

ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ЖЕЛЕЗОМАРГАНЦЕВЫХ КОНКРЕЦИЙ В ЗОНЕ КЛАРИОН–КЛИППЕРТОН ТИХОГО ОКЕАНА: ИСТОРИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В. М. Юбко, И. Н. Пономарева, Т. И. Лыгина*

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

В работе освещена история отечественных исследований железомарганцевых конкреций тихоокеанской зоны Кларион–Клиппертон – наиболее перспективной конкрециеносной провинции Мирового океана, и представлены основные результаты геологоразведочных работ, проведенных на площади Российского лицензионного участка в Тихом океане – Российского разведочного района железомарганцевых конкреций. В статье приведены сведения о контрактных обязательствах перед Международным органом по морскому дну (МОМД), которые имеет Российская Федерация в соответствии с пятнадцатилетним контрактом на разведку железомарганцевых конкреций, заключенным с МОМД. В работе также представлены основные результаты изучения фоновых экологических характеристик природной среды в Российском разведочном районе железомарганцевых конкреций. Дана информация о выполнении других контрактных обязательств перед Международным органом по морскому дну: НИОКР по разработке разведочных и добычных технологий, технологий переработки, подготовке кадров для Международного органа, выполнении финансовых обязательств.

Ключевые слова: железомарганцевые конкреции, Тихий океан, зона Кларион–Клиппертон, Российский разведочный район, Международный орган по морскому дну, геологоразведочные работы, фоновые экологические характеристики

Введение

Одним из основных объектов международно-правового регулирования по Конвенции ООН по морскому праву в Международном районе морского дна за пределами юрисдикции прибрежных государств являются ресурсы железомарганцевых конкреций (ЖМК). Перспективные площади абиссальных рудных скоплений железомарганцевых конкреций расположены в Тихом и Индийском океанах.

С целью закрепления прав Российской Федерации на разведку и разработку ресурсов морского дна Мирового океана на протяжении последних, более чем 40 лет, выполняются комплексные геологоразведочные работы по изучению железомарганцевых конкреций в наиболее перспективной конкрециеносной провинции Мирового океана – зоне Кларион–Клиппертон, расположенной в приэкваториальной части Северо-Восточной котловины Тихого океана.

С 29 марта 2001 г. отечественные исследования по направлению ЖМК проводятся в рамках контракта на разведку ЖМК, заключенного с Международным органом по морскому дну (МОМД), согласно которому Российской Федерации предоставлено исключительное право на разведку полиметаллических руд в Российском разведочном районе железомарганцевых конкреций (РРР–ЖМК) площадью 75 000 км², расположенном в восточной части Тихого океана.

В задачи данной публикации входит освещение истории отечественных исследований рудной провинции Кларион–Клиппертон и заключения контракта предприятия «Южморгеология» (от имени Российской Федерации) с Международным органом по морскому дну. В статье даются представления о характере контрактных обязательств контрактора перед Международным органом и излагаются основные результаты геологоразведочных работ, проведенных на площади Российского разведочного района с целью разведки железомарганцевых конкреций, а также результаты исследований фоновых экологических характеристик природной среды в разведочном районе, предусмотренных контрактными обязательствами.

Основой для статьи стали обширные материалы геологоразведочных работ (рекогносцировочных, поисковых, оценочных и разведочных) и экологических исследований морской среды, полученные по направлению железомарганцевых конкреций ГНЦ ФГУГП «Южморгеология» (с 2016 г. – АО «Южморгеология») в зоне Кларион–Клиппертон и Российском разведочном районе ЖМК, начиная с 1979 г., как опубликованные, так и фондовые.

История российских (советских) исследований железомарганцевых конкреций зоны Кларион–Клиппертон

В истории российских (до 1991 г. советских) исследований ЖМК зоны Кларион–Клиппертон отчетливо прослеживаются 4 этапа.

Первый этап истории исследований ЖМК (1949–1981 гг.) был реализован Академией Наук СССР в рамках программы комплексных научных исследований Тихого океана, стартовавшей в 1949 г. Программой предусматривалась организация регулярных морских экспедиций в различные районы Тихого океана на научно-исследовательском судне (НИС) «Витязь» Института океанологии АН СССР (ИО АН).

За двадцатилетний период исследований, до начала 70-х годов XX века, конкреции изучались в 17 экспедициях НИС «Витязь», из которых в 43-м (1968 г.) и 48-м (1970 г.) рейсах этого судна значительное место занимало изучение конкреционности зоны Кларион–Клиппертон. В процессе морских работ были отобраны 620 дночерпательных, 150 траловых и более 1000 керновых проб донных отложений. На 103 станциях фотографирования было получено более 2000 снимков океанского дна.

Благодаря усилиям ученых ИО АН, осуществлявших анализ и обобщение полученных данных (Скорнякова, 1960; Скорнякова, Зенкевич, 1961; Скорнякова,

Андрущенко, 1962, 1964, 1968, 1970), уже в 60-е годы прошедшего столетия Россия стала располагать собственными уточненными сведениями о рельефе и литологии дна Тихого океана, о распространенности конкреций на его площади, их строении, вещественном составе и предположительных суммарных ресурсах (Скорнякова, Андрущенко, 1964). Помимо этого в 1963–1964 гг. российскими научно-исследовательскими институтами металлургической специализации «Гипроникель» и «ЦНИИЧермет» были изучены возможности переработки конкреций. Технологические испытания, проведенные этими институтами, продемонстрировали достаточно высокие показатели извлечения марганца, никеля, кобальта и меди из их состава.

В период 1972–1981 гг. программа российских исследований конкрециенности океанского дна была продолжена в существенно расширенном варианте, охватывающем практически все потенциально конкрециеносные провинции Тихого, Индийского и Атлантического океанов. С 1976 г. в реализации этой программы, помимо научных институтов АН СССР, стали принимать участие государственные научно-производственные предприятия (НПП) «Севморгеология» (г. Санкт-Петербург) и «Южморгеология» (г. Геленджик), подведомственные Министерству геологии СССР.

В течение характеризуемого периода российскими исследователями был собран, проанализирован и обобщен обширнейший объем информации о батиметрических и геолого-геоморфологических условиях локализации конкреционных скоплений в различных районах Мирового океана, вещественном составе и внутреннем строении слагающих их конкреций. Итогами этого обобщения стала публикация крупных монографий (Безруков, 1979; Железомарганцевые конкреции ..., 1976; Химия океана, 1979) и многочисленных журнальных статей (Базилевская, 1973; Безруков, Андрущенко, 1972; Скорнякова и др., 1981 и т. д.).

Важная черта ряда публикаций состояла в том, что наряду с сугубо научными положениями, касающимися вопросов генезиса конкреций, причин изменчивости их состава, источников рудного вещества для их формирования и т. д., они содержали оценку исследованных конкреционных полей как нового типа минерального сырья, перспективного к промышленному освоению в обозримом будущем.

Во многом благодаря оптимистическому характеру дававшихся оценок, а также в предвидении скорого завершения в рамках III конференции ООН разработки Конвенции ООН по морскому праву – основополагающего международно-правового документа, регулирующего порядок изучения и подготовки к освоению минеральных ресурсов Международного района морского дна (с 1973 по 1982 гг. было проведено 11 сессий III конференции ООН), к 1980 г. в среде научных кругов, а также компетентных руководящих органов, сложилось устойчивое представление о целесообразности концентрации дальнейших исследовательских работ на подготовке к участию в предстоящей заявочной кампании по закреплению прав страны на освоение полиметаллических конкреций. В этой связи на уровне ГКНТ СССР была принята отдельная программа российских исследований зоны Кларион–Клиппертон, содержание которой предусматривало подготовку к участию в такой кампании, включая сбор необходимых геологических материалов, а также разработку аппаратурно-технических

средств поисков и разведки конкреционных месторождений. В качестве головного исполнителя программы было определено Министерство геологии СССР.

Второй этап истории исследований ЖМК (1982–1987 гг.) ознаменовался особенно заметным возрастанием активности исследований конкреционности океанского дна в целом и приоритетно – его зоны Клариион–Клиппертон. Не в последнюю очередь это было связано с принятием Конвенции Организации Объединенных Наций по морскому праву от 10 декабря 1982 г. (далее Конвенция), заложившей юридическую основу для подачи странами и компаниями заявок на разведку минеральных ресурсов в Международном районе дна. Что касается АН СССР, то ею к этим исследованиям помимо НИС «Витязь» были подключены еще три научно-исследовательских судна (НИС «Дмитрий Менделеев», НИС «Академик Вернадский» и НИС «Академик Мстислав Келдыш»). По результатам рейсов этих судов в Тихий и Индийский океаны опубликованы крупные монографии, отражающие новые достижения в изучении состава и строения конкреций, а также локальных факторов конкрециеобразования (Богданов и др., 1989; Геология и металлогения..., 1984; Железомарганцевые конкреции..., 1986; Железомарганцевые конкреции..., 1989; Успенская и др., 1987; Успенская, Скорнякова, 1991).

Однако наиболее масштабные исследования в рудоносности океанского дна на данном этапе осуществлялись Министерством геологии СССР. Хотя этими исследованиями охватывался и Индийский океан, прежде всего – его Центральная, Кокосовая и Западно-Австралийская котловины, все же основной их объем приходился на зону Клариион–Клиппертон. Так, только в период с 1982 по 1987 гг. в эту зону ежегодно организовывалось 4–5 морских экспедиций, результаты которых публиковались в виде монографий (Атлас морфологических типов..., 1985; Железомарганцевые конкреции..., 1984; Условия образования..., 1987) и журнальных статей (Гросс и др., 1985; Корсаков и др., 1988), а также были обобщены в рамках научно-исследовательских работ, заказанных Министерством геологии СССР. Одновременно с этим предпринимались беспрецедентные меры по созданию технико-технологического обеспечения глубоководных геологоразведочных работ.

В оперативном режиме на базе государственного предприятия «Южморгеология», в структуре которого специально были созданы Научно-исследовательский и проектный институт геофизических методов разведки океана «НИПИокеангеофизика» и Специальное конструкторское бюро (СКБ) морского приборостроения, шло создание и внедрение аппаратурно-технических средств, предназначенных для поисков и разведки глубоководных месторождений конкреционных руд. В состав этих средств были последовательно включены донные пробоотборники, оснащенные фотоустановками для фотографирования участков опробования, придонный буксируемый фототелевизионный комплекс «Мир», 100-килогерцовый придонный буксируемый гидролокатор бокового обзора «МАК», высокоразрешающий акустический профилограф, уникальный двухзвенный геоакустический и фототелевизионный комплекс «Абиссаль», высокоточная донная акустическая система подводной навигации «АСМОД» и др.

За указанный период в процессе морских экспедиций было изучено порядка 3 млн км² площади зоны Кларион–Клиппертон по сетям наблюдений со средней плотностью ~50×50 км. Состав наблюдений включал батиметрические, сейсмоакустические, магнитометрические и гравиметрические исследования, а также донный пробоотбор. На участках зоны, предварительно оцененных в качестве перспективных для включения в состав будущей заявки, сеть наблюдений сгущалась до 25×25 км, а к числу методов исследований добавлялись придонная гидролокационная и фототелевизионная съемки.

Все это позволило подготовить и 20 июля 1983 г. в лице государственного предприятия «Южморгеология» представить от имени СССР заявку в Подготовительную комиссию для Международного органа по морскому дну и Международного трибунала по морскому праву (далее – Подготовительная комиссия) на участок дна зоны Кларион–Клиппертон площадью 300 000 км², а также регистрацию упомянутого предприятия в качестве первоначального вкладчика. Рассмотрение заявки, сопровождавшееся внесением в нее изменений, связанных с разрешением споров по урегулированию проблемы перекрытия границ участков, заявленных СССР, Францией и Японией, продолжалось вплоть до 1987 г. 17 декабря 1987 г. решением Генерального комитета Подготовительной комиссии государственное предприятие «Южморгеология» было зарегистрировано в качестве первоначального вкладчика с выделением ему первоначального района в зоне Кларион–Клиппертон площадью 75 000 км² (рисунок 1). Соответствующий сертификат о регистрации был подписан Генеральным секретарем ООН Пересом де Куэльяром 16 мая 1988 г.

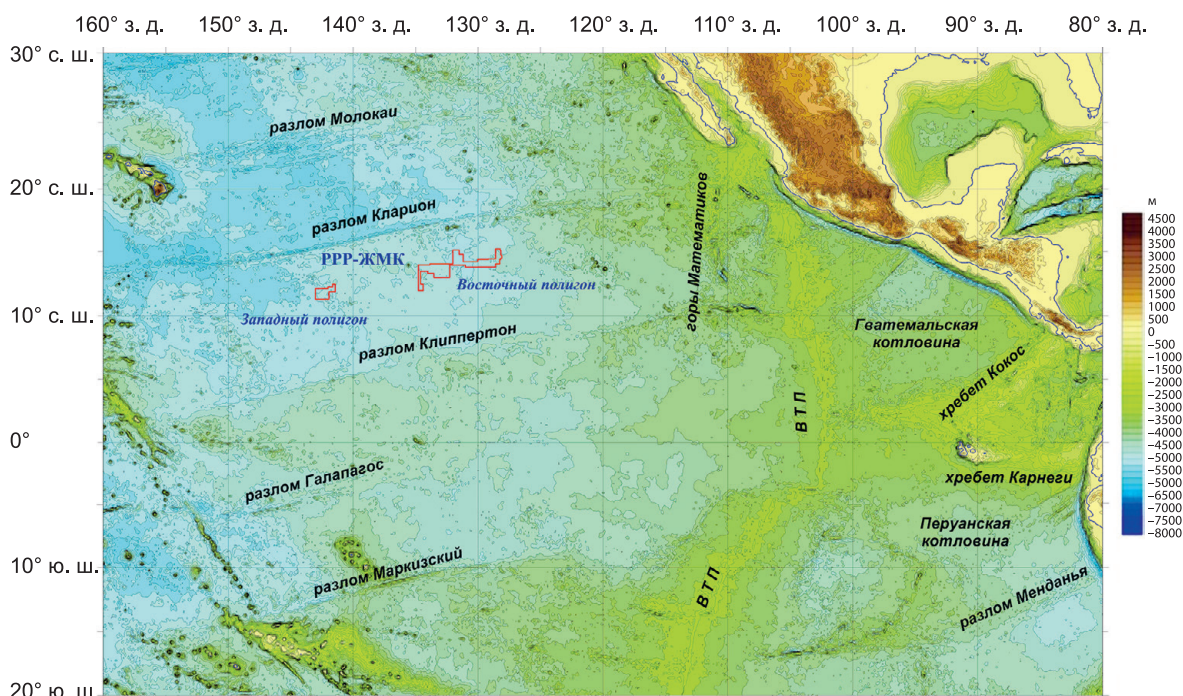


Рис. 1 – Положение выделенного района НПО «Южморгеология» (Российская Федерация) (с 2001 г. – Российский разведочный район ЖМК) в зоне Кларион–Клиппертон

Третий этап истории исследований ЖМК (1988–2000 гг.) отличается от предшествующих тем, что с момента его начала Министерством геологии СССР все работы за пределами выделенного первоначального района были прекращены, а НПО «Южморгеология» приступило к исполнению обязательств первоначального вкладчика. В процессе геологоразведочных работ к 1997 г. на площади данного района этим предприятием было отработано около 12 000 пог. км гидроакустических и 8 900 пог. км фототелевизионных профилей придонной съемки, а также отобрано порядка 1 100 донных проб. Результаты этих работ позволили существенно уточнить представления о строении и условиях залегания локализованных здесь конкреционных скоплений, а также оценить их прогнозные ресурсы.

Кроме этого, в рамках выполнения упоминавшихся обязательств, НПО «Южморгеология» в 1991 г. приступило к проведению (в сотрудничестве с НОАА США) натурного эксперимента ВІЕ (Bentic impact experiment) по оценке влияния глубоководной добычи на бентическую экосистему, а в 1993–1994 гг. обеспечило обучение, в том числе и в процессе морских экспедиций, двух стажеров из развивающихся стран, назначенных Подготовительной комиссией. Одновременно с этим были значительно активизированы научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) в области создания технологий добычи и переработки полиметаллических конкреций. Наиболее значимым результатом этих НИОКР стала разработка пирометаллургической и гидрOMETаллургической технологий переработки, в 1989 г. успешно прошедших стадию полупромышленных испытаний.

Все это позволило Управлению минеральных ресурсов Мирового океана (УМРМО) Мингео СССР принять решение о разработке Технико-экономических соображений (ТЭС) о возможном промышленном значении месторождения ЖМК на выделенном НПО «Южморгеология» участке Международного района дна и в 1989 г. приступить к его исполнению. Помимо НПО «Южморгеология» к разработке ТЭС были привлечены ведущие отраслевые и ВУЗовские институты страны, в т. ч. Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н. М. Федоровского (ФГБУ «ВИМС»), Всероссийский научно-исследовательский институт экономики минерального сырья и недропользования (ВИЭМС), Гипроникель (советский и российский научно-исследовательский и проектный институт технологии горной добычи, обогащения и переработки минерального сырья, цветной металлургии), Институт металлургии и материаловедения имени А. А. Байкова Российской академии наук (ИМЕТ), Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов (ФГБУ «ЦНИГРИ»), Центральный научно-исследовательский Институт черной металлургии им. И. П. Бардина (ЦНИИчермет). На основе комплексного анализа экономических факторов освоения ЖМК на выделенном участке, выполненного с учетом батиметрических и геолого-геоморфологических условий их локализации, а также технологических возможностей их добычи, транспортировки и переработки (Технико-экономические соображения ..., 1994), разработчиками ТЭС достаточно убедительно была продемонстрирована

целесообразность дальнейшего участия СССР в кампании по освоению этого вида минерального сырья. После утверждения ТЭС в 1990 г. на уровне заместителя министра геологии, для УМРМО он стал краеугольным документом для планирования геологоразведочных работ (ГРР) на площади выделенного района и НИОКР по созданию необходимых для этого аппаратурно-технических средств и технологий.

