

*И.С. Грамберг, С.И. Андреев, Г.А. Черкашев, О.И. Супруненко (ВНИИОкеангеология),
Р.Р. Мурзин (МПР РФ)*

МИНЕРАГЕНИЯ ОКЕАНА НА ПОРОГЕ ДВУХ СТОЛЕТИЙ

Минерально-сырьевой потенциал Мирового океана в XX столетии стал объектом не только научных, но и конкретных практически значимых для человечества изысканий. В его шельфовой зоне давно разрабатываются россыпи золота, касситерита, ильменита и титаномагнетита с редкими землями и цирконом, алмазов; добывается нефть и газ. Объем извлекаемых из морских нефтеносных и газовых месторождений углеводородов составляет около 30% от мировой добычи. Однако темпы развития мировой экономики на рубеже XXI века не удовлетворяются тем, чем располагают шельфовые окраины океанов. Возрастающие потребности ставят новые задачи по наращиванию минерально-сырьевых ресурсов, в первую очередь, топливно-энергетических видов и стратегических металлов в пределах обширных морских акваторий и отдаленных океанических пространств. Эта проблема особенно обостряется для стран, ресурсно-сырьевая база которых является основой экономического развития. На современном этапе Россия, несомненно, относится к их числу. В соответствии с этим положением наша страна активно исследует арктические и дальневосточные моря, имеющие высокие перспективы расширения топливно-энергетических и россыпных (золото и олово) ресурсов, глубоководные зоны Мирового океана, в пределах которых обнаружены промышленные скопления полиметаллических железомарганцевых конкреций (ЖМК), богатых кобальтом корок (КМК) и массивных полиметаллических сульфидных руд (ГПС). В них содержатся такие стратегически важные металлы, как никель, медь, кобальт, марганец, молибден, нередко сопутствуемые благородными, редкими и редкоземельными элементами: золотом, платиной, лантаноидами и иттрием, ванадием и многими другими, число которых достигает трех десятков.

Сегодня минерально-сырьевая база России является основополагающим материальным источником ее возрождения, гарантом политической и экономической независимости, национальной безопасности, а сырьевой потенциал Мирового океана есть ее важнейший резерв в ближайшие десятилетия XXI века.

Минерагения Мирового океана как научное направление сформировалось в последней четверти XX столетия. И хотя первые, чрезвычайно интересные научные исследования в океане в нашей стране были начаты еще в 50-60-х годах сотрудниками Института океанологии АН СССР: П.Л. Безруковым, Н.С. Скорняковой, А.П. Лисицыным, Г.Н. Батуриным, И.О. Мурдмаа и др., планомерный характер они приобрели после 1975 г., когда к этой проблеме подключились организации и ведомства Мингео СССР, расположенные в Ленинграде и Ломоносове (ВНИИОкеангеология и ПМГРЭ), Геленджике (Южморгеология), Находке (Дальморгеология), Петропавловске на Камчатке (СТГЭ), Мурманске (МАГЭ). Площадные региональные работы велись во всех океанах мира, в Антарктиде, на шельфе Арктики и Дальнего Востока. Узловые регионы изучались с помощью геотраверсов. Всего было проведено более 200 научных рейсов.

В развитии минерагенических представлений об океане выделяются три этапа: 1975-1985 гг. - этап активного сбора фактического материала по геологии, составу, условиям залегания и особенностям формирования океанических руд; 1985-1995 гг. - этап анализа и синтеза собранных материалов, приведший к выявлению основных закономерностей распространения океанических полезных ископаемых. Следующий этап

наступил после 1995 г. Он состоит в осмысливании полученных результатов и разработке основ минерагении океана, в издании первой «Металлогенической карты Мирового океана» [2000] и объяснительной записки к ней, первой «Геолого-минерагенической карты Мира» [2000] и объяснительной записки к ней (обе м-ба 1:15 000 000), на которой впервые в единой легенде показаны океан и континенты. Это этап активного обобщения полученных результатов, в ходе которого создается новый геологический образ океанической мегаструктуры, раскрываются основные закономерности распространения ЖМК, КМК, ГПС; определяются рудоконтролирующие факторы; строятся модели формирования месторождений указанных видов океанических полезных ископаемых и производится их геолого-экономическая оценка.

Разработка научных положений, включая и минерагению, происходит в тесной связи с решением чисто прагматических задач, последовательно «обслуживая» геологоразведочные работы в океане, направленные на изучение и выбор объектов, достойных национальной Заявки. Это касается сначала ЖМК, затем КМК, а в середине 90-х годов ГПС. В процессе их изучения собран обширный фактический материал, как правило, в рамках единых государственных программ.

