



Mineral resources of the international seabed area: modern challenges of their exploration

Valcana Stoyanova¹, Ryszard Kotlinski²

¹ Interoceanmetal Joint Organization, 71-541 Szczecin, Poland; E-mail: v.stoyanova@iom.gov.pl;

² Institute of Marine Science, University of Szczecin, Poland; E-mail: r.kotlinski@iom.gov.pl

Key words: polymetallic sulfides, cobalt-rich ferromanganese crusts, polymetallic nodules, Interoceanmetal

Interest in the deep-sea exploration of mineral resources developed in the 1970's and currently has focused on polymetallic sulfides, cobalt-rich ferromanganese crusts and polymetallic nodules, due to its potential of minerals that could provide alternative resources of strategic metals for industry. Deep-sea exploration of these new types of resources offered a variety of challenges, owing to distant locations and occurrences, extreme physical and chemical conditions, unknown geological and environmental settings as well an appropriate international legal framework.

Marine polymetallic sulfides are located at 1050 to 3700 m of water depths around high-temperature hydrothermal vents in seafloor spreading centers or mid-ocean rifts. Metals of commercial interest include Zn, Cu, Fe, Au, Ag, and Pt. Sulfides have revealed particular high concentration of Au averaging between 3-30 ppm. The most gold-rich deposit found to date is located at Conical Seamount with max Au concentration rang up to 230 ppm with an average of 26 ppm (Herzig, Hannington, 2000). Cobalt-rich ferromanganese crusts most commonly occur at water depths of about 1000-3000 m, and accumulate as extensive layers directly on the volcanic rock that forms seamounts and its ranges. The

thickness of crusts differs in various areas and it may range from of about 0.1 mm to 20-30 cm. Crusts are important as potential resources for primarily Co (ranges from about 0.05-1.7%), Ni (up to 1.1%), Pt (up to 3 ppm), but also for Mn, Ti, Ce, Tl, Te, and others.

Polymetallic nodules containing Ni, Cu, Co, and Mn had long been considered the prime economic mineral resource in the deep ocean. The highest nodule abundance (more than 10 kg/m²) with the highest Ni+Cu (at least 1.8% combined content) is found in the eastern equatorial Pacific (Clarion-Cliperton zone) and in the central equatorial Indian Ocean. These areas are subject of commercial interests for several consortia and national entities, which carried out its exploration activity in accordance with the existing international regulations. Eight entities from China, Japan, Republic of Korea, France, Russian Federation, Germany, India and Interoceanmetal (a consortium formed by Bulgaria, Cuba, Czech Republic, Poland, Russian Federation and Slovakia) have signed 15-year contracts for exploration of polymetallic nodules in the Area (fig. 1), and annually submitted reports on results of its activities to the International Seabed Authority (ISA).

Минералните ресурси на международния район на морското дъно: съвременни проблеми на проучването им

Вълкана Стоянова¹, Ричард Котлински²

Въведение

Нарастващият интерес към проучването на минералните ресурси на дъното на Световния океан е резултат от наличието и взаимодействието

на социални, икономически, геополитически, юридически и научни условия и фактори, които определят необходимостта и възможностите за откриване на нови алтернативни източници на стратегически метали и суровини. Понастоящем

като икономически целесъобразни за проучване се считат полиметалните сулфиди, кобалтоносните желязо-манганови кори и полиметалните конкреции, които са обект на изследване от редица частни и държавни компании и организации, които осъществяват своята дейност в международния район на морското дъно в съответствие с принципите на международното право. С участието си в международната организация „Интерокеанметал“, България има потенциалната възможност да осигури минералносуровинната си база с важни стратегически метали — Co, Ni, Cu и Mn, които се съдържат в полиметалните конкреции.

Полиметални сулфиди (ПМС)

ПМС се срещат на дълбочини от 1050 до 3700 m и пространствено са привързани към угаснали или активни високотемпературни (около 350°C) хидротермални източници, проявени както в зоните на действащ подводен вулканизъм, така и в пределите на срединноокеанските средингови хребети и зоните на субдукция. На дъното на Световния океан са известни около 300 такива участъка, но като най-перспективни залежи на ПМС в международния район на морското дъно се сочат полето TAG (15–26°N), разположено в пределите на Централно-Атлантическия хребет, подводният хълм 13°N в Източно-Тихоокеанското издигане, както и полето Sonne в Индийски океан.

