

باطن الأرض .. لغز جيولوجي

عادة ما تكون الحياة فوق سطح القشرة الأرضية - على المستوى الجيولوجي - هادئة وساكنة إلا من حوادث عارضة مثل الزلازل التي تحدثها «الألواح التكتونية» Tectonic Plates . وتعلق الزلازل بتكوين وحركة وتخطيط أجزاء ضخمة من القشرة الأرضية يطلق عليها «الألواح» . أما تحت سطح الأرض ، فقد اكتشف العلماء حديثاً مناطق مضطربة وناثرة وعالية النشاط على أبعاد عميقة من باطن الأرض . أكثر مما كان يُعتقد من قبل وتحتوي هذه المناطق على مواد غريبة وتجرى بها أحداث غير مألوفة . وتمثل في مجموعها لغزاً جيولوجياً يحاول العلماء سبر غوره .



العمليات الفيزيائية... في طبقة الوشاح

لاشك في أن كوكبنا الأرض يكتسب أهمية كبيرة بالنسبة لنا، ومع هذا فإن الكثيرين لا يعرفون معلومات كافية عن تركيب هذا الكوكب، خاصة طبقاته الداخلية، وعموماً فإنه يمكن تقسيم الكرة الأرضية إلى ثلاثة نطاقات :

- القشرة crust هي الطبقة الخارجية الرقيقة، ويتراوح سمكها من ستة كيلو مترات ونصف الكيلومتر في بعض قيعان المحيطات إلى خمسين كيلو متراً أسفل بعض سلاسل الجبال، وتتكون صخورها من الحديد والسيليكون والمغنسيوم والألمنيوم.

- الوشاح mantle يلي القشرة إلى أسفل ويبلغ سمكه نحو ألفين وتسعمائة كيلو متر وهو على الأرجح صلب وتزداد كثافته مع العمق.

- اللب Core يبلغ قطره حوالى ستة آلاف وتسعمائة كيلو متر وهو بالغ السخونة وعالى الكثافة ويتعرض لضغط مروع، ويقسمه العلماء إلى جزئين :

الجزء الخارجى الذى قد يكون مُسَالاً، والجزء الداخلى الذى يُعتقد أنه صلب ويتكون من فلزى الحديد والنيكل. واكتشف الجيولوجيون أن ثمة أموراً غريبة تحدث فى الأجزاء السفلى من وشاح كوكبنا إذ لاحظوا أن بعض الموجات الزلزالية تنتقل بسرعة أكبر من غيرها، فى طبقات معينة من أدنى طبقات الوشاح، ولكنهم لم يعرفوا سبب حدوث ذلك على وجه الدقة.

ويمكن أن تتسبب آليات متباينة فى أن تنتقل موجات زلزالية معينة أسرع من موجات أخرى. وإذا تمكنا من تحديد نوعية الآليات التى تحدث، فإننا نستطيع التعرف على طبقة الوشاح.

ومن المعروف أن سرعات الموجات الزلزالية - أى موجات الطاقة التى تهز الأرض خلال حدوث الزلزال - تتوقف على كثافة وصلابة الصخور التى تنتقل خلالها الموجات. وهناك تفسيران لمحاولة التعرف على انتقال بعض الموجات أسرع من الأخرى خلال نفس الطبقة من الوشاح. التفسير الأول أن المواد المكونة لهذه الطبقة تتباين فيما بينهما من حيث التركيب

الكيميائي. أما التفسير الثانى فيتعلق بالشكل الذى تتخذه الحبيبات المعدنية فى المواد، التى تمر خلالها الموجات الزلزالية، وكلا من هاتين الآليتين يمكنها أن «تشق» الموجات الزلزالية إلى قسمين أحدهما أسرع من الآخر.

استخدم الباحثون تجارب ونماذج رياضية للتعرف على الآلية التى تعمل فى الطبقة السفلى الساخنة من الوشاح تلك المنطقة التى تمتد من ٦٧٠ إلى ٢٩٠٠ كيلو متر تحت سطح الأرض.

