



The CLEAN PAPER

WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

زمین کی کہانی کا وہ باب جس کے تقریباً تمام صفحات مٹ چکے ہیں

زمین کا پہلا *eon*، ہیڈین (تقریباً 4.0 Ga سے پہلے)، تقریباً کوئی چٹان ریکارڈ نہیں چھوڑ گیا۔ یہ *modelling* مطالعہ پوچھتی ہے کہ اگر ایک عام طور پر *omit* ہونے والی حرارت ماخذ – ٹکراؤ – شامل کی جائے تو قشر کیسی ہوگی۔ *declining Stochastic* ٹکراؤ-فلوکس ماڈل کو *1D benchmarked* اور *2D* قشر/مینٹل حرارت-*flow* سیمولیشنز کے ساتھ ملا کر، جن میں *melt rising* کے ذریعے حرارت *transport* بھی شامل ہے، مصنفین پاتے ہیں کہ وقت-*integrated* ٹکراؤ حرارت ہیڈین کے زیادہ تر حصے میں زمین کی داخلی حرارت سے کم از کم ایک ترتیب *of* قد زیادہ ہو سکتی تھی۔ نتیجہ پتلا قشر (تقریباً 5 km سے کم) ہے جو چند کلومیٹر نیچے ہی *partially* پگھلا ہوا ہے، اور *depth km 5* پر 30% سے زیادہ پگھلا ہوا – *rigid* پلیٹ *tectonics* کے لیے بہت کمزور، جسے مصنفین ہیڈین میں *implausible* کہتے ہیں۔ ایسی قشر زیادہ تر مینٹل میں *recycle* ہو سکتی تھی، جو ہیڈین چٹانیں کی کمی وضاحت کرنا کرتی ہے، *Ga 9.3–0.4* منتقلی کے دوران ٹکراؤ کم ہوئے تو *continental lasting* قشر بننے کی گنجائش پیدا ہوئی، تقریباً اسی وقت جب *felsic surviving oldest* چٹانیں ظاہر ہوتے ہیں – “ممکنہ طور پر نہیں *a*” – *coincidence* چونکہ مصنفین نے محتاط، کم-*bound* حرارت استعمال کی، *qualitative* نتیجہ نسبتاً مضبوط ہے، اگرچہ عین اعداد مقرر نہیں۔ یہ زمین کے بچپن کا مضبوط، *coherent* ماڈل ہے۔ براہ راست مشاہدہ نہیں۔

Written by Lucio Vaglio · Cross-checked by Laura Nesso · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

Paper: *Impact heating and the hidden Hadean*, Tim E. Johnson, Craig O'Neill, Simon Turner, Christopher L. Kirkland, Science, (2026) 1412-392:1408 · DOI: science.aeb5402/1126.10

زمین کی کہانی کا وہ باب جس کے تقریباً تمام صفحات مٹ چکے ہیں

زمین وہ واحد معلوم سیارہ ہے جس پر براعظم موجود ہیں — نسبتاً ہلکی، silica-rich زمینی پرت جس پر ہم رہتے ہیں۔ مگر پہلے براعظم کیسے بنے، یہ geology کے قدیم ترین حل نہ ہونے والے سوالات میں سے ایک ہے، اور وجہ بے رحم ہے: شواہد تقریباً مکمل طور پر مٹ چکا ہے۔

زمین کا پہلا ارضیاتی دور، ہیڈین، سیارے کی پیدائش سے تقریباً 03.4 ارب سال پہلے (Ga) تک پھیلا ہوا ہے۔ اس پہلے آدھے ارب سال میں سے تقریباً کچھ بھی محفوظ نہیں۔ سب سے قدیم felsic، intact یعنی قسم-continental چٹانیں، تقریباً 03.4 Ga کے ہیں۔ چند بہت نایاب basaltic چٹانیں ~2.4 Ga تک پہنچتے ہیں۔ سب سے قدیم معلوم مادہ بکھرے ہوئے zircon بلور ہیں — سب سے مشہور مغربی Australia کے Hills Jack سے — جن کی عمر 4.4 Ga تک جاتی ہے۔ زمین کے بچپن کا پورا archive بس یہی ہے: چند مقامات اور ریت کے دانے جتنے معدنی بلور۔