В равной мере сказанное относится к проблеме изучения окраинных арктических и дальневосточных шельфовых морей, где в 60-80-х годах Полярной экспедицией НИИГА, проводились широкомасштабные планомерные, в первую очередь, геофизические работы. Их итогом стало открытие новой крупнейшей в Мире нефтегазоносной Баренцевоморской провинции. На арктических островах и их шельфах открыто два новых рудно-россыпных района: Северо-Земельский золотоносный и Северо-Ляховский оловоносный.

Комплексный, системный подход, позволивший достигнуть в краткие сроки значительных результатов, являлся характерной чертой морских и океанических работ. В 1987 г. Международный орган по морскому дну выделил нашей стране Участок в поле Кларион-Клиппертон (Тихий океан) площадью 75 тыс. кв. км и выдал лицензию на дальнейшее изучение и промышленное освоение месторождения ЖМК. В 1994 г. были выбраны перспективные объекты КМК и начата подготовка заявочных документов на два гайота в Магеллановых горах на северо-западе Тихого океана. В 1993-1994 гг. в Северо-Атлантическом хребте на 14°45'с.ш. открыто новое крупное рудное поле массивных сульфидов, получившее название «Логачев». В настоящее время оно детально изучается как возможный заявочный объект России.

Минерагения океана как новое научное направление охватывает широкий круг вопросов: от общей тектонической концепции формирования Мирового океана до условий локализации и формы залегания конкретных объектов. Авторы, работая в обстановке жесткого диктата тектоники плит и признавая целый ряд ее положений, учитывали очевидную гипотетичность отдельных элементов этой концепции, в частности, возраст океанов, последовательность их формирования, взаимосвязь с континентальным обрамлением. Не раскрывая сути многочисленных версий, отдадим предпочтение одной из них, сводящейся к построению эволюционного ряда современных океанов [Грамберг, 1993]. Сравнительный анализ показывает, что многие особенности океанов, в том числе и минерагенические, находят объяснение с позиции зрелости (или продолжительности существования) и геодинамики отдельных океанических бассейнов. С учетом наиболее вероятного времени их заложения океаны составляют следующий ряд: Тихий → Индийский → Атлантический → Северный Ледовитый. Время заложения наиболее древнего - Тихого океана середина протерозоя (примерно 1 млрд. лет). Индийский и Атлантический океаны начали формироваться в мезозое. Северный Ледовитый океан имеет наиболее надежную дату заложения: конец мела - начало палеогена. Возраст океанов определяет его зрелость и характер переходных зон к сопредельной суше. Наиболее эволюционно продвинутый Тихий океан обладает молодыми активными зонами сочленения с континентами. Осадочные бассейны в их пределах имеют в основном кайнозойский возраст. Более «молодые» - Индийский и Атлантический океаны

окаймляются преимущественно пассивными зонами перехода к материкам. Здесь преобладают осадочные бассейны, синхронные самим океанам. Они датируются мезозоем. Самый молодой кайнозойский Ледовитый океан развивается на фоне обширных пассивных континентальных окраин, палеозойско-мезозойские осадочные бассейны которых унаследуют доокеанический тектонический план.

Хроно-структурные особенности определяют специфику минерализации как окраинных, так и внутренних абиссальных районов океанов. Оставаясь в целом перспективными в отношении, в первую очередь, углеводородного сырья, в каждом из них топливные ресурсы сосредотачиваются с учетом особенностей развития и строения.

В пределах Тихого океана нефтегазоносные бассейны характеризуются высокой скоростью осадконакопления и большой мощностью (8-10 км) выполняющих их вулканогенно-осадочных толщ. Органика представлена в основном сапропелевым материалом, легко преобразующимся в углеводороды под воздействием повышенного теплового потока даже на незначительных глубинах. Возраст этих структур обычно неогеновый. Примерами месторождений, свойственных окраинным структурам зрелых океанов, могут служить залежи нефти и газа в заливе Кука, Санта-Мария, Кайама и Санта-Барбара-Вентура (северо-восток Тихого океана); Сахалина, Присахалинского шельфа, Бохайского залива, Северо-Яванского, Саравакского и Филиппинского архипелагов (на западе и юго-западе того же океанического суперрегиона). Месторождения углеводородов активных окраин благодаря хорошим коллекторским свойствам слагающих пород дают высокие дебиты нефти и газа при добыче. Однако месторождения-гиганты среди них неизвестны. Кратковременность существования осадочных бассейнов активных окраин океана ограничивает их потенциальную нефтегазоносность обычно одним продуктивным этажом, ресурсы которого уступают месторождениям пассивных окраин, свойственных Атлантическому и Индийскому океанам. Осадочные бассейны этих океанов несут признаки, унаследованные от доокеанических этапов развития, хотя в процессе деструкции континентальных окраин первичный тектонический план подвергается глубокой переработке, а сами бассейны оказываются смещенными в сторону континентального склона и нередко простираются в пелагическую часть океана. Большинство месторождений нефти и газа Атлантического и Индийского океанов имеют двухъярусное строение. Скопления углеводородов часто приурочены к нижнему мезозойскому рифтогенному структурному этажу, отмечаются и в верхнем - поздне меловом-кайнозойском. К числу таких бассейнов в Атлантике относятся: Норвежский и Восточно-Шотландский (Северное море); Нижненигерийский и Кванза-Камерунский (западный шельф Африки); Большой Ньюфаундлендской Банки (восток Северной Америки); Сержипи-Алагоас и Реконкаво-Тукано (атлантическая окраина Южной Америки).

