هوامش

في دراسة جديدة نُشرت يوم الثاني من أغسطس/آب الحالي في مجلة Science Advances، قال باحثون إنهم حددوا العملية الرئيسية التي شكلت الغلاف الجوي للقمر وتستمر في حمايته حتى اليوم

تربة القمر تحتوي في الغالب على نظائر ثقيلة من البوتاسيوم والروبيديوم (Getty)

الغلاف الجوي للقمر

الرذاذ الشمسي وهجوم النيازك على الكويكب

محمد الحداد

منذ ثمانينيات القرن العشرين، لاحظ علماء الفلك وجود طبقة رقيقة جداً من الذرات ترتدّ فوق سطح القمر. من المحتمل أن يكون هذا الغلاف الجوي الرقيق، المعروف تقنياً باسم «الغلاف الخارجي»، نتاجاً لنوع من أنواع التجوية الفضائية. لكن ماهية هذه العمليات بالضبط كان من الصعب تحديدها بأي قدر من اليقين. في دراسة جديدة نُشرت يوم الثاني من أغسطس/آب الحالي في مجلة Science Advances، قال باحثون إنهم حددوا العملية الرئيسية التي شكلت الغلاف الجوي للقمر وتستمر في حمايته حتى اليوم. يقترح المؤلفون أن الغلاف الجوي للقمر مدعوم منذ مليارات السنين، من خلال هذا الهجوم الذي تسبب في ظاهرة تُسمى «التبخر الناتج عن الاصطدام». تحدث هذه العملية عندما ترفع الاصطدامات تربة القمر، ما يؤدي إلى تبخر المواد التي إما تهرب إلى الفضاء، أو تظل معلقة فوق القمر، وبالتالي تجديد غلافه الخارجي.

حالة مستقرة

تقول المؤلفة الرئيسية للدراسة، نيكول ني، الأستاذة المساعدة في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا (MIT) في الولايات المتحدة الأميركية: «لقد قدمنا إجابة قاطعة مفادها أن تبخر تأثير النيازك هو العملية السائدة التي تخلق الغلاف الجوي للقمر». تضيف في تصريحات لـ«العربي الجديد»: «يبلغ عمر القمر ما يقرب من 4,5 مليارات سنة. وخلال ذلك الوقت، تعرّض سطحه لقصف مستمر من النيازك. لقد أظهرنا أنه في النهاية يصل الغلاف الجوي الرقيق إلى حالة مستقرة، لأنه يتم تجديده باستمرار من خلال التأثيرات الصغيرة في جميع أنحاء القمر». في وقت مبكر من عمر القمر، كان النظام الشمسي الوليد عنيفاً ومضطرباً. نتيجةً لذلك، تعرّض سطح القمر، بتكرار، لضربات نيازك ضخمة. بدأ العلماء أولاً بالشك في أن هجوم الصخور الفضائية على القمر كان مسؤولاً جزئياً عن توليد الغلاف الخارجي عندما درس مستكشف الغلاف الجوي والغبار القمري التابع لوكالة ناسا (LADEE) الغلاف الجوي الرقيق للقمر، وظروف السطح والتأثيرات البيئية على الغبار القمري في عام 2013. دفع ذلك الباحثين إلى تسليط الضوء على عمليتين تعملان على تجديد الغلاف الخارجي. كانت الأولى هي التبخر الناتج عن تأثير اصطدام النيازك بسطح القمر، والثانية كانت «رش الأيونات» التي تحدث عندما تضرب الجسيمات المشحونة عالية الطاقة من الشمس، والمعروفة باسم «الرياح الشمسية»، سطح القمر وتنقل الطاقة إلى الذرات، ما يتسبب أيضاً في قذف هذه الذرات إلى الغلاف الخارجي.

نظائر البوتاسيوم والروبيديوم

«استناداً إلى بيانات المستكشف LADEE، اكتشفنا أن كلتا العمليتين تلعبان دوراً. على سبيل المثال، أظهرت البيانات أنه في أثناء هطول النيازك، يلاحَظ المزيد في وقت مبكر من عمر القمر، كان النظام الشمسي الوليد عنيفاً ومضطرباً. نتيجةً لذلك، تعرّض سطح القمر، بتكرار، لضربات نيازك ضخمة. بدأ العلماء أولاً بالشك في أن هجوم الصخور الفضائية على القمر كان مسؤولاً جزئياً عن توليد الغلاف الخارجي عندما درس مستكشف الغلاف الجوي والغبار القمري التابع لوكالة ناسا (LADEE) الغلاف الجوي الرقيق للقمر، وظروف السطح والتأثيرات البيئية على الغبار القمري في عام 2013. دفع ذلك الباحثين إلى تسليط الضوء على عمليتين تعملان على تجديد الغلاف الخارجي. كانت الأولى هي التبخر الناتج عن تأثير اصطدام النيازك بسطح القمر، والثانية كانت «رش الأيونات» التي تحدث عندما تضرب الجسيمات المشحونة عالية الطاقة من الشمس، والمعروفة باسم «الرياح الشمسية»، سطح القمر وتنقل الطاقة إلى الذرات، ما يتسبب أيضاً في قذف هذه الذرات إلى الغلاف الخارجي.