Съпоставянето на почти 1300 анализа на взети проби от ПМС показва, че залежите от заддъговите средингови центрове (Mariana Trough, Manus Basin, Lau Basin) се характеризират с висока концентрация на Zn (17%), Pb (0.4%), Ba (12.6%), Ag (217 ppm) и Au (4.5 ppm) и ниска — на Fe (13%), докато тези, привързани към Срединно-Атлантическия (TAG, Logatchev, Snakepit, Broken Spur, Lucky Strike) и Централно-Индийския (Sonne Field) хребети имат високи Fe (26.4%) и Cu (4.8%), както и Pb (0.1%), Zn (8.5%), Ba (1.8%), Ag (113 ppm), Au (1.2 ppm) (Herzig, Hannington, 2000).

Най-богатите на Au ПМС (до 230 ppm) са открити в пределите на подводната планина Conical, в териториалните води на Papua New Guinea, където средната концентрация е в границите на 26 ppm, което е около 10 пъти повече от този показател за икономически целесъобразен добив на Au на сушата. Първите две лицензии за проучване на залежи на ПМС са предоставени през 1997 г. на австралийската компания Nautilus Minerals (<http://www.nautilusminerals.com>). Към настоящия момент техният брой е нараснал до 7 (Eastern Manus Basin, Woodlark Basin, Vienna Woods) с обща площ 17 500 km² и се предполага, че подводният добив на ПМС ще започне още през това десетилетие.

Следва също да се отбележи, че хидротермалните отвори (комини), към които са привързани ПМС, служат като среда, в която обитават разнообразни редки и непознати за науката организми и особено микроорганизми. Те вече се използват във фармацевтиката, в нефтеното сондиране, в криминалистиката, в генното инженерство и в други области.

Кобалтоносни желязо-манганови кори (КЖМК)

КЖМК се срещат най-често на дълбочина от 1000 до 4000 m и са локализираны по склоновете и върховете на подводни планини във вид на тънък слой (кора) с дебелина от няколко mm до 20–30 cm, като болшинството кори имат мощност в пределите 2–4 cm.

Като най-перспективни за разработка на КЖМК се считат гайотите, разположени в Тихия океан — в районите около Marshall Islands, French Polynesia, Kiribati, Micronesia, the Magellan Seamount и Централното-Тихоокеанско издигане. Средното съдържание на Co е 0.4–0.8%, като широко разпространение имат и кори с 1–2%. Относително високата концентрация на рудната маса в корите (при дебелина на слоя 2–6 cm плътността е 40–120 kg/m²) ги прави уникални в сравнение с находищата на сушата. След Co интерес представляват и елементи, като Ti, Se, Ni, Zr, Pt (Hein, 2004).

Полиметални конкреции (ПМК)

ПМК са открити преди около 130 години и тяхното пространствено разпределение на дъното на Световния океан е достатъчно добре изучено. Днес е известно, че най-голям икономически интерес представляват следните три конкрециеносни полета: Клариян—Клипертон (североизточната част на Тихия океан), Перуанската котловина (югоизточната част на Тихия океан) и Централноиндийската котловина (Индийски океан).

Рудното поле Клариян—Клипертон, разположено между едноименните разломни зони, представлява субширотна ивица с дължина повече от 4 000 km и ширина от 300 до 700 km. Тук плътността на ПМК е между 5 и 25 kg/m², а средното съдържание на метали е: Mn — 30%, Cu — 1.5%, Ni — 2%, Co — 0.25%, Fe — 10%. Конкрециеността на Централноиндийската котловина варира между 4 и 10 kg/m², а средното съдържание на метали в тях е: Mn (25%), Cu (0.96%), Ni (0.99%), Co (0.11%) и Fe (8%). При съвременните изчисления за ресурсния потенциал на ПМК се използва минимална плътност от 10 kg/m² и минимален сумарен коефициент — Ni+Cu > 1.76%. По различни оценки потенциалните ресурси на ПМК са между 14 — 99.10¹² kg, а само за полето Клариян—Клипертон — около 38.10¹² kg, съдържа-