В Индийском океане нефтегазоносными бассейнами являются Камбейский и Бомбейский (Индостан), Броуз и Бонапарт (северо-западная окраина Австралии).

Нефтегазоносный потенциал окраин Индо-Атлантического типа заметно выше, чем в Тихом океане. Для подтверждения этих слов достаточно упомянуть такие регионы, как Персидский, Мексиканский и Гвинейский заливы; районы Северного и Норвежского морей. Бассейны пассивных окраин отличаются наибольшей площадью и самым большим суммарным объемом осадочного чехла. Среди огромного количества выявленных залежей нефти и газа в этих структурах известны месторождения-гиганты, определяющие нередко политический статус страны и коммерческую конъюнктуру на мировом рынке.

Унаследованные от более ранних этапов тектонического развития осадочные бассейны самого молодого Северного Ледовитого океана представлены двумя типами:

- вовлеченными в океанообразование платформенными структурами (Баренцевоморский, Северокарский и Южнокарский осадочные бассейны; осадочные бассейны Гренландской и Северо-Американской платформ);

- мезозойско-кайнозойскими осадочными бассейнами, тяготеющими к Тихоокеанскому сектору арктической континентальной окраины (Восточно-Сибирский и Чукотский осадочные бассейны).

Для осадочных бассейнов Арктики характерна многоярусность, большая мощность чехла и широкий стратиграфический диапазон нефтегазоносности. Залежи углеводородов установлены в отложениях от палеозоя до кайнозоя. Наиболее крупные - супергигантские залежи приурочены к пермо-триасу (газо-нефтяное месторождение Прудо-Бей на Аляске) и к юрско-меловому комплексам (Штокмановское газоконденсатное месторождение в Баренцевом море), выполняющим унаследованные структуры. Обновленные осадочные бассейны, в которых преобладает мощный кайнозойский комплекс осадков, известны по периметру Евразийской и Амеразийской глубоководных впадин.

Гигантская циркумполярная геодепрессия Северного Ледовитого океана рассматривалась российскими геологами как потенциально нефтегазоносный супербассейн с начала 80-х годов [*Грамберг и Супруненко, 1994*]. В настоящее время собран убедительный материал, подтверждающий этот смелый прогноз. В пределах западноарктического шельфа открыто 10 газовых, газоконденсатных, газонефтяных и нефтяных месторождений, в Баренцевом и Печерском морях - 8, в Карском - 2. Среди них 4 месторождения уникальные (Штокмановское, Ледовое, Ленинградское, Русановское); 4 месторождения крупные (Приразломное, Северо-Гуляевское, Лудловское и Мурманское); 2 месторождения средние (Поморское, Северо-Кильдинское). Нет сомнения, что в конце XX века сделано крупное, имеющее большое практическое и политическое значение открытие - обнаружена новая нефтегазоносная Баренцевоморская провинция и этим, по-видимому, минерально-сырьевой потенциал Арктики не исчерпывается. Перспективы открытия новых объектов связываются с морем Лаптевых и субконтинентальными структурами Амеразийского океанического бассейна. Освоение месторождений углеводородов в Баренцевом и Карском морях и обнаружение новых залежей на восточно-арктическом шельфе может кардинально изменить экономическую географию страны, вернуть отдаленным районам Севера и Дальнего Востока возможность нормального развития и процветания.

Геоисторический подход к анализу особенностей строения океанов Земли содержит в себе объяснения связи топливно-ресурсного потенциала с особенностями их развития. Он дает возможность понять, как зависят масштабы нефтегазоносности окраинных зон океанов от специфики их становления, в том числе от интенсивности теплового потока, преобразующего исходный органический материал осадочных толщ в углеводородные залежи. Нам представляется, что эти процессы наиболее эффективны на ранних стадиях развития океанов, когда закладываются рифтогенные бассейны. Примером этому могут служить раннемезозойские структуры пассивных окраин Атлантического и Индийского океанов, в частности Персидский залив; а в кайнозойское время - аналогичные структуры Арктического осадочного супербассейна, входящего в инфраструктуру самого молодого Северного Ледовитого океана. Сделанные открытия подтверждают крупные углеводородные ресурсы Арктического региона.

