. Сводный разрез корок имеет четырехслойное строение, типичное для всего разведочного района. Каждый из слоев отличается устойчивыми текстурно-структурными, вещественными и возрастными признаками (рисунок 7). Несмотря на заметные различия содержаний рудных компонентов в составе различных слоев КМК (таблица 3), средние их значения в валовом составе корок достаточно стабильны (таблица 4), что указывает на примерно одинаковое качество руд, локализованных в пределах разных гайотов.

Табл. 3 – Средние содержания рудных компонентов в составе различных слоев КМК Магеллановых гор (Мельников, 2018)

Элемент	Средние содержания рудных компонентов в составе различных слоев КМК			
	Слой I-1	Слой I-2	Слой II	Слой III
Железо, %	12.400	11.170	17.100	17.690
Марганец, %	21.950	17.960	22.350	23.670
Кобальт, %	0.410	0.320	0.520	0.650
Никель, %	0.420	0.450	0.500	0.470
Медь, %	0.117	0.143	0.168	0.103
P ₂ O ₅ , %	6.930	9.740	1.600	1.210
Молибден, %	0.065	0.046	0.046	0.050
TiO ₂ , %	0.790	0.720	1.820	1.770
Цинк, %	0.073	0.064	0.071	0.063
Свинец, %	0.184	0.105	0.122	0.150
Mn/Fe	1.850	1.680	1.350	1.340

Примечание – Наименования слоев в соответствии с обозначениями на рисунке 8.

Табл. 4 – Средние содержания рудных компонентов в составе КМК гайотов Российского разведочного района (Мельников, 2018)

Гайот	Статистические характеристики содержаний (Среднее/Вариация)							
	Mn, %	Fe, %	Co, %	Ni, %	Cu, %	Mo, %	P ₂ O ₅ , %	Mn/Fe
Альба n = 188	<u>20.83</u> 12	<u>16.68</u> 11	<u>0.59</u> 19	<u>0.43</u> 18	<u>0.120</u> 26	<u>0.042</u> 20	<u>2.10</u> 63	<u>1.26</u> 14
Говорова n = 102	<u>20.84</u> 11	<u>16.90</u> 14	<u>0.53</u> 20	<u>0.43</u> 19	<u>0.130</u> 22	<u>0.041</u> 19	<u>2.19</u> 71	<u>1.26</u> 19
Коцебу n = 78	<u>21.08</u> 16	<u>15.95</u> 11	<u>0.58</u> 20	<u>0.48</u> 23	<u>0.122</u> 27	<u>0.045</u> 21	<u>2.42</u> 63	<u>1.34</u> 21
Вулканолог n = 31	<u>23.02</u> 9	<u>15.86</u> 10	<u>0.62</u> 17	<u>0.52</u> 16	<u>0.120</u> 23	<u>0.041</u> 16	<u>2.33</u> 63	<u>1.45</u> 14

Все руды разведочного района характеризуются высоким качеством: средние содержания промышленно значимых компонентов в их составе имеют следующие значения (%): кобальта – 0.52, марганца – 21.93 и никеля – 0.52.

С 2018 г. на площади Российского разведочного района КМК начаты ГРП оценочной стадии в рамках второго пятилетнего этапа контрактной деятельности. При выполнении оценочных работ используется комплекс работ, аналогичный комплексу, применявшемуся на поисковой стадии, но со сгущением разведочной сети в 2 раза. Геоакустическое и фототелевизионное профилирование осуществляется с межпрофильным расстоянием не более 2.5 км, геологическое опробование с расчетом 1 станция на площадь не более 5 км². С 2018 по 2021 гг. работы оценочной стадии были проведены на площади гайота Альба и кластера 14-3 гайота Коцебу. В результате выполненных работ охарактеризовано строение мезорельефа дна и характер распределения покровов рыхлых осадков, изучены горно-геологические условия локализации скоплений КМК, определены геолого-промышленные параметры рудных залежей, оценены прогнозные ресурсы руды и металлов категории P₁ и выделены промышленно-значимые блоки для проведения дальнейших разведочных работ.

В 2022 г. работы оценочной стадии продолжены в пределах гайотов Говорова (кластеры 08-1, 08-2 и 08-3), Вулканолог (кластер 09-1) и Коцебу (кластеры 14-1 и 14-2). Выполнение указанных работ позволит к началу 2025 г. завершить на всей площади Российского разведочного района КМК второй пятилетний период контрактной деятельности (2020–2024 гг.) и выделить промышленно-значимые участки КМК для проведения дальнейших разведочных работ – третьего пятилетнего периода.

По состоянию на текущий момент детальность изученности 61 % блоков разведочного района является достаточной для оценки ресурсов КМК по категории P₂, не имеющей аналогов в системе классификации CRIRSCO, и 39 % площади – с детальностью, достаточной для оценки ресурсов КМК по категории P₁ («предполагаемые» в системе классификации CRIRSCO – Inferred mineral resources).

Подготовка рекомендаций к перечню блоков для осуществления дальнейших геологоразведочных работ проводится с учетом того обстоятельства, что «Правилами поиска и разведки кобальтоносных железомарганцевых корок в Районе» предусмотрен отказ от части площади разведочного района, выделенного подрядчику. Отказ совершается в два этапа: к концу восьмого года с даты заключения контракта (2023 г.) подрядчик отказывается не менее чем от 1/3 изначально выделенного ему района, к концу десятого года с даты заключения контракта (2025 г.) – не менее чем от 2/3 изначально выделенного района. В конце пятнадцатого года с даты заключения контракта (или когда подрядчик подает заявку на право эксплуатации месторождения, в зависимости от того, что произойдет раньше) подрядчик обозначает сегмент в рамках оставшихся участков выделенного ему района, который будет сохранен за ним для целей добычи. Таким образом, площадь Российского разведочного района КМК после всех этапов отказа должна составить не более 1000 км².

К концу контрактного срока (2030 г.) в границах 50 блоков общей площадью 1 000 км², которые составят добычный район, должны быть разведаны извлекаемые

запасы КМК категорий C_1 и C_2 (в системе классификации CRIRSCO «измеренные» ресурсы – Measured mineral resources, и «выявленные» ресурсы – Indicated mineral resources) общим объемом не менее 30 млн т во влажной (~ 20 млн т в сухой) массе. Такой объем запасов достаточен для обеспечения деятельности будущего добычного предприятия производительностью 1 млн т КМК в сухой массе в год в течение 20-летнего срока.