یہ مطالعہ اس archive میں کوئی نئی چٹان شامل نہیں کرتی۔ یہ مختلف کام کرتی ہے: قرین قیاس طبیعیات کے تحت ہیڈین قشر کی طبیعی ماڈل بناتی ہے، اور وہ سوال پوچھتی ہے جو بہت سے ابتدائی-زمین ماڈلز چھوڑ دیتے ہیں۔ اگر ہم یہ نظر انداز کرنا بند کر دیں کہ ابتدائی زمین مسلسل بڑے ٹکراؤ سہہ رہی تھی، تو کیا ہوتا ہے؟

مصنفین کا جواب نمایاں ہے۔ ان کے ماڈل میں ہیڈین کے زیادہ تر عرصے میں ٹکراؤ سے آنے والی حرارت، زمین کی تمام داخلی حرارت پر غالب رہتی ہے۔ نتیجہ ایک پتلا، کم گہرائی پر partially پگھلا ہوا قشر ہے — اتنی کمزور کہ مصنفین کے مطابق جدید-style پلیٹ ارضیاتی حرکات جیسی چیز چلنا مشکل ہو۔ یہ ماڈل ہے، یادداشت نہیں۔ مگر کم از کم یہ ماڈل اس دور کی violence کو توانائی budget میں شامل کرتا ہے جس کی وہ وضاحت کرنا چاہتا ہے۔

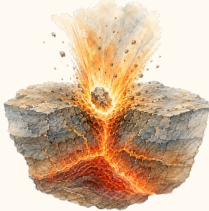
A model of the Hadean, not a memory of it

The logic is thermal: impacts heat, crust melts, the archive erases itself.

Energy

Impact heat dominates

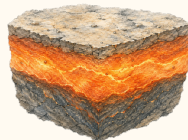
At least an order of magnitude larger than internal heat for much of the Hadean.



Consequence

Thin, shallowly molten crust

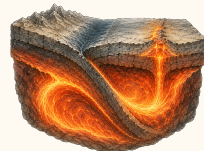
<5 km crust; >30% melt near 5 km in the model.



Record

Most crust recycles

Rare survivors: zircons and oldest rocks.



Around the 4.0-3.9 Ga transition, lasting crust appears.

ماڈل میں ٹکراؤ حرارت توانائی budget پر غالب رہتی ہے؛ پتلا، shallowly پگھلا ہوا قشر مسلسل recycle ہوتی ہے؛ اور دیرپا continental قشر

تقریباً 9.3-0.4 Ga منتقلی کے آس پاس ظاہر ہوتی ہے۔ یہ ہیڈین کا ماڈل ہے، براہ راست یادداشت یا مشاہدہ نہیں۔

The Clean Paper CC BY 0.4

مصنفین نے کیا کیا

ٹیم نے تین ایسے ingredients اکٹھے کیے جو عام طور پر الگ الگ ماڈل کیے جاتے ہیں۔

پہلا، ٹکراؤ فلوکس کا **stochastic** ماڈل — یعنی ہیڈین اور ابتدائی Archean کے دوران inner شمسی نظام میں asteroids اور بڑے اجسام کے ٹکراؤ کی بارش۔ اہم بات یہ ہے کہ یہ پرانی ”آخری بھاری بمباری“ والی ایک اچانک spike کی تصویر نہیں۔ یہاں فلوکس ابتدا میں زیادہ ہے اور وقت کے ساتھ کم ہوتا ہے، جبکہ بڑے ٹکراؤ تصادفی یعنی stochastic انداز میں آتے ہیں، کسی مقرر schedule پر نہیں۔ ماڈل کو lunar اور شمسی-نظام-internal ٹکراؤ شماریات سے rescale کیا گیا اور zircon عمر طیف اور دستیاب paleomagnetic شواہد کے ساتھ compatible رکھنے کی کوشش کی گئی۔

دوسرا، قشر اور بالائی مینٹل میں حرارت نقل و حمل کی **geodynamic** سیمولیشنز۔ محققین نے lattice-Boltzmann benchmarked کوڈ (سیارہ-LB) استعمال کیا، جس میں سادہ 1D درجہ حرارت-versus-گہرائی حسابات بھی تھیں اور Ga 1.4 پر مینٹل convection کے مکمل 2D snapshots بھی۔ ان ماڈلز میں معمول کے داخلی حرارت مآخذ — decay radioactive اور بنیادی حصہ سے حرارت — شامل ہیں، اور اہم طور پر **advection magmatic** بھی: melt rising کے ساتھ اوپر جانے والی حرارت، جسے بہت سے crustal حرارتی ماڈلز omit کرتے ہیں۔