Минерагения твердых полезных ископаемых океана (ЖМК, КМК, ГПС, фосфориты) строилась в основном на эмпирической базе информации, которая была собрана в многочисленных океанических экспедициях в последней четверти уходящего столетия. Фактический материал с самого начала был организован в банки данных, которые служили все эти годы основой для планирования геологоразведочных и научных работ. ВНИИОкеангеология в настоящее время располагает одним из крупнейших банков данных «Океангеоресурсы». В него входят четыре базы данных. Первая охватывает ЖМК и КМК и насчитывает более 40 000 информативных строк, содержащих сведения о местоположении, составе и условиях залегания этого вида полезных ископаемых. Вторая база данных включает аналогичную информацию о ГПС, третья о фосфоритах. Четвертая

база данных характеризует магматизм океана. В институте также имеются базы данных по физико-механическим свойствам и инженерной геологии.

Системный подход к обобщению огромного фактического материала позволил эффективно решать как локальные, так и региональные задачи, связанные с выявлением основных закономерностей распространения океанических видов полезных ископаемых, получить целостное представление о масштабах их проявления, особенностях химического состава и условиях залегания, проводить оценку прогнозных ресурсов. Уже в 1984 г. выходит первая монография [*Железомарганцевые конкреции...*, 1984], в которой нашли отражение несколько основополагающих положений минерации Fe-Mn образований океана:

- впервые выделяется мегапояс и субширотные пояса распространения ЖМК и КМК в Мировом океане, делается вывод о важной роли в процессах океанского Fe-Mn рудогенеза субширотной климатической зональности;

- отмечается, что все крупные скопления железомарганцевых руд располагаются в пределах мегапояса; состав их дискретно меняется в зависимости от морфоструктурной позиции и глубины океана;

- в целом железомарганцевые образования океана не являются неким однородным сообществом, а распадаются на генетически разнородные группы - геохимические типы, каждый из которых формирует обособленные скопления: поля и площади.

Среди геохимических типов практический интерес представляют ЖМК поля Клариион-Клиппертон. Они залегают в абиссальной котловине на океаническом дне в узком батиметрическом интервале (4700-5000 м) непосредственно ниже критической глубины карбонатакопления. Для них свойственно высокое содержание Ni 1,32-1,46%; Cu 1,01-1,16%; Mn 28,4-30,1%, Fe 6,3% и рядовое Co 0,2%. В пересчете концентраций отдельных металлов на никель условный это составляет 5,6-5,9% при плотности залегания конкреций от 6 до 27 кг/м².

Ресурсы рудных конкреций типа Клариион-Клиппертон на дне океана ограничены и составляют не более 20% от общего ресурсного фонда железомарганцевых образований, оцениваемого в 100-110 млрд. т сухой рудной массы. Кроме Тихого океана, где эти конкреционные руды известны в пределах двух полей, аналогичный тип ЖМК обнаружен только в Центральном-Индийском поле в Индийском океане. В 80-х годах интересы государства требовали безотлагательного закрепления за страной участков дна с богатыми рудными конкрециями и права освоения заявленного месторождения ЖМК. В 1987 г. Россия стала обладателем лицензии на один из наиболее богатых участков в центре поля Клариион-Клиппертон, а в 1992 г. приняла долевое участие в заявке на Участок СО «Интерокеанметалл» на восточном фланге того же поля.

По мере успешного разрешения международно-правовых вопросов в области изучения и освоения конкреций интерес стал смещаться в направлении другого очень перспективного вида полезных ископаемых - кобальтоносных корок - одной из разновидностей сообщества Fe-Mn образований океана. Кобальтоносные корки в отличие от абиссальных конкреций залегают в верхнем продуктивном батиметрическом интервале (1000-2500 м), в слое кислородного минимума и отлагаются на скальных поверхностях подводных гор и гайотов. Химический состав корок существенно отличается от состава конкреций. В них главными элементами являются Co 0,5-1,0%; затем Mn 20-25%, Fe 16,4% и, в меньшей мере, Ni 0,4-0,6%; в качестве попутных Pt (0,4-0,6 г/т), РЗЭ (до 2 кг/т) и Mo (0,04-0,06%).