Результаты исследований фоновых экологических характеристик природной среды

В соответствии с требованиями официального документа МОМД «Руководящие рекомендации подрядчикам по оценке возможного экологического воздействия разведки морских полезных ископаемых в Районе» (ISBA/19/LTC/8; ISBA/25/LTC/6/Rev.1), подрядчиком Минприроды России в каждом экспедиционном периоде деятельности осуществлялся сбор фоновых экологических данных, содержащих обобщенные сведения о следующих параметрах природной среды и ее биотического населения:

- метеорологических характеристиках атмосферы и океана: направление и скорость ветра, облачность и видимость, температура воздуха и воды, волнение океана, атмосферное давление и влажность, опасные явления (штормовой ветер, сильное волнение, туман, смерчи, шквалы);
- гидрофизических и гидрохимических характеристиках водной толщи: скорость и направление течений, температура, соленость, плотность, прозрачность, pH, содержание растворенного кислорода, содержание питательных веществ (фосфатов, нитратов, силикатов, нитритов), содержание тяжелых металлов (Zn, Cd, Pb, Cu и Hg), температура поверхности моря и продуктивность (цвет океана) на основе спутниковых данных;
- характеристиках свойств осадков: гранулометрический и вещественный состав, плотность, влажность, пористость, сопротивление пенетрации и сдвигу, содержание $C_{орг.}$, $C_{карб.}$, $SiO_{2ам.}$, загрязняющих веществ и тяжелых металлов (Fe, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, Hg), значения физико-химических параметров Eh и pH;
- характеристиках физических и прочностных свойств КМК и их субстрата: плотность, пористость, влажность, прочность и крепость.
- характеристиках биологических сообществ: видовой состав, количество и биомасса ихтиофауны, фито-, зоо- и бактериопланктона, демерсальных падальщиков, донной мега-, макро-, мейофауны, эпифауны конкреций.

В таблицах 6–9 приведена сводная характеристика фоновых экологических данных, по материалам АО «Южморгеология», включающих гидрометеорологические данные (таблица 6), данные о гидрофизических и гидрохимических параметрах водной толщи на стандартных горизонтах: температура, соленость, pH, щелочность и содержание растворенного кислорода (таблица 7), содержание питательных веществ

фосфатов, нитратов, силикатов, нитритов (таблица 8) и тяжелых металлов Zn, Cd, Pb, Cu и Hg (таблица 9). В таблице 10 приведены характеристики физических и прочностных свойств КМК и их субстрата.

Табл. 6 – Метеорологические характеристики атмосферы и океана в пределах PPP–КМК

Параметр	Значения						Примечания
	Зимнее время			Летнее время			
	Мин.	Макс.	Среднее	Мин.	Макс.	Среднее	
Скорость ветра (м/с)	1	20	13	0	8	6	1) Доминирующее направление – ВСВ; 2) Среднегодовая скорость – ~ 8 м/с; 3) Максимальная повторяемость – ~40 % в диапазоне скоростей 6–10 м/с
Облачность (%)	30	60	45	30	60	45	Преобладает облачность кучевых форм
Видимость (км)	2	13	15	7	19	15	Видимость на уровне 15–19 км и более сохраняется в течение 70 % времени года
Температура воздуха (°C)	22	33	26	26	35	29	В единичных случаях до 39
Давление (гПа)	1007	1015	1011	1012	1015	1013	–
Влажность (%)	65	88	77	65	88	83	–
Количество осадков (мм/мес)	20	80	50	50	350	200	–
Температура воды (°C)	28.0	30.0	29.5	30.0	30.0	30.0	–
Высота волн (м)	0.3	4	1.5	0	0.6	0.3	–
Повторяемость штормов (ед.)	–	–	–	–	–	–	За период наблюдений штормов не зафиксировано

Табл. 7 – Фоновые характеристики гидрофизических и гидрохимических параметров водной толщи в пределах PPP–КМК

Стандартные горизонты, м	Значения параметров														
	Температура, °C			Соленость, ‰			pH, в единицах pH			Щелочность (Alk), ммоль /л			Кислород O ₂ , мл/л		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	28.0	30.0	29.7	34.7	35.2	34.8	8.23	8.28	8.26	2.15	2.29	2.21	4.29	4.46	4.37
50	26.5	27.5	27.0	34.8	35.3	34.9	8.23	8.29	8.26	2.13	2.22	2.17	4.10	4.15	4.20
100	25.5	26.5	26.0	35.0	34.4	35.1	8.25	8.28	8.27	2.08	2.25	2.16	4.63	4.85	4.77
150	23.0	24.0	23.5	35.1	34.6	35.2	8.21	8.23	8.22	2.14	2.31	2.21	4.00	4.30	4.24
600	6.3	6.7	6.5	34.2	34.7	34.3	7.60	7.94	7.84	2.10	2.41	2.19	0.31	2.21	1.23
1500	2.4	2.7	2.6	34.6	34.7	34.6	7.89	7.94	7.92	2.18	2.32	2.26	1.95	2.23	2.05
2500	1.7	1.8	1.7	34.7	34.7	34.7	7.94	7.98	7.96	2.27	2.32	2.30	2.73	3.05	2.93
3500	1.5	1.5	1.5	34.7	34.7	34.7	7.95	7.99	7.97	2.21	2.36	2.32	3.61	3.66	3.63

Примечание – Значения параметров: 1 – минимальное, 2 – максимальное, 3 – среднее (фон).

Табл. 8 – Фоновые характеристики содержания питательных веществ в водной толще

Стандартные горизонты, м	Содержание, мкг/л											
	Фосфаты (P-PO ₄ ³⁻)			Нитраты (N-NO ₃ ⁻)			Нитриты (N-NO ₂ ⁻)			Силикаты (Si-SiO ₃ ²⁻)		
	Мин.	Макс.	Фон.	Мин.	Макс.	Фон.	Мин.	Макс.	Фон.	Мин.	Макс.	Фон.
0	13.69	17.60	15.49	< 5.0	< 5.0	< 5.0	<0.5	<0.5	<0.5	< 10.0	< 10.0	< 10.0
50	14.02	16.63	15.24	< 5.0	< 5.0	< 5.0	<0.5	<0.5	<0.5	< 10.0	< 10.0	< 10.0
100	14.67	16.95	15.65	< 5.0	< 5.0	< 5.0	<0.5	<0.5	<0.5	< 10.0	< 10.0	< 10.0
150	17.93	18.91	18.47	< 5.0	14.96	8.7	<0.5	<0.5	<0.5	< 10.0	15.1	10.1
600	103.02	145.72	129.50	156.70	254.15	203.99	<0.5	<0.5	<0.5	1349.5	2010.0	1648.3
1500	145.07	153.22	150.48	175.50	383.30	292.14	<0.5	<0.5	<0.5	3028.3	3538.8	3306.7
2500	140.18	144.42	142.41	200.35	453.25	305.41	<0.5	<0.5	<0.5	4404.3	4554.0	4466.0
3500	133.33	137.25	134.96	315.85	521.55	410.94	<0.5	<0.5	<0.5	4038.5	4157.0	4121.0

Табл. 9 – Фоновые значения содержаний тяжелых металлов в водной толще

Стандартные горизонты, м	Содержание, мкг/л														
	Zn			Cd			Pb			Cu			Hg		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	3.00	14.00	9.50	0.28	0.70	0.46	0.20	2.80	1.63	1.00	6.70	3.30	0.04	0.23	0.13
50	6.00	38.00	17.25	0.27	0.60	0.46	0.20	1.10	0.60	1.10	4.40	2.13	0.08	0.41	0.26
100	3.00	12.00	7.00	0.26	0.80	0.60	0.10	2.70	0.93	0.60	4.00	1.88	0.03	0.30	0.18
150	5.00	8.00	6.27	0.20	0.60	0.35	0.10	3.70	0.81	0.60	2.90	2.07	0.07	0.27	0.21
600	1.40	9.80	5.24	0.22	0.42	0.34	0.10	2.50	0.84	0.60	2.40	1.43	0.11	0.45	0.23
1500	2.00	9.00	5.83	0.20	0.90	0.54	0.20	2.50	1.04	1.00	5.40	3.20	0.08	0.31	0.19
2500	10.00	29.00	19.33	0.36	1.00	0.62	0.20	6.00	2.02	0.60	3.20	1.20	0.10	0.49	0.25
3500	3.00	14.00	8.00	0.40	0.70	0.55	0.10	2.50	0.83	1.30	5.10	2.90	0.04	0.30	0.15
В морской воде*															
	10.0			0.1			0.03			3.0			0.03		
В речной воде*															
	0.1–20.0			0.1–1.3			1.0–23.0			1.0–20.0			0.03–2.80		

Примечание – Содержание: 1 – минимальное, 2 – максимальное, 3 – среднее (фон).