يتسبب الضغط المروّع فى هذه المنطقة فى تكوين معادن تختلف عن تلك الموجودة فى الطبقة العليا من الوشاح، وهى المساحة التى تقع بين القشرة الأرضية والجزء السفلى من الوشاح. ووجد الجيولوجيون أن ترتيب الحبيبات المعدنية - وليس اختلاف التركيب الكيميائى - هو الذى يسبب ذلك السلوك غير العادى للموجة الزلزالية فى الطبقة الدنيا من الوشاح. وكان الأمر المحير، أنه داخل الطبقة الدنيا من الوشاح، لا ترى إلا تلك المساحات على الحدود الفاصلة بين الوشاح واللّب، فى تلك الأماكن حيث تدفع

ألواح من القشرة الأرضية والطبقة العليا من الوشاح إلى أسفل ثم تتصادم مع الحدود الفاصلة بين الوشاح واللب.



من الواضح أن هناك الكثير من الأمور الغريبة تحدث عند الحدود الفاصلة بين الوشاح واللب، لذلك فمن المرجح أن تكون منطقة هامة تؤدي دراستها إلى التعرف على التطور الحراري والكيميائي لكوكب الأرض كما توضح مثل هذه الأبحاث، كيف أن دراسة الموجات الزلزالية، يمكن أن تفتح نافذة على التحركات الجيولوجية التي تجرى في باطن الأرض.

لقد تكامل علم دراسة الزلازل seismology وعلم الديناميكا الأرضية geodynamics بشكل ناجح للغاية في دراسة الطبقة العليا من الوشاح. حيث تقود الملاحظات الأوضح والمعرفة الأدق للبنية التحتية لباطن الأرض، إلى المزيد من الاستيعاب الأفضل للعمليات الفيزيائية. ولكن هذه مجرد الخطوة الأولى تجاه استخدام، هذا المبدأ في دراسة الطبقة الدنيا من الوشاح.

كوكب... داخل كوكب

وفي دراسة حديثة تبشر بالمزيد من المعرفة عن أصل وديناميكية لب الأرض الداخلي الغني بالحديد، أي سلوكه عندما

يتحرك بسرعات متغيرة تحت تأثير قوى توليد المجال المغنطيسي للأرض، لاحظ الباحثون أن خصائص المرونة للحديد - أى قدرته على أن يستعيد شكله الأصلي إذا حدث فيه تشوه نتيجة الإجهاد - تتباين عند درجات الحرارة العالية والمنخفضة.

وأدى هذا الاكتشاف المثير للدهشة إلى مراجعة وإعادة النظر فى الصور الزلزالية، التى رُسمت على أساس خصائص الحديد فى درجات الحرارة المنخفضة فقط.

ويمكن للخبير، التنبؤ بخصائص الحديد فى اللب عن طريق استخدام الكمبيوتر الفائق لعمل نماذج محاكاة simulations بدلاً من الاعتماد على القياس المباشر أو البيانات التجريبية.

وتتعلق هذه النماذج بدراسة بنية الحديد فى ظروف الضغط المروعة والحرارة اللافتحة التى تصل إلى معدل يتراوح بين ٣٧٣٠ و ٦٧٣٠ درجة مئوية.

عندما اكتشف الجيولوجيون - لدهشتهم البالغة - أن خصائص المرونة للحديد تتباين بين الحرارة العالية والمنخفضة، شعروا بمدى الحاجة إلى إيجاد تفسير جديد للصور الزلزالية حتى

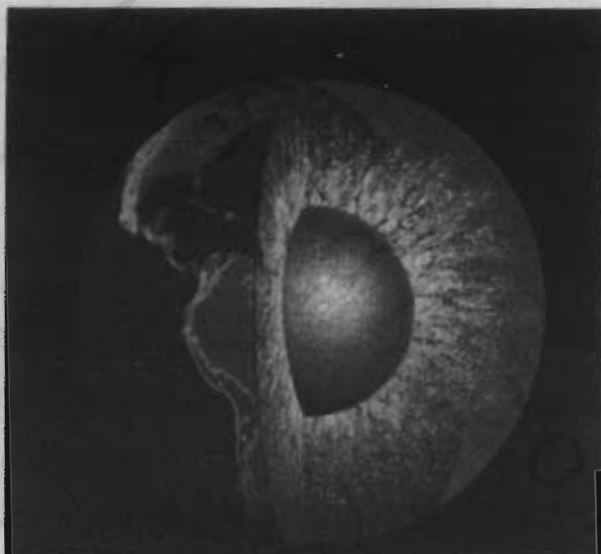
تكون أكثر دقة. وأثناء إجراء العلماء لأبحاثهم تساءلوا :