Параллельно с разработкой ТЭС, также по инициативе УМРМО, активизировались работы по приведению методической базы изучения ЖМК в соответствие со сложившейся на то время отечественной практикой в области методического обеспечения ГРР на ТПИ. В этой связи перечень разработанных к 1990 г. методических документов имел достаточно стандартный вид и включал: Положение о стадийности геологоразведочных работ на железомарганцевые конкреции Мирового океана (Положение о стадийности ..., 1997), Основные положения по подсчету и учету запасов и прогнозных ресурсов железомарганцевых конкреций Мирового океана (Основные положения ..., 1997), Поисково-разведочная (оценочная) стадия проведения геологоразведочных работ на железомарганцевые конкреции Мирового океана (Поисково-разведочная (оценочная) ..., 1997), Методические рекомендации по технологическому опробованию при проведении геологоразведочных работ на железомарганцевые конкреции в Мировом океане (Методические рекомендации ..., 1996).

Следует упомянуть, что в 1988–1989 гг. государственные предприятия «Южморгеология» и «Севморгеология», подведомственные Министерству геологии СССР, принимали непосредственное участие в геологических исследованиях восточной части зоны Кларион–Клиппертон, осуществлявшихся в целях подготовки заявки созданной незадолго до этого совместной организации «Интерокеанметалл»*. Во многом благодаря представительности геологических материалов, собранных в процессе 11 морских экспедиций названных предприятий, СО «Интерокеанметалл» в 1992 г. удалось присоединиться к числу первоначальных вкладчиков.

Остается добавить, что обширнейшие материалы по строению, составу и условиям локализации полиметаллических конкреций, собранные в результате организованных Министерством геологии СССР морских экспедиций, многократно публиковались в виде монографий (Атлас морфологических типов ..., 1990; Геология и минеральные ресурсы..., 1990) и журнальных статей (Демидова и др., 1996; Корсаков и др., 1988; Корсаков, Юбко, 1991; Юбко и др., 1990; Demidova et al., 1998).

Кроме этого, в рамках НИР, инициированных УМРМО, специалистами и учеными – геологами государственного научного центра (ГНЦ) ФГУГП «Южморгеология» – внесен существенный вклад в развитие теории океанского рудогенеза и методов локального прогнозирования рудных объектов, расшифрованы главные особенности структуры месторождений ЖМК в зоне Кларион–Клиппертон, обоснованы рациональная структура и оптимальные параметры геологоразведочных систем на различных стадиях ГРР на ЖМК, разработана методика комплексной геолого-экономической оценки, оконтуривания и подсчета запасов железомарганцевых конкреций,

* – ныне участниками СО «Интерокеанметалл» являются Республика Болгария, Республика Куба, Республика Польша, Российская Федерация, Словацкая Республика и Чешская Республика.

разработаны и внедрены в производство компьютеризированные методы сбора, систематизации, обработки и интерпретации морских геолого-геофизических данных, основанные на применении ГИС-технологий.

26 февраля 1997 г. Федеральным законом № 30-ФЗ Российская Федерация ратифицировала Конвенцию ООН по морскому праву от 10 декабря 1982 г. и Соглашение от 29 июля 1994 г. об осуществлении части XI Конвенции (далее Соглашение).

Данное обстоятельство послужило ей основанием для незамедлительной подачи от лица первоначального вкладчика НПО «Южморгеология» заявки на утверждение плана работ по разведке в форме контракта в приступивший к своей деятельности Международный орган по морскому дну (МОМД). Хотя этот план и был одобрен 28 августа 1997 г. на 3-й сессии МОМД, и Совет высказал в адрес Генерального секретаря Органа просьбу принять необходимые меры для заключения соответствующего контракта с государственным предприятием «Южморгеология» (документ МОМД ISBA/3/C/9), по причине отсутствия на тот момент утвержденных «Правил поиска и разведки полиметаллических конкреций в Районе» его подписание состоялось лишь 29 марта 2001 г.

Четвертый этап истории исследований ЖМК (2001 г. – настоящее время) охватывает период контрактной деятельности Акционерного общества (АО) (до 2016 г. ГНЦ ФГУГП) «Южморгеология», осуществлявшейся исключительно в границах выделенного ему ранее района, который теперь стал именоваться Российским разведочным районом ЖМК (РРР-ЖМК). С началом этого периода МОМД приступил к жесткому контролю за исполнением контрактных обязательств по упоминавшимся направлениям контрактной деятельности.

Концептуальная основа ведения контрактной деятельности ГНЦ ФГУГП «Южморгеология» в его разведочном районе, содержащаяся в первоначальной версии Плана работ по разведке ЖМК, утвержденного МОМД и прилагаемого к контракту, заключалась в реализации четырех последовательных этапов разведочной деятельности, ориентированных на решение следующих задач:

- ✓ этап 1 (расчетная продолжительность от 4 до 6 лет) – выделение первоочередных районов для более детальных разведочных работ;
- ✓ этап 2 (расчетная продолжительность от 6 до 8 лет) – определение месторождений и запасов конкреций, которые можно было бы разрабатывать в будущем;
- ✓ этап 3 (расчетная продолжительность от 4 до 5 лет) – отбор эксплуатабельных участков (блоков) на оконтуренных месторождениях конкреций и определение эксплуатабельных запасов конкреций;
- ✓ этап 4 (продолжительность контрактом не оговорена) – определение добычных трасс в границах перспективных добычных блоков, отобранных для разработки в первую очередь.

Как было установлено ранее, в контексте российских подходов к определению стадийности ГРР на ЖМК упомянутые выше этапы 1–3 по своему содержанию являются практически полными аналогами поисковой, поисково-разведочной (оценочной) и разведочной стадий ГРР, предусмотренных Положением о стадийности

геологоразведочных работ на железомарганцевые конкреции Мирового океана (Положение о стадийности ..., 1997). Что же касается этапа 4, то применение к нему понятий стадийности ГРР оказалось неприемлемым вследствие его целевой ориентации на проектирование системы разработки ЖМК.

Стоит отметить, что решение задач поисковой стадии ГРР на первом этапе работ по контракту осуществлялось достаточно успешно и завершилось в установленные сроки. Однако, уже с началом работ оценочной стадии ГРР (2006 г.) стало ясным, что завершить второй этап в первоначальные расчетные сроки вряд ли удастся. Причина заключалась в том, что структура месторождения ЖМК оказалась гораздо более сложной, чем это представлялось первоначально: как было установлено, скопления ЖМК на площади разведочного района не представляют собой сплошного покрова, а образуют множество (более 300) индивидуальных рудных залежей, пространственно ассоциирующихся с разнообразными геоморфологическими элементами дна.

Вынужденная необходимость изменения подходов к ведению ГРР, требующему получения геологоразведочных данных применительно к каждой из предварительно выделенных индивидуальных рудных залежей, в конечном итоге привела к тому, что задачи второго этапа не были решены вплоть до завершения сроков контракта. Это послужило основанием ГНЦ ФГУГП «Южморгеология», руководствуясь пунктом 9 раздела 1 приложения к Соглашению об осуществлении Части XI Конвенции Организации Объединенных Наций по морскому праву от 10 декабря 1982 г., а также в соответствии с пунктом 2 правила 26 «Правил поиска и разведки полиметаллических конкреций в Районе» (документ МОМД ISBA/18/A/11), 18.09.2015 г. подать в МОМД просьбу о продлении на пять лет плана работы по разведке в форме контракта.

Решением Совета от 18 июля 2016 г. (документ МОМД ISBA/22/C/22) поданная заявка была утверждена, что означало продление контракта до 28 марта 2021 г. В этой связи акционированное к этому времени, но сохранившее статус подрядчика предприятие АО «Южморгеология» продолжало до 2017 г. работы поисково-разведочной (оценочной) стадии ГРР и в этом же году приступило к работам разведочной стадии, перейдя, таким образом, к решению задач третьего этапа контракта.

Предполагалось, что в течение пятилетнего периода продления контракта АО «Южморгеология» завершит необходимую подготовительную работу для перехода к этапу добычи. Однако сделать этого не удалось, так как сложившаяся в этот период экономическая конъюнктура не оправдала намерений на его реализацию. На этом основании, а также руководствуясь положениями тех же документов, что и в случае первого продления контракта (документы МОМД ISBA/6/C/2, ISBA/18/A/11), подрядчик АО «Южморгеология» 17.09.2020 г. направил в МОМД просьбу об очередном продлении на пять лет плана работы по разведке в форме контракта. Заявка была рассмотрена Советом МОМД летом 2021 г. (документ МОМД ISBA/26/C/L.8) и утверждена им в ходе заключительной части XXVI сессии МОМД в декабре 2021 г. (документ МОМД ISBA/26/C/50), что дало право АО «Южморгеология» (от имени России) продолжить свою разведочную деятельность в Российском разведочном районе ЖМК в течение следующего пятилетнего периода до 28.03.2026 г.

Необходимо отметить, что в течение всего периода действия контракта подрядчиком АО «Южморгеология» поддерживалась достаточно высокая активность научно-исследовательской деятельности в области изучения различных факторов океанского рудогенеза, а также обоснования методов прогнозирования рудных объектов. Эти исследования осуществлялись как в рамках объектов госзаказа, так и в инициативном порядке с публикацией результатов в виде монографий (Инженерная геология ..., 2004; Минерало-геохимические методы ..., 2009; Школьник и др., 2009, 2012; Юбко, 2018; Юбко, Лыгина, 2018) и журнальных статей (Андреев и др., 2006, 2016; Глузов и др., 2001; Кругляков, Лыгина, 2007; Кругляков и др., 2008; Лыгина, 2009, 2010, 2012; Мирлин и др., 2019; Романчук и др., 2016; Юбко, Мельников, 2001; Юбко, 2007, 2009; Юбко и др., 2001, 2002, 2012, 2016; Юбко, Лыгина, 2015, 2017; Yubko, Kotlin'ski, 2009). Одновременно повышенное внимание уделялось совершенствованию нормативно-методической основы ведения ГРП и геолого-экономической оценке рудных объектов.

Следует пояснить, что в соответствии с пунктом 3 правила 1 каждого из Правил поиска и разведки ТПИ (ЖМК (документ МОМД ISBA/6/C/2), ГПС (документ МОМД ISBA/16/A/12/Rev.1) и КМК (документ МОМД ISBA/18/A/11)), в Районе понятие «разведка» означает не только собственно геологоразведочные работы (изыскание залежей ТПИ в Районе), но и испытание систем и оборудования для сбора, обрабатывающих установок и систем транспортировки, а также проведение исследований (НИР и НИОКР) в отношении экологических, технических, экономических, коммерческих и прочих соответствующих факторов, которые должны учитываться при разработке.

С учетом этого обстоятельства, стандартный перечень направлений деятельности подрядчика в Разведочном районе включает следующие обязательные направления:

- собственно разведочные работы;
- изучение фоновых экологических характеристик;
- НИОКР по разработке разведочных и добычных технологий;
- НИОКР по разработке технологий переработки;
- подготовка кадров;
- периодическая отчетность перед Органом.

Приведем информацию о результатах деятельности подрядчика АО «Южморгеология» в Российском разведочном районе ЖМК по всем этим направлениям.

Результаты разведочных работ

В составе ГРП поисковой (2001–2006 гг.) и оценочной (2007–2017 гг.) стадий подрядчиком АО (до 2016 г. ГНЦ ФГУГП) «Южморгеология» выполнены следующие виды и объемы работ на всей площади разведочного района:

- батиметрическая съемка дна с использованием многолучевого эхолота – в объеме 75 000 км²;

- сонарная съемка морского дна (в комплексе с акустическим профилированием) на отдельных участках – в объеме 6 525.9 км;
- профильная непрерывная телесъемка (9 960.5 км) и дискретная фотосъемка дна (363 813 фотокадров с расстоянием между точками фотографирования от 30 до 50 м);
- донный пробоотбор и точечное фотографирование по сети 12.5×12.5 км со сгущением на отдельных участках до 6×6 км – в объеме 1 165 станций опробования.

На основе анализа батиметрических данных установлено, что, несмотря на различия в средних уровнях глубин Восточного (4750–4850 м) и Западного (4980 м) участков РРР–ЖМК, являющихся отражением региональной изменчивости батиметрических характеристик, проявленной в увеличении их средних значений в направлении с востока на запад, строение рельефа дна в их пределах, впрочем, как и на всей площади зоны Клариян–Клиппертон, является принципиально однотипным. Его основные морфологические элементы представлены системой сопряженных линейных форм рельефа грядово-долинно-го типа с размерами поперечников 1–10 км и относительными превышениями от первых десятков до первых сотен метров. Ориентировка линейности практически всегда субмеридиональная. Ее нарушения фиксируются лишь на участках развития вулканических и вулкано-тектонических форм рельефа (рисунок 2).

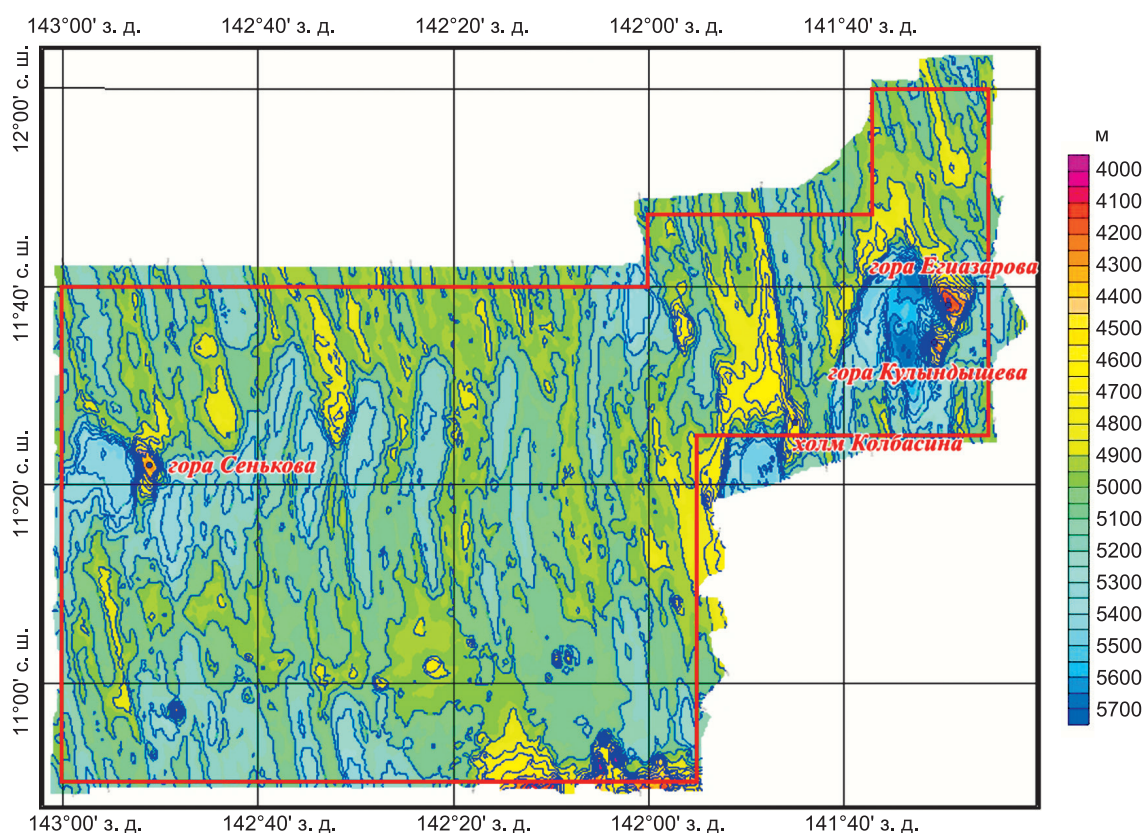


Рис. 2 – Батиметрическая схема Западного полигона Российского разведочного района ЖМК. Названия структур подводного рельефа зарегистрированы международными организациями Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO (IOC) и International Hydrographic Organisation (ИНО) и утверждены на XXVI заседании GEBSCO в 2013 г. (Twenty six Meeting..., 2013)

По итогам интерпретации материалов акустического профилирования, выполненного с привлечением данных по скважинам глубоководного бурения DSDP-16 (van Andel et al., 1973; van Andel, Heath, 1973), ODP 199 (Lyle et al., 2002), IODP 317 и 319 (Pälike et al., 2007) и IODP 320 и 321 (Pälike et al., 2010), выяснено строение осадочного чехла в пределах PPP–ЖМК и разработана его стратиграфическая схема (таблица 1, рисунки 3 и 4).