* Естественные уровни металлов в природных водах, по А. П. Виноградову, Я. М. Грушко и Д. Бокрис.

Табл. 10 – Характеристики физических и прочностных свойств КМК и их субстрата

Характеризуемый тип	Плотность, г/см ³	Пористость, %	Влажность, %	Предел прочности, МПа	Коэффициент крепости	Категория по буримости
КМК	1.87±0.06	53–78	33 ± 1.3	7.4–21.0	6–10	III–IV
Субстрат, в том числе:	1.33–2.95			0.2–139.0	2–12	
Базальты	2.39–2.78	7–36	3–14	3.6–139.0	н. д.	IX
Эдафогенные брекчии	2.44–2.81	19–30	7–14	31.0–75.4	н. д.	VII–VIII
Рифогенные известняки	2.45–2.62	7–18	3–8	34.7–71.2	н. д.	V–VI
Вулканокластиты	1.81–2.28	32–58	16–33	3.1–48.9	н. д.	V–VI
Планктоногенные известняки	2.09–2.28	28–43	17–28	7.8–38.3	н. д.	V–VI
Глины, алевролиты	1.69	н. д.	39	н. д.	н. д.	

По результатам проведенных исследований охарактеризованы свойства осадков, подавляющая часть из которых представлена разномерными фораминиферовыми песками с примесью пелито-алевритовой составляющей. Изученные донные отложения представляют собой фораминиферовые осадки, состоящие из целых раковин или обломков планктонных фораминифер. Плотность донных отложений варьирует от 1.31 до 1.44 г/см³, естественная влажность от 102 % до 143 %. Активная реакция ионов водорода (рН) зафиксирована в интервале от 7.38 до 8.04 ед., окислительно-восстановительный потенциал – от +433 до +494 мВ. В целом среда в осадках относится к слабощелочной окислительной, хотя характеризуется относительно низкими значениями Eh (< 500 мВ).

Значения удельного сопротивления пенетрации в ненарушенном осадке варьируют от 0.25 до 1.20 кг/см², составляя в среднем 0.58 кг/см². Сопротивление вращательному срезу изменяется от 0.16 до 0.95 кПа, составляя в среднем 0.49 кПа.

Содержание органического углерода в донных отложениях не превышает 1.0 %. Содержание аморфного кремнезема очень низко и не превышает 0.3 %. Содержания тяжелых металлов в осадках зафиксированы в следующих пределах: железа – от 0.085 % до 0.307 %; марганца – от 0.012 % до 0.066 %; кобальта, никеля, меди, цинка и свинца – от 3 до 34 мг/кг; кадмия – не более 1.9 мг/кг; ртути – от 0.035 до 0.081 мг/кг.

Результаты выполнения прочих контрактных обязательств перед МОМД

Помимо выполнения разведочных работ и исследований фоновых экологических характеристик, в перечень контрактных обязательств перед Международным Органом входит выполнение НИОКР по разработке разведочных и добычных технологий, НИОКР по разработке технологий переработки, подготовка кадров для МОМД, определенные финансовые обязательства.

В этой связи следует указать, что выполнение контрактом Минприроды России НИОКР по разработке разведочных и добычных технологий в последние годы не осуществлялось, в связи с отсутствием финансирования этого направления.

По направлению разработки технологий переработки корковых руд последние в хронологическом плане работы были выполнены в 2017 г. на базе ИО РАН им. П. П. Ширшова. Работы выполнялись по инициативе госзаказчика по осуществлению этой деятельности – Федерального агентства по недропользованию, включали лабораторные исследования технологических проб КМК, отобранных в Российском разведочном районе, и были направлены на выяснение возможностей попутного извлечения из состава КМК редкоземельных элементов (Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu). По результатам проведенных исследований было установлено, что технологические предпосылки попутного извлечения редкоземельных элементов из КМК существуют.

По направлению подготовки кадров для МОМД Контрактом на разведку КМК и программами работ на первый и второй пятилетний периоды разведочной

деятельности в РРР–КМК предусмотрено, что в течение всего пятнадцатилетнего периода действия контракта подрядчик Минприроды России обязан организовать и обеспечить выполнение программ стажировок 23 специалистов из состава персонала Органа и национальных представителей из развивающихся стран, в том числе:

- в течение первого пятилетнего периода действия контракта трем кандидатам;
- в течение второго пятилетнего периода действия контракта десяти кандидатам;
- в течение третьего пятилетнего периода действия контракта десяти кандидатам.

В течение первого пятилетнего периода действия контракта, в период 2017–2018 гг., подрядчиком Минприроды России, в соответствии с условиями контракта, реализована программа обучения для трех стажеров, назначенных Органом. В рамках данной программы стажеры из Нигерии, Таиланда и Бангладеш приняли участие в научных рейсах научно-исследовательского судна «Геленджик», осуществлявшего разведку глубоководных месторождений марганцевоокисных руд в пределах РРР–КМК (Магеллановы горы Тихого океана) и РРР–ЖМК (зона Кларион–Клиппертон Тихого океана), и затем в рамках послерейсовой стажировки прошли обучение по теоретическому курсу «Морская геология» в Санкт-Петербургском государственном университете. В ходе проведения экспедиционных работ стажеры участвовали в геологических и геофизических работах с возможностью сбора материалов.

Помимо расходов непосредственно на обучение, подрядчик исполнил свои обязательства по следующим расходам:

- по транспортировке стажеров для участия в научном рейсе на борту НИС «Геленджик» (от места проживания стажера до порта базирования судна и обратно);
- по проживанию и питанию стажеров на борту НИС «Геленджик» в период рейса;
- по транспортировке стажеров для прохождения послерейсовой стажировки в г. Санкт-Петербурге;
- по проживанию и питанию стажеров во время послерейсовой стажировки в г. Санкт-Петербурге.

По завершении стажировки как стажерами, так и подрядчиком Минприроды России, были представлены в Орган отчеты о выполнении программы стажировки в характеризующий период деятельности. Эти материалы были предоставлены Органу в составе годового отчета подрядчика за 2018 г. Согласно заключениям Органа, содержащимся в обзорах деятельности подрядчиков за указанные годы, претензий к подрядчику Минприроды России в части выполнения обязательства по подготовке кадров в характеризующий период со стороны Органа не имеется.

