



## السلطة الدولية لقاع البحار

الدورة الثامنة

كينغستون، جامايكا

١٦-٥ آب/أغسطس ٢٠٠٢

## تقارير موجزة عن الترسبيات الكبريتيدية الضخمة المؤلفة من عدة معادن وقشور سبائك الحديد والمنغنيز الغنية بالكوبالت

### أولاً - الترسبيات الكبريتيدية الضخمة المؤلفة من عدة معادن والموجودة على قاع البحار المتكون حديثاً وإمكانات استغلالها كموارد<sup>(١)</sup>

١ - منذ عام ١٩٧٩، تم العثور على ترسبيات كبريتيدية ضخمة مؤلفة من عدة معادن في مياه البحار والمحيطات على أعماق تصل إلى ٣٧٠٠ متر، وذلك في مجموعة متنوعة من الصدوع والطيات الموجودة على قاع البحار والمحيطات المتكون حديثاً، بما في ذلك جبال المحيطات الوسطية، والصدوع الواقعة بين الجزر البركانية واليابسة، إلى جانب الجبال البحرية. والكثير من الترسبيات الكبريتيدية يتألف من مجموعة من فوهات الدخان الأسود، التي تعلو جبلا من المركبات الكبريتيدية، تقع تحته منطقة من العروق المعدنية. وقد ثبت، على نطاق واسع، أن مياه البحر الجارية، التي تطرأ عليها تغيرات في منطقة تفاعل قريبة من كتلة محورية سفلية ضخمة من الحمم البركانية، هي الناقل الرئيسي للفلزات والكبريت، اللذين يستخرجان بالإذابة من قاع المحيطات. أما الترسبات الضخمة من المركبات والعروق الكبريتيدية على قاع البحار وأسفله فتحدث نتيجة لاختلاط مياه البحار الحارة (التي تصل درجة حرارتها إلى ٤٠٠ درجة مئوية)، المندفعة من فوهات الدخان الأسود، مع مياه البحر المحيطة الغزيرة. والترسبيات الكبريتيدية البحرية المؤلفة من عدة معادن يمكن أن تبلغ أحجاماً هائلة (تصل إلى ١٠٠ مليون طن) وغالبا ما تكون محملة بتركيزات عالية من النحاس

(كالكوبايريت) والزنك (سفاليريت) والرصاص (غالينا)، فضلا عن الذهب والفضة. وقد سُجِّل وثائقيا أن التركيب المعدني والكيميائي للترسيبات الكبريتيدية الضخمة المؤلفة من عدة معادن والموجودة على جبال المحيطات الوسطية الغنية بالبازلت تختلف عن نظيرتها الموجودة في مراكز التمدد الواقعة بين الجزر البركانية واليابسة، والتي تتسم بوجود قدر أكبر من صخور الفلسبار والسيليكات البركانية (داسايت وريولايت).

٢ - أما الأخيرة فهي أشبه بالترسيبات الكبريتيدية الرئيسية التي تستخرج حاليا من اليابسة، وإن كانت قد تشكلت يوما ما في مراكز تمدد قاع محيطات الحقبة القديمة. وفي الآونة الأخيرة، تم العثور على تركيزات عالية للغاية من الذهب (تصل إلى ٢٣٠ غراما/طن، بمتوسط يبلغ ٢٦ غراما/طن لـ ٤٠ عينة تم تحليلها) في نوع جديد من الترسبات المعدنية البحرية الموجودة في فوهة بركان خامد في المياه الإقليمية لبابوا غينيا الجديدة. والأسلوب الفريد للتحوُّل من الحالة الفلزية إلى المعدن الخام تشبه كثيرا ما يسمى بـ "ترسيبات الذهب الفائقة الحرارة"، التي لم تصادف حتى الآن إلا على اليابسة. وفضلا عن مياه البحر الجارية، فإن الحمم البركانية المنصهرة المحملة بتركيزات عالية من الذهب تبدو مصدرا رئيسيا للفلزات، ويحتمل أن تكون مسؤولة عن الثروة الهائلة من المعادن الكريمة. ومن المحتمل تماما أن يكون هذا النوع من التحوُّل من الحالة الفلزية إلى المعدن الخام موجودا في مناطق أخرى من الجزر البركانية من المحيطات. ونظرا لارتفاع تركيزات الفلزات العادية والمعادن الكريمة، استقطبت الترسبات الكبريتيدية البحرية المؤلفة من عدة معادن، في الآونة الأخيرة، اهتمام الشركات الدولية العاملة في مجال استخراج المعادن. ذلك أن استخراج بعض هذه الترسبات يبدو ذا جدوى اقتصادية وبيئية، وذلك بفضل ما له من مزايا تفوق ما تتمتع به الترسبات المستخرجة من اليابسة. ومن المرجح أن يتحول هذا إلى حقيقة واقعة قبل انتهاء هذا العقد.