Табл. 1 – Стратиграфическая схема PPP–ЖМК (Восточный участок)

Стратиграфическая шкала			Характеристика геологических тел				
			Сейсмофациальный облик		Тип		
Система	Отдел	Подотдел	комплекса	подкомплекса			
Четвертичная	Голоцен		A	A ₁	Формация Клиппертон: $N_1^1 - Q_h cl$		
					Слой пелитов монтмориллонит-иллитовых. До 0.1 м. $Q_h cl_3$		
Плейстоцен		Слой глин монтмориллонит-иллитовых. До 15 м. $N_2^2 - Q_p cl_2$					
Неогеновая	Плиоцен	Верхний		A		<i>Collosphaera tuberosa, Axoprimum stauraxonium, Lamprocyrtis nigrinia</i>	
		Средний				Среднемиоценовый перерыв	
		Нижний					
	Миоцен	Верхний		A ₂			Слой глин смектитовых и цеолитовых. До 10 м. $N_1^1 - N_1^2 cl_1$ <i>Stichocorys delmontensis, Calocycletta robusta, Lychnocanota elongata</i>
		Средний					
		Нижний					
Палеогеновая	Олигоцен	Верхний		BCD	B		Формация Маркизская: $P_2^2 - N_1^1 mr$
		Нижний	Слой известняков нанофоссилиевых, мергелей и глин. До 20 м. $P_3^2 - N_1^1 mr_3$ <i>Dorcadospyris ateuchus</i>				
	Эоцен	Верхний	C			Слой мела нанофоссилиевого. До 50 м. $P_3^1 - P_3^2 mr_2$ <i>Theocyrtis tuberosa</i>	
		Средний				D	
			F				

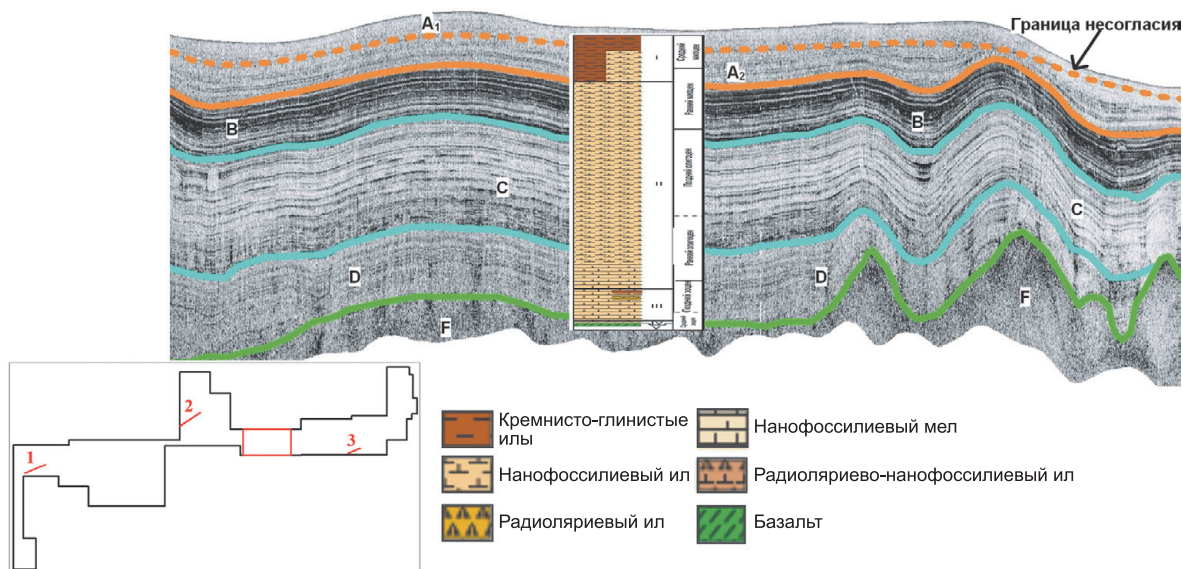


Рис. 3 – Типовой акустический разрез осадочного чехла зоны Клариян–Клиппертон (ЗКК) в районе Восточного полигона PPP–ЖМК в сопоставлении с колонкой по скважине IODP U1334 (по Pälke et. al., 2010). Западная часть полигона (профилограмма 4-02_03ВР12 между пикетами 5000 и 7750). Обозначения сейсмофациальных комплексов (A_1 , A_2 , B, C, D и F) соответствуют приведенным в таблице 1. Положение профиля на площади Восточного полигона PPP–ЖМК показано на врезке линий под номером 1

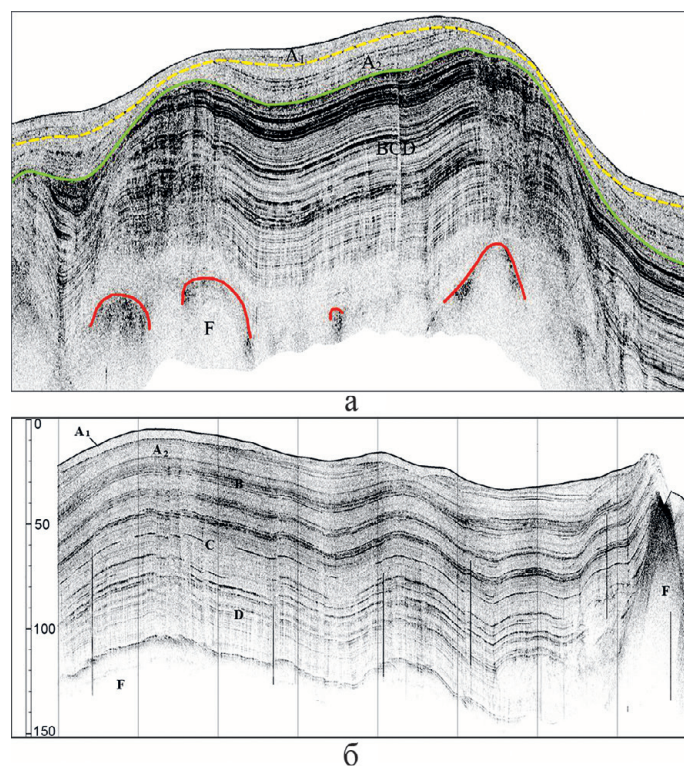


Рис. 4. Акустические разрезы осадочного чехла ЗКК в районе Восточного полигона PPP–ЖМК: а – центральная часть полигона (профилограмма 4-14_24М между пикетами 16700 и 18700, линия номер 2 на врезке к рисунку 3); б – восточная часть полигона (профилограмма 4-01_05М, линия номер 3 на врезке к рисунку 3)

Обнаружено, что, во-первых, так же, как и на площади всей зоны Кларин–Клиппертон (van Andel et al., 1973), осадочный покров РРР–ЖМК в литологическом отношении состоит всего из двух различающихся по составу групп осадочных образований: карбонатных (карбонатные илы и глины, мел) и кремнисто-глинистых (красные глубоководные глины, кремнистые илы и глины), а во-вторых, в закономерном положении названных групп в его разрезах: первая преобладает в нижних частях, вторая – доминирует в верхних.

Структурно-тектонический план коренного ложа РРР–ЖМК достаточно монотонен и, в основном, отвечает клавишно-блоковому типу строения земной коры. Поперечные размеры линейных, ориентированных в субмеридиональном направлении, блоков варьируют в пределах от первых километров до первых десятков километров. Их размеры вдоль удлинений могут достигать сотен километров. Субмеридиональные границы блоков нередко маркированы нарушениями как дизъюнктивного, так и пликативного характера. В принципиальном плане поверхность дна копирует поверхность фундамента, но в сглаженной за счет отложений осадочного чехла форме.

Как установлено в результате комплексной интерпретации материалов многолучевого эхолотирования, гидроакустического и фототелевизионного профилирования, а также данных пробоотбора, скопления ЖМК пространственно ассоциируются только с теми участками дна, поверхность которых носит субгоризонтальный уплощенный (с уклонами до 6°) характер, а приповерхностная часть разреза сложена постнижнеплиоценовыми монтмориллонит-иллитовыми глинами и илами. Такие участки фиксируются в пределах большинства геоморфологических элементов дна, в первую очередь – днищевых частей депрессий, вершинных поверхностей платоподобных возвышенностей и террасовидных ступеней.

Все это обусловило формирование специфической структуры месторождения ЖМК, локализованного в пределах РРР, главная черта которой определяется комбинацией чередующихся в субширотном направлении рудных тел (залежей), имеющих полосовидную форму и вытянутых субпараллельно друг другу в субмеридиональном направлении. Размеры рудных залежей в поперечном сечении колеблются от первых сотен метров до первых километров. Их протяженность составляет десятки, нередко 100 и более километров. Рудные залежи приурочены к пологим участкам дна и разделены безрудными зонами, представляющими собой крутые склоны с перепадом глубин до 200 м (рисунок 5). В пределах крутых склонов обнажаются твердые и скальные магматические, плотные карбонатные и уплотненные глинистые коренные породы.

В рамках периодических обобщений результатов ГРР, выполненных в 2004, 2012 и 2015 гг., убедительно продемонстрировано, что границы рудных залежей носят отчетливо контрастный характер вследствие приуроченности их к бровкам, либо основаниям крутых склонов и уступов, посредством которых сочленяются упоминавшиеся элементы геоморфологической структуры дна.

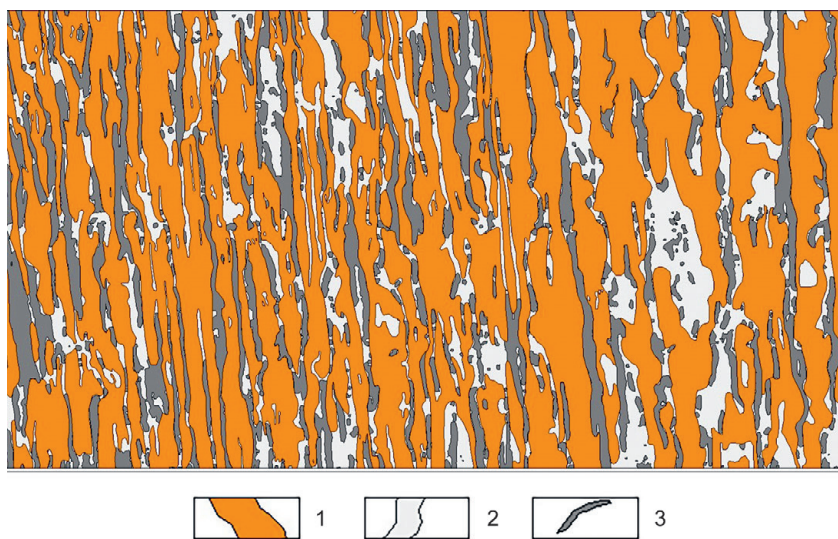


Рис. 5 – Детально изученный участок месторождения полиметаллических конкреций, локализованный на площади РРР–ЖМК:

1 – рудные залежи; 2, 3 – безрудные зоны, связанные: 2 – с участками выположенного донного рельефа, 3 – с участками крутых склонов. Размер участка 84×46 км.

Положение участка показано на врезке к рисунку 3 прямоугольником красного цвета

Собственно склонам в тех случаях, когда их крутизна превышает 10° и сложены они относительно более древними (олигоцен-миоценовыми), преимущественно карбонатными, пелитоморфными осадками или базальтами фундамента, в структуре рассматриваемых месторождений принадлежит роль безрудных зон, разделяющих соседние рудные залежи. Соотношение суммарных площадей рудных залежей и безрудных зон в среднем составляет 7:3.

Внутреннее строение рудных залежей характеризуется относительно устойчивой интенсивностью оруденения по всей их площади. При этом, однако, средние значения весовых концентраций ЖМК ($\text{кг}/\text{м}^2$) в пределах различных залежей могут различаться в 2–3 раза. Наибольшей распространенностью пользуются лентовидные рудные залежи протяженностью от 40 до 80 км и шириной от 1 до 5 км со средними весовыми концентрациями ЖМК от 10 до 20 $\text{кг}/\text{м}^2$ (рисунок 6). Ресурсы конкреционных руд таких залежей составляют от 0.8 до 3.5 млн т. Ресурсы же наиболее крупных залежей могут достигать на порядок более высоких величин.

Несмотря на то, что горно-геологические условия локализации обособленных рудных залежей ЖМК в целом характеризуются достаточно благоприятным для их будущей отработки характером, роль так называемых донных препятствий для добычи в числе этих условий оказалась неожиданно высокой. Наиболее распространенными типами таких препятствий являются эрозионные врезки в отложениях приповерхностной части разреза осадочного чехла, морфологически выраженные в виде линейных и изометричных депрессий глубиной от первых метров до первых десятков метров и размером в поперечнике от первых десятков до первых сотен метров (рисунки 7–9).

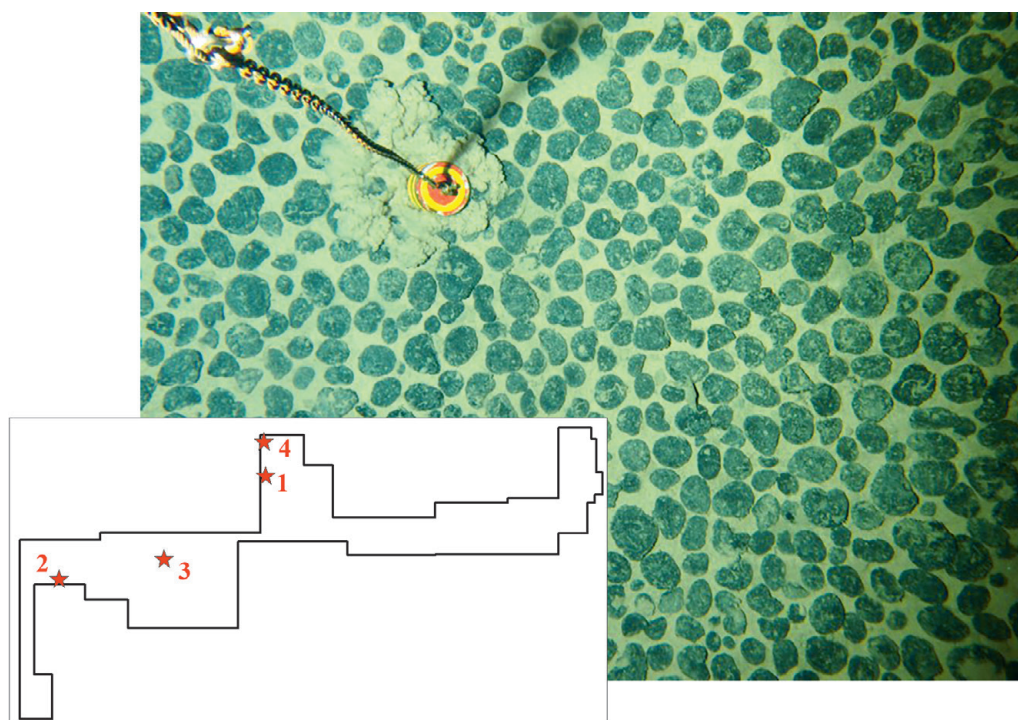


Рис. 6 – Глубоководная фотография участка дна площадью 2.1 м^2 из внутренней части рудной залежи с весовой концентрацией ЖМК 28.1 кг/м^2 (материалы рейса 4-14 НИС «Южморгеология», 2015 г., станция 9126-1).

Положение точки фотографирования на станции 9126-1 на площади Восточного полигона РРР–ЖМК показано на врезке звездочкой под номером 1

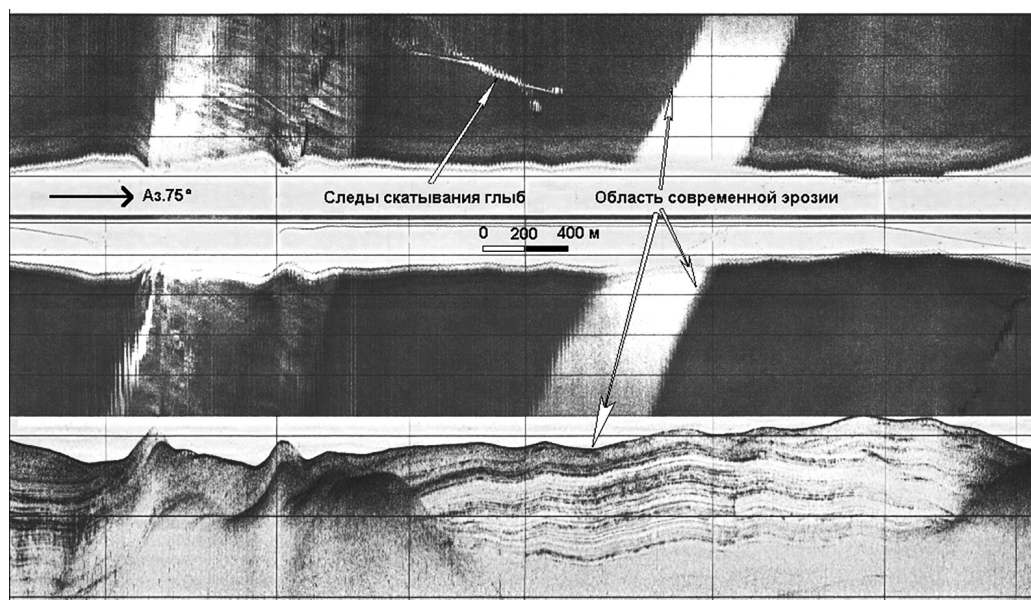


Рис. 7 – Следы линейной эрозии и транзита осадочных отложений.

Сонограмма и профилограмма профиля 1690_022D в районе $13^{\circ}32' \text{ с. ш.}, 130^{\circ}45' \text{ з. д.}$

Материалы съемки комплексом «Абиссаль». Положение профиля на площади Восточного полигона РРР–ЖМК показано на врезке к рисунку 8 линией под номером 1

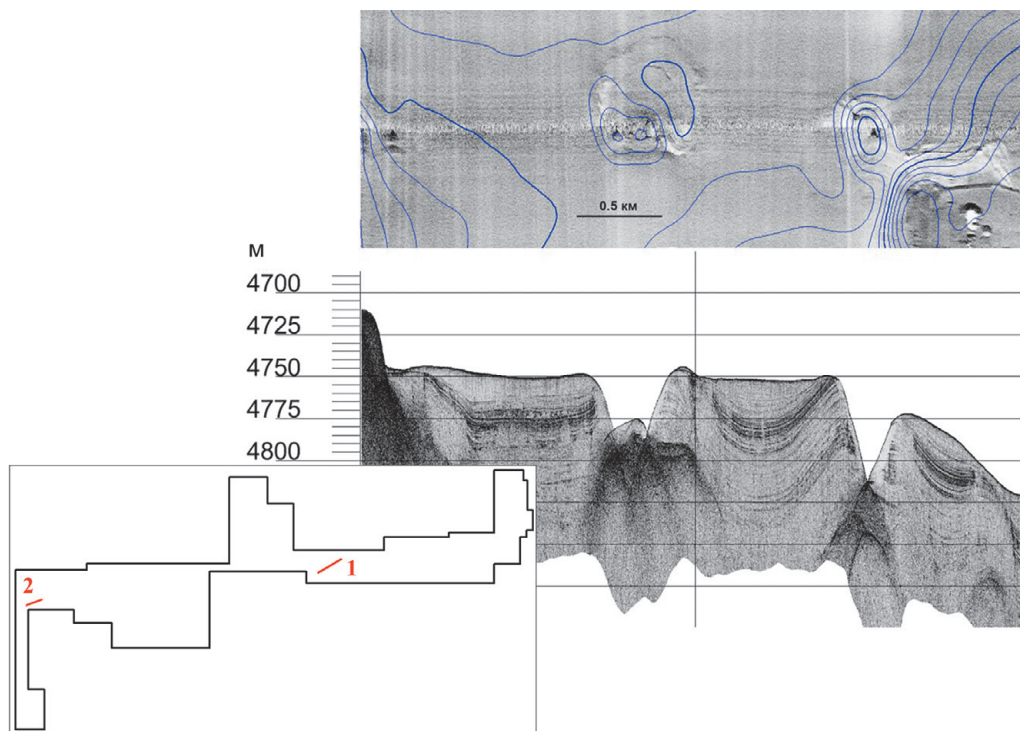


Рис. 8 – Изометричные воронкообразные эрозионные врезы, приуроченные к внедрениям субвулканических тел, на геоакустических материалах (профиль 419_15MR). Вверху – сонограмма, изобаты сечением 10 м, внизу – профилограмма. Положение профиля на площади Восточного полигона РРР–ЖМК показано на врезке линией под номером 2