В настоящее время, начиная с 2021 г., проводятся работы по реализации программы обучения для следующих десяти стажеров, отобранных Органом. Программа включает как теоретическую подготовку, так и морскую разведочную стажировку. В 2022 г. проведена учебная стажировка (теоретический курс) в Санкт-Петербургском государственном университете (СПбГУ) для пяти стажеров из Нигерии, Чили и Бангладеш. Один стажер в 2023 г. прошел морскую стажировку в рейсе на НИС

«Геленджик» в Российском разведочном районе КМК. Еще пять стажеров планируется обучить в 2024 г. на базе СПбГУ.

За третий пятилетний период (2025–2030 гг.) предполагается обучить не менее 10 стажеров. Такое количество стажеров обусловлено решением МОМД, которое изложено в документе МОМД ISBA/26/LTC/8 «Обзор осуществления программ подготовки кадров, предусматриваемых планами работы по разведке, и рекомендации по их улучшению». В документе отмечено, что каждый контрактор должен предоставлять в течение каждого пятилетнего периода 10 возможностей для обучения. Таким образом, с 2015 по 2030 гг. силами контрактора Минприроды России будут обучены 23 специалиста из состава персонала Органа и развивающихся стран.

В соответствии с контрактными обязательствами, контрактор обязан проводить подготовку и составление ежегодных отчетов для представления в МОМД о выполнении программы деятельности в разведочном районе с обязательной уплатой сбора за их рассмотрение. Для подготовки этих отчетов необходимо осуществлять сбор, систематизацию и анализ материалов геологоразведочных работ по геологическому изучению кобальтоносных железомарганцевых корок в Российском разведочном районе.

Контрактор Минприроды России представил в Международный орган по морскому дну развернутые отчеты о выполнении программы деятельности в разведочном районе в 2015–2022 гг. с соблюдением сроков, оговоренных в Разделе 10 Стандартных условий контракта, содержащихся в Приложении II к контракту на разведку КМК (не позже 90 дней после окончания каждого календарного года). Годовые отчеты составлены в соответствии с документом МОМД «Руководящие рекомендации контракторам в отношении содержания, формата и структуры годовых отчетов» (ISBA/21/LTC/15).

Согласно заключениям Международного органа по морскому дну, содержащимся в обзорах деятельности контракторов за 2015–2021 гг. (официальные документы МОМД ISBA/22/LTC/CRP23 и др.), контрактор Минприроды России в указанные годы осуществлял свою деятельность в соответствии с утвержденным планом работ на разведку кобальтоносных железомарганцевых корок.

В стандартных условиях контракта на разведку предусмотрен ежегодный сбор за накладные расходы при представлении годового отчета, предназначенный для покрытия расходов Органа на административное обслуживание и контроль за исполнением настоящего контракта, а также на рассмотрение отчетов, представляемых в соответствии с разделом 10.1 стандартных условий. В соответствии с указанным решением, контрактор обязан ежегодно до 31 марта оплачивать сбор за каждый представляемый в МОМД годовой отчет о выполнении программы деятельности в разведочном районе.

По истечению каждого пятилетнего периода контрактор обязан представить в МОМД обзор о выполнении контрактной деятельности в Российском разведочном районе КМК, в котором дана краткая информация о выполненных работах за 5 лет.

Вместе с обзором подрядчик обязан представить для согласования программу деятельности на следующий пятилетний период, включая пересмотренную смету ожидаемых ежегодных расходов. Обзор за первый пятилетний период (2015–2019 гг.) был предоставлен в МОМД в конце 2019 г. Обзор за второй пятилетний период контрактной деятельности (2020 – 2024 гг.) необходимо подготовить к концу 2024 г., не позднее, чем за 90 дней до истечения пятилетнего срока, отсчитываемого от даты заключения контракта (10 марта 2015 г.).

В ходе контрактной деятельности подрядчик обязан передавать МОМД полученные материалы и данные по разведочным работам и экологической деятельности в Российском разведочном районе КМК (каталоги координат всех видов работ, геологическую базу данных, содержащую всю информацию о поднятом донном материале, фотоматериалы, геоакустические материалы, батиметрические данные, экологическую базу данных с информацией о фоновых характеристиках природной среды, в том числе о биологических сообществах и др.).

Для подготовки геологических материалов и документов, обеспечивающих выполнение обязательств перед МОМД, в том числе для составления годовых отчетов, проводится анализ официальных документов, разработанных структурами МОМД в сфере изучения и освоения кобальтоносных железомарганцевых корок Мирового океана.

Для координации деятельности в МОМД представители Российской делегации принимают активное участие в работе проводимых МОМД рабочих совещаний, семинаров, сессий, практикумов и различного рода заседаний. Участие в таких мероприятиях сопровождается представлением необходимых документов и материалов в виде отчетов, докладов и презентаций. Представляемые материалы направлены на демонстрацию научных достижений подрядчика и защиту интересов России в области изучения и освоения минеральных ресурсов Мирового океана.

Кроме выполнения контрактных обязательств подрядчику необходимо выполнять юридические обязательства по отказу от части разведочного района КМК в соответствии с Правилем 27 (Правила поиска и разведки кобальтоносных железомарганцевых корок в Районе, ISBA/18/A/11). В п. 1 Правила 27 сказано: «к концу восьмого года с даты контракта подрядчик отказывается не менее чем от одной трети изначально выделенного ему района; к концу десятого года с даты контракта подрядчик отказывается не менее чем от двух третей изначально выделенного ему района...».

В 2023 г. в МОМД представлены геологические материалы по первому отказу от одной трети изначально выделенного подрядчику разведочного района КМК. В июле 2023 г. на второй части XXVIII сессии МОМД представленные материалы приняты МОМД (документ МОМД ISBA/28/C/19).

Подготовка материалов по второму отказу от еще одной трети части района будет начата в 2024 г. В 2025 г. подготовленные для отказа материалы будут согласованы и утверждены в Министерстве природных ресурсов и экологии Российской Федерации, а затем к 10 марта 2025 г. направлены в МОМД.

Сведения о затратах на разведку, понесенных в период с 2015 по 2022 гг. подрядчиком Минприроды России в ходе разведочной деятельности в Российском разведочном районе КМК, представляются в Орган в соответствии с актуальным документом «Руководящие рекомендации подрядчикам относительно сообщения сведений о фактических прямых затратах на разведку» (официальный документ МОМД ISBA/21/LTC/11). Следует отметить, что фактические расходы за прошедший период контракта оказались существенно более низкими, чем это было предусмотрено планом работ. Причина этого заключалась в сокращении объемов финансирования соответствующих статей госбюджета Российской Федерации. Кроме этого, в 2020 г. ситуация усугубилась последствиями пандемии COVID-19, приведшими к сокращению объемов морских работ.

С целью устранения этого негативного обстоятельства, так же, как и в случае с финансированием работ на железомарганцевые конкреции, с 2022 г., дополнительно к финансированию геологоразведочных работ по изучению кобальтомарганцевых корок в рамках государственной программы Российской Федерации «Воспроизводство и использование природных ресурсов» (ВИПР), финансирование ГРП начато в рамках Федерального проекта «Геология: возрождение легенды». Увеличение финансирования дает основание для более полного исполнения контрактных обязательств перед МОМД по осуществлению разведочной деятельности в Российском разведочном районе и позволяет завершить к 2025 г. оценочную стадию работ в РРР–КМК, своевременно подготовить геологические материалы для отказа площадей и начать в 2025 г. геологоразведочные работы разведочной стадии. В этой связи в 2023 г. на площади РРР–КМК начато проведение опытно-методических работ на детальных полигонах с целью обоснования параметров оптимальной системы геолого-геофизических наблюдений на разведочной стадии.