هل هناك علاقة بين دوران الأرض واللب ؟ من المعروف أن كوكب الأرض يدور حول نفسه مرة واحدة في اليوم، بينما يدور اللب الداخلي للأرض بما يزيد على ذلك بثلاث درجات أو نحو ذلك كل عام، وفي خلال ١٢٠ عامًا يكمل الكوكب الداخلي دورة كاملة إضافية (٣٦٠ درجة).

معنى ذلك أن اللب «المعدني» يدور بسرعة أكبر من باقى كوكبنا. وهذا اللب ذو الحرارة المروعة، فى مثل حجم القمر، وهو آخذ فى التضخم إنه مثل كوكب داخل كوكب.

ومؤخراً لاحظ العلماء أن اللب الداخلى متباين الخواص Anisotropy وأن الموجات الصدمية الناتجة عن الزلازل تمر خلاله أسرع فى اتجاه الشمال - الجنوب أكثر من الاتجاهات الأخرى، وأرجع الجيولوجيون السبب فى هذا إلى البنية البلورية للحديد Crystalline structure التى تشمل البنيان الهندسى وترتيب الذرات فى البلورات.

وظروف الضغط الهائل بمركز الأرض التي تزيد على ثلاثة ملايين ونصف المليون مرة عن الضغط فوق سطح الأرض، كما تصل درجة الحرارة إلى معدل يزيد على درجة حرارة سطح الشمس.



كما أوضح العلماء بأن محور التماثل Axis of symme-try للحديد (خط وهمي داخل جسم ما يكون بمثابة محور) يميل بنحو ١٢ درجة عند دوران المحور في اتجاه الشمال - الجنوب، وقد توصلوا إلى هذا اللاتماثل، عندما قاموا بتحليل السجلات التي قيدَ فيها ما يقرب من خمسة عشر ألف زلزال في كل أنحاء العالم، قامت بإرسال موجات صدمية عبر اللب الداخلي. ولعل هذا هو السبب في زيادة سرعة الموجات الزلزالية.

المولد الكهربائي الأرضي

وبالمزيد من البحث عن الدوران الإضافي لمركز الأرض، اتضح مؤخراً أن السبب يرجع إلى قوة لف دورانية تتولد نتيجة التفاعل بين المجالات المغنطيسية لللب الداخلي والخارجي. فاللب الداخلي - الذي يمتد بنحو ٤٨٠٠ كيلو متر تحت أقدامنا ويصطلى بدرجة حرارة تصل إلى حوالي ٣٩٠٠ درجة مئوية - يطلق بإطراد حرارته إلى اللب الخارجي المسال.

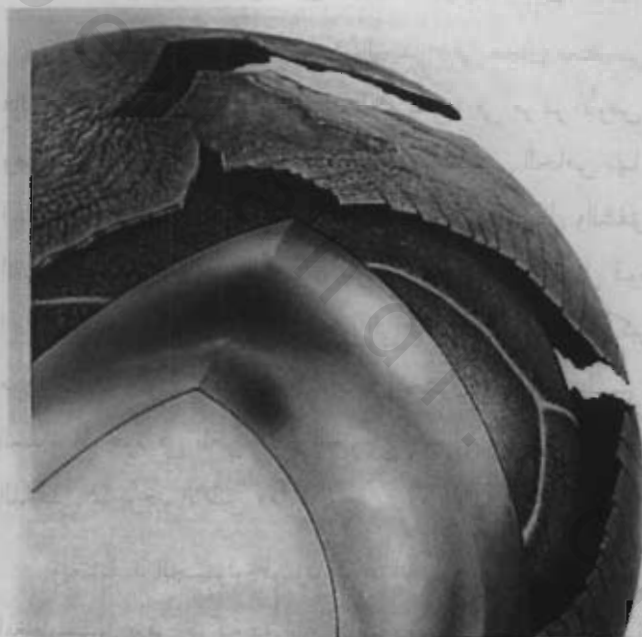
وتؤدي هذه الحرارة إلى حدوث الحمل الحراري