## ثانيا - قشور سبائك الحديد والمنغنيز الغنية بالكوبالت: الخصائص الجيولوجية، والموارد، والتكنولوجيا<sup>(٢)</sup>

١ - تتواجد قشور سبائك الحديد والمنغنيز الغنية بالكوبالت في المحيطات كافة، حيث تعلو جبالها ومرتفعاتها وهضابها، وهي المناطق التي عرّت التيارات والأمواج صخورها من الرواسب على مدى ملايين السنين. والقشور ترسب من مياه البحر الباردة الغزيرة على ركازات صخرية، مكونة ترسيبات يصل سمكها إلى ٢٥٠ ملليمترا. والقشور مهمة كمورد محتمل للكوبالت، بالدرجة الأولى، وإن كان أيضا للتيتانيوم والسيزيوم والنيكل والبلاتين والمنغنيز والثاليوم والتيلوريوم والتغنستن والبزموت والزركونيوم وغيرها. والقشور تتكون في مياه المحيطات على أعماق تتراوح بين ٤٠٠ و ٤٠٠٠ متر، حيث تتواجد أسماك القشور

وأثرها بالكوبالت على أعماق تتراوح بين ٨٠٠ و ٢ ٥٠٠ متر. أما توزيع القشور وسمكها فتتحكم فيهما العمليات المرتبطة بالجاذبية، كالاتجاهات الأرضية، والرواسب الكاسية، والشعاب المغمورة والظاهرة، والتيارات المائية.

٢ - والقشور ترسب على مجموعة كبيرة متنوعة من الصخور، مما يجعل من الصعب تمييز القشور عن الصخور المترسبة عليها من البيانات المستقاة من تكنولوجيا الاستشعار من بعد، وهو ما يعد جانبا هاما من جوانب تطوير تكنولوجيا الاستكشاف. ومن حسن الحظ أن القشور يمكن تمييزها عن الصخور المترسبة عليها، وذلك بفضل ما تتسم به من مستويات أعلى بكثير من إشعاعات غاما. أما الخواص الفيزيائية للقشور - كارتفاع متوسط المسامية (٦٠ في المائة)، والارتفاع الكبير لمتوسط مساحة السطح (٣٠٠ متر<sup>٢</sup>/غرام)، فضلا عن معدلات نموها البطيئة بصورة لا تصدق (١-٦ ملليمترات كل مليون سنة) - فمفيدة في السماح بترسب كميات كبيرة من الفلزات المهمة اقتصاديا من مياه البحر على أسطح القشور.

٣ - والقشور تتألف من معدني الفيرنادايت (أكسيد المنغنيز) والفيروكسيهايت (أو أكسيد الحديد)، مع كميات معتدلة من كربونات الفلورأباتايت - في القشور السمكية - وكميات ضئيلة من الكوارتز والفلسبار، في معظم القشور. والعناصر الشائعة الترسب على الفيرنادايت تشمل الكوبالت والنيكل والزنك والثاليوم. أما العناصر الشائعة الترسب على الفيروكسيهايت فتشمل النحاس والرصاص والتيتانيوم والموليبدنيوم والزرنيخ والفاناديوم والتغنستن والزركونيوم والبزموت والتيلوريوم.