باختصار

يقترح المؤلفون أن الغلاف الجوي للقمر مدعوم منذ مليارات السنين، من خلال هذا الهجوم الذي تسبب في ظاهرة تُسمى «التبخر الناتج عن الاصطدام»

■■■

في وقت مبكر من عمر القمر، كان النظام الشمسي الوليد عنيفاً ومضطرباً. نتيجةً لذلك، تعرّض سطح القمر، بتكرار، لضربات نيازك ضخمة

■■■

وجد الباحثون أن 70% من الغلاف الخارجي للقمر تكوّن بواسطة ضربات النيازك وتبخر التأثير، مع تخصيص 30% للرياح الشمسية ورش الأيونات

من الذرات في الغلاف الجوي، ما يعني أن الاصطدامات لها تأثير. لكنها أظهرت أيضاً أنه عندما يكون القمر محمياً من الشمس، كما هو الحال في أثناء الكسوف، تحدث كذلك تغييرات في ذرات الغلاف الجوي، ما يعني أن الشمس لها تأثير أيضاً. لذا، لم تكن النتائج واضحة أو كمية»، تقول المؤلفة الرئيسية للدراسة. تمكن الفريق من فحص عشر عينات من تربة القمر، وزن كل منها يصل إلى 100 مليغرام فقط. ثم شرع الباحثون في عزل عنصرين في هذه العينات: البوتاسيوم والروبيديوم. كلا العنصرين متطايران، ما يعني أنهما يتبخران بسهولة، سواء بسبب ضربات النيازك أو بسبب الرذاذ الشمسي الناجم عن الرياح الشمسية. أراد الفريق معرفة نسب النظائر المختلفة للبوتاسيوم والروبيديوم. والنظير هو شكل من أشكال العنصر يحتوي على أعداد مختلفة من النيوترونات في نواته الذرية. وهذا يعني أن النظائر ذات النيوترونات الأكثر تكون أثقل من تلك التي تحتوي على عدد أقل من النيوترونات. وجد الباحثون أن تربة القمر تحتوي في الغالب على نظائر ثقيلة من البوتاسيوم والروبيديوم. ساعدهم ذلك في التوصل إلى أن تبخر تأثير الاصطدام هو العملية السائدة التي تتبخر بها الذرات وترتفع لتكوين الغلاف الجوي للقمر. كما وجد الباحثون أن 70% من الغلاف الخارجي للقمر تكوّن بواسطة ضربات النيازك وتبخر التأثير، مع تخصيص 30% للرياح الشمسية ورش الأيونات.

وأخيراً

كيس من الأشلاء

سما حسن

من البديهي أن تتوقّع أنّ طفلك الصغير قد قُتل بعد سماع هذه الانفجارات الضخمة في المكان، وحيث نجوت بأعجوبة لأنّك تأخّرتَ قليلاً في نومك، وسبقك الصغير إلى المسجد كما عوّدته، فأنت تعرف هؤلاء الصغار الذين يستيقظون باكراً ليلحقوا برفاقهم، ويكونون قد اتّفقوا في اليوم السابق على اللقاء بعد صلاة الفجر لكي يخطّطوا لرحلة بحثٍ جديدةٍ عن طعام، غير مضمونة النتائج ولا العواقب، وحيث نهش الجوع بطونهم الصغيرة، وحيث يحبّون أن يفرّحوا قلوب أمّهاتهم ببعض الخضار أو الأعشاب التي تصلُح للطهي فوق النار، بحيث تصبح معجوناً غريباً لا يصلح إلّا لإسكات صوت البطون التي تُكركر ليس أكثر.

لا تضع في مخيّلتك ولو واحداً في المليار أن طفلك قد نجا، فهذه الانفجارات كافيةٌ لأن تقتل وتصيب المئات، وكلّ ما عليك أن تبحث عن جثّته، وحين تهرَع إلى المكان ترى الهرْج والمرْج، فغيرك كثرٌ ممن أسرعوا إلى تفقّد أحبّتهم، وحين ترى النيران المشتعلة تكتشف أن العثور على جثّة كاملة للطفل ضربٌ من المستحيل، وتتأكّد فعلاً أنّ عصر المعجزات قد ولّى، وعليك أن تبحث عن أشلائه فقط.