convection - أى انتقال الحرارة فى اتجاه صاعد - فى اللب الخارجى، مما يدفع الحديد المسال إلى التحرك كما يفعل الهواء فوق المشع (مجموعة من الأنابيب لتبريد محرك السيارة)، حيث يتحرك السائل الساخن إلى أعلى، وبعد أن يبرد يهبط إلى أسفل.

وعندما يمر الحديد - الموصل الجيد - فى مجال مغنطيسى فإنه يولد كهرباء، مما ينشئ «المولد الكهربائى» فى مركز الأرض. وهذه الكهرباء - بدورها - لها مجالها المغنطيسى الخاص بها، الذى يكون مسئولاً عن اتجاه مؤشر البوصلة إلى الشمال والشفق القطبى، وبعض الظواهر الأخرى فوق سطح الأرض. وتصل قوة المجالات المغنطيسية فى مركز الأرض إلى أكثر من مائتى مرة أكبر من تلك الموجودة عند سطح الأرض، ويخترق المجال المغنطيسى الشديد الموجود فى باطن اللب الخارجى، المجال الموجود فى اللب الداخلى مما يوحد الاثنين معاً.

ويعتقد الجيولوجيون أن هذا التوحيد بين المجالين المغنطيسيين يوفر حركة دورانية كافية، تمد بالطاقة تلك الدورة الإضافية لللب الداخلى. وتعمل هذه الآلية وكأنها محرك داخل

قوة كهرومغناطيسية سريعة التغير، مما يؤدي إلى دوران العضو الدوّار به، ولكن في حالتنا هذه فإن هذا العضو الدوّار يكون في حجم القمر !.



وعلى الرغم من هذا التفسير المقنع، إلا أنه يثور سؤال مثبط ما هو مصدر المجال المغنطيسي الذي أنشأ في الأصل المولد الكهربائي الأرضي ؟ يقول العلماء عندما يبدأ عمل هذا المولد الكهربائي الأرضي فإنه يستمر، والتيار الكهربائي الناتج يمكنه أن يتعزز. وربما أنه في زمن ما بعد تكون كوكب الأرض منذ نحو خمسة بلايين سنة ، كان في حالة سيولة ، وأخذت المعادن الثقيلة كالحديد، تهبط نحو المركز. ولم يكن هناك لب في البداية ولكنه أخذ ينمو كلما بردت الأرض. ووفرت الحرارة التي أطلقت، تلك الطاقة اللازمة لتشغيل المولد الكهربائي الأرضي.

وللإجابة على الأسئلة التي تثار حول ذلك «الكوكب الذي داخل كوكب» فإننا في حاجة إلى رصد اللب الداخلي للأرض باستمرار. وهذا أمر تكتنفه صعوبات بالغة. إذ إن الزلازل تكون متكررة الحدوث في بعض أجزاء فقط من العالم، كما أنه لا ينتج عن الكثير منها موجات صدمية تمر خلال اللب المعدني. ومن ثم فنحن في حاجة للمزيد من محطات تسجيل الزلازل تنتشر في

الأماكن المعرضة للزلازل بالإضافة إلى عدد كبير من الكمبيوترات الفائقة بهدف التعرف بشكل أوضح عن كيفية عمل المولد الكهربائي الأرضي وكيفية تفاعله مع اللب الداخلي للأرض، مما يؤدي في النهاية إلى سبر غور بنية أعماق كوكبنا، وإنتاج صور بالغة الدقة تساعد على التنبؤ بالزلازل، ومن ثم إنقاذ أرواح الآلاف من بنى البشر.