٤ - والقشور الضخمة تحتوي على النسب القصوى من الكوبالت (تصل إلى ١,٧ في المائة) والنيكل (تصل إلى ١,١ في المائة) والبلاتين (تصل إلى ١,٣ جزء في المليون). أما محتويات الكوبالت المتوسطة، التي تتراوح بين ٠,٥ في المائة و ١ في المائة، والتي توجد في مناطق شاسعة من المحيطات، فتجعل من القشور أغنى خامات الكوبالت الموجودة سواء على اليابسة أو في المحيطات. وفي قشور الحواف القارية والقشور القريبة جدا من الجزر البركانية الواقعة غربي المحيط الهادئ، تقل تركيزات الكوبالت والنيكل والتيتانيوم والبلاتين، بينما تزيد تركيزات السيليكون والألومنيوم. وكلما ازدادت أعماق القشور المترسبة، قل تركيز العناصر المرتبطة بالفيرنادايت وازداد تركيز الحديد والنحاس. وفي القشور، تكون تركيزات الكوبالت والسيزيوم والثاليوم والتيتانيوم والرصاص والتيلوريوم والبلاتين أعلى من تركيزات الفلزات الأخرى، وذلك لأنها ترسبت عن طريق تفاعلات الأكسدة، التي تنتج مركبات أكثر استقرارا وأقل نشاطا. أما العناصر الأرضية النادرة، في مجملها، فعادة ما تتراوح نسبتها بين

١,٠ في المائة و ٣,٠ في المائة؛ وهي مستمدة من مياه البحار والمحيطات، شأنها في ذلك شأن العناصر الأخرى المتولدة من المياه، كالكوبالت والمنغنيز والنيكل وغيرها. أما السيزيوم، وهو من العناصر الأرضية النادرة، فمتوفر في القشور بغزارة، وله امكانيات اقتصادية هائلة.

٥ - والجبال والمرتفعات البحرية، التي تنمو عليها القشور، تعوق تدفق مياه المحيطات، مما يتسبب في وجود تيارات متولدة عن الجبال البحرية، طاقتها أكبر نسبياً من التيارات المتدفقة بعيداً عن تلك الجبال. وتأثيرات هذه التيارات تكون على أشدها عند الحافة الخارجية لقمم الجبال البحرية، وهي المناطق التي توجد بها القشور الأشد سمكاً. كذلك، تعمل هذه التيارات الناجمة عن الجبال البحرية على زيادة الدوامات البحرية وتدفق مياه الأعماق إلى قرب السطح، مما يزيد بدوره من إنتاج الأنسجة النباتية بالتمثيل الضوئي. وهذه العمليات الفيزيائية تؤثر على أنواع الكائنات الحية في الجبال البحرية، والتي تتباين من جبل بحري لآخر. وهذه الكائنات تتميز بكثافة منخفضة نسبياً وتنوع قليل، وذلك حيثما كانت القشور سميكة وغنية بالكوبالت. وتركيبية كائنات الجبال البحرية تتحدد بأنماط التيارات، والتضاريس، ورواسب القاع، وأنواع الصخور ومدى انتشارها، وحجم الجبال البحرية، وعمق المياه، وحجم منطقة الحد الأدنى من الأوكسجين. أما وثائق تقييم الأثر البيئي فسوف يلزم لإعدادها توافر مستوى يفوق كثيراً المستوى الحالي لفهم النظم الإيكولوجية والكائنات الحية التي تعيش في الجبال البحرية.

٧ - وقد خُصص زهاء ٤٠ رحلة بحرية دراسية لدراسة القشور الغنية بالكوبالت، وذلك أساساً من جانب ألمانيا واليابان والولايات المتحدة الأمريكية وكوريا وروسيا والصين وفرنسا. وهذا الرقم لا يشمل بعض الرحلات البحرية التي قام بها الاتحاد السوفياتي (الذي أصبح فيما بعد روسيا) والصين، والتي لا يتوافر لكاتب التقرير أي معلومات عنها. غير أنه استناداً إلى ما يقدر بـ ٤٢ رحلة بحرية دراسية تمت خلال الفترة الواقعة بين عامي ١٩٨١ و ٢٠٠١، فإن الحد الأدنى من النفقات يقدر بحوالي ٣٢ مليون دولار أمريكي لتغطية تكاليف السفن والأنشطة العلمية الميدانية، و ٤٢ مليون دولار أمريكي لتغطية الأبحاث التي أجريت على الشواطئ، بحيث يصبح إجمالي الاستثمارات حوالي ٧٤ مليون دولار أمريكي.