تدمع عيناك، ثم تنهار وتبدأ البكاء بصوت مرتفع، وأنت تبحث عن قدم صغيرة تنتعل حذاءً أسود برباط مقطوع، ولكنّ هناك من أعاد رتقه فبدا معقوداً من عدّة مواضع، وتعتقد أن هذه أسهل طريقةٍ للبحث عن قدم طفلك، وربما حالفه الحظّ فعلقت القدم بالسّاق، وقد تكون محظوظاً أكثر فتعثر على نصفه السّفلي كاملاً، ويتبقّى أمامك وقتها أن تبحثَ عن الجزء العلوي، ثم تحمل الجزأين معاً، وتبحث عن قبر وأنت تشعرُ بحسن الحظ، وحين يصل تفكيرك إلى هنا تهزّ رأسك ساخراً، وتكمل عملية البحث المضنية، وأنت تتساءل بينك وبين نفسك عن حسن الحظّ وسوئه وسط هذا السواد.

تنظر حولك، فترى أشلاءً مختلفة لكبار وصغار، وتشمّ رائحة اللحم المحترق، وتسمع الصراخ الذي لا يتوقّف، وترى بقايا حمم النار المشتعلة، فتشعر أنّك في جهنّم، فتنتحي جانباً، وتكتم أنفاسَك، وتسند رأسك إلى حائطٍ ما زال يقاوم كي لا يقع، وتتساءل بينك وبين نفسك: لعلّ الطفل لم يُقتل، فربما تأخّر عن موعد رفاقه أو سبقهم في عملية البحث عن طعام، وحين يصل بك التفكير عند هذا الحدّ تُمسك هاتفك، وتتّصل بالجيران والأقارب وتسألهم عن الطفل «علي»، إن كانوا قد لمحوه، وحين تصل إليك إجاباتٌ بالنّفي، تسمع دعواتهم وأمنياتهم أن يكون الطفل المشاغب بخير، فتغلق الهاتف للمرّة الأخيرة، وتسند رأسك إلى الحائط، وتضربه به هذه المرّة بكلّ قوّة وتبكي.

حاول الأب أن يتخيّل أن الطفل لم يُقتل، ولكن ليس أمامه سببٌ واحدٌ يدفعه إلى التفاؤل، ولذلك فقد لام نفسَه ألف مرّة في دقيقةٍ، لأنه تأخّر في الاستيقاظ، وحاول أن يواسي نفسه فتذكّر أنّه منذ أن بدأت الحرب المجنونة وهو ينتقل بصغاره من مكانٍ إلى مكان، وأنّ ذلك كفيلٌ بأن يهدّ الجبال لا البشر، كذلك فإنّه يقضي يومه مثل طفله باحثاً عن طعام، ويجمع الحطب أيضاً لكي يطهو ما تيسّر، ولكي تعدّ زوجته الخبز بواسطة فرن الطابون الذي بناه بيديه وساعده في بنائه طفله «علي»، رغم أنّه انتهره كثيراً لكي لا يلوّث كفّيه الصغيرتين بالطّين، ولكنه كان مُصمّماً على مساعدته، لأنه يشعر أنه كبُر قبل الأوان.

> ترى أشلاءَ لكبار وصغار، وتشمّ رائحة اللحم المحترق، وتسمع الصراخ الذي لا يتوقّف، وترى بقايا حمم النار المشتعلة، فتشعر أنّك في جهنّم

أفاق من تخيّلاته على صوت أحدهم وهو يسأله عن فقيده، فقال له: فقدتُ طفلي البالغ ستة أعوام. ... وهنا التقط السائل كيساً صغيراً يقطر دماً وقال له: هذا الكيس به أشلاء تعادل وزن طفلٍ في السادسة، خذها وادفنها واصبرْ واحتسبْ.

التقط الكيس، وسار به من دون أن ينظر إلى الأسفل، بل كان ثابت النظر إلى الأمام، فخُيّل إليه طفله «علي» وهو يركض نحوه، وبين يديه حزمة من العشب الأخضر، ووجهُه يتهلّل فرحاً، مثلما كان يفعل كل يوم حين يعود بصيد ثمينٍ لأُمّه الحبيبة.

سعر النسخة: مصر **جنيهان**، تونس **900 مليم**، لبنان **1000 ليرة**، قطر **3 ريالات**، السعودية **3 ريالات**، الكويت **200 فلس**، الإمارات **3 دراهم**، عمان **300 بيزة**، البحرين **300 فلس**، الأردن **400 فلس**، العراق **500 دينار**، المغرب **4 دراهم**، الجزائر **ديناران**، اليمن **50 ريالاً**، سورية **25 ليرة**، السودان **10 جنيهات**، ليبيا **200 درهم**، موريتانيا **35 أوقية** ◻ UK **£ 1,50**, Austria **€ 2,50**, Belgium **€ 2,50**, France **€ 2,50**, Germany **€ 2,50**, Holland **€ 2,50**, Italy **€ 2,50**, Spain **€ 2,50**, Switzerland **CHF 3,50**
Turkey **TL 10,00**, USA **$ 2,00**