Заключение

Представленные в статье материалы знакомят с историей и основными этапами российских (советских) исследований в области кобальтоносных железомарганцевых корок, обстоятельствами заключения в 2015 г. контракта между Российской Федерацией и Международным органом по морскому дну и получения лицензионного участка в западной части Тихого океана в районе Магеллановых гор – Российского разведочного района кобальтомарганцевых корок.

В статье приводятся сведения о контрактных обязательствах подрядчика Минприроды РФ перед Международным органом и излагаются основные результаты геологоразведочных работ, полученные на площади Российского разведочного района КМК с начала контрактной деятельности. Приведены также результаты исследований фоновых экологических характеристик природной среды в разведочном районе, предусмотренных контрактными обязательствами.

Представленные материалы свидетельствуют об эффективности геолого-разведочных работ, проводимых подрядчиком Минприроды РФ в Российском разведочном районе КМК, о добросовестном выполнении Российской Федерацией основной части контрактных обязательств по разведочной деятельности, осуществляемой в РРР–КМК.

В то же время, учитывая отставание России в выполнении Контракта с МОМД на разведку кобальтоносных железомарганцевых корок, связанное с недофинансированием, необходимо увеличить среднегодовое финансирование геологоразведочных работ на КМК до уровня нижнего значения затрат, прописанных в Контракте с МОМД. Кроме того, по состоянию на 2022 г. отсутствует финансирование на НИОКР для разработки техники разведки и добычных технологий, что также должно быть восполнено дополнительным финансированием.

Список литературы

1. Богданов Ю. А., Зоненшайн Л. П., Лисицын А. П. и др. Железомарганцевые рудные образования подводных гор океана // Известия АН СССР. Сер. геологич. 1987. № 7. С. 103–120.
2. Богданов Ю. А., Сорохтин О. Г., Зоненшайн Л. П. и др. Железомарганцевые корки и конкреции гайотов Тихого океана // Геодинамические модели некоторых нефтегазаносных и рудных районов. 1987. С. 82–91.
3. Дарницкий В. Б., Кодолов Л. С. Исследования ТИНРО-центра в районе Магеллановых подводных гор // 10-я конф. по пром. океанол.: Тез. докл. М.: ВНИРО, 1997. С. 40–41.
4. Железомарганцевые конкреции Тихого океана / Под ред. П. Л. Безрукова // Тр. ИО АН СССР. М.: Недра, 1976. Т. 109. 301 с.
5. Иванов С. И., Петрова Н. В., Кушпаренко Ю. С. и др. Определение перспектив рациональной технологии переработки океанических кобальтоносных железомарганцевых корковых образований // Разведка и охрана недр. 2005. № 4. С. 58–61.
6. Кулаков А. П., Ермошин В. В., Ищенко А. А., Никонова Р. И. Новые данные о морфоструктуре юго-запада Тихого океана (Результаты морфоструктур. исслед. в 10-м рейсе НИС «Академик Александр Несмеянов»). Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. 58 с.
7. Мельников М. Е. Месторождения кобальтоносных марганцевых корок. Геленджик: ГНЦ ФГУГП «Южморгеология», 2005. 230 с.
8. Мельников М. Е., Туголесов Д. Д., Плетнев С. П. Строение верхней части разреза осадочной толщи гайота Ита-Май-Тай по данным геоакустического профилирования (Тихий океан) // Океанология. 2010. Т. 50. № 4. С. 618–626.
9. Мельников М. Е., Плетнев С. П. Биостратиграфические исследования кобальтоносных марганцевых корок на гайотах Магеллановых гор (возраст и условия формирования) // Геол. и полезн. ископ. Мирового океана. 2011. № 3. С. 45–69.
10. Мельников М. Е., Плетнев С. П. Возраст и условия формирования кобальтоносных марганцевых корок на гайотах Магеллановых гор // Литол. и полезн. ископ. 2013. № 1. С. 3–16.
11. Мельников М. Е. Кобальтоносные железомарганцевые корки // Мировой океан. Т. 3: Твердые полезные ископаемые и газовые гидраты в океане. М.: Научный мир, 2018. С. 267–322.

12. Методические указания по оценке прогнозных ресурсов кобальто-марганцевых корок Мирового океана // Кобальтомарганцевые корки Мирового океана (Методические документы). М.: АОЗТ «Геоинформмарк», 1996. С. 29–58.
13. Методические указания по проведению поисковых работ на кобальтомарганцевые корки Мирового океана (Текст) // Кобальтомарганцевые корки Мирового океана (Методические документы). М.: АОЗТ «Геоинформмарк», 1996. С. 71–101.
14. Методические рекомендации по проведению поисково-разведочных работ на кобальтомарганцевые корки в Мировом океане // Кобальтомарганцевые корки Мирового океана (Методические документы). М.: АОЗТ «Геоинформмарк», 1996. С. 125–155.
15. Методические рекомендации по рядовому опробованию кобальтомарганцевых корок Мирового океана // Кобальтомарганцевые корки Мирового океана (Методические документы). М.: АОЗТ «Геоинформмарк», 1996. С. 167–188.
16. Методические рекомендации по технологическим исследованиям руд при производстве геологоразведочных работ на железомарганцевые образования Мирового океана. 1992 / Кобальтомарганцевые корки Мирового океана (Методические документы). М.: АОЗТ «Геоинформмарк», 1996. С. 189–207.
17. *Мирчинк И. М., Юбка В. М., Мельников М. Е.* Поиски и разведка месторождений кобальтоносных марганцевых корок в Международном Районе дна Мирового океана. В кн.: Мировой океан: Минеральные ресурсы Мирового океана, Арктики и Антарктики. М.: ВИНТИ, 2001. С. 120–127.
18. *Муравьев А. В., Смирнов Я. Б., Сугробов В. М.* Тепловой поток вдоль международного геотраверса через Филиппинское море по 18° с. ш. // Докл. АН СССР. 1988. Т. 299. № 1. С. 189–193.
19. *Новиков Г. В., Мельников М. Е., Богданова О. Ю., Викентьев И. В.* Природа кобальтоносных железомарганцевых корок Магеллановых гор Тихого океана // Литол. и полезн. ископ. 2014. № 1. С. 3–25.
20. *Плетнев С. П., Мельников М. Е.* Палеогеографические этапы развития гайотов Магеллановых гор (Тихий океан) // Вестник ДВО РАН. 2015. № 2. С. 33–43.
21. *Плетнев С. П., Мельников М. Е., Пунина Т. А., Смирнова О. Л., Копаевич Л. Ф.* Новые палеонтологические данные по гайотам Говорова, Вулканолог и Коцебу (Магеллановы горы, Тихий океан) // Тихоокеанская геология. 2017. Т. 36. № 2. С. 86–92.
22. *Плетнев С. П.* Литолого-палеонтологическая характеристика сантон-маастрихтских отложений Магеллановых гор (Тихий океан) // Геологія і корисні копалини Світового океану. 2018. Т. 14. № 4. С. 20–33. [Электронный ресурс]. Режим доступа: file:///C:/Users/18EE~1/AppData/Local/Temp/gikkso_2018_14_4_3-1.pdf – свободный. Загл. с экрана. [Яз. рус].
23. *Плетнев С. П., Мельников М. Е., Съедин В. Т., Седышева Т. Е., Авдонин В. В., Анохин В. М., Захаров Ю. Д., Пунина Т. А., Смирнова О. Л.* Геология гайотов Магеллановых гор (Тихий океан). Владивосток: Дальнаука, 2020. 200 с.
24. Положение о стадийности геологоразведочных работ на кобальтомарганцевые корки Мирового океана. 1991. Кобальтомарганцевые корки Мирового океана (Методические документы). М.: АОЗТ «Геоинформмарк», 1996. С. 17–23.
25. Решение Совета относительно Правил поиска и разведки кобальтоносных железомарганцевых корок в Районе- документ ISBA/18/C/23, [Электронный ресурс]. https://isa.org.jm/files/files/documents/isba-18c-23_1_1.pdf – свободный. Загл. с экрана. [Яз. рус].
26. Решение Совета относительно заявки на утверждение плана работы по разведке кобальтоносных железомарганцевых корок, представленной Министерством природных