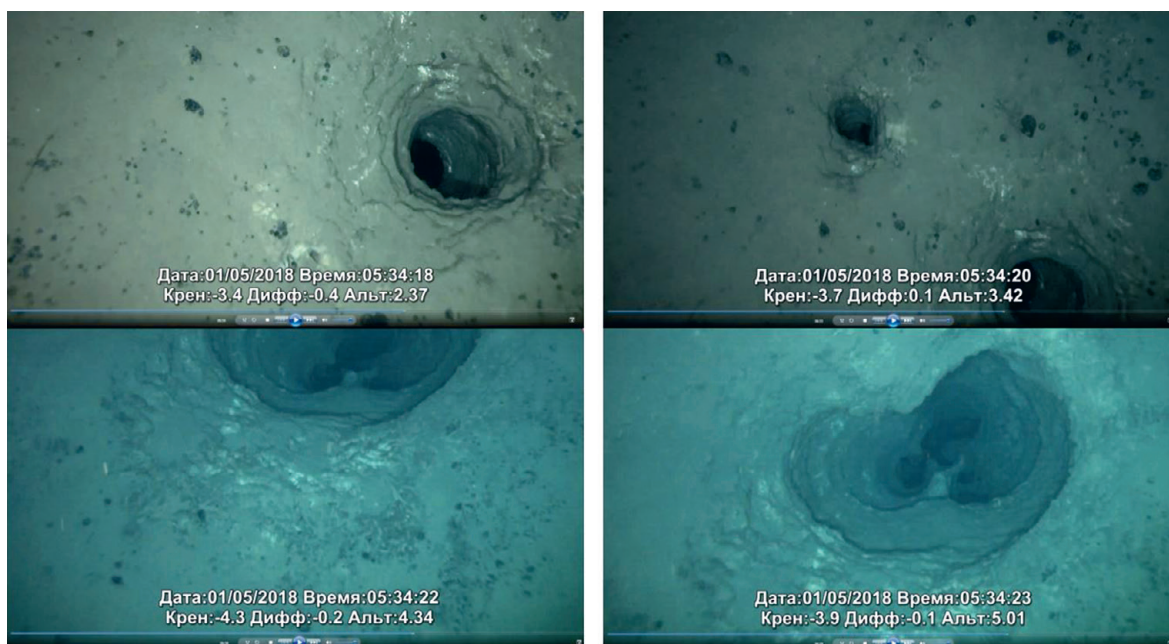


Рис. 9 – Группа воронкообразных врезов в карбонатных породах, зарегистрированная на видеоматериалах (серия стоп-кадров, полученных на профиле 417-19F) (материалы рейса 4-17 НИС «Геленджик», 2018 г.). Положение участка телесъемки на площади Восточного полигона РРР–ЖМК показано на врезке к рисунку 6 звездочкой под номером 2

Следующими по распространенности типами донных препятствий являются выходы на поверхность дна литифицированных осадочных пород (рисунок 10) и базальтов фундамента (рисунок 11), как правило, пространственно ассоциирующиеся с крутыми склонами и уступами в рельефе дна, а также глыбово-щебневые развалы осадочных (рисунок 12а) и магматических (рисунок 12б) пород у оснований крутых склонов и уступов. Особую опасность для будущей добычи могут представлять трудно обнаружимые на стадии разведки тонкоплитчатые покровы базальтовых лав, недавно излившихся на поверхность дна (рисунок 13). В общей сумме донные препятствия могут занимать до 2 % площади рудных залежей.



Рис. 10 – Выходы на поверхность дна литифицированных осадочных отложений, образующие уступ высотой 1.5 м (глубоководная фотография, Российский разведочный район, глубина 4900 м, площадь съемки ~ 3.8 м²) (материалы рейса 4-11 НИС «Южморгеология», 2011 г., профиль 411-11F). Положение точки фотографирования на площади Восточного полигона РРР–ЖМК показано на врезке к рисунку 6 звездочкой под номером 3

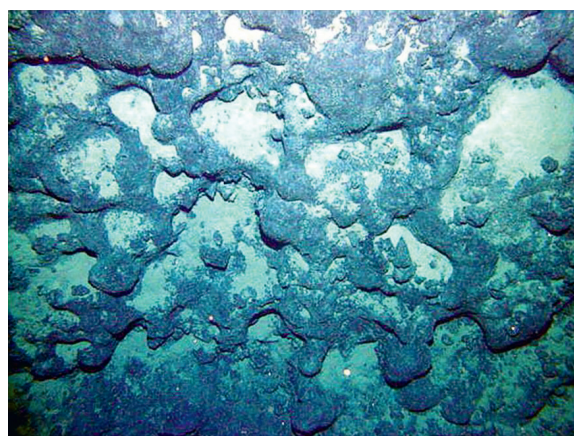


Рис. 11 – Выходы на поверхность дна подушечных лав базальтов фундамента, образующие ступенчатый склон со средним уклоном дна около 30° (глубоководная фотография, Российский разведочный район, глубина 5100 м, площадь съемки ~ 3.8 м²) (материалы рейса 4-14 НИС «Южморгеология», 2015 г., профиль 414-02F). Положение точки фотографирования на площади Восточного полигона РРР–ЖМК показано на врезке к рисунку 6 звездочкой под номером 4

За весь период контрактной деятельности из внутренних частей рудных залежей было отобрано около 1350 проб ЖМК общей массой порядка 5000 кг. По результатам химико-аналитических исследований этих проб установлено, что руды РРР–ЖМК характеризуются высоким качеством и по своей ценности сопоставимы с сульфидными рудами норильского типа.

В соответствии с Планом разведочной деятельности, утвержденным МОМД, в пределах РРР–ЖМК к 2017 г. завершены ГРР поисковой и оценочной стадий, в том числе на 45 % площади разведочного района (34 020 км²) – этапа локализации ресурсов, и с этого времени на площади первого 5-летнего добычного блока, выделенного по результатам ГРР оценочной стадии и состоящего из двух участков общей площадью 5 110 км², проводятся детальные работы разведочной стадии

масштаба 1:50 000. К концу 2023 г. разведка выполнена на трех смежных участках (В1-1, В1-2 и В1-3) общей площадью 1 610 км² и начата на четвертом участке (В1-4) площадью 1 131 км².

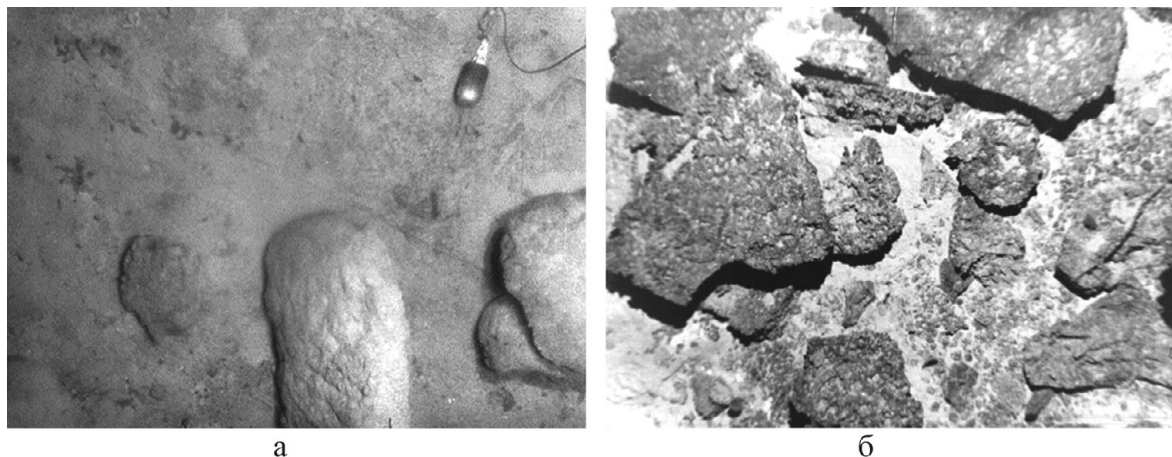


Рис. 12 – Глыбово-щебневые развалы осадочных (а) и магматических (б) пород у оснований крутых склонов (глубоководные фотографии).
Зона Кларион–Клиппертон, площадь съемки ~ 1.5 м²:
а – глубина 4550 м, рейс 5/85, НИС «17 съезд профсоюзов»;
б – глубина 4870 м, рейс 15/83, НИС «Феодосия»

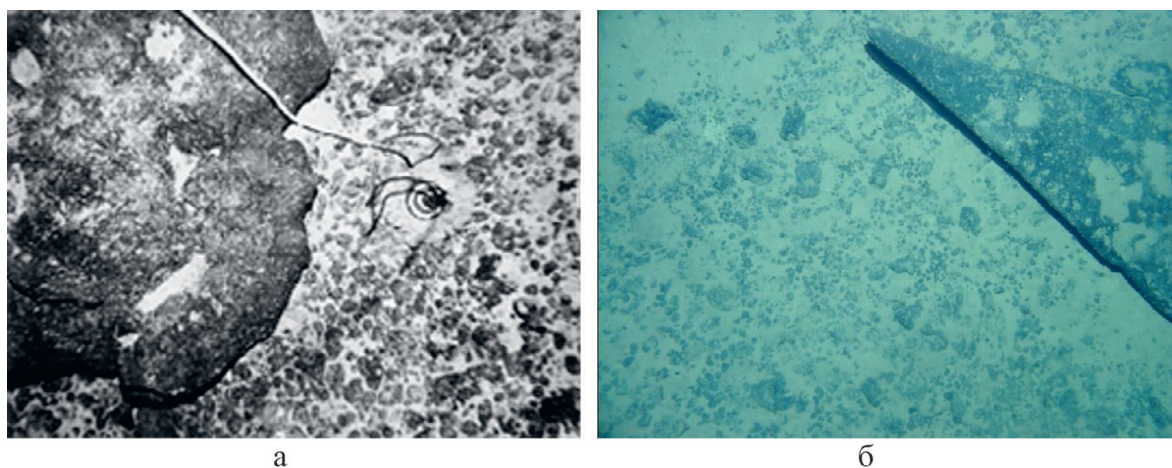


Рис. 13 – Языки тонкоплитчатых базальтовых лав на поверхности осадочных отложений (глубоководные фотографии):
а – зона Кларион–Клиппертон, рейс 5/85, НИС «17 съезд профсоюзов», глубина 4470 м, площадь съемки ~ 1.5 м²;
б – рейс 4-02, НИС «Геленджик», глубина 4654 м, площадь съемки ~2.6 м²

В результате разведочных работ, выполненных в соответствии с Программой деятельности в период с 2001 г. по 2023 г., около 58 % площади Разведочного района подрядчика АО «Южморгеология» изучено с детальностью, достаточной для оценки ресурсов железомарганцевых конкреций по категории Р₁ («предполагаемые»)

в системе классификации CRIRSCO), около 40 % площади – с детальностью, достаточной для оценки ресурсов железомарганцевых конкреций по категории C_2 («выявленные» в системе классификации CRIRSCO) и 2 % площади – с детальностью, достаточной для оценки ресурсов железомарганцевых конкреций по категории C_1 («измеренные» в системе классификации CRIRSCO).

Подводя итог работ собственно разведочной стадии, обеспечивающих решение задач третьего этапа контракта и выполненных к настоящему времени на площади около 1610 км², следует обозначить их основные геологические результаты:

- ✓ изучен рельеф дна месторождения с детальностью, достаточной для проектирования добычного комплекса и планирования добычных работ;
- ✓ уточнены геолого-структурные, геоморфологические и литологические факторы, определяющие пространственное размещение и условия локализации рудных залежей;
- ✓ уточнены контуры, условия залегания, особенности внутреннего строения, характеристики изменчивости геолого-промышленных параметров рудных залежей;
- ✓ детально изучены горно-геологические (ГГУ) и инженерно-геологические условия (ИГУ) эксплуатации месторождения ЖМК на площади изученных участков;
- ✓ выделены эксплуатабельные участки (блоки) на оконтуренных залежах конкреций;
- ✓ выполнен подсчет запасов руды (ЖМК) и основных металлов (Mn, Ni, Cu, Co) по категориям C_1 и C_2 и в соответствии с требованиями руководящих рекомендаций МОМД по категориям, предусмотренным шаблоном CRIRSCO: «измеренные» ресурсы (Measured mineral resources) и «выявленные» ресурсы (Indicated mineral resources).

Все категории ресурсов конкреционных руд Разведочного района характеризуются высоким качеством: средние содержания промышленно значимых компонентов в их составе имеют следующие значения: марганца – 30.29 %, никеля – 1.42 %, меди – 1.16 % и кобальта – 0.23 %.

По результатам оценки суммарных ресурсов железомарганцевых конкреций в пределах РРР–ЖМК по состоянию на 31 декабря 2020 г. ожидается, что объем извлекаемых запасов конкреционных руд упомянутых категорий в пределах будущего добычного района вполне достаточен для обеспечения деятельности будущего добычного предприятия производительностью 3 млн т ЖМК в сухой массе в год в течение 20-летнего срока.

Результаты исследований фоновых экологических характеристик природной среды

Международный орган придает большое значение экологической повестке и предпринимает усилия, направленные на обеспечение эффективной защиты морской среды от вредных для нее последствий, которые могут возникнуть в результате

деятельности в Районе. Деятельность Органа в этом направлении включает составление свода экологических руководств, в том числе экологического руководства по разведке залежей полиметаллических конкреций, указаний по разведке полиметаллических сульфидов и кобальтоносных железомарганцевых корок, создание рабочих и заповедных эталонных полигонов в контрактных районах глубоководной добычи и др.

В контракты на разведку полезных ископаемых, заключенные с Международным органом, включено требование о том, чтобы подрядчик собирал океанографические и фоновые экологические данные и устанавливал экологический фон, используемый для оценки вероятного воздействия на морскую среду деятельности подрядчика, осуществляемой в рамках плана работы по разведке, а также разрабатывал программу мониторинга такого воздействия и сообщения о нем (официальный документ МОМД «Руководящие рекомендации подрядчикам по оценке возможного экологического воздействия разведки морских полезных ископаемых в Районе» (ISBA/25/LTC/6/Rev.1)).

В соответствии с требованиями Руководящих рекомендаций, подрядчиком АО «Южморгеология» в каждом экспедиционном периоде деятельности осуществляется сбор фоновых экологических данных о природной среде и биологических сообществах в Российском разведочном районе. Целью этих исследований является получение достаточной информации из разведочного района о естественных условиях, существовавших до начала добычных испытаний и испытаний компонентов добычной системы, изучение природных процессов и сбор прочих данных, которые необходимы для точного прогнозирования экологического воздействия на морскую среду.

В рамках экологических исследований в период выполнения морских работ осуществляется 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: 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 органического и карбонатного углерода, аморфного кремнезема, CaCO₃, загрязняющих веществ и тяжелых металлов (Fe, Mn, Zn, Cd, Pb, Cu, Hg), значения Eh и pH, объем и состав поровых вод;

• характеристиках биологических сообществ: видовой состав, количество и биомасса ихтиофауны, фито-, зоо- и бактериопланктона, демерсальных падальщиков, донной мега-, макро-, мейо- и микрофауны, фауны конкреций.

Собранные данные в виде электронных баз данных передаются Международному органу в составе ежегодных отчетов о проведении контрактором разведочной деятельности в Районе.

Сводная характеристика фоновых экологических данных, полученная для Российского разведочного района ЖМК по материалам АО «Южморгеология», приведена в таблицах 2–12.

Табл. 2 – Метеорологические характеристики атмосферы и океана в пределах РРР–ЖМК

Параметр	Значения						Примечания
	Зимнее время			Летнее время			
	Мин.	Макс.	Среднее	Мин.	Макс.	Среднее	
Скорость ветра (м/с)	1	12	6	1	16	8	1) Доминирующее направление – СВ; 2) Среднегодовая скорость – ~ 7 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)	10	40	25	10	40	25	Видимость на уровне 20 км и более сохраняется в течение 70 % времени года
Температура воздуха (°С)	20	30	24	20	30	26	–
Давление (гПа)	1010	1020	1016	1010	1020	1012	–
Влажность (%)	75	85	78	75	85	82	–
Количество осадков (мм/мес)	20	80	50	50	350	200	–
Температура воды (°С)	25,0	26,0	25,5	25,0	26,0	25,5	–
Высота волн (м)	2	5	4	0	4	2	–
Повторяемость штормов (ед.)	–	–	–	1	3	2	1) Падение атмосферного давления до 980–990 гПа; 2) Возрастание скорости ветра в среднем до 37 м/с (максимально – до 50 м/с), облачности – до 90 % (максимально – до 100 %), влажности воздуха – до 85 % (максимально – до 90 %) и высоты волн – до 6–7 м (максимально – до 10 м)

Табл. 3 – Фоновые характеристики гидрофизических и гидрохимических показателей водной толщ

Стандартные горизонты, м	Значения параметров																				
	Температура, °С			Соленость, ‰			Прозрачность, %			рН, в единицах рН			Еh, + мВ			Щелочность (Алк), мг – экв/л			Кислород O ₂ , мг/л		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	28.11	28.48	28.27	33.5	33.9	33.7	66.3	84.7	79.6	8.08	8.17	8.11	435.0	496.8	462.7	2.228	2.361	2.306	3.46	5.60	4.45
50	28.03	28.24	28.13	34.0	34.1	34.0	81.0	86.3	84.6	8.16	8.20	8.17	405.8	474.3	447.3	2.281	2.337	2.304	4.07	4.19	4.15
100	11.84	12.45	12.11	34.6	34.7	34.7	80.8	87.0	84.6	7.69	7.75	7.72	418.7	523.1	468.4	2.228	2.410	2.327	0.11	0.52	0.20
150	10.05	11.89	10.80	34.6	34.7	34.7	81.2	86.9	84.2	7.69	7.97	7.76	433.0	479.0	458.2	2.317	2.434	2.375	0.01	0.12	0.08
600	5.36	6.37	5.91	34.5	34.5	34.5	80.7	86.6	84.9	7.66	7.74	7.70	431.5	536.7	472.4	2.377	2.478	2.424	0.03	0.22	0.12
1500	2.43	2.74	2.59	34.6	34.6	34.6	83.4	85.8	84.9	7.72	7.81	7.77	427.3	497.3	471.7	2.398	2.527	2.468	1.28	1.58	1.41
2500	1.70	1.76	1.73	34.7	34.7	34.7	83.5	85.9	85.2	7.70	7.89	7.79	434.2	513.7	475.8	2.422	2.503	2.478	2.01	2.34	2.24
3500	1.47	1.52	1.50	34.7	34.7	34.7	85.1	86.4	85.5	7.78	7.89	7.83	432.9	511.0	474.2	2.468	2.523	2.508	2.65	2.84	2.73
4000	1.43	1.48	1.44	34.7	34.7	34.7	85.5	86.7	85.8	7.88	7.89	7.88	434.5	481.8	462.2	2.377	2.503	2.453	2.84	3.09	3.03
4500	1.44	1.46	1.44	34.7	34.7	34.7	85.6	86.3	85.9	7.84	7.91	7.87	468.1	501.7	473.5	2.446	2.527	2.497	3.06	3.11	3.09
4600	1.45	1.48	1.46	34.7	34.7	34.7	84.9	86.6	85.8	7.79	7.90	7.85	453.2	519.1	479.9	2.468	2.543	2.511	3.05	3.10	3.08
4700	1.46	1.49	1.47	34.7	34.7	34.7	84.9	87.1	85.8	7.86	7.89	7.87	448.2	495.3	468.7	2.462	2.535	2.482	3.04	3.09	3.10
4800	1.47	1.50	1.48	34.7	34.7	34.7	21.5	86.5	61.4	7.85	7.90	7.87	441.8	500.6	469.2	2.434	2.543	2.492	3.01	3.05	3.04

Примечание – Значения параметров: 1 – минимальные, 2 – максимальные, 3 – средние.

