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 . وتتعلق الزلازل بتكوين وحركة وتحطيم أجزاء ضخمة من القشرة الأرضية يطلق عليها «الألواح». أما تحت سطح الأرض، فقد اكتشف العلماء حديثًا مناطق مضطربة وثائرة وعالية النشاط على أبعاد عميقة من باطن الأرض. أكثر مما كان يُعتقد من قبل وتحتوى هذه المناطق على مواد غريبة وتجرى بها أحداث غير مألوفة. وتمثل فى مجموعها لغزاً جيولوجياً يحاول العلماء سبر غوره.

العمليات الفيزيائية ... في طبقة الوشاح

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

- القشرة crust هى الطبقة الخارجية الرقيقة، ويتراوح سمكها من ستة كيلو مترات ونصف الكيلومتر فى بعض قيعان المحيطات إلى خمسين كيلو متراً أسفل بعض سلاسل الجبال، وتتكون صخورها من الحديد والسيليكون والماغنسيوم والألومنيوم.

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

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

الجزء الخارجي 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

الكيميائى. 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 واللُّب، فى تلك الأماكن حيث تدفع

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

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

لقد تكامل علم دراسة الزلازل seismology وعلم الديناميكا الأرضية geodynamics بشكل ناجح للغاية فى 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 فى دراسة الطبقة الدنيا من الوشاح.

كوكب... داخل كوكب

وفى دراسة حديثة تبشر بالمزيد من المعرفة عن أصل وديناميكية لُبّ الأرض الداخلى الغنى بالحديد، أى سلوكه عندما

يتحرك بسرعات متغيرة تحت تأثير قوى توليد المجال المغنطيسى للأرض، لاحظ الباحثون أن خصائص المرونة للحديد – أى قدرته على أن يستعيد شكله الأصلـــى 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 اللُّبْ 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 المروّعة والحرارة اللافحة 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 ايجاد تفسير جديد للصور الزلزالية حتى

تكون أكثر دقة. وأثناء إجراء العلماء لأبحاثهم تساءلوا :

هل هناك علاقة بين دوران الأرض واللُّبْ ؟ من المعروف أن كوكب الأرض يدور حول نفسه مرة واحد فى اليوم، بينما يدور اللُّبْ الداخلى للأرض بما يزيد على ذلك بثلاث درجات أو نحو ذلك كل عام، وفى خلال ١٢٠ عامًا يكمل الكوكب الداخلى دورة كاملة إضافية (٣٦٠ درجة).

معنى ذلك أن اللُّبْ «المعدنى» يدور بسرعة أكبر من باقى كوكبنا. وهذا اللُّبْ 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 البللورية للحديد Crystalline structure التى تشمل البنيان الهندسى وترتيب الذرات فى البلورات.

وظروف الضغط الهائل بمركز الأرض التى 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 symmetry للحديد (خط وهمي داخل جسم ما يكون بمثابة محور) يميل بنحو ١٢ درجة عند دوران المحور فى اتجاه الشمال - الجنوب، وقد توصلوا إلى هذا اللا تماثل، عندما قاموا بتحليل السجلات التى قُيدّ فيها ما يقرب من خمسة عشر ألف زلزال فى كل أنحاء العالم، قامت بإرسال موجات صدمية عبر اللُّبْ الداخلى. ولعل هذا هو السبب فى زيادة سرعة الموجات الزلزالية.

المولد الكهربائي الأرضي

وبالمزيد من البحث عن الدوران الإضافى لمركز الأرض، اتضح مؤخراً أن السبب يرجع إلى قوة لف دورانية تتولد نتيجة التفاعل بين المجالات المغنطيسية للُّبْ الداخلى والخارجي. فاللُّبْ الداخلى - الذى يمتد بنحو ٤٨٠٠ كيلو متر تحت أقدامنا ويصطلى بدرجة حرارة تصل إلى حوالى ٣٩٠٠ درجة مئوية - يطلق بإطراد حرارته إلى اللُّبْ الخارجى المسال.

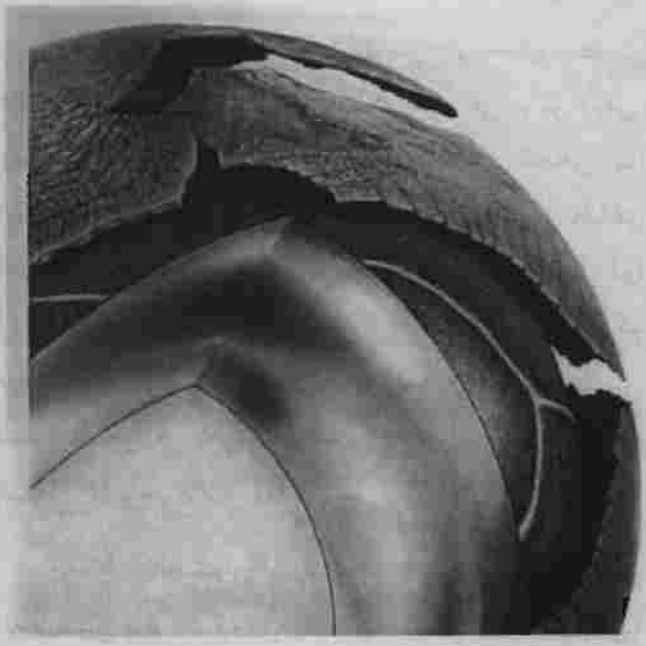
وتؤدى هذه الحرارة إلى حدوث الحمل الحرارى

convection – أى انتقال الحرارة فى اتجاه صاعد – فى اللُّبْ 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 – الموصّل الجيد – فى مجال مغنطيسى فإنه يولّد كهرباء، مما ينشئ «المولّد 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 اللُّبْ الخارجى، المجال الموجود فى اللُّبْ الداخلى مما يوّحد الاثنين معاً.

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

قوة كهرمغنطيسية سريعة التغير، مما يؤدى إلى دوران العضو الدوّار به، ولكن فى حالتنا هذه فإن هذا العضو الدوّار يكون فى حجم القمر !.



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

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

الأماكن المعرضة للزلازل بالإضافة إلى عدد كبير من الكمبيوترات الفائقة بهدف التعرف بشكل أوضح عن كيفية عمل المولّد الكهربائى الأرضى وكيفية تفاعله مع اللُّبْ الداخلى للأرض، مما يؤدى فى النهاية إلى سبر غور بنية أعماق كوكبنا، وانتاج صور بالغة الدقة تساعد على التنبؤ بالزلازل، ومن ثم انقاذ أرواح الآلاف من بنى البشر.