- ресурсов и экологии Российской Федерации – документ ISBA/20/C/24, (Электронный ресурс). https://isa.org.jm/files/files/documents/isba-20c-24_1_1.pdf – свободный. Загл. с экрана. [Яз. рус.].
27. *Рождественский В. Х., Васильев Ю. А., Желудев А. В., Сорокин В. В.* Новые глубоководные буровые установки донного базирования // Разведка и охрана недр. 2011. № 10. С. 56–58.
 28. Руководящие рекомендации подрядчикам по оценке возможного экологического воздействия разведки морских полезных ископаемых в Районе – документ ISBA/19/LTC/8, [Электронный ресурс]. http://www.isa.org.jm/sites/default/files/files/documents/isba-19ltc-8_1_1.pdf – свободный. Загл. с экрана. [Яз. рус.].
 29. Руководящие рекомендации подрядчикам по оценке возможного экологического воздействия разведки морских полезных ископаемых в Районе – документ ISBA/25/LTC/6/Rev.1, [Электронный ресурс]. https://isa.org.jm/files/files/documents/26ltc-6-rev1-ru_0.pdf – свободный. Загл. с экрана. [Яз. рус.].
 30. Способ переработки кобальтоносных железомарганцевых корковых образований: пат. 2261923 Рос. Федерация: МПК7 C22B3/08, C22B47/00, C22B23/00 / Иванков С. И., Петрова Н. В., Ануфриева С. И., Лихниченко Е. Г., Голева Р. В., Пономарева И. Н., Мельников М. Е.; заявитель и патентообладатель ФГУП ВИМС им. Н. М. Федоровского. № 2004116227/02, заявл. 31.05.2004; опублик. 10.10.2005, Бюл. № 28.
 31. Способ переработки кобальтоносных железомарганцевых океанических образований (его варианты): пат. 2311232 Рос. Федерация: МПК7 B03B 7/00 / Иванков С. И., Кушпаренко Ю. С., Любимова Е. И., Жосан В. А., Голева Р. В., Мельников М. Е., Юбко В. М.; заявитель и патентообладатель ФГУП ВИМС им. Н. М. Федоровского – № 2005139438/03, заявл. 19.12.2005; опублик. 27.06.2007, Бюл. № 33.
 32. Технич.-экономические соображения (ТЭС) о целесообразности постановки поисково-разведочных работ на кобальтомарганцевые корки в пределах поля Магеллановы горы (с проектом оценочных кондиций) [Текст] / И. Ф. Глумов, И. М. Мирчинк (руков.). Петропавловск-Камчатский, 1994. 89 с.
 33. *Федоров В. В.* Древние абразионные формы рельефа на подводных горах западной части Тихого океана // Докл. АН СССР. 1988. № 1. С. 177–181.
 34. *Федоров В. В.* Погружение разрешаю. 2016. [Электронный ресурс]. <https://document.wikireading.ru/htSGwmhcO2> – свободный. Загл. с экрана. [Яз. рус.].
 35. *Хулапова Т. М., Седышева Т. Е.* Особенности строения залежей кобальтоносных марганцевых корок и их геолого-промышленное районирование. В кн.: Геология твердых полезных ископаемых Мирового океана. Геленджик: НИПИокеангеофизика, 2003. С. 101–114.
 36. *Хулапова Т. М., Седышева Т. Е., Школьник Э. Л., Жегалло Е. А., Пономарева И. Н. и др.* Результаты изучения субстрата кобальто-марганцевых корок по керну скважин на гайотах ИО АН и Дальморгеология (Магеллановы горы, Тихий океан) // Тихоокеан. Геология. 2004. Т. 23. № 1. С. 76–96.
 37. *Юбко В. М., Мельников М. Е.* Задачи изучения и перспективы освоения кобальтоносных марганцевых корок дна Мирового океана // Разведка и охрана недр. 2001. № 8. С. 5–8.
 38. *Юбко В. М., Мельников М. Е., Лыгина Т. И.* Условия локализации, строение и возраст кобальтоносных железомарганцевых корок на подводных горах // Отечественная геология. 2001. № 3. С. 66–70.
 39. *Юбко В. М.* Железомарганцевое оруденение. Общие сведения. В кн.: Мировой океан. Т. 3: Твердые полезные ископаемые и газовые гидраты в океане. М.: Научный мир, 2018. С. 187–198.

40. *Pulyaeva I. A.* Stratification of ferromanganese crusts on the Magellan seamounts. In: *Marine geology and Paleoceanography*. 1997. CRC Press. 17 p.
41. Tertiary Pelagic Ooze on Ita Maitai Guyot, Equatorial Pacific: DSDP Sites 200 and 201. The Shipboard Scientific Party <https://doi.org/10.2973/dsdp.proc.20.108.1973> [Электронный ресурс]. http://deepseadrilling.org/20/volume/dsdp20_08.pdf – свободный. Загл. с экрана. [Яз. англ.].

Статья поступила в редакцию 07.09.2023, одобрена к печати 08.12.2023.

Для цитирования: Пономарева И. Н., Юбко В. М., Хулапова Т. М., Пуляева И. А., Лыгина Т. И. Геологоразведочные работы на месторождении кобальтоносных железомарганцевых корок в пределах Российского разведочного районе Магеллановых гор Тихого океана: история и результаты исследований // *Океанологические исследования*. 2023. № 51 (4). С. 135–166. [https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2023.51\(4\).6](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2023.51(4).6).