щи: Mn — около $11 \cdot 10^{12}$ kg, Co — $115 \cdot 10^9$ kg, Ni — $650 \cdot 10^9$ kg и Cu — $520 \cdot 10^9$ kg. По-новите оценки (Morgan, 2000) показват ПМК ресурси от $34 \cdot 10^{12}$ kg, съдържащи Mn — $7,5 \cdot 10^{12}$ kg, Ni — $340 \cdot 10^9$ kg, Cu — $265 \cdot 10^{12}$ kg и Co — $78 \cdot 10^{12}$ kg.

Правен режим за дейността в международния район на морското дъно

Съгласно Конвенцията на ООН по морско право от 1982 г. и Споразумението относно прилагане на част XI на Конвенцията повърхността на морското и океанско дъно и неговите недра, намиращи се отвъд пределите на националната юрисдикция (наречено за краткост „Район“), а също така и техните ресурси са „Всеобщо Наследство на Човечеството“. Учреденият през 1994 г. Международен орган на ООН по морско дъно (МОД) е организацията, посредством която държавите-страни по Конвенцията организират и контролират дейността в Района и по-специално осъществяват управление на неговите ресурсите.

През 2000 г. МОД прие Устав за търсене и проучване на ПМК в Района, който се прилага към всички частни и държавни субекти, осъществяващи геологопроучвателна дейност (ISBA/6/A/18). От 2001 г. досега осем юридически субекта са подписали договори с МОД за проучване на ПМК: COMRA (Китай), DORD (Япония), IFREMER/AFERNOD (Франция), BGR (Герма-

ния), предприятието „Южморгеология“ (Руската Федерация), правителствата на Индия и на Република Корея и Съвместната организация „Интерокеанметал“ (България, Куба, Полша, Руската Федерация, Словакия и Чешката Република). Всеки договор има срок от 15 години и освен стандартните условия включва План за работа, който се допълва от периодични 5-годишни програми. Всеки контрактор представя ежегодно в МОД отчет за своята дейност с подробно описание на видовете и обемите изследвания, вкл. и финансовите разходи.

Въпросите, свързани с регулиране на търсенето и проучването на ПМС и КЖМК в Района (ISBA/10/C/WP.1/Rev.1), са в процес на съгласуване в МОД и тяхното приемане се очаква през 2008 г.

Интерокеанметал (ИОМ) като контрактор с МОД

ИОМ е организация, създадена през 1987 г. на базата на междуправителствена спогодба с цел да извършва дейности по търсене, проучване и подготовка за промишлено усвояване на ПМК. След влизането в сила на Конвенцията и приемането на Устава, на 29 март 2001 г. ИОМ подписа договор за проучване на ПМК. Проучвателният район има площ $75\,000\text{ km}^2$ и е разположен в източната част на конкрециеносното поле Кларийон-Клипертон в Тихи океан (фиг. 1).