Табл. 4 – 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 ₂ ⁻)					
	Мин.	Макс.	Фон.	Мин.	Макс.	Фон.	Мин.	Макс.	Фон.	Мин.	Макс.	Фон.			
0	0.00	7.12	4.34	0.00	2.101	5.18	<0.01	<0.01	<0.01	13.48	65.45	41.29			
50	4.03	7.12	5.58	0.00	4.20	1.82	<0.01	<0.01	<0.01	19.38	75.84	44.38			
100	77.44	82.39	78.67	350.20	480.47	423.74	<0.01	<0.01	<0.01	542.14	772.48	682.59			
150	50.49	89.21	78.67	312.38	539.31	477.67	<0.01	<0.01	<0.01	522.47	991.02	811.52			
600	99.12	110.89	105.93	595.34	669.58	637.64	<0.01	<0.01	<0.01	1884.84	2314.62	2073.32			
1500	97.57	106.86	100.67	550.51	682.19	613.27	<0.01	<0.01	<0.01	2292.14	4213.50	3673.05			
2500	85.18	105.31	93.85	543.51	724.21	597.86	<0.01	<0.01	<0.01	3258.44	4353.95	4077.54			
3500	85.18	94.47	90.44	494.48	623.36	560.32	<0.01	<0.01	<0.01	3904.51	4382.04	4208.72			
4000	79.60	87.66	84.25	448.26	560.32	513.39	<0.01	<0.01	<0.01	3988.78	4157.32	4059.01			
4500	81.46	86.73	83.63	441.25	553.32	506.11	<0.01	<0.01	<0.01	3932.60	4016.87	3969.96			
4600	78.98	86.73	83.63	469.27	518.30	492.80	<0.01	<0.01	<0.01	3792.15	4044.96	3932.60			
4700	78.98	86.73	82.70	466.47	546.31	502.47	<0.01	<0.01	<0.01	3792.15	4044.96	3965.47			
4800	79.60	86.73	82.70	469.27	536.51	504.01	<0.01	<0.01	<0.01	3904.51	4129.23	3988.78			
Поровые воды	Ил		81.77		559.20						2.66		8539.36		
	Глина		88.90		610.75						1.40		11488.81		

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

Табл. 5 – Фоновые характеристики содержания тяжелых металлов в водной толще

Стандартные горизонты, м	Содержание, мкг/л																				
	Fe			Mn			Zn			Cd			Pb			Cu			Hg		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	1.34	12.88	4.77	2.41	11.71	4.79	0.56	0.85	0.74	0.14	0.31	0.22	0.79	3.17	1.59	1.97	3.27	2.71	0.48	0.88	0.69
50	0.73	3.80	2.13	6.01	7.97	6.79	0.95	1.34	1.07	0.09	0.81	0.27	0.42	2.80	1.29	1.66	3.69	2.82	0.42	0.50	0.48
100	0.52	3.20	1.63	1.49	9.35	6.03	0.86	1.63	1.27	0.07	0.21	0.13	0.63	5.66	2.26	1.81	4.87	3.10	0.07	0.23	0.15
150	1.72	5.59	3.54	3.32	6.69	4.70	0.56	1.82	1.09	0.11	0.20	0.14	0.44	6.95	2.14	2.47	4.46	3.12	0.07	0.22	0.15
600	1.18	5.81	2.64	1.99	8.14	4.59	0.52	1.83	1.05	0.04	0.18	0.11	0.82	2.41	1.56	2.51	3.66	3.25	0.07	0.43	0.20
1500	0.95	1.28	0.95	0.64	13.88	5.95	0.54	1.28	0.85	0.10	0.21	0.13	0.65	1.75	1.30	2.00	3.28	2.65	0.07	0.27	0.17
2500	0.68	4.80	2.76	1.84	8.54	5.19	0.40	1.21	0.84	0.09	0.18	0.13	1.18	1.85	1.38	2.56	4.58	3.32	н. д.	н. д.	0.49*
3500	0.97	2.72	1.93	3.76	8.13	6.13	0.48	1.52	0.94	0.11	0.24	0.15	0.49	1.54	0.81	2.42	4.39	3.22	н. д.	н. д.	0.21*
4000	1.00	3.46	1.92	4.65	7.08	5.75	0.65	1.85	1.15	0.10	0.17	0.13	0.26	1.93	0.73	1.79	4.35	3.21	н. д.	н. д.	0.46*
4500	1.24	3.10	1.97	2.71	10.53	5.48	0.46	2.00	1.23	0.09	0.14	0.11	0.72	1.45	1.14	1.37	4.17	2.30	н. д.	н. д.	н. д.
4600	0.82	1.78	1.23	2.77	13.50	6.95	0.63	1.83	1.10	0.05	0.12	0.10	0.68	1.21	1.02	2.35	3.64	3.06	0.06	0.47	0.26
4700	0.50	2.76	1.45	1.67	8.78	5.35	0.98	1.83	1.40	0.10	0.16	0.12	0.35	2.52	1.18	2.30	3.61	3.02	0.14	0.20	0.17
4800	1.10	1.81	1.53	2.21	7.57	5.28	0.34	1.92	1.24	0.09	0.02	0.13	0.34	2.21	1.01	2.26	3.58	2.87	0.04	0.32	0.18
	В морской воде**																				
	10.0			2.0			10.0			0.1			0.03			3.0			0.03		
	В речной воде**																				
	10.0–67.0			1.0–50.0			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), н. д. – нет данных, * – одно значение.

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

Табл. 6 – Содержание фракций в гранулометрическом в составе осадков

Тип осадка	Размер фракции (мм)						
	1–0.5	0.5–0.25	0.25–0.1	0.1–0.05	0.05–0.01	0.01–0.005	0.005–0.001
	Содержание фракций (%)						
Кремнисто-глинистые илы	1.0	0.6	1.8	9.8	46.4	13.3	31.7
Карбонатные и глинисто-карбонатные породы	0.1	0.5	0.7	8.1	57.9	15.5	24.8

Табл. 7 – Содержание фракций в агрегатном и гранулометрическом составе кремнисто-глинистых осадков

Размер фракции, мм	Содержание фракций (%)			
	в агрегатном составе		в гранулометрическом составе	
	иллов	глин	иллов	глин
1.0–0.1 (песок)	10.9 ± 1.8	16.7 ± 8.0	0.4 ± 0.12	0.18 ± 0.20
0.1–0.01 (алеврит)	81.3 ± 4.4	75.0 ± 7.7	2.74 ± 4.65	0.45 ± 1.50
<0.01 (пелит)	7.7 ± 3.4	8.4 ± 5.0	96.87 ± 4.58	99.37 ± 1.51

Табл. 8 – Химический состав осадков (%)

Породообразующие окислы	Тип осадков	
	Кремнисто-глинистые илы	Карбонатные и глинисто-карбонатные породы
SiO ₂	50.32	8.43
TiO ₂	0.63	0.30
Al ₂ O ₃	12.69	1.77
Fe ₂ O ₃	6.18	2.31
FeO	0.48	0.14
MnO	0.65	0.47
CaO	3.28	44.49
MgO	3.28	1.23
K ₂ O	2.59	0.41
Na ₂ O	3.56	1.54
P ₂ O ₅	0.32	0.14
S _{пирит}	0.18	1.97
SO ₃	0.78	33.94
Ппп	8.24	2.94

Табл. 9 – Компоненты вещественного состава кремнисто-глинистых осадков

№ п.п.	Осадкообразующие компоненты	Содержание (%)	
		в илах	в глинах
1	Глинистая	83.5 ± 4.3	82.5 ± 4.2
2	Кремнистая	9.0 ± 2.0	7.5 ± 1.7
3	Карбонатная	1.76 ± 0.46	1.80 ± 0.43
4	Полимиктовая	0.50 ± 0.17	0.50 ± 0.17
5	Рудная (микроконкреции)	1.00 ± 0.33	0.50 ± 0.17

Табл. 10 – Физические и прочностные характеристики кремнисто-глинистых осадков

Характеризуемый тип	Плотность, г/см ³	Влажность, %	Пористость, %	Сопротивление, кПа	
				пенетрации	сдвигу
Ил	1.18 ± 0.03	328 ± 47	89.0 ± 0.33	5.4 ± 1.8	1.7 ± 0.3
Глина	1.25 ± 0.01	224 ± 16	84.2 ± 1.9	8.2 ± 11.7	4.0 ± 2.8

Табл. 11 – Фоновые значения физико-химических параметров (Eh, pH) кремнисто-глинистых осадков и содержаний в их составе аморфного кремнезема, органического и неорганического углерода

Тип осадка	Содержание, %				Eh, мВ	pH, ед.
	Сорг.	С карб.	CaCO ₃	SiO ₂ ам		
Ил	0.39 ± 0.06	0.21 ± 0.05	1.76 ± 0.46	5.53 ± 1.13	482 ± 24	7.62 ± 0.09
Глина	0.24 ± 0.10	0.22 ± 0.05	1.80 ± 0.43	3.27 ± 1.04	509 ± 21	7.44 ± 0.11

Табл. 12 – Фоновые уровни содержаний тяжелых металлов в донных осадках и поровых водах

Характеризуемый тип		Содержание						
		Fe	Mn	Zn	Cd	Pb	Cu	Hg
Ил	Осадок, мг/кг	43400	2730	147	0.50	53.0	314	0.082
	Поровая вода, мкг/л	42330	51930	6.80	0.43	2.90	10.64	1.00
Глина	Осадок, мг/кг	44730	1450	129	0.26	34.0	452	0.095
	Поровая вода, мкг/л	65330	42970	7.19	0.25	4.11	7.43	1.14
ПДК	в почвах, мг/кг	н. д.	1500	100	2.0	32	55	2.1
	в морской воде, мкг/л	100	50	50.0	10.0	10.0	5.0	0.1

НИОКР по разработке разведочных и добычных технологий

Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию технических средств разведки железомарганцевых конкреций, а также средств для исследования *in situ* геотехнических параметров морского дна, предусмотренные Добавлением 2 контракта на разведку, за годы контрактной деятельности выполнены в полном объеме.

В результате проведенных НИОКР по разработке разведочных технологий:

✓ осуществлена модернизация глубоководных подводных комплексов, обеспечивающих получение и обработку гидроакустической и видеоинформации с использованием современных цифровых технологий, в том числе:

- геоакустического комплекса картирования дна «МАК-Рельеф» со следующими тактико-техническими характеристиками (таблица 13);

- модернизированного фототелевизионного комплекса «Нептун-Ц» со следующими тактико-техническими характеристиками (таблица 14);

✓ изготовлен и испытан в лабораторных и натуральных условиях макет донной зондирующей установки «УГИ-ЖМК» (рисунок 14) для измерения и регистрации геотехнических свойств (сопротивления вращательному срезу и удельного сопротивления пенетрации) донных осадков в естественном залегании (*in situ*).

Что касается НИОКР в области добычных технологий, то лишь в начальный период контракта в рамках госзаказа по базовому проекту 11-01 была осуществлена разработка макета самоходного универсального носителя оборудования для изучения и подготовки к освоению твердых полезных ископаемых дна Мирового океана (рисунок 15), обеспечивающего проведение испытаний макетов органов сбора ЖМК с шириной захвата до 1 м, с производительностью – до 3 т/час, со скоростью движения – до 1 м/сек. В 2013 г. были проведены лабораторные и наземные испытания макета, но после этого все исследования в этой области были прекращены, поскольку в итоге административной реформы 2014 г. использование для этой цели средств бюджета на ГРП было запрещено.

С тех пор лишь однажды, в 2012 г., была предпринята попытка возобновить исследования в характеризуемой области за счет средств госбюджета, выделяемых Минпромторгу России в рамках государственной программы Российской Федерации «Развитие судостроения на 2013–2030 годы». Содержание этой попытки заключалось в разработке концептуального проекта комплекса глубоководного технологического оборудования для добычи ТПИ со дна Мирового океана, предназначенного для проведения натуральных испытаний экспериментальных образцов этого оборудования и опытной добычи твердых полезных ископаемых на месторождении ЖМК. Разработка осуществлялась силами ГНЦ ФГУГП «Южморгеология» по договору № К/1122-504/12-1 от 31.08.2012 в рамках ГК № 12411.1007499.09.104 от 25.07.2012 «Разработка концептуального проекта многоцелевого судна для проведения опытной добычи ресурсов недр Международного района морского дна (ЖМК, ГПС, КМК)». Шифр «НИС ЖМК».

Табл. 13 – Тактико-технические характеристики геоакустического комплекса картирования дна «МАК-Рельеф»

№ п/п	Наименование	Значение
1	Максимальная глубина погружения, м	6000
2	Максимальная скорость буксировки, узлов	6
<i>Гидролокатор бокового обзора высокочастотный (ГБО ВЧ)</i>		
3	Рабочая частота, кГц	120
	Диапазон обзора (на каждый борт), м	50–300
<i>Гидролокатор бокового обзора низкочастотный (ГБО НЧ)</i>		
4	Рабочая частота канала, кГц	33.4
	Диапазон обзора (на каждый борт), м	500–1250
<i>Эхолот (ЭН)</i>		
5	Рабочая частота, кГц	170
	Диапазон, м	5–200
<i>Акустический профилограф (АП)</i>		
6	Рабочая частота, кГц	4
	Ширина диаграммы направленности по уровню –3 дБ, град	25 конус
<i>Многолучевой эхолот (МЛЭ)</i>		
7	Рабочая частота, кГц	200
	Количество лучей	256
	Разрешение по глубине, мм	6
	Ширина полосы максимальная, м	600
<i>Датчик давления</i>		
8	Точность, % полной глубины	0.05
<i>Датчики положения</i>		
9	Курс, точность, град	0.2
	Крен, дифферент, точность, град	0.2
<i>Носитель аппаратуры подводный</i>		
10	Вес на воздухе, кг, не более	860
	Габаритные размеры, мм, не более	2600×910×1150

Табл. 14 – Тактико-технические характеристики фототелевизионного комплекса «Нептун-Ц»

№ п/п	Наименование	Значение
1	Максимальная глубина погружения, м	6000
2	Максимальная скорость буксировки, узлов	3
3	Тип телекамеры	Цифровая (Full HD)
4	Чувствительность, лк, не более	0.3
5	Количество кадров, к/с, не менее	25
6	Количество подводных световых приборов постоянного освещения (ПСП-П)	4
7	Тип фотокамеры	Цифровая (16 Мпкс)
8	Количество подводных световых приборов импульсного освещения (ПСП-И)	2
9	Мощность ПСП-П, Вт, не менее	70
10	Мощность ПСП-И, Дж, не менее	500
11	Максимальная дистанция съемки, м, до	8
12	Габаритные размеры, мм, не более	1760×760×720
13	Масса, кг, не более	650



Рис. 14 – Зондирующая установка «УГИ-ЖМК» перед спуском на воду в процессе натурных испытаний



Рис. 15 – Макет самоходного универсального носителя оборудования для изучения и подготовки к освоению твердых полезных ископаемых дна Мирового океана

Необходимо отметить, что разработанный к 2014 г. проект не стал стимулом для инициации действий по созданию хотя бы макетных образцов запроектированного технологического оборудования. С сожалением приходится констатировать, что эта ситуация сохраняется вплоть до настоящего времени.

НИОКР по разработке технологий переработки

Принимая во внимание тот факт, что усилиями многих научно-исследовательских организаций и металлургических предприятий нашей страны пирометаллургическая и гидрометаллургическая технологии переработки ЖМК были разработаны и испытаны в полупромышленных масштабах еще в период пребывания НПО «Южморгеология» в статусе «первоначального вкладчика» (Технико-экономические соображения ..., 1990), в контрактный период деятельность по данному направлению свелась лишь к эпизодическим исследованиям экономически целесообразных возможностей дополнительного включения в состав гидрометаллургической переработки ЖМК технологии технологических операций, ориентированных на извлечение расширенного перечня полезных попутных компонентов.

По результатам таких исследований, выполненных в рамках объекта госзаказа 4–14 (ГК № 47/01/112-1), установлено, что существуют технологические предпосылки попутного извлечения из состава ЖМК таких металлов, как цинк и редкоземельные элементы (Y, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu), концентрирующихся в процессе передела в никель-кобальтовом концентрате, а также молибден, концентрирующийся в нерастворимом остатке (Романчук и др., 2016).