٨ - ولا تزال أنشطة البحث والتطوير في مجال تكنولوجيا استخراج قشور الخامات المعدنية في مراحلها الأولى. إذ لا تتوافر أي خرائط تفصيلية لترسيبات القشرية، كما لا يتوافر أي تصور شامل للتضاريس الدقيقة للجبال البحرية. بيد أنه لا غنى عن ذلك في وضع أنسب استراتيجيات التعدين. فقد درجت عمليات الاستكشاف الميدانية المعتادة على إنتاج خرائط أعماق باستخدام نظام "SeaBeam" وخرائط مستمدة من بيانات ارتداد

الصدى وزوايا الانحدار، إلى جانب بيانات عن أنشطة الزلازل. وهذه الخرائط والبيانات عادة ما تستخدم معا لاختيار مواقع جمع العينات. وفيما يتعلق بأعمال الاستطلاع، يؤخذ بالجرافات ما يتراوح بين ١٥ و ٢٠ جرفة وعينة مركزية. وبعد ذلك، تتحدد من الأفلام المأخوذة بكاميرات الفيديو أنواع وتوزيعات القشور والصخور والرواسب، وكذا سُمك القشور إن أمكن. وأنشطة الاستكشاف هذه تتطلب استخدام سفينة أبحاث كبيرة وجيدة التجهيز، وذلك نظرا لضخامة عدد رادارات الأعماق العاملة بالموجات فوق الصوتية، وضخامة حجم المعدات المقطورة، إلى جانب حجم العينات التي يتم جمعها. وخلال مراحل الاستكشاف المتقدمة ومسوح المواقع، يقترح استخدام سونار مسح جانبي للأعماق، مع قياس الأعماق في قطاعات عريضة، واستخدام مركبات مقطورة تشغل من بُعد لرسم خرائط التضاريس الدقيقة وتحديد معالمها. أما القيام بأخذ عينات كثيرة من الترسبات فيمكن أن يتم باستخدام الجرافات والحفارات والمركبات التي تشغل من بُعد، إلى جانب جهاز لأخذ عينات متقاربة، لم يبتكر بعد. أما مسوح إشعاعات غاما فتساعد على تحديد سُمك القشور وعلى الكشف عن القشور الموجودة تحت الطبقات الرسوبية الرقيقة. ولتفهم بيئة الجبال البحرية، يلزم استخدام مراس لقياس شدة التيارات. كذلك، لا غنى عن أخذ عينات بيولوجية وإجراء مسوح بيولوجية.

وقد تم تحديد ١٢ معيارا لاستكشاف واستغلال قشور الخامات المعدنية.

#### المعايير الإقليمية:

- (١) صروح بركانية ضخمة تقع على أعماق تقل عن نطاق الـ ١٠٠٠-١٥٠٠ متر؛
- (٢) صروح بركانية يزيد عمرها على ٢٠ مليون سنة؛
- (٣) تراكيب بركانية لا تكسوها جزر مرجانية أو شعاب مرجانية كبيرة؛
- (٤) مناطق تنسم تيارات القاع فيها بالشدّة والاستمرار؛
- (٥) منطقة ضحلة جيدة التكوين يتوافر فيها الحد الأدنى من الأوكسجين؛
- (٦) مناطق معزولة عن غزارة رواسب الأنهار والرياح.

#### المعايير الخاصة بالمواقع

- (٧) تضاريس دقيقة مطوية؛
- (٨) مصاطب وفجاج وممرات جبلية قمية؛

(٩) منحدرات مستقرة؛

(١٠) عدم وجود براكين محلية؛

(١١) محتوى الكوبالت  $\leq ٠,٨$  في المائة؛

(١٢) متوسط سمك القشرة  $\leq ٤٠$  ملليمترًا.