Основной район сосредоточения кобальтоносных корок располагается в самой древней северо-западной части Тихого океана. Используя банк данных и сводные карты распространения Fe-Mn образований в океане, здесь были выбраны наиболее перспективные объекты: поднятия Мидпассифик-Неккер, Уэйк и цепь Магеллановых гор. Главной минерогенической задачей являлось определение зависимости масштабов коркообразования и их обогащенности кобальтом от возраста океанического дна, времени

образования подводных гор и гайотов и глубины океана. В ходе ее решения выявилась поперечная (возрастная геолого-тектоническая) зональность изменения составов железомарганцевых образований океана. Она состоит в нарастании геохимической роли ассоциации Fe-Co и увеличении содержаний самого Co, с одной стороны; а с другой - в уменьшении роли триады Mn-Ni-Cu и снижении содержаний этих элементов в направлении от срединно-океанического хребта и молодых океанических плит к старым плитам. Это свидетельствует о генетической неоднородности корок и конкреций: о разных механизмах их формирования и различных источниках рудного вещества. В случае конкреций поставку рудных компонентов логично связать со спредингом базальтов, а в случае корок - с более глубинными очагами субщелочного наложенного вулканизма и последующими поствулканическими флюидными потоками.

Минерагенические аспекты океанского коркообразования легли в основу выбора оптимальных корковых объектов в Магеллановых горах, связанных с наиболее древними подводными вулканическими конусами и гайотами (МА-15 и МЖ-35,36, Тихий океан). На протяжении позднего мела, палеогена и неогена эти горы неоднократно вовлекались в стадию коркоформирующего Fe-Mn рудогенеза, итогом чего явились залежи достаточно мощных (>6 см), многослойных и выдержанных по простиранию корок с умеренным средним содержанием Co (0,5-0,6%), но со значительным объемом рудной массы. Альтернативный вариант был связан с более молодыми подводными горами (Уэйк, Мидпасифик, хр. Неккер), склоны которых покрывали менее мощные однослойные, реже двуслойные корки, часто с высоким содержанием Co (до 1,6% и выше). В ходе работ он был отвергнут, т.к. объем рудной массы таких корковых залежей ограничен, а пометальные ресурсы не обеспечивают их рентабельной эксплуатации. Залежи КМК в Тихом океане не только являются комплексным сырьем, но часто совмещаются со скоплением фосфоритов, в которых содержание P₂O₅ достигает 30% и более.

Одной из важнейших задач минерагении океана [Андреев, 1994] является изучение роли океанской водной толщи, грандиозного по объему, удивительно однородного по составу геологического тела. Это геохимически структурированное и реакционно активное геологическое образование участвует в процессах океанского рудогенеза, выполняя разнообразные функции. Оно является транзитной средой перемещения рудного материала на дно, промежуточным коллектором - накопителем и преобразователем рудных компонентов в самом разнообразном виде: ионном, коллоидном, взвешенном, в виде органокомплексных соединений. Каков бы ни был первичный генезис элементарных компонентов железомарганцевых образований океана, их поставка в формирующиеся на дне конкреции и корки в финальной стадии происходит непосредственно из океанской воды. Последнее обстоятельство позволило ввести в обиход при обсуждении вопросов генезиса железомарганцевых образований океана термин нештунические.

С океанской толщей связана одна из главных закономерностей проявления железомарганцевого рудогенеза - вертикальная геохимическая зональность. В основе ее лежит связь химического состава и продуктивных интервалов формирования на дне железомарганцевых конкреций и корок с двумя геохимическими барьерами. Первый - слой кислородного минимума, залегает в верхней части водной толщи на глубинах 600-3 000 м. Второй - глубина карбонатной компенсации, уходит в абиссаль ниже отметок 4 000-4 500 м. Опираясь на банк данных и карты распространения различных по составу конкреций и корок в Мировом океане, было установлено два основных продуктивных интервала и шесть геохимических типов океанических Fe-Mn образований. Вертикальная геохимическая зональность является универсальной закономерностью для всего Мирового океана в тех его регионах, где водная толща геохимически стратифицирована и существуют два отмеченных выше барьера.

В верхнем продуктивном интервале отлагаются обогащенные кобальтом корки. В нижнем, выше критической глубины карбонатакопления (КГК), образуются слабо обогащенные Ni и Cu конкреции Центрально-Тихоокеанского типа. Как возможный

объект освоения они в настоящее время не рассматриваются. Непосредственно ниже КГК формируются конкреции, богатые Ni, Cu и Mn - это уже упоминавшийся тип Кларин-Клиппертон. На том же уровне вблизи георифтогенали конкреции сильно обогащаются Mn и содержат высокие концентрации Ni. Это - Перуанский тип ЖМК, представляющий также практический интерес как минеральное сырье. Пятый геохимический тип конкреций залегает много ниже КГК. Для него характерно повышенное и очень выдержанное содержание Co (0,3-0,4%) при высокой продуктивности - до 50 кг/м². Все перечисленные типы ЖМК и КМК формируются при участии трех механизмов поставки рудных компонентов через водную толщу океана: гидрогенного, седиментационного и диагенетического и входят в группу непутических образований. Шестой геохимический тип связан с прямым воздействием гидротермальных эманаций и как объект освоения интереса не представляет, но может использоваться в качестве поискового признака при изучении глубоководных сульфидных руд. Гидротермальные корки являются связующим звеном между сообществом оксидных железомарганцевых и сульфидных гидротермально-осадочных образований, представляющих основные типы руд океана.