Подготовка кадров для МОМД

С учетом того, что НПО «Южморгеология» в период пребывания в статусе первоначального вкладчика принимала на себя обязательства по подготовке кадров и выполнила их, при заключении контракта с МОМД от 29 марта 2001 г. она была освобождена от данного обязательства на основании пункта 2 правила 27 «Правил поиска и разведки полиметаллических конкреций в Районе» вплоть до истечения срока контракта, как это и предусмотрено п. 8 официального документа МОМД «Соображения, касающиеся руководящих рекомендаций контракторам и поручившимся государствам относительно программ подготовки кадров в соответствии с планами работы по разведке» (документ МОМД ISBA/19/LTC/7).

Что же касается периода продления контракта, то в его течение контрактором, во исполнение п. 1(f) официального документа МОМД «Процедуры и критерии продления утвержденного плана работы по разведке в соответствии с пунктом 9 раздела 1 приложения к Соглашению об осуществлении части XI Конвенции Организации Объединенных Наций по морскому праву от 10 декабря 1982 года» (документ МОМД ISBA/21/C/WP.1) и в соответствии с условиями Соглашения о продлении контракта на разведку полиметаллических конкреций, реализована программа обучения для шести стажеров, назначенных Органом. В рамках данной программы стажеры прошли обучение по теоретическому курсу «Морская геология» в Санкт-Петербургском государственном университете, а также приняли участие в научном рейсе научно-исследовательского судна «Геленджик», осуществлявшего разведку железомарганцевых

конкреций в пределах Российского разведочного района в зоне Кларион–Клиппертон Тихого океана.

По завершении стажировки как стажерами, так и подрядчиком АО «Южморгеология», были представлены в Орган в составе годовых отчетов подрядчика за 2018 и 2019 гг., отчеты о выполнении программы стажировки в период продления контракта на разведку ЖМК. Согласно заключениям Органа, содержащимся в обзорах деятельности подрядчиков за указанные годы (письмо Генерального секретаря Органа от 03 декабря 2019 г.), претензий к подрядчику АО «Южморгеология» в части выполнения обязательства по подготовке кадров в характеризуемый период со стороны Органа не имеется.

В период второго продления контракта, во исполнение упомянутого документа МОМД (документ МОМД ISBA/21/C/WP.1), предусматривается реализация программы обучения еще для десяти стажеров, назначенных Органом.

Периодическая отчетность перед Органом

В соответствии с официальными документами МОМД «Правила поиска и разведки полиметаллических конкреций в Районе» и «Руководящие рекомендации подрядчикам относительно содержания, формата и структуры годовых отчетов» (документы МОМД ISBA/19/C/WP.1 и ISBA/21/LTC/15), не позднее конца марта каждого года подрядчик представляет Генеральному секретарю отчет о работе, проделанной за предыдущий год в разведочном районе, содержащий следующую информацию:

- о разведочных работах, выполненных за календарный год, включая материалы, иллюстрирующие проделанную работу и полученные результаты;
- об оборудовании, использовавшемся при выполнении разведочных работ, включая результаты проведенных испытаний предлагаемых добычных технологий;
- об осуществлении программ подготовки кадров;
- результаты, полученные в ходе программ экологического мониторинга, включая наблюдения, измерения, оценки и анализы экологических параметров;
- сведения о количестве полиметаллических конкреций, извлеченных в виде проб или для испытаний;
- ведомость фактических прямых затрат на разведку, понесенных подрядчиком при осуществлении программы деятельности за учетный год подрядчика;
- изложение предлагаемых корректировок программы деятельности в разведочном районе и оснований для таких корректировок.

Подрядчик АО «Южморгеология» представил в Международный орган по морскому дну развернутые годовые отчеты о выполнении программы деятельности в разведочном районе в 2001–2021 гг. с соблюдением сроков, оговоренных в Разделе 10 Стандартных условий контракта, содержащихся в Приложении II к контракту на разведку (не позже 90 дней после окончания каждого календарного года).

Согласно заключениям Международного органа по морскому дну, содержащимся в обзорах деятельности подрядчиков за 2001–2021 гг. (официальные документы МОМД ISBA/8/LTC/2, ISBA/9/LTC/2, ISBA/10/LTC/3 и т.д.), подрядчик АО «Южморгеология» в указанные годы осуществлял свою деятельность в соответствии с утвержденным планом работ на разведку железомарганцевых конкреций.

Общий объем суммарных расходов подрядчика АО «Южморгеология» на выполнение утвержденного плана работ за весь прошедший период действия контракта находится в пределах его плановых обязательств и свидетельствует о добросовестном исполнении подрядчиком принятых на себя финансовых обязательств. Вместе с тем, необходимо отметить, что, начиная с 2014 г., фактические расходы подрядчика, за исключением 2019 г., оказались существенно более низкими, чем это было предусмотрено планом работ (~ 50 % от планировавшегося). 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, с 2022 г. дополнительно к финансированию работ по направлению изучения железомарганцевых конкреций в рамках программы 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 завершения третьего этапа Плана работ по разведке ЖМК, задачами которого являются отбор эксплуатационных участков (блоков) на оконтуренных месторождениях конкреций и определение запасов конкреций по категории «измеренные ресурсы».

Заключение

Приведенные материалы дают представление об истории и основных этапах российских (советских) исследований геологии и рудоносности высокоперспективной конкрециеносной провинции Клариян–Клиппертон, обеспечивших заключение в 2001 г. контракта с Международным органом по морскому дну на разведку участка дна в восточной части Тихого океана – Российского разведочного района железомарганцевых конкреций. Полученные в результате исследований провинции результаты позволили охарактеризовать геологические условия залегания конкреций и расшифровать структуру конкреционных месторождений, открыли возможность оценки ресурсного потенциала указанной провинции и, таким образом, создали основу для проектирования всего комплекса работ по разведке и будущему освоению месторождения, а также по переработке этого уникального типа минерального сырья.

В статье даются представления о характере контрактных обязательств подрядчика перед Международным органом и излагаются основные результаты геологоразведочных работ, полученные на площади Российского разведочного района с начала

контрактной деятельности. Приведены также результаты исследований фоновых экологических характеристик природной среды в разведочном районе, предусмотренных контрактными обязательствами.

Представленные материалы свидетельствуют об эффективности геологоразведочных работ, проводимых подрядчиком АО «Южморгеология» (от имени России) в Российском разведочном районе железомарганцевых конкреций, и о добросовестном выполнении Российской Федерацией основной части контрактных обязательств по разведочной деятельности, осуществляемой в РРР–ЖМК.

В то же время следует учитывать, что 28 марта 2026 г. завершается период второго продления контракта с МОМД, и к этому времени Россией должна быть подана заявка либо на утверждение плана работ на разработку месторождения, либо на третье продление контракта. В настоящее время Российская Федерация готова только ко второму варианту.

Список литературы

1. Андреев С. И., Голева Р. В., Юбко В. М. Экономические и геополитические аспекты проблемы освоения минеральных ресурсов Мирового океана // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2006. № 3. С. 72–76.
2. Андреев С. И., Черкашев Г. А., Муравьев К. Г., Юбко В. М., Пономарева И. Н., Быховский Л. З., Хабибуллин Р. Р. Научно-методическая основа ГРП на ТПИ Мирового океана: основные результаты и перспективы развития // Разведка и охрана недр. 2016. № 10. С. 27–32.
3. Атлас морфологических типов железомарганцевых конкреций Тихого океана. Научно-техническое сотрудничество стран – членов СЭВ по проблеме «Исследования морей и океанов с целью использования их минеральных ресурсов» / Ред. Б. Х. Егизаров, В. Зыка. Брно. 1985. 214 с.
4. Атлас морфологических типов железомарганцевых конкреций Мирового океана. Научно-техническое сотрудничество стран – членов СЭВ по проблеме «Исследования морей и океанов с целью использования их минеральных ресурсов» / Ред. Б. Х. Егизаров, В. Зыка. Брно. 1990. 211 с.
5. Базилевская Е. С. К вопросу о минеральном составе железомарганцевых конкреций // Докл. АН СССР. 1973. Т. 210. № 2.
6. Безруков П. Л. Железомарганцевые конкреционные руды. Геология океана. Осадкообразование и магматизм океана. Серия «Океанология». М.: Наука, 1979. С. 345–357.
7. Безруков П. Л., Андрущенко П. Ф. Железомарганцевые конкреции Индийского океана // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1972. № 7. С. 3–20.
8. Богданов Н. А., Батулин Г. Н., Дубинчук В. Т. Микроструктуры железомарганцевых конкреций океана. Атлас микрофотографий. М.: Наука, 1989. 288 с.
9. Геология и металлогения северной и экваториальной частей Индийского океана. Киев: Наукова думка, 1984.
10. Геология и минеральные ресурсы Мирового океана / INTERMORGEO. Варшава, 1990. 756 с.
11. Глумов И. Ф., Юбко В. М., Лыгина Т. И. Прогнозирование, поиски и разведка глубоководных месторождений ЖМК // Разведка и охрана недр. 2001. № 8. С. 2–4.
12. Гросс Е. Г., Корсаков О. Д., Кругляков В. В. и др. Генотипы железомарганцевых конкреций приэкваториальной части Тихого океана // ДАН СССР. 1985. Т. 282 № 4. С. 938–944.

13. Демидова Т. А., Контарь Е. А., Юбко В. М. Динамика придонных течений и особенности локализации железомарганцевых конкреций в провинции Клариион–Клиппертон // Океанология. 1996. Т. 36. № 1. С. 103–111.
14. Железомарганцевые конкреции Мирового океана / Под ред. Ю. Б. Казмина. ПГО «Севморгеология» // Тр. ВНИИОкеангеология. Л.: Недра, 1984. Т. 192. 175 с.
15. Железомарганцевые конкреции Тихого океана / Под ред. П. Л. Безрукова // Тр. ИО АН СССР. М.: Недра, 1976. Т. 109. 301 с.
16. Железомарганцевые конкреции центральной части Тихого океана / Под ред. И. О. Мурдмаа, Н. С. Скорняковой // Тр. ИО АН СССР. М.: Наука, 1986. Т. 122. 344 с.
17. Железомарганцевые конкреции Центральной котловины Индийского океана. М.: Наука, 1989. 223 с.
18. Корсаков О. Д., Юбко В. М., Чаленко С. А., Стоянов В. В. Металлогеническая зональность и особенности структуры полей железомарганцевых конкреций. В кн.: Геология морей и океанов. Докл. Сов. геологов на XXVIII сессии Междунар. геологич. конгресса (Вашиигтон, июнь 1989 г.). Л.: ПГО «Севморгеология», 1988. С. 55–62.
19. Корсаков О. Д., Юбко В. М. Моделирование свойств глубоководных скоплений железомарганцевых конкреций // Советская геология. 1991. № 12. С. 57–62.
20. Кругляков В. В., Лыгина Т. И., Масловский В. М., Сапрыкин С. С. Геологическая документация при геологоразведочных работах на океанические железомарганцевые конкреции // Разведка и охрана недр. 2008. № 2. С. 25–30.
21. Кругляков В. В., Лыгина Т. И. К вопросу о происхождении железомарганцевых конкреций. В сб.: Совершенствование минералого-геохимических методов изучения и подготовки к освоению железомарганцевых руд Мирового океана // Труды совещания, 20–21 марта 2007 г. М., ФГУП ВИМС, 2009.
22. Лыгина Т. И. Основные результаты изучения железомарганцевых руд Российского разведочного района и направления дальнейших исследований. В сб.: Совершенствование минералого-геохимических методов изучения и подготовки к освоению железомарганцевых руд Мирового океана // Труды совещания, 20–21 марта 2007 г. М.: ФГУП ВИМС, 2009.
23. Лыгина Т. И. Внутриплитная вулканическая и гидротермальная активность в океане – новые факты // Природа. 2010. № 5. С. 36–45.
24. Лыгина Т. И. Геологическое строение и рациональная комплексная система изучения абиссальных месторождений железомарганцевых конкреций // Рациональное освоение недр. 2012. № 2. С. 28–37.
25. Методические рекомендации по технологическому опробованию при проведении геологоразведочных работ на железомарганцевые конкреции в Мировом океане. В кн.: Методика проведения геологоразведочных работ на железомарганцевые конкреции Мирового океана. Книга 1: Методические и нормативные документы. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1997. С. 135–145.
26. Минералого-геохимические методы изучения железомарганцевых руд Мирового океана // Труды совещания «Совершенствование минералого-геохимических методов изучения и подготовки к освоению железомарганцевых руд Мирового океана», 20–21 марта 2007 г. М.: ВИМС, 2009. 324 с.
27. Мирлин Е. Г., Лыгина Т. И., Асавин А. М., Чесалова Е. И. Вулкано-тектоническая активность океанской литосферы в восточном секторе Тихого океана // Океанологические исследования. 2019. Т. 47 (1). С. 198–222.
28. Неизвестнов Я. В., Кондратенко А. В., Козлов С. А. и др. Инженерная геология рудной провинции Клариион–Клиппертон в Тихом океане // Тр. ВНИИОкеанология Мин-ва природн. Ресурсов РФ и РАН. Т. 197. СПб: Наука, 2004. 281 с.

29. Основные положения по подсчету и учету запасов и прогнозных ресурсов железомарганцевых конкреций Мирового океана. В кн.: Методика проведения геологоразведочных работ на железомарганцевые конкреции Мирового океана. Книга 1: Методические и нормативные документы. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1997. С. 43–47.
30. Оценка годовых отчетов, представляемых подрядчиками. Доклад и рекомендации Юридической и технической комиссии. Документ ISBA/8/LTC/2 [Электронный ресурс]. https://isa.org.jm/files/files/documents/isba_8ltc_2_1.pdf – свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
31. Оценка годовых отчетов, представляемых подрядчиками. Доклад и рекомендации Юридической и технической комиссии. Документ ISBA/9/LTC/2 [Электронный ресурс]. https://isa.org.jm/files/files/documents/isba_9ltc_2_1.pdf – свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
32. Оценка годовых отчетов, представляемых подрядчиками. Доклад и рекомендации Юридической и технической комиссии. Документ ISBA/10/LTC/3 [Электронный ресурс]. https://isa.org.jm/files/files/documents/isba_10ltc_3_2.pdf – свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
33. Поисково-разведочная (оценочная) стадия проведения геологоразведочных работ на железомарганцевые конкреции Мирового океана: Методические указания. В кн.: Методика проведения геологоразведочных работ на железомарганцевые конкреции Мирового океана. В 3-х кн. Книга 1: Методические и нормативные документы. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1997. С. 69–90.
34. Положение о стадийности геологоразведочных работ на железомарганцевые конкреции Мирового океана. В кн.: Методика проведения геологоразведочных работ на железомарганцевые конкреции Мирового океана. Книга 1: Методические и нормативные документы. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1997. С. 25–41.
35. Правила поиска и разведки полиметаллических конкреций в Районе. Документ ISBA/6/C/2, [Электронный ресурс]. <http://www.isa.org.jm/files/documents/RU/6Sess/Cncl/ISBA-6C-2.pdf> – свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
36. Правила поиска и разведки полиметаллических сульфидов в Районе. Документ ISBA/16/A/12/Rev.1, [Электронный ресурс]. <https://www.isa.org.jm/documents/isba16a12-rev-1> – свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
37. Правила поиска и разведки кобальтоносных железомарганцевых корок в Районе – документ ISBA/18/A/11, [Электронный ресурс]. <https://www.isa.org.jm/documents/isba18a11> – свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
38. Процедуры и критерии продления утвержденного плана работы по разведке в соответствии с пунктом 9 раздела 1 приложения к Соглашению об осуществлении части XI Конвенции Организации Объединенных Наций по морскому праву от 10 декабря 1982 года – документ ISBA/21/C/WP.1, [Электронный ресурс]. <https://isa.org.jm/files/files/documents/isba-21c-wp1-ru.pdf> – свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
39. Решение Совета Международного органа по морскому дну относительно заявки «Южморгеологии» на продление контракта на разведку полиметаллических конкреций между «Южморгеологией» и Органом. Документ ISBA/22/C/22, [Электронный ресурс]. https://isa.org.jm/files/files/documents/isba-22c-22_5.pdf – свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
40. Романчук А. И., Кошель Д. Я., Карева А. В., Юбка В. М., Пономарева И. Н. Извлечение попутных компонентов из океанических железомарганцевых конкреций // Руды и металлы. 2016. № 3. С. 72–78.
41. 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.
42. Руководящие рекомендации контракторам и поручившимся государствам относительно программ подготовки кадров в соответствии с планами работы по разведке. Документ ISBA/19/LTC/14, [Электронный ресурс]. https://isa.org.jm/files/files/documents/isba-19ltc-14_1_1.pdf – свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
 43. Руководящие рекомендации контракторам в отношении содержания, формата и структуры годовых отчетов. Документ ISBA/21/LTC/15, [Электронный ресурс]. <https://www.isa.org.jm/document/isba21ltc15> – свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
 44. Руководящие рекомендации контракторам 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.
 45. Скорнякова Н. С. Марганцевые конкреции в осадках северо-восточной части Тихого океана // Докл. АН СССР. 1960. Т. 130. № 3. С. 653–656.
 46. Скорнякова Н. С., Зенкевич Н. А. Распределение железомарганцевых конкреций в поверхностном слое осадков Тихого океана // Океанология. 1961. Т. 1 (1). С. 86–94.
 47. Скорнякова Н. С., Андрущенко П. Ф. Химический состав железомарганцевых конкреций Тихого океана // Океанология. 1962. № 2 (2). С. 264–277.
 48. Скорнякова Н. С., Андрущенко П. Ф. Железомарганцевые конкреции Тихого океана // Литология и полезные ископаемые. 1964. № 5. С. 21–36.
 49. Скорнякова Н. С., Андрущенко П. Ф. Железомарганцевые конкреции центрального района южной части Тихого океана // Океанология. 1968. № 8 (5). С. 865–868.
 50. Скорнякова Н. С., Андрущенко П. Ф. Железомарганцевые конкреции в Тихом океане. В сб.: Тихий океан. Т. 6: Осадкообразование в Тихом океане. М.: Наука, 1970. С. 203–268.
 51. Скорнякова Н. С., Безруков П. Л., Мурдмаа И. О. Основные закономерности распространения и состава полей океанских железомарганцевых конкреций // Литол. и полезные ископаемые. 1981. № 5. С. 51–63.
 52. Соглашение об осуществлении Части XI Конвенции Организации Объединенных Наций по морскому праву от 10 декабря 1982 года [Электронный ресурс]. https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/agreement_impl_lawsea.shtml – свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
 53. Соображения, касающиеся руководящих рекомендаций контракторам и поручившимся государствам относительно программ подготовки кадров в соответствии с планами работы по разведке. Документ ISBA/19/LTC/7, [Электронный ресурс]. https://isa.org.jm/files/files/documents/isba-19ltc-7_1_1.pdf – свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
 54. Техничко-экономические соображения (ТЭС) о возможном промышленном значении месторождения железомарганцевых конкреций на выделенном Советскому Союзу участке морского дна площадью 75 тыс. км² в зоне Кларион–Клиппертон Тихого океана. Кн. 1–7. М.: Мингео СССР, 1990.
 55. Условия образования и закономерности размещения железомарганцевых конкреций Мирового океана / Под ред. О. Д. Корсакова. Л.: Недра, 1987. 259 с.
 56. Успенская Т. Ю., Горшков А. И., Сивцов А. В. Минеральный состав и внутреннее строение Fe-Mn-конкреций из зоны разломов Кларион–Клиппертон // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1987. № 3. С. 91–100.
 57. Успенская Т. Ю., Скорнякова Н. С. Текстуры и структуры океанских железомарганцевых конкреций и корок. М.: Наука, 1991. 240 с.
 58. Химия океана. Т. 2: Геохимия донных осадков. Сер. «Океанология» / Под ред. И. И. Волкова. М.: Наука, 1979. 536 с.