GEOLOGICAL EXPLORATION WORKS AT THE DEPOSIT OF COBALT-RICH FERROMANGANESE CRUSTS WITHIN THE RUSSIAN EXPLORATION AREA OF THE MAGELLAN MOUNTAINS OF THE PACIFIC OCEAN: HISTORY AND RESEARCH RESULTS

I. N. Ponomareva, V. M. Yubko, T. M. Khulapova, I. A. Pulyaeva, T. I. Lygina

*State Scientific Center JSC “Yuzhmorgeology”,
20, Krymskaya, Gelendzhik, 353461, Russia,
e-mail: LyginaTI@rusgeology.ru*

The article highlights the history of russian research on cobalt-reach ferromanganese crusts (CFC) occurring in the Magellan Seamounts region of the Pacific Ocean, and presents the main results of geological exploration work carried out in the Russian license area in the Pacific Ocean – the Russian Exploration Area of Cobalt-rich Ferromanganese Crusts (REA-CFC). The article describes the contractual obligations to the International Seabed Authority (ISBA) that the Russian Federation has under a fifteen-year contract with the Authority for the exploration of cobalt-reach ferromanganese crusts. The article also outlines the main results of studying the baseline ecological characteristics of the natural environment in the Russian Exploration Area for cobalt-reach ferromanganese crusts. Information is provided on the fulfillment of other contractual obligations to the International Seabed Authority: scientific research and development works on the development of exploration and production technologies, technologies for processing CFC, training personnel for the International Seabed Authority, and fulfillment of financial obligations.

Keywords: cobalt-reach ferromanganese crusts, Pacific Ocean, Magellan Seamounts, Russian Exploration Area, International Seabed Authority, geological exploration, baseline environmental characteristics

References

1. Bogdanov, Yu. A., L. P. Zonenshajn, and A. P. Lisicyn et al., 1987: Zhelezomargancevye rudnye obrazovaniya podvodnyh gor okeana. *Izvestiya AN SSSR, Ser. geologich.*, **7**, 103–120.
2. Bogdanov, Yu. A., O. G. Soroxtin, and L. P. Zonenshajn et al., 1987: Zhelezomargancevye korki i konkreicii gajotov Tihogo okeana. *Geodinamicheskie modeli neftegazanosnyh i rudnyh rajonov*, 82–91.
3. Darniczkiy, V. B. and L. S. Kodolov, 1997: *Issledovaniya TINRO-centra v rajone Magellanovyh podvodnyh gor*. 10-ya konf. po prom. okeanol.: Tez. dokl. Moscow, VNIRO, 40–41.
4. Fedorov, V. V., 1988: Drevnie abraziionnye formy rel'efa na podvodnyh gorah zapadnoj chasti Tihogo okeana. *Dokl. AN SSSR*, **1**, 177–181.
5. Fedorov, V. V., 2016: *Pogruzhenie razreshayu*. <https://document.wikireading.ru/htSGwmhcO2>.
6. Hulapova, T. M. and T. E. Sedy'sheva, 2003: Osobennosti stroeniya zalezhej kobal'tonosnyh margancevyh korok i ih geologo-promyshlennoe rajonirovanie. *Geologiya tverdyh poleznyh iskopaemyh Mirovogo okeana*, Gelendzhik, NIPIokeangeofizika, 101–114.
7. Hulapova, T. M., T. E. Sedy'sheva, E. L. Shkol'nik, E. A. Zhegallo, and I. N. Ponomareva et al., 2004: Rezul'taty izucheniya substrata kobal'tomargancevyh korok po kernu skvazhin na gajotah IO AN i Dal'morgeologiya (Magellanovy gory, Tihij okean). *Tihookean. Geologiya*, **23** (1), 76–96.
8. Ivanov, S. I., N. V. Petrova, and Yu. S. Kushparenko et al., 2005: Opredelenie perspektiv racional'noj tehnologii pererabotki okeanicheskikh kobal'tonosnyh zhelezomargancevyh korkovyh obrazovanij. *Razvedka i ohrana neдр*, **4**, 58–61.
9. Kulakov, A. P., V. V. Ermoshin, A. A. Ishhenk, and R. I. Nikonova, 1987: *Novye dannye o morfostrukture yugo-zapada Tihogo okeana (Rezul'taty morfostruktur. issled. v 10-m reyse NIS "Akademik Aleksandr Nesmeyanov")*. Prepr. Vladivostok: DVO AN SSSR, 58.
10. Melnikov, M. E., 2005: *Mestorozhdeniya kobal'tonosnyh margancevyh korok*. Gelendzhik, GNCz FGUGP "Yuzhmorgeologiya", 230.
11. Melnikov, M. E., D. D. Tugolesov, and S. P. Pletnev, 2010: Stroenie verhnjej chasti razreza osadochnoj tolshhi gajota Ita-Maj-Taj po dannym geoakusticheskogo profilirovaniya (Tihij okean). *Okeanology*, **50** (4), 618–626.
12. Melnikov, M. E. and S. P. Pletnev, 2011: Biostratigrafcheskie issledovaniya kobal'tonosnyh margancevyh korok na gajotah Magellanovyh gor (vozrast i usloviya formirovaniya). *Geol. i polezn. iskop. Mirovogo okeana*, **3**, 45–69.
13. Melnikov, M. E. and S. P. Pletnev, 2013: Vozrast i usloviya formirovaniya kobal'tonosnyh margancevyh korok na gajotah Magellanovyh gor. *Litol. i polezn. iskop.*, **1**, 3–16.
14. Melnikov, M. E., 2018: Kobal'tonosnye zhelezomargancevye korki. In: *Mirovoj okean. Vol. 3: Tverdye poleznye iskopaemye i gazovye gidraty v okeane*. Moscow, Nauchnyj mir, 267–322.
15. Metodicheskie ukazaniya po ocenke prognoznyh resursov kobal'tomargancevyh korok Mirovogo okeana. 1996. In: *Kobal'tomargancevye korki Mirovogo okeana (Metodicheskie dokumenty)*. Moscow, AOZT "Geoinformmark", 29–58.
16. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu poiskovyh rabot na kobal'tomargancevy'e korki Mirovogo okeana. 1996. In: *Kobal'tomargancevye korki Mirovogo okeana (Metodicheskie dokumenty)*. Moscow, AOZT "Geoinformmark", 71–101.
17. Metodicheskie rekomendacii po provedeniyu poiskovo-razvedochnyh rabot na kobal'tomargancevye korki v Mirovom okeane. 1996. In: *Kobal'tomargancevye korki Mirovogo okeana (Metodicheskie dokumenty)*. Moscow, AOZT "Geoinformmark", 125–155.