Структурно-тектоническая позиция глубоководных сульфидных руд в региональном плане достаточно ясна. Они связаны с молодым вулканизмом и тяготеют к зонам его активного современного проявления: осевым рифтам срединных хребтов; тыловым задуговым и междуговым рифтовым зонам, в основном, в Западно-Тихоокеанской транзитали. Для ГПС важен геодинамический фон, на котором они формируются. В минерагии этого вида полезных ископаемых является «общим местом» концентрация больших объемов сульфидных руд вдоль рифтовых зон «медленных» срединных хребтов, например, Северо-Атлантического хребта. Однако достаточно однозначная региональная позиция этого полезного ископаемого не облегчает проблему прогноза и поисков локальных скоплений. Известно 3-4 критерия их выявления: вершины и склоны молодых неовулканических поднятий в рифтовых долинах; блоковые структуры, сложенные габбро-перидотитовым комплексом; разломные зоны в основании и бортах рифтовой долины; вершины и склоны рифтовых гор.

Заметным итогом экспедиционных работ российских геологов на ГПС стало открытие в САХ гидротермальной постройки «Мир» в районе рудного поля ТАГ, а затем нового рудного поля «Логачев» к югу от разлома Зеленого Мыса. Последний объект является наиболее перспективным. Его руды богаты Cu (до 28,2%) и сопутствующим Au (до 50 г/т). Геолого-тектоническая позиция рудного поля «Логачев» необычна. Оно размещается в восточном борту на некотором удалении от рифтовой долины и приурочено к тектоническому блоку, сложенному базитами и гипербазитами. Последнее обстоятельство рассматривается как важный признак океанических сульфидных руд нового типа, богатых медью и золотом. Прогнозные ресурсы поля в поверхностном слое превосходят 2 млн. т рудной массы и, по-видимому, могут быть увеличены за счет более глубоких горизонтов, по мнению геологов ПМГРЭ, в 3-4 раза.

Нацеленность на открытие крупного месторождения ГПС с ресурсами порядка 10 млн. т рудной массы побуждает к продолжению экспедиционных работ в других сегментах САХ и в хр. Книповича на севере Атлантики, к прогнозной оценке перспектив выявления сульфидных объектов в тыловодужных районах Берингова и Охотского морей и даже в Арктике, в хр. Гаккеля.

Районы проявления ГПС характеризуются активной, либо относительно недавно утратившей ее, гидротермальной деятельностью. Возраст сульфидных руд, залегающих в СОХ, измеряется десятками или первой сотней тысяч лет. Их происхождение, рассматриваемое в основном с позиций рециклинга, в последнее время стало анализироваться в плане связи с магматизмом, в частности, с финальными дериватами толеитовых базальтов в осевых рифтах - пикроферробазальтами.

Непреложный факт, что все выявленные в срединных хребтах сульфидные руды в геологическом масштабе времени являются образованиями чрезвычайно молодыми,

сформировавшимися в узком временном диапазоне, вызывает сомнение в их рециклинговом происхождении. Это обстоятельство вынуждает искать первопричину сульфидного рудогенеза в эволюции океанского магматизма в моменты смены режимов его проявления, или связывать с появлением специфических дифференциатов. Такой подход открывает возможность ретроспективного прогноза сульфидного оруденения на более ранних стадиях развития океана, например, в апте, когда завершился неупорядоченный спрединг, или в кампане, когда начался линейный спрединг.

Подводя итог отдельному изучению главных видов полезных ископаемых океана (оксидных Fe-Mn, сульфидных Cu-Zn-Pb и оксидных фосфорсодержащих образований), отметим, что они, обладая хорошо выраженными индивидуальными особенностями, находятся в рамках единой геологической системы, каковой является Мировой океан, и подчиняются особенностям его развития.

Мировой океан как суперглобальная геологическая структура наиболее четко отражает изначальную, глубинную неоднородность Земли - ее диссимметрию, что приводит к разделению на Атлантический и Тихоокеанский сегменты. Океаны первого сегмента развиваются симметрично относительно изначального центра в режиме медленного спрединга. Во втором (Тихоокеанском) сегменте, по существу, более древняя часть (юрско-раннемеловая) пространственно полностью оторвана от последующей, заложившейся в позднем мелу. Темпы формирования океанической коры здесь в 2-3 раза выше.