59. Школьник Э. Л., Жегалло Е. А., Юбко В. М., Шувалов Ю. В. Железомарганцевые корки гайотов и конкреции батиаля – проблемы определения условий их формирования. М.: Эслан, 2009. 125 с.
60. Школьник Э. Л., Жегалло Е. А., Батулин Г. Н., Богатырев Б. А., Габер М., Герасименко Л. М., Головин Д. И., Еганов Э. А., Елень С., Лейминь Иен, Коваленкер В. А., Кругляков В. В., Кулешов В. Н., Мочабели Г. А., Мельников М. Е., Новиков В. М., Орлеанский В. А., Пахневич А. В., Слукин А. Д., Хамхадзе Н. И., Шарков А. А., Юбко В. М. Исследование марганцевой и железомарганцевой минерализации в разных природных обстановках методами сканирующей электронной микроскопии. М.: Эслан, 2012. 472 с.
61. Юбко В. М., Стоянов В. В., Горелик И. М. Геологическое строение и рудоносность зоны Кларион–Клиппертон Тихого океана // Советская геология. 1990. № 12. С. 72–80.
62. Юбко В. М., Мельников М. Е., Голева Р. В., Коноплева Е. В., Уланова Т. С. Минералы кобальта в океанических железомарганцевых корках и конкрециях // ДАН. 2002. Т. 384. № 6. С. 1–4.
63. 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.
64. 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.
65. Юбко В. М., Лыгина Т. И., Горелик И. М. Геоинформационная система «Твердые полезные ископаемые Мирового океана». В кн.: Мировой океан: Минеральные ресурсы Мирового океана, Арктики и Антарктики. М.: ВИНТИ, 2001. С. 181–190.
66. Юбко В. М. Рудоносность океанского дна: новые перспективы. В сб.: Геодинамические и генетические модели рудных месторождений / Отв. ред. В. И. Щеглов. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2007. С. 291–301.
67. Юбко В. М. Имитационное моделирование рудных объектов при решении задач их разведки (на примере месторождений ЖМК) // Вестник Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института). 2009. № 1. С. 43–51.
68. Юбко В. М., Пономарева И. Н., Беденко В. В., Голева Р. В. Координация усилий России и МОМД по организации изучения и подготовки к освоению ТПИ Мирового океана // Рациональное освоение недр. 2012. № 4. С. 84–85.
69. Юбко В. М., Лыгина Т. И. Внутриплитные вулканогенно-гидротермальные системы зоны Кларион–Клиппертон Тихого океана // Доклады Академии наук. 2015. Т. 462. № 4. С. 452–455.
70. Юбко В. М., Ширяев Б. К., Пономарева И. Н. Минеральные ресурсы Международного района дна // Разведка и охрана недр. 2016. № 10. С. 33–37.
71. Юбко В. М., Лыгина Т. И. Природа рудоносных гидротермальных флюидов внутриплитных районов океанского дна (на примере зоны Кларион–Клиппертон Тихого океана). В сб.: Основные проблемы в учении об эндогенных рудных месторождениях: новые горизонты // Материалы Всероссийской конференции, посвященной 120-летию со дня рождения выдающегося российского ученого академика А. Г. Бетехтина. М.: ФГБУ «ИГЕМ РАН», 2017. С. 125–130.
72. 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.
73. Юбко В. М., Лыгина Т. И. Полиметаллические конкреции. В кн.: Мировой океан. Том 3: Твердые полезные ископаемые и газовые гидраты в океане. М.: Научный мир, 2018. С. 199–266.

74. *Demidova T., Pilipchuk M., Yubko V.* Near-Bottom water dynamics at test areas in the northeastern tropical Pacific ocean // Proceedings, Ocean Community Conference-98 IEEE Marine Technological Society. Maryland. Baltimore. USA, 1998. P. 175–188.
75. Establishment of a Geological Model of Polymetallic Nodule Deposits in the Clarion–Clipperton Fracture Zone of the Equatorial North Pacific Ocean. [Электронный ресурс]. <http://www.isa.org.jm/sites/default/files/files/documents/2003-geomodel.pdf>. Загл. с экрана. Яз. англ.
76. *Lyle M., Liberty L., Moore Jr. T. C., Rea D. K.* Development of a Seismic Stratigraphy for the Paleogene Sedimentary Section, Central Tropical Pacific Ocean), <https://doi.org/10.2973/odp.proc.ir.199.104.2002> // Initial Reports of the Integrated Ocean Drilling Program, 199. [Электронный ресурс]. 2002. http://www-odp.tamu.edu/publications/199_IR/199ТОС.HTM свободный. Загл. с экрана. Яз. англ.
77. *Lyle M., Wilson P. A., Janecsek T. R.* et al., Proceedings of the Ocean Drilling Program, Initial Reports Volume 199. Shipboard Scientific Party. <https://doi.org/10.2973/odp.proc.ir.199.115.2002>. [Электронный ресурс]. 2002. Режим доступа: http://www-odp.tamu.edu/publications/199_IR/199ТОС.HTM – свободный. Загл. с экрана. Яз. англ.
78. *Pälike H., Lyle M. W., Ahagon N., Raffi I., Gamage K., John C. M.* Pacific equatorial age transect. IODP Sci. Prosp., 317/319. <https://doi.org/10.2204/iodp.sp.317319.2007>, [Электронный ресурс]. 2007. http://publications.iodp.org/scientific_prospectus/Archive/317_319/317319SP.PDF. Загл. с экрана. Яз. англ.
79. *Pälike H., Lyle M., Nishi H., Raffi I., Gamage K., Klaus A.* and the Expedition 320/321 Scientists. Site U1334 2010 // Proceedings of the Integrated Ocean Drilling Program, 320/321: Tokyo (Integrated Ocean Drilling Program Management International, Inc.). 2010. P. 1–126. <https://doi.org/10.2204/iodp.proc.320321.2010>, [Электронный ресурс]. http://eprints.soton.ac.uk/170025/1/2021_106.PDF. Загл. с экрана. Яз. англ.
80. Requests for Approval of Plans of Work for Exploration by the Government of India, the Institut Français de recherche pour l'exploitation de la mer FREMER) /Association Français pour l'étude et la recherche des nodules (AFERNOD) (France), Deep Ocean Resources Development Co., Ltd (Japan), Yuzhmorgeologiya (Russian Federation), China Ocean Mineral Resources Research and Development Association (China), Interoceanmetal Joint Organization (Bulgaria, Cuba, Czech Republic, Poland, Russian Federation and Slovakia) and the Government of the Republic of Korea- документ ISBA/3/C/9. [Электронный ресурс]. <https://isa.org.jm/files/files/documents/isba-3c-9.pdf> – свободный. Загл. с экрана. Яз. англ.
81. *Tjeerd H. van Andel, Heath G. R., Bennett R. H., Bukry J. D., Charleston S., Cronan D. S., Dinkelman M. G., Kaneps A. G., Rodolfo K. S., Yeats R. S.* Site 161 // Initial Reports of the Deep-Sea Drilling Project, 16, US Government Printing Office, Washington DC. 1973. P. 301–364.
82. Twenty sixth meeting of the GEBSCO sub-committee on undersea feature names (SCUFN). ИОС-ИНО / GEBSCO SCUFN-XXVI. Tokyo, Japan, 2014. 88 p.
83. *Van Andel T. H., Heath G. R.* Geological results of leg 16: the Central Equatorial Pacific West of East Pacific Rise // Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, 16, US Government Printing Office, Washington DC. 1973. P. 937–949.
84. *Yubko V., Kotlin'ski R. A.* Volcanic, Tectonic and Sedimentary Factors, Prospectors Guide for the Clarion–Clipperton Zone Polymetallic Nodule Deposits. Development of a Geological Models for the Clarion–Clipperton Zone Polymetallic Nodule Deposits / ed. C. L. Morgan. Kingston, Jamaica. 2009. P. 11–34.

Статья поступила в редакцию 07.09.2023, одобрена к печати 10.12.2023.

Для цитирования: Юбко В. М., Пономарева И. Н., Лыгина Т. И. Геологоразведочные работы на месторождении железомарганцевых конкреций в зоне Клариян–Клиппертон Тихого океана: история и результаты исследований // Океанологические исследования. 2023. № 51 (4). С. 90–134. [https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2023.51\(4\).5](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2023.51(4).5).

GEOLOGICAL EXPLORATION WORKS AT THE DEPOSIT OF POLYMETALLIC NODULES IN THE CLARION–CLIPPERTON ZONE OF THE PACIFIC OCEAN: HISTORY AND RESEARCH RESULTS

V. M. Yubko, I. N. Ponomareva, T. I. Lygina

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

The paper highlights the history of Russian research of manganese nodules in the Pacific Clarion–Clipperton zone, the most promising nodule-bearing province of the World 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 for Polymetallic nodules. The article provides information about the contractual obligations to the International Seabed Authority (ISBA) that the Russian Federation has in accordance with a fifteen-year contract for the exploration of polymetallic nodules concluded with the ISBA. The paper also presents the main results of studying the baseline environmental characteristics of the natural environment in the Russian Exploration Area for Polymetallic Nodules. Information is provided on the fulfillment of other contractual obligations to the International Seabed Authority: scientific research on the development of exploration and production technologies, processing technologies, training of personnel for the International Seabed Authority, and fulfillment of financial obligations.

Keywords: polymetallic nodules, Pacific Ocean, Clarion–Clipperton zone, Russian Exploration Area, International Seabed Authority, geological exploration, baseline environmental characteristics

Referenses

1. Andreev, S. I., R. V. Goleva, and V. M. Yubko, 2006: Ekonomicheskie i geopoliticheskie aspekty problemy osvoeniya mineral'nyh resursov Mirovogo okeana. *Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie*, **3**, 72–76.
2. Andreev, S. I., G. A. Cherkashev, K. G. Murav'ev, V. M. Yubko, I. N. Ponomareva, L. Z. By'hovskij, and R. R. Habibullin, 2016: Nauchno-metodicheskaya osnova GRR na TPI Mirovogo okeana: osnovnye rezul'taty i perspektivy razvitiya. *Razvedka i ohrana nedr*, **10**, 27–32.
3. *Atlas morfologicheskikh tipov zhelezomargancevy'h konkrecij Tihogo okeana. Nauchno-tehnicheskoe sotrudnichestvo stran – chlenov SEV po probleme “Issledovaniya morej i okeanov s cel'yu ispol'zovaniya ih mineral'nyh resursov”*, 1985, Red. B. H. Egiazarov, V. Zy'ka, Brno, 214 p.
4. *Atlas morfologicheskikh tipov zhelezomargancevyh konkrecij Mirovogo okeana. Nauchno-tehnicheskoe sotrudnichestvo stran – chlenov SEV po probleme “Issledovaniya morej i okeanov s cel'yu ispol'zovaniya ih mineral'nyh resursov”*, 1990, Red. B. H. Egiazarov, V. Zy'ka, Brno, 211 p.
5. Bazilevskaya, E. S., 1973: K voprosu o mineral'nom sostave zhelezomargancevyh konkrecij. *Dokl. AN SSSR*, **210** (2).
6. Bezrukov, P. L., 1979: *Zhelezomargancevye konkrecionnye rudy. Geologiya okeana. Osadkoobrazovanie i magmatizm okeana. Seriya Okeanologiya*. Moscow, Nauka, 345–357.

7. Bezrukov, P. L. and P. F. Andrushhenko, 1972: Zhelezomargancevy'e konkretii Indijskogo okeana. *Izv. AN SSSR. Ser. geol.*, **7**, 3–20.
8. Bogdanov, N. A., G. N. Baturin, and V. T. Dubinchuk, 1989: Mikrostruktury zhelezomargancevykh konkretij okeana. *Atlas mikrofotografij*. Moscow, Nauka, 288 p.
9. Ckornyakova, N. S. and P. F. Andrushhenko, 1962: Himicheskij sostav zhelezomargancevykh konkretij Tihogo okeana. *Okeanology*, **II** (2), 264–277.
10. Demidova, T. A., E. A. Kontar', and V. M. Yubko, 1996: Dinamika pridonny'h techenij i osobennosti lokalizacii zhelezomargancevykh konkretij v provincii Klarion–Klipperton. *Okeanology*, **36** (1), 103–111.
11. Demidova, T., M. Pilipchuk, and V. Yubko, 1998: *Near-Bottom water dynamics at test areas in the northeastern tropical Pacific ocean*. Proceedings, Ocean Community Conference /98 IEEE Marine Technological Society. Maryland, Baltimore, USA, 175–188.
12. *Establishment of a Geological Model of Polymetallic Nodule Deposits in the Clarion–Clipperton Fracture Zone of the Equatorial North Pacific Ocean*. <http://www.isa.org.jm/sites/default/files/files/documents/2003-geomodel.pdf>.
13. *Geologiya i metallogeniya severnoj i ekvatorial'noj chastej Indijskogo okeana*. 1984. Kiev, Naukova dumka.
14. *Geologiya i mineral'nye resursy Mirovogo okeana*, 1990, INTERMORGEО, Varshava, 756 p.
15. Glumov, I. F., V. M. Yubko, and T. I. Ly'gina, 2001: Prognozirovanie, poiski i razvedka glubokovodnykh mestorozhdenij ZhMK. *Razvedka i ohrana neдр*, **8**, 2–4.
16. Gross, E. G., O. D. Korsakov, and V. V. Kruglyakov et al., 1985: Genotipy' zhelezomargancevykh konkretij priekvatorial'noj chasti Tihogo okeana. *DAN SSSR*, **282** (4), 938–944.
17. *Himiya okeana*. 1979: Vol. 2: *Geohimiya donnykh osadkov*, Ser. Okeanologiya, Pod red. I. I. Volkova, Moscow, Nauka, 536 p.
18. Korsakov, O. D., V. M. Yubko., S. A. Chalenko, and V. V. Stoyanov, 1988: Metallogenicheskaya zonal'nost' i osobennosti struktury polej zhelezomargancevykh konkretij. *Geologiya morej i okeanov. Dokl. Sov. geologov na XXVIII sessii Mezhdunar. geologich. kongressa (Vashiington, iyun' 1989 g)*. Leningrad, PGO “Sevmorgeologiya”, 55–62.
19. Korsakov, O. D. and V. M. Yubko, 1991: Modelirovanie svojstv glubokovodnykh skoplenij zhelezomargancevykh konkretij. *Sovetskaya geologiya*, **12**, 57–62.
20. Kruglyakov, V. V., T. I. Ly'gina, V. M. Maslovskij, and S. S. Sapry'kin, 2008: Geologicheskaya dokumentaciya pri geologorazvedochny'h rabotah na okeanicheskie zhelezomargancevy'e konkretii. *Razvedka i ohrana neдр*, **2**, 25–30.
21. Kruglyakov, V. V. and T. I. Ly'gina, 2009: K voprosu o proishozhdenii zhelezomargancevy'h konkretij. Sovershenstvovanie mineralogo-geohimicheskikh metodov izucheniya i podgotovki k osvoeniyu zhelezomargancevy'h rud Mirovogo okeana. *Trudy soveshchaniya, 20–21 marta 2007*. Moscow, FGUP VIMS.
22. Ly'gina, T. I., 2009: Osnovnye rezul'taty izucheniya zhelezomargancevykh rud Rosijskogo razvedochnogo rajona i napravleniya dal'nejshih issledovanij. Sovershenstvovanie mineralogo-geohimicheskikh metodov izucheniya i podgotovki k osvoeniyu zhelezomargancevy'h rud Mirovogo okeana. *Trudy' soveshchaniya, 20–21 marta 2007 g*. Moscow, FGUP VIMS.
23. Ly'gina, T. I., 2010: Vnutriplitnaya vulkanicheskaya i gidrotermal'naya aktivnost' v okeane – novye fakty. *Priroda*, **5**, 36–45.
24. Ly'gina, T. I., 2012: Geologicheskoe stroenie i racional'naya kompleksnaya sistema izucheniya abissal'nykh mestorozhdenij zhelezomargancevykh konkretij. *Racional'noe osvoenie neдр*, **2**, 28–37.
25. Lyle, M., L. Liberty, Jr. T. C. Moore, and D. K. Rea, 2002: *Development of a Seismic Stratigraphy for the Paleogene Sedimentary Section, Central Tropical Pacific Ocean*, <https://doi.org/10.2973/odp.proc.ir.199.104.2002//> Initial Reports of the Integrated Ocean Drilling Program, 199. http://www-odp.tamu.edu/publications/199_IR/199TOC.HTM.