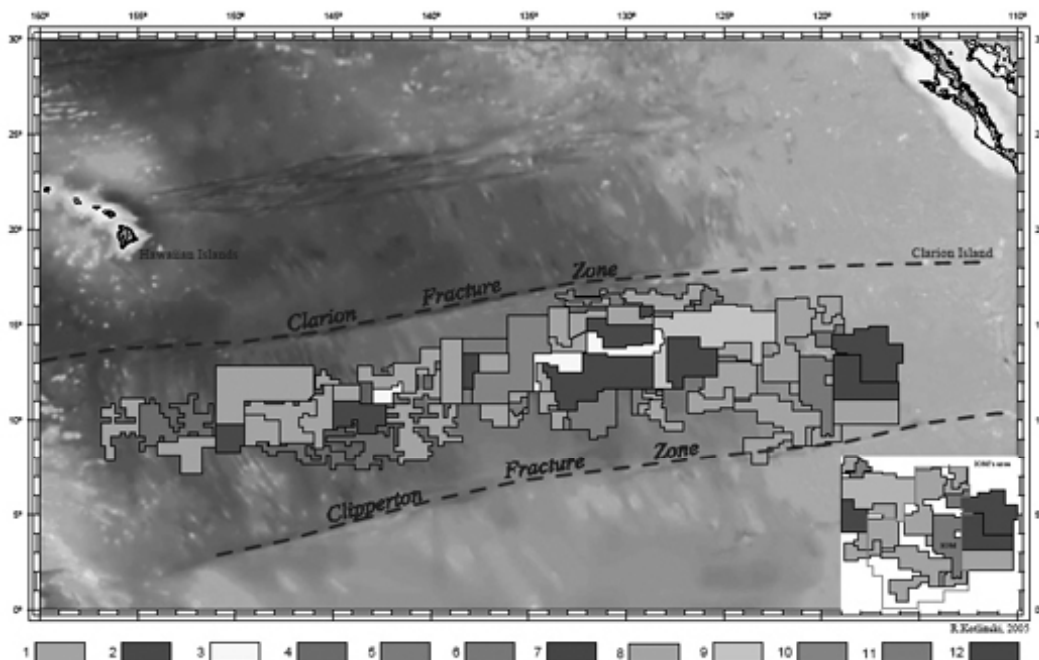


Fig. 1. Disposition of sectors of contractors and potential investors in the clarion-clipperton fracture zone exploration areas of the contractors: 1. Japan (DORD), 2. France (IFREMER/AFERNOD), 3. Russia (YUZHMOERGEOLGIYA), 4. China (COMRA), 5. Korea (KORDI), 6. Interoceanmetal joint organization (IOM), 7. Germany (FIGNR), 8. Isa reserved areas application areas of potential investors: 9. Ocean mining associates (OMA), 10. Ocean management incorporated (OMI - I), 11. OMI - II, 12. Lockheed martin systems co. Inc. (LMS)

Деятелността на ИОМ като контрактор е в съответствие с утвърдения от Съвета на МОД поэтапен План за проучване. През периода 2001—2005 г. ИОМ осъществи три научноизследователски експедиции, които включваха батиметрическа снимка на морското дъно, фотопрофилране, пробоотбор на конкреции и дънни утайки, периодични фонове измервания на параметрите на морската среда (мониторинг) и комплексни лабораторни анализи на пробите, като обработените данни и получените резултати ежегодно са представяни в МОД. Извършени са също изследвания по оптимизацията на съществуващите в страните-участнички технологични схеми за извличане на полезни компоненти от ПМК и е проведена подготовката на създаване на проект на система за добив на ПМК. Главна задача на проучвателната дейност на ИОМ по време на втория етап (2006—2014 г.) е определяне на зале-

жите на ПМК и техните запаси в първостепенните блокове, които биха могли да се разработват в бъдеще.

Заклучение

Сега е трудно и даже невъзможно да се посочи достатъчно достоверно кога ще започне промишленият добив на минерални ресурси от дълбоководните части на Световния океан. Това зависи главно от съществуващата икономическа и технологична действителност, пряко свързана със ситуацията на световния пазар на метали, с разходите за добив и възможните технологии за разработка на конкретните видове суровини, а също така в голяма степен и от проблемите, свързани със защитата и опазването на морската среда от вредни последствия, които биха могли да възникнат като резултат на проучвателната и добивната дейност в района.

Литература

- Hein, J. 2004. Cobalt-rich ferromanganese crusts: global distribution, composition, origin and research activities. Minerals others than polymetallic nodules of the International seabed area. — In: *Proceedings of a workshop, June 26-30 2000, Kingston, Jamaica*. International Seabed Authority, v. 1, 188—272.
- Herzig, P. M., M. D. Hannington. 2000. Polymetallic massive sulphides and gold mineralization at mid-ocean ridges and in subduction-related environments. —

- In: Cronan, D. S. (Ed.). *Handbook of Marine Mineral Deposits*. CRC Press Marine Science Series, Boca Raton, 347—368.
- Morgan, C. L. 2000. Resource estimates of the Clarion-Clipperton manganese nodule deposits. — In: Cronan, D. S. (Ed.). *Handbook of Marine Mineral Deposits*. CRC Press Marine Science Series, Boca Raton, 145—170.