В истории развития океанов выделяются несколько последовательно сменяющих друг друга режимов формирования океанической коры. Процесс океанообразования начался, по-видимому, с арельной базификации, фрагменты которой можно наблюдать по краям океанов в зонах «спокойного» магнитного поля. Вполне допустимо предположить, что базификация вообще широко проявлялась на всем пространстве будущих океанов в доспрединговую стадию. В начале ее спрединг носил неупорядоченный характер. Он завершился в раннем мелу - в апте. Его сменил этап наложенного поясового и площадного вулканизма. С позднего мела (кампан) установился режим линейно упорядоченного спрединга, завершившийся образованием новых геологических структур - срединноокеанических хребтов. Являясь определяющей морфоструктурой современных океанов, они формируют три звена: Индо-Атлантическое (медленное, <3 см/год), Индо-Тихоокеанское (быстрое, >5 см/год) и выраженное слабее - Индо-Красноморское (со средними скоростями спрединга - 3-5 см/год), сходящиеся в одной точке - тройном сочленении Родригес, в Индийском океане [*Геодинамика...*, 1999].

Отмеченные генеральные особенности Мирового океана проявляются во всех аспектах океанской минерализации как твердых полезных ископаемых, так и углеводородов. В отношении продуктов Fe-Mn рудогенеза и глубоководных сульфидов можно с полным основанием заключить, что существуют два типа океанской минерализации: Атлантический и Тихоокеанский. Каждый из них отличается масштабом и формой проявления и соотношением различных рудных модификаций. Богатые Ni-Cu-Mn конкреции развиты преимущественно в Тихоокеанском сегменте. Со-Mn корки установлены во всем океане, но масштаб их проявления в Тихом, как и конкреций, на порядок выше. Гидротермальная деятельность интенсивно проявлена в обоих сегментах, но в Тихоокеанском, в условиях быстрого спрединга, она рассеяна по большей площади, а в Атлантическом, при медленном спрединге, локализована в узкой осевой зоне СОХ. В итоге в пределах Северо-Атлантического хребта обнаружены крупные сульфидные залежи с преобладанием высокотемпературных минералов Cu, а в Восточно-Тихоокеанском поднятии - рассеянные вдоль осевого рифта мелкие рудосодержащие постройки с преобладанием низкотемпературных минералов Zn.

Таким образом, протопланетная неоднородность Земли приводит к появлению в системе Мирового океана, по крайней мере, двух геодинамически различных гигантских океанических бассейнов, каждый из которых характеризуется сугубо индивидуальными

минерагеническими особенностями. С этих позиций понятен феномен поля Кларион-Клиппертон, где сосредоточено до 20% железомарганцевой рудной массы океана, богатой Ni, Cu и Mn. Три фактора, по-видимому, обуславливают его появление. Первый состоит в том, что поле располагается в Тихоокеанском сегменте с самой высокой скоростью спрединга и, следовательно, таким не высоким сопутствующим спредингу темпом магмо-флюидно-гидротермальной поставки рудного вещества. Вообще в Тихом океане размещается 80% объема всех океанических железомарганцевых руд. Второй фактор состоит в благоприятном батиметрическом положении океанического дна тектонического блока между разломами Кларион и Клиппертон. Донная поверхность размещается в основном в батиметрическом интервале непосредственно ниже КГК, где в соответствии со схемой вертикальной зональности формируются богатые Ni-Cu железомарганцевые конкреции. Третий фактор способствует дополнительному обогащению ЖМК рудными компонентами в ходе раннедиагенетического преобразования вмещающих конкреции кремнисто-радиоляриевых илов. Из сказанного видно, что поле Кларион-Клиппертон является не исключением, а закономерным явлением, вытекающим из достаточно ясных минерагенических положений.

В последние годы во ВНИИОкеангеология были предприняты (и не без успеха) попытки минерагенического картографирования дна океана: построена первая «Металлогеническая карта Мирового океана» (1:10 000 000) [*Металлогеническая..., 2000*], сопутствующие ей «Карта металлогенической зональности», «Геодинамическая карта Мирового океана», «Прогнозно-металлогеническая карта Мирового океана» (все - масштаба 1:25 000 000), «Карта магматических комплексов Мирового океана» (1:50 000 000) и, наконец, в 2000 г. завершена совместно со ВСЕГЕИ (континенты) первая «Геолого-минерагеническая карта Мира» (масштаб 1:15 000 000) [*Геодинамика..., 1999*], соединившая воедино минерагению океана и суши. «Металлогеническая карта Мирового океана» и «Геолого-минерагеническая карта Мира» с успехом демонстрировались на МГК в Бразилии в августе этого года.