18. Metodicheskie rekomendacii po ryadovomu oprobovaniyu kobal'tomargancevyh korok Mirovogo okeana. 1996. In: *Kobal'tomargancevye korki Mirovogo okeana (Metodicheskie dokumenty)*. Moscow, AOZT "Geoinformmark", 167–188.
19. Metodicheskie rekomendacii po tehnologicheskim issledovaniyam rud pri proizvodstve geologorazvedochnyh rabot na zhelezomargancevy'e obrazovaniya Mirovogo okeana. 1996. In: *Kobal'tomargancevye korki Mirovogo okeana (Metodicheskie dokumenty)*. Moscow, AOZT "Geoinformmark", 189–207.
20. Mirchink, I. M., V. M. Yubko, and Melnikov M. E., 2001: Poiski i razvedka mestorozhdenij kobal'tonosnyh margancevyh korok v Mezhdunarodnom Rajone dna Mirovogo okeana. In: *Mirovoj okean: Mineral'nye resursy Mirovogo okeana, Arktiki i Antarktiki*. Moscow, VINITI, 120–127.
21. Murav'ev, A. V., Ya. B. Smirnov, and V. M. Sugrobov, 1988: Teplovoj potok vdol' mezhdunarodnogo geotraversa cherez Filippinskoe more po 18° s. sh. *Dokl. AN SSSR*. **299** (1), 189–193.
22. Novikov, G. V., M. E. Mel'nikov, O. Yu. Bogdanova, and I. V. Vikent'ev, 2014: Priroda kobal'tonosnyh zhelezomargancevyh korok Magellanovyh gor Tihogo okeana. *Soobshhenie 1. Geologiya, mineralogiya, geohimiya. Litol. i polezn. iskop.*, **1**, 3–25.
23. Pletnev, S. P. and M. E. Melnikov, 2015: Paleogeograficheskie etapy razvitiya gajotov Magellanovyh gor (Tihij okean). *Vestnik DVO RAN*, **2**, 33–43.
24. Pletnev, S. P., M. E. Melnikov, T. A. Punina, O. L. Smirnova, and L. F. Kopaeovich, 2017: Novye paleontologicheskie dannye po gajotam Govorova, Vulkanolog i Kocebu (Magellanovy gory, Tihij okean). *Tihookeanskaya geologiya*, **36** (2), 86–92.
25. Pletnev, S. P., 2018: Litologo-paleontologicheskaya harakteristika santon-maastrihtskih otlozhenij Magellanovyh gor (Tihij okean). *Geologiya i korisni kopalini Svitovogo okeanu*, **14** (4), 20–33, http://C:/Users/18EE~1/AppData/Local/Temp/gikkso_2018_14_4_3-1.pdf.
26. Pletnev, S. P., M. E. Mel'nikov, V. T. S'edin, T. E. Sedysheva, V. V. Avdonin, V. M. Anokhin, Yu. D. Zakharov, T. A. Punina, and O. L. Smirnova, 2020: *Geologiya gayotov Magellanovykh gor (Tikhij okean)*. Vladivostok. Dalnauka, 200 p.
27. Polozhenie o stadijnosti geologorazvedochnyh rabot na kobal'tomargancevye korki Mirovogo okeana, 1996. In: *Kobal'tomargancevye korki Mirovogo okeana (Metodicheskie dokumenty)*. Moscow, AOZT "Geoinformmark", 17–23.
28. Pulyaeva, I. A., 1997: Stratification of ferromanganese crusts on the Magellan seamounts. In: *Marine geology and Paleoceanography*, CRC Press, 17.
29. Reshenie Soveta odnositel'no Pravil poiska i razvedki kobal'tonosnyh zhelezomargancevyh korok v Rajone, dokument ISBA/18/C/23, https://isa.org.jm/files/files/documents/isba-18c-23_1_1.pdf.
30. Reshenie Soveta odnositel'no zayavki na utverzhdenie plana raboty po razvedke kobal'tonosnyh zhelezomargancevyh korok, predstavlennoj Ministerstvom prirodnyh resursov i ekologii Rossijskoj Federacii, dokument ISBA/20/C/24, https://isa.org.jm/files/files/documents/isba-20c-24_1_1.pdf – svobodny'j.
31. Rozhdestvenskij, V. H., Yu. A. Vasil'ev, A. V. Zheludev, and V. V. Sorokin, 2011: Novye glubokovodnye burovy ustanovki donnogo bazirovaniya. *Razvedka i ohrana neдр*, **10**, 56–58.
32. *Rukovodyashhie rekomendacii kontraktoram po ocenke vozmozhnogo ekologicheskogo vozdeystviya razvedki morskikh poleznyh iskopaemyh v Rajone*, dokument ISBA/19/LTC/8. http://www.isa.org.jm/sites/default/files/files/documents/isba-19ltc-8_1_1.pdf.
33. *Rukovodyashhie rekomendacii kontraktoram po ocenke vozmozhnogo ekologicheskogo vozdeystviya razvedki morskikh poleznyh iskopaemyh v Rajone*, dokument ISBA/25/LTC/6/ Rev.1, https://isa.org.jm/files/files/documents/26ltc-6-rev1-ru_0.pdf.

34. *Sposob pererabotki kobal'tonosnykh zhelezomargancevykh korkovykh obrazovaniy: pat. 2261923 Ros. Federaciya: MPK7 C22B3/08, C22B47/00, C22B23/00*, S. I. Ivankov, N. V. Petrova, S. I. Anufrieva, E. G. Lihnikovich, R. V. Goleva, I. N. Ponomareva, M. E. Melnikov, заявитель и патентообладатель FGUP VIMS im. N. M. Fedorovskogo – № 2004116227/02, заявл. 31.05.2004; opubl. 10.10.2005, Byul. 28.
35. *Sposob pererabotki kobal'tonosnykh zhelezomargancevykh okeanicheskikh obrazovaniy (ego varianty): pat. 2311232 Ros. Federaciya: MPK7 B03B 7/00*, S. I. Ivankov, Yu. S. Kushparenko, E. I. Lyubimova, V. A. Zhosan, R. V. Goleva, M. E. Melnikov, V. M. Yubko; заявитель и патентообладатель FGUP VIMS im. N.M.Fedorovskogo. № 2005139438/03, заявл. 19.12.2005; opubl. 27.06.2007. Byul. 33.
36. *Tehniko-ekonomicheskie soobrazheniya (TE'S) o celesoobraznosti postanovki poiskovo-razvedochnykh rabot na kobal'tomargancevye korki v predelah polya Magellanovy gory (s proektom ocenochnykh kondicij)*, 1994, I. F. Glumov, I. M. Mirchink (Rukov.), Petropavlovsk-Kamchatskij, 89.
37. *Tertiary Pelagic Ooze on Ita Maitai Guyot, Equatorial Pacific: DSDP Sites 200 and 201. The Shipboard Scientific Party*, <https://doi.org/10.2973/dsdp.proc.20.108.1973>, http://deepseadrilling.org/20/volume/dsdp20_08.pdf.
38. Yubko, V. M. and M. E. Melnikov, 2001: Zadachi izucheniya i perspektivy osvoeniya kobal'tonosnykh margancevykh korok dna Mirovogo okeana. *Razvedka i ohrana nedr*, **8**, 5–8.
39. Yubko, V. M., M. E. Melnikov, and T. I. Lygina, 2001: Usloviya lokalizacii, stroenie i vozrast kobal'tonosnykh zhelezomargancevykh korok na podvodnykh gorah. *Otechestvennaya geologiya*, **3**, 66–70.
40. Yubko, V. M., 2018: Zhelezomargancevoe orudnenie. Obshhie svedeniya. In: *Mirovoj okean. Vol 3: Tverdy'e polezny'e iskopaemy'e i gazovy'e gidraty v okeane*. Moscow, Nauchnyj mir, 187–198.
41. Zhelezomargancevye konkretii Tihogo okeana. 1976, Pod red. P. L. Bezrukova. *Tr. IO AN SSSR*. Moscow, "Nedra", **109**, 301 p.

Submitted 07.09.2023, accepted 08.12.2023.

For citation: Ponomareva, I. N., V. M. Yubko, T. M. Khulapova, I. A. Pulyaeva, and T. I. Lygina, 2023: Geological exploration at the deposit of cobalt-rich ferromanganese crusts within the Russian exploration area of the Magellanic Seamounts of the Pacific Ocean: history and research results. *Journal of Oceanological Research*, **51** (4), 135–166, [https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2023.51\(4\).6](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2023.51(4).6).