26. Lyle, M., P. A. Wilson, and T. R. Janecek, et al., 2002: *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Initial Reports*, Vol. 199, Shipboard Scientific Party, <https://doi.org/10.2973/odp.proc.ir.199.115.2002>, http://www-odp.tamu.edu/publications/199_IR/199TOC.HTM.
27. Metodicheskie rekomendacii po tehnologicheskomu oprobovaniiyu pri provedenii geologorazvedochnyh rabot na zhelezomargancevye konkretii v Mirovom okeane. *Metodika provedeniya geologorazvedochnyh rabot na zhelezomargancevye konkretii Mirovogo okeana*. Kniga 1. (Metodicheskie i normativnye dokumenty), 1997, Moscow, ZAO “Geoinformmark”, 135–145.
28. Mineralo-geohimicheskie metody izucheniya zhelezo-margancevyh rud Mirovogo okeana, 2009, *Trudy soveshaniya “Sovershenstvovanie mineralogo-geohimicheskikh metodov izucheniya i podgotovki k osvoeniyu zhelezomargancevyh rud Mirovogo okeana”*, 20–21 marta 2007 g. Moscow, VIMS, 324 p.
29. Mirlin, E. G., T. I. Lygina, A. M. Asavin, and E. I Chesalova, 2019: Vulkanotektonicheskaya aktivnost' okeanskoj litosfery v vostochnom sektore Tihogo okeana. *Okeanologicheskie issledovaniya*, **47** (1), 198–222.
30. Neizvestnov, Ya. V., A. V. Kondratenko, and S. A. Kozlov et al., 2004: Inzhenernaya geologiya rudnoj provincii Klarion–Klipperton v Tihom okeane. *Tr. VNIIOkeanologiya M-va prirod. Resursov RF i RAN*. Saint Petersburg, Nauka, **197**, 281 p.
31. Osnovnye polozheniya po podschetu i uchetu zapasov i prognoznyh resursov zhelezomargancevyh konkretii Mirovogo okeana. In: *Metodika provedeniya geologorazvedochnyh rabot na zhelezomargancevye konkretii Mirovogo okeana*. Kniga 1. (Metodicheskie i normativnye dokumenty), 1997, Moscow, ZAO “Geoinformmark”, 43–47.
32. *Ocenka godovyh otchetov, predstavlyaemyh kontraktorami*. Doklad i rekomendacii Yuridicheskoy i tehniceskoy komissii, Dokument ISBA/8/LTC/2, https://isa.org.jm/files/files/documents/isba_8ltc_2_1.pdf.
33. *Ocenka godovyh otchetov, predstavlyaemyh kontraktorami*. Doklad i rekomendacii Yuridicheskoy i tehniceskoy komissii, Dokument ISBA/9/LTC/2, https://isa.org.jm/files/files/documents/isba_9ltc_2_1.pdf.
34. *Ocenka godovyh otchetov, predstavlyaemyh kontraktorami*. Doklad i rekomendacii Yuridicheskoy i tehniceskoy komissii, Dokument ISBA/10/LTC/3, https://isa.org.jm/files/files/documents/isba_10ltc_3_2.pdf.
35. Pälike, H., M. W. Lyle, N. Ahagon, I. Raffi, K. Gamage, and C. M. John, 2007: *Pacific equatorial age transect*. IODP Sci. Prosp., 317/319, <https://doi.org/doi:10.2204/iodp.sp.317319.2007>, http://publications.iodp.org/scientific_prospectus/Archive/317_319/317319SP.PDF.
36. Pälike, H., M. Lyle, H. Nishi, I. Raffi, K. Gamage, A. Klaus and the Expedition 320/321 Scientists. 2010, Site U1334 2010, *Proceedings of the Integrated Ocean Drilling Program, 320/321*: Tokyo (Integrated Ocean Drilling Program Management International, Inc.), 1–126. <https://doi.org/10.2204/iodp.proc.320321.2010>, http://eprints.soton.ac.uk/170025/1/2021_106.PDF.
37. Poiskovo-razvedochnaya (ocenochnaya) stadiya provedeniya geologorazvedochnyh rabot na zhelezomargancevye konkretii Mirovogo okeana (Metodicheskie ukazaniya). In: *Metodika provedeniya geologorazvedochnyh rabot na zhelezomargancevye konkretii Mirovogo okeana*. V 3 kn, Kniga 1, (Metodicheskie i normativnye dokumenty), 1997, Moscow, ZAO “Geoinformmark”, 69–90.
38. Polozhenie o stadijnosti geologorazvedochnyh rabot na zhelezomargancevye konkretii Mirovogo okeana. In: *Metodika provedeniya geologorazvedochnyh rabot na zhelezomargancevye konkretii Mirovogo okeana*. Kniga 1, (Metodicheskie i normativnye dokumenty), 1997, Moscow, ZAO “Geoinformmark”, 25–41.
39. *Requests for Approval of Plans of Work for Exploration by the Government of India, the Institut Français de recherche pour l'exploitation de la mer FREMER*. Association Français pour l'étude et la recherche des nodules (AFERNOD) (France), Deep Ocean Resources Development Co., Ltd (Japan), Yuzhmorgeologiya (Russian Federation), China Ocean

- Mineral Resources Research and Development Association (China), Interoceanmetal Joint Organization (Bulgaria, Cuba, Czech Republic, Poland, Russian Federation and Slovakia) and the Government of the Republic of Korea – документ ISBA/3/C/9, <https://isa.org.jm/files/files/documents/isba-3c-9.pdf>.
40. *Pravila poiska i razvedki polimetallicheskikh konkrecij v Rajone*. Dokument ISBA/6/C/2, <http://www.isa.org.jm/files/documents/RU/6Sess/Cncl/ISBA-6C-2.pdf>.
 41. *Pravila poiska i razvedki polimetallicheskikh sul'fidov v Rajone*. Dokument ISBA/16/A/12/Rev.1, <https://www.isa.org.jm/documents/isba16a12-rev-1>.
 42. *Pravila poiska i razvedki kobal'tonosny'h zhelezomargancevyh korok v Rajone*. Dokument ISBA/18/A/11, <https://www.isa.org.jm/documents/isba18a11>.
 43. *Procedury i kriterii prodleniya utverzhdennogo plana raboty po razvedke v sootvetstvii s punktom 9 razdela 1 prilozheniya k Soglasheniyu ob osushhestvlenii chasti XI Konvencii Organizacii Ob`edinenny'h Nacij po morskemu pravu ot 10 dekabrya 1982 goda*. Dokument ISBA/21/C/WP.1, <https://isa.org.jm/files/files/documents/isba-21c-wp1-ru.pdf>.
 44. *Reshenie Soveta Mezhdunarodnogo organa po morskemu dnu otnositel'no zayavki "Yuzhmorgeologii" na prodlenie kontraktana na razvedku polimetallicheskikh konkrecij mezhdru "Yuzhmorgeologii" i Organom*. Dokument ISBA/22/C/22, https://isa.org.jm/files/files/documents/isba-22c-22_5.pdf.
 45. Romanchuk, A. I., D. Ya. Koshel', A. V. Kareva, Yubko V. M., and I. N. Ponomaryova, 2016: Izvlechenie poputny'h komponentov iz okeanicheskikh zhelezomargancevy'h konkrecij. *Rudy i metally*, **3**, 72–78.
 46. *Rukovodyashhie rekomendacii kontraktoram po ocenke vozmozhnogo e'kologicheskogo vozdeystviya razvedki morskikh polezny'h iskopaemy'h v Rajone*. Dokument ISBA/19/LTC/8, http://www.isa.org.jm/sites/default/files/files/documents/isba-19ltc-8_1_1.pdf.
 47. *Rukovodyashhie rekomendacii kontraktoram i poruchivshimsya gosudarstvam otnositel'no programm podgotovki kadrov v sootvetstvii s planami raboty po razvedke*. Dokument ISBA/19/LTC/14, https://isa.org.jm/files/files/documents/isba-19ltc-14_1_1.pdf.
 48. *Rukovodyashhie rekomendacii kontraktoram v otnoshenii sodержaniya, formata i struktury godovyh otchetov*. Dokument ISBA/21/LTC/15, <https://www.isa.org.jm/document/isba21ltc15>.
 49. *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.
 50. Shkol'nik, E. L., E. A. Zhegallo, V. M. Yubko, and Yu. V. Shuvalov, 2009: *Zhelezomargancevye korki gajotov i konkrecii batiali – problemy opredeleniya uslovij ih formirovaniya*. Moscow, "Eslan", 125 p.
 51. Shkol'nik, E. L., E. A. Zhegallo, G. N. Baturin., and B. A. Bogatyrev, M. Gaber, L. M. Gerasimenko, D. I. Golovin, E. A. Eganov, S. Elen', Ien. Lejmin, V. A. Kovalenker, V. V. Kruglyakov, V. N. Kuleshov, G. A. Mochabeli, M. E. Melnikov, V. M. Novikov, V. A. Orleanskij, A. V. Pahnevich, A. D. Slukin, N. I. Hamhadze, A. A. Sharkov, and V. M. Yubko, 2012: *Issledovanie margancevoj i zhelezomargancevoj mineralizacii v raznyh prirodnyh obstanovkah metodami skaniruyushhej elektronnoj mikroskopii*. Moscow, Eslan, 472 p.
 52. Skornyakova, N. S., 1960: Margancevy'e konkrecii v osadkah severo-vostochnoj chasti Tihogo okeana. *Dokl. AN SSSR*, **130** (3), 653–656.
 53. Skornyakova, N. S. and H. A. Zenkevich, 1961: Raspreделение zhelezomargancevyh konkrecij v poverhnostnom sloe osadkov Tihogo okeana. *Okeanology*, **I** (1), 86–94.
 54. Skornyakova, N. S. and P. F. Andrushhenko, 1964: Zhelezomargancevye konkrecii Tihogo okeana. *Litologiya i polezny'e iskopaemy'e*, **5**, 21–36.
 55. Skornyakova, N. S. and P. F. Andrushhenko, 1968: Zhelezomargancevye konkrecii central'nogo rajona yuzhnoj chasti Tihogo okeana. *Okeanology*, **VIII** (5), 865–868.

56. Skornyakova, N. S. and P. F. Andrushhenko, 1970: Zhelezomargancevye konkretii v Tihom okeane. V sb.: *Tihij okean*, **6**. *Osadkoobrazovanie v Tihom okeane*. Moscow, Nauka, 203–268.
57. Skornyakova, N. S., P. L. Bezrukov, and I. O. Murdmaa, 1981: Osnovnye zakonomernosti rasprostraneniya i sostava polej okeanskih zhelezomargancevyh konkretij. *Litol. i poleznye iskopaemye*, **5**, 51–63.
58. *Soglasenie ob osushhestvlenii Chasti XI Konvencii Organizacii Ob`edinennyh Nacij po morskomu pravu ot 10 dekabrya 1982 goda*, https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/agreement_impl_lawsea.shtml.
59. *Soobrazheniya, kasayushchiesya rukovodyashhih rekomendacij kontraktoram i poruchivshimsya gosudarstvam otnositel`no programm podgotovki kadrov v sootvetstvii s planami raboty po razvedke*. Dokument ISBA/19/LTC/7, https://isa.org.jm/files/files/documents/isba-19ltc-7_1_1.pdf.
60. *Tehniko-ekonomicheskie soobrazheniya (TE`S) o vozmozhnom promy shlennom znachenii mestorozhdeniya zhelezomargancevyh konkretij na vydelennom Sovetskomu Soyuzu uchastke morskogo dna ploshhad`yu 75 tys. km² v zone Klarion–Klipperton Tihogo okeana*. 1990, Kn. 1–7. Moscow, Mingeo SSSR.
61. Tjeerd, H. van Andel, G. Ross Heath, Richard H. Bennett, J. David Bukry, Santiago Charleston, David S. Cronan, Menno G. Dinkelman, Ansis G. Kaneps, Kelvin S. Rodolfo, and Robert S. Yeats, 1973: Site 161. *Initial Reports of the Deep-Sea Drilling Project*, 16, US Government Printing Office, Washington DC, 301–364.
62. *Twenty sixth meeting of the GEBCO sub-committee on undersea feature names (SCUFN)*. IOC-IHO / GEBCO SCUFN-XXVI / Tokyo, Japan, 2014, 88 p.
63. *Usloviya obrazovaniya i zakonomernosti razmeshheniya zhelezomargancevyh konkretij Mirovogo okeana*. 1987, Pod red. O. D. Korsakova, Leningrad, “Nedra”, 259 p.
64. Uspenskaya, T. Yu., A. I. Gorshkov, and A. V. Sivczov, 1987: Mineral`nyj sostav i vnutrennee stroenie Fe-Mn-konkrecij iz zony razlomov Klarion–Klipperton. *Izv. AN SSSR. Ser. geol.*, **3**, 91–100.
65. Uspenskaya, T. Yu. and N. S. Skornyakova, 1991: *Tekstury i struktury okeanskih zhelezomargancevyh konkretij i korok*. Moscow, Nauka, 240 p.
66. Van Andel, T. H. and G. R. Heath, 1973: Geological results of leg 16: the Central Equatorial Pacific West of East Pacific Rise. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 16, US Government Printing Office, Washington DC, 937–949.
67. Yubko, V. M., V. V. Stoyanov., and I. M. Gorelik, 1990: Geologicheskoe stroenie i rudonosnost` zony Klarion–Klipperton Tihogo okeana. *Sovetskaya geologiya*, **12**, 72–80.
68. Yubko, V. M., M. E. Melnikov, R. V. Goleva, E. V. Konopleva, and T. S. Ulanova, 2002: Mineraly` kopal`ta v okeanicheskikh zhelezomargancevyh korkah i konkretiyah. *DAN*, **384** (6), 1–4.
69. Yubko, V. M., M. E. Mel`nikov, and Ly`gina T. I., 2001: Usloviya lokalizacii, stroenie i vozrast kopal`tonosnyh zhelezomargancevyh korok na podvodnyh gorah. *Otechestvennaya geologiya*, **3**, 66–70.
70. Yubko, V. M. and M. E. Melnikov, 2001: Zadachi izucheniya i perspektivy osvoeniya kopal`tonosnyh margancevyh korok dna Mirovogo okeana. *Razvedka i ohrana nedr*, **8**, 5–8.
71. Yubko, V. M., T. I. Ly`gina, and I. M. Gorelik, 2001: Geoinformacionnaya sistema “Tverdye poleznye iskopaemye Mirovogo okeana”. *Mirovoj okean: Mineral`nye resursy Mirovogo okeana, Arktiki i Antarktiki*. Moscow, VINITI, 181–190.
72. Yubko, V. M., 2007: Rudonosnost` okeanskogo dna: novye perspektivy. In: “*Geodinamicheskie i geneticheskie modeli rudnyh mestorozhdenij*”. Sbornik nauchnyh statej, Otv. Redaktor-sostavitel` V. I. Shheglov, Rostov-na-Dony, Izd-vo YuNCz RAN, 291–301.

73. Yubko, V. M. Imitacionnoe modelirovanie rudnyh ob'ektov pri reshenii zadach ih razvedki (na primere mestorozhdenij ZhMK), 2009: *Vestnik Yuzhno-Rossijskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta (Novoçherkaskogo politehničeskogo instituta)*, **1**, 43–51.
74. Yubko, V. M., I. N. Ponomaryova, V. V. Bedenko, and R. V. Goleva, 2012: Koordinaciya usilij Rossii i MOMD po organizacii izučeniya i podgotovki k osvoeniyu TPI Mirovogo okeana. *Racional'noe osvoenie neдр*, **4**, 84–85.
75. Yubko, V. M. and T. I. Lygina, 2015: Vnutriplitnye vulkanogenno-gidrotermal'nye sistemy zony Klarion–Klipperton Tihogo okeana. *Doklady Akademii nauk*, **462** (4), 452–455.
76. Yubko, V. M., B. K. Shiryaev, and I. N. Ponomaryova, 2016: Mineral'nye resursy Mezhdunarodnogo rajona dna. *Razvedka i ohrana neдр*, **10**, 33–37.
77. Yubko, V. M. and T. I. Lygina, 2017: Priroda rudonosnyh gidrotermal'nyh flyuidov vnutriplitnyh rajonov okeanskogo dna (na primere zony Klarion–Klipperton Tihogo okeana). Osnovnye problemy v učenii ob èndogennyh rudnyh mestorozhdeniyah: novye gorizonty. *Materialy Vserossijskoj konferencii, posvyashhennoj 120-letiyu so dnya rozhdeniya vydayushhegosya rossijskogo učenogo akademika A. G. Betehtina*. Moscow, FGBU “IGEM RAN”, 125–130.
78. Yubko, V. M., 2018: Zhelezomargancevoe orudnenie. Obshhie svedeniya. Mirovoj okean. Vol. 3: *Tverdye poleznye iskopaemye i gazovye gidraty v okeane*. Moscow, Nauchnyj mir, 187–198.
79. Yubko, V. M. and T. I. Lygina, 2018: Polimetallicheskie konkretii. Mirovoj okean. Vol 3: *Tverdye poleznye iskopaemye i gazovye gidraty v okeane*. Moscow, Nauchnyj mir, 199–266.
80. Yubko, V. and R. A. Kotlin'ski, 2009: *Volcanic, Tectonic and Sedimentary Factors, Prospectors Guide for the Clarion–Clipperton Zone Polymetallic Nodule Deposits. Development of a Geological Models for the Clarion–Clipperton Zone Polymetallic Nodule Deposits* (ed. C. L. Morgan), Kingston, Jamaica, 2009, 11–34.
81. *Zhelezomargantsevye konkretii Mirovogo okeana*. Pod red. Yu. B. Kazmina, PGO “Sevmorgeologiya”. Tr. VNIIOkeangeologiya. Leningrad, Nedra, 1984, **192**, 175 p.
82. *Zhelezomargancevye konkretii Tihogo okeana*. Pod red. P. L. Bezrukova., 1976, Tr. IO AN SSSR, Moscow, Nedra, **109**, 301 p.
83. *Zhelezomargancevye konkretii central'noj chasti Tihogo okeana*. Pod red. I. O. Murdmaa and N. S. Skornjakovoj, 1986, Tr. IOAN SSSR. Moscow, Nauka, **122**, 344 p.
84. *Zhelezomargancevye konkretii Central'noj kotloviny Indijskogo okeana*, 1989, Moscow, Nauka, 223 p.

Submitted 07.09.2023, accepted 10.12.2023.

For citation: Yubko, V. M., I. N. Ponomareva, and T. I. Lygina, 2023: Geological exploration works at the deposit of polymetallic in the Clarion–Clipperton zone of the Pacific Ocean: history and research results. *Journal of Oceanological Research*, **51** (4), 90–134, [https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2023.51\(4\).5](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2023.51(4).5).