٩ - ومن الناحية التكنولوجية، فإن استخراج قشور الخامات المعدنية أصعب كثيرا من استخراج عقيدات المنغنيز. ذلك أن استخراج العقيدات أسهل نسبيا، لأنها مستقرة على ركازة صخرية من رواسب لينة، في حين أن القشور ملتحمة، بدرجة ضعيفة أو قوية، بالركازة الصخرية. ولاستخراج قشور الخامات المعدنية بنجاح، يتعين استخراج القشور دون أن تعلق بها أجزاء من الركازة الصخرية، وإلا تدرت درجة نقاوة الخامات كثيرا. والعمليات الخمس الممكنة لاستخراج القشور تشمل التفطيت والجرش والرفع والجمع والفصل. والطريقة المقترحة لاستخراج القشور تتألف من استخدام مركبة تزحف على القاع متصلة بسفينة تعدين سطحي عن طريق رافعة أنبوبية تعمل بالضغط الهيدروليكي وكابل كهربائي. وبقوة دفعها الذاتية، تتحرك الجرافة بسرعة ٢٠ سنتيمترا في الثانية. وفي الحالات الدنيا، تبلغ الانتاجية مليون طن في السنة. وفي ظل هذا الافتراض، تصل كفاءة التفطيت إلى ٨٠ في المائة، مع وجود شوائب من الركازة الصخرية تصل نسبتها إلى ٢٥ في المائة، وهي نسبة معقولة في مجال استخراج قشور الخامات المعدنية. ومن الأساليب الجديدة المبتكرة التي اقترح استخدامها في استخراج القشور أسلوب تعرية الركازة الصخرية من قشرتها بتسليط تيارات مائية نفائشة، وأسلوب إذابة الفلزات والمعادن من خاماتها، وأسلوب نزع القشور من الركازات الصخرية بالموجات فوق الصوتية. وهذه المقترحات تبشر بالخير وتحتاج إلى تطوير.

١٠ - أما أهمية الفلزات الموجودة في القشور بالنسبة للاقتصاد العالمي فتعكس في أنماط استهلاكها. فالمنغنيز والكوبالت والنيكل تستخدم أساسا في صناعة الصلب، حيث تضاف عليه خصائص فريدة. والكوبالت يستخدم أيضا في الصناعات الكهربائية وصناعات الاتصالات والطائرات والمحركات والعدد والآلات. أما النيكل فيستخدم أيضا في مصانع الكيماويات ومصافي النفط والأجهزة الكهربائية المنزلية والسيارات. والكوبالت ناتج ثانوي لاستخراج النحاس. وبالتالي، فإن العرض من الكوبالت مرتبط بالطلب على النحاس. وهذا ينطبق أيضا على التيلوريوم، الذي يعد ناتجا ثانويا لاستخراج النحاس والذهب. وقد حدث تقلبات العرض هذه بالصناعة إلى البحث عن بدائل للكوبالت والتيلوريوم، مما أسفر عن حدوث نمو طفيف في أسواقهما مقارنة بالعقد المنصرم، ومن ثم انخفضت أسعارهما نسبيا.

وإذا ما أمكن إيجاد مصادر بديلة لهذين الفلزين، فسوف يكون هناك حافز أقوى على إعادة استخدامهما في المنتجات وعلى توسيع رقعة أسواقهما.

١١ - وفي الآونة الأخيرة، ثبت أن قشور الخامات المعدنية تحتوي على فلزات أخرى خلاف المنغنيز والكوبالت والنيكل والنحاس والبلاتين، قد تكون بمثابة حافز إضافي في مجال استخراج المعادن. فالتيتانيوم، مثلاً، قيمته هي الأعلى بعد الكوبالت. والسيزيوم أعلى قيمة من النيكل. والزركونيوم متكافئ مع النيكل في القيمة. أما التيلوريوم فقيمته ضعف قيمة النحاس. وهذا التحليل يفترض أن بالإمكان استخراج كل معدن من هذه المعادن على نطاق تجاري.