Все перечисленные карты, несмотря на разновременность составления и большие коллективы авторов, в своей основе содержат хроно-структурно-формационный (фациальный) подход. Главные исполнители соблюдают непреложный научный принцип продвижения от фактов к анализу и обобщениям, от обобщений к идеям и концепциям. В методологическом плане это актуально и выполненные с соблюдением этого принципа работы могут привести к обновлению и развитию новых общетектонических концептуальных положений, касающихся истории формирования океана, его рудогенеза как части общей планетарной минерагении Мира.

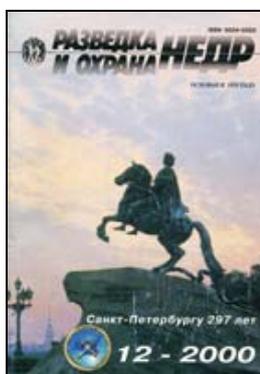
Научное рассмотрение этих карт представляется емкой отдельной задачей, что облегчается наличием подробных объяснительных записок, по существу, монографического плана. Среди вопросов, которые затрагиваются, интереснейшими являются геоблоковое минерагеническое районирование; наличие разломов, единых для океанов и континентов; кинетика формирования океанического дна и связь с ней океанского рудогенеза. Особенно ценна в этой работе попытка решить сложную задачу - дать прогноз возможного открытия в океане новых типов полезных ископаемых с указанием районов их размещения. Рассматривается потенциальная рудоносность осадочного чехла (карбонатные толщи, пестроцветы, красноцветы, черные аргиллиты); вулканических и магматических комплексов, развитых в океане. Строится схема рудогенеза Мирового океана, увязывающая прогнозируемые и известные океанические полезные ископаемые со структурами и стадиями его развития и главными металлогеническими событиями на континентах. Авторы считают, что минерально-сырьевой потенциал океана по широкому комплексу стратегических металлов (Mn, Ni, Cu, Co, Mo, PЗЭ, Pt, Rh) представляет не только научный, но и практический интерес. Ресурсы и содержания в океанических рудах многих из них равны или превосходят наземные аналоги.

Вопрос их освоения технически достижим и может быть форсирован на базе конверсионных разработок ВПК. Представляется очевидным, что практически решить проблему рентабельности можно только в процессе самой добычи. Кто раньше преодолет экономический и психологический барьер первого шага на пути освоения ресурсов океана, тот раньше начнет и достигнет рентабельных параметров эксплуатации океанических месторождений, получит прибыль от реального океанического металла, арктической нефти и газа. Девиз отечественных исследователей минерагении океана можно выразить следующими словами, перекликающимися с известным высказыванием М.В. Ломоносова: вслед за Сибирью богатства России будут прирастать богатствами Мирового океана и Арктического шельфа. И время реализации сказанного на пороге XXI столетия не представляется отдаленным будущим.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Андреев С.И.* Металлогения железомарганцевых образований Тихого океана. - СПб.: Недра, 1994.
2. Геодинамика и рудогенез Мирового океана / Андреев С.И. и др. СПб.: ВНИИОкеангеология, 1999.
3. Геолого-минерагеническая карта Мира (1:15 000 000). Объяснительная записка. / Гл. редактор Л.И. Красный. Авт. раздела «Мировой океан»: С.И. Андреев, Л.И. Аникеева, А.М. Иванова и др, СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2000.
4. *Грамберг И.С.* Эволюционный ряд современных океанов // Региональная геология и металлогения. 1993. № 1. С. 53-62.
5. *Грамберг И.С., Супруненко О.И.* Нефтегазоносный потенциал осадочного чехла арктических морей России. / Тр. Первой межд. конфер. «Освоение шельфа аркт. морей». - М., 1994. С. 95-98.
6. Железомарганцевые конкреции Мирового океана / *С.И. Андреев, Л.И. Аникеева, Б.Г. Ванштейн и др.* Л.: Недра, 1984.
7. Металлогеническая зональность Мирового океана / *С.И. Андреев и др.* СПб.: ВНИИОкеангеология, 1997.
8. Металлогеническая карта Мирового океана (1:15 000 000). Объяснительная записка. Авт. *С.И. Андреев, Л.И. Аникеева, А.М. Иванова и др.* СПб.: ВНИИОкеангеология, 2000.
9. Техничко-экономические соображения о возможном промышленном значении месторождения ЖМК на выделенном Советскому Союзу Участке морского дна площадью 75 тыс. кв. км в зоне Кларион-Клиппертон Тихого океана. Кн. 2. М.: Мингео СССР, 1990.

Ссылка на статью:



Грамберг И.С., Андреев С.И., Черкашев Г.А., Супруненко О.И., Мурзин Р.Р. **Минерагения океана на пороге двух столетий** // Разведка и охрана недр. 2000. № 12. С. 5-10.