١٢ - ومن حيث درجة النقاوة والكميات وأحوال المحيطات، تتوفر للمنطقة الاستوائية الوسطى من المحيط الهادئ أفضل إمكانيات استخراج قشور الخامات المعدنية، لا سيما في المنطقة الاقتصادية الخالصة بجزيرة جونستون (الولايات المتحدة الأمريكية)، وجزر مارشال، والمياه الدولية لجزر المنطقة الوسطى من المحيط الهادئ، وذلك رغم أن المناطق الاقتصادية الخالصة لبولينيزيا الفرنسية وكيريباس وولايات ميكرونيزيا المتحدة يجب أن تؤخذ في الحسبان.

١٣ - والإمدادات من المعادن الكثيرة الموجودة في قشور الخامات المعدنية لا غنى عنها سواء للمجتمعات الصناعية الحديثة أو لتحسين مستويات المعيشة في القرن الحادي والعشرين. وقد تزايد إدراك أن القشور الغنية بالكوبالت تعد مورداً هاماً محتملاً. لذلك، يتعين سد فجوة المعلومات المتعلقة بشئى جوانب استخراج قشور الخامات المعدنية، وذلك من خلال البحوث والاستكشافات وتطوير التكنولوجيا.

### ثالثاً - استغلال الموارد الكبريتيدية المعدنية، والحيوانات التي تعيش عند فوهات المياه الحارة<sup>(٣)</sup>

١ - أثبتت الدراسات والأبحاث وجود ما يزيد على ٥٠٠ نوع جديد من الحيوانات عند فوهات المياه الحارة في أعماق البحار والمحيطات، وذلك منذ اكتشاف تلك الفوهات في عام ١٩٧٧. ولهذه الفوهات قيمة علمية كبيرة، لأنها تحتوي على أعداد هائلة من الأنواع المتوطنة وغير العادية، فضلاً عن كونها ملاذاً للكائنات القريبة الشبه بأشكال الحياة القديمة. ولأن النظم الإيكولوجية التي تميز هذه الفوهات بدیعة المنظر وغير عادية كبیئة، فقد استقطبت اهتماماً عاماً واسع النطاق. كما أنها مورد يمكن استغلاله لتعريف الجمهور بالعمليات التي تحدث في أرضنا وبأسلوب الذي يعمل به العلماء. وفي الوقت الراهن، يتعذر التكهن بمدى سرعة تمكن مواقع الفوهات من استعادة أوضاعها بعد عمليات

استخراج المعادن. فالأجهزة المستخدمة في هذه العمليات ستقتل حتما بعض الكائنات، بينما ستعرض الكائنات الأخرى القريبة منها لشيء ما من جراء ترسب جسيمات أعمدة الأتربة العالقة في الماء. أما الكائنات التي ستنجو من هذه الاضطرابات فسوف تتعرض لتغيرات حادة في البيئة، كما أن المواقع المستغلة ستقل قيمتها العلمية والتعليمية. ومن جهة أخرى، فإن الفوهات الباقية منذ فترات بعيدة، والتي تزخر بأكبر قدر من الترسبات المعدنية، يرجح أن تكون الأكثر استقرارا من الناحية الإيكولوجية وأن يكون التنوع البيولوجي فيها على أشده. وتركيز أنشطة استخراج المعادن في هذه المواقع يمكن أن تترتب عليه آثار إقليمية بالنسبة للعمليات البيولوجية ومدى وفرة الكائنات الحية، إلى الدرجة التي يمكن أن يصبح عندها بقاء بعض الأنواع قضية.

٢ - والسيطرة على مواقع تسرب المياه البحرية الحارة في العالم تعتبر هدفا غير واقعي. وبدلا من ذلك، ينبغي أن تنصب المناقشات على معايير تحديد المواقع التي يلزم حمايتها في المستقبل بسبب أهميتها البالغة، أو بسبب حساسيتها المفرطة للاضطرابات، أو بسبب قيمتها العلمية والتعليمية، أو بسبب أهميتها لبقاء الأنواع.

#### الحواشي

- (١) بيتر م. هيرتزك، جامعة فرايبورغ للتعددين والتكنولوجيا، ألمانيا.
- (٢) جيمز ر. هين، رئيس الجمعية الدولية للمعادن البحرية.
- (٣) س. كيم جونيبه، جامعة كيبيك، مونتريال، كندا.