تیسرا، realistic ابتدائی قشر کے فیز-**modelling equilibrium**۔ اس کے لیے انہوں نے greenstone Nuvvuagittuq پٹی کا آبدار ہیڈین metabasalt استعمال کیا، تاکہ معلوم کیا جا سکے کہ ایسی چٹان کس درجہ حرارت اور گہرائی پر melt ہونا شروع کرے گی۔

ایک طریقہ کار سے متعلق انتخاب پورے مقالہ کو پڑھنے کے لیے اہم ہے: مصنفین نے جان بوجھ کر اپنی نتیجہ کے خلاف محتاط مفروضے چنیں۔ انہوں نے ”nonchondritic“ مینٹل فرض کیا — یعنی معیاری chondritic حوالہ کے مقابلے میں حرارت-producing radioactive مادہ کم — اور داخلی حرارت کو معیاری ماڈل کے آدھے سے بھی کم رکھا۔ انہوں نے محتاط حرارت شرحیں استعمال کیے اور young، قریب Moon کی tidal حرارت کو ignore کیا۔ اس لیے **minimum temperatures crustal calculated** تخمینے ہیں، یعنی کم bounds۔ اگر کچھ ہے تو حقیقی ہیڈین ان کے ماڈل سے زیادہ گرم ہو سکتا تھا۔

کیا ملا

ہیڈین توانائی **budget** میں ٹکراؤ، داخلی حرارت پر غالب تھے۔ جب ٹکراؤ حرارت کو وقت کے ساتھ integrate کیا جاتا ہے تو یہ ہیڈین کے زیادہ تر حصے میں داخلی کردار سے کم از کم ایک ترتیب of قد زیادہ نکلتی ہے۔ اس تصویر میں ابتدائی tectonism کا اہم decay radioactive engine نہیں بلکہ ٹکراؤ حرارت ہے، اور اس کا کردار تقریباً 9.3 Ga کے بعد ہی ثانوی بنتا ہے۔

اس حرارت نے قشر کو پتلا اور کم گہرائی پر پگھلا ہوا رکھا۔ ٹکراؤ اور advection melt کے بغیر ماڈل میں ہیڈین قشر صرف تقریباً 10-15 km سے نیچے partially پگھلا ہوا ہوتی۔ ٹکراؤ حرارت شامل کریں تو melt خطہ بہت اوپر آ جاتی ہے: قشر صرف چند کلومیٹر نیچے، تقریباً 2-5 km کے بعد ہی جزوی طور پر پگھلا ہوا ہے۔ تقریباً 5 km گہرائی پر ماڈل 30% سے زیادہ melt پیش گوئی کرتے ہیں — ایسی حالت میں چٹان rigid پلیٹ کی طرح مضبوط نہیں رہ سکتی۔ 5-10 km گہرائی پر 1000-1100°C temperatures

کا مطلب ہے کہ composition سے تقریباً قطع نظر قشر بڑے پیمانے پر پگھلا ہوا ہوگی۔ Surviving ٹھوس قشر پتلا، تقریباً 5 km سے کم رہتی ہے۔

نصف-پگھلا ہوا قشر خود اپنا ریکارڈ مٹاتی ہے۔ وسیع melting کثیف، iron اور میگنیشیم-rich مادہ کو نیچے sink اور الگ ہونے دیتی ہے، جبکہ melts silica-rich lighter اور پر آتے ہیں۔ وقت کے ساتھ اوسط قشر زیادہ evolved اور silica-rich composition کی طرف جاتی ہے، اور وہ melt felsic بناتی ہے جس سے crystallize zircon ہو سکتا ہے۔ اس پتلا قشر کا زیادہ تر حصہ پھر convecting مینٹل میں recycle ہو جاتا، جو کیمیائی/isotopic ریکارڈ کے ساتھ compatible ہے۔ اس ماڈل میں ہیڈین چٹانیں کی تقریباً مکمل غیر موجودگی archive کی خامی نہیں — یہ پیش گوئی ہے۔ Ga 2.4 چٹانیں اور zircons Ga 4.4 ایسی قشر کے نایاب survivors ہیں جو نینتے ہی بڑی حد تک تباہ اور recycle ہوتی رہی۔

مباری کے ختم ہونے کا وقت پہلے continents lasting کے ساتھ ملتا ہے۔ Ga 9.3–0.4 منتقلی کے دوران مباری کم ہونے لگا تو قشر thick اور پائیدار ہو سکتی تھی۔ سب سے قدیم continental surviving چٹانیں بھی تقریباً اسی منتقلی کے آس پاس ظاہر ہوتی ہیں۔ مصنفین احتیاط سے کہتے ہیں کہ اس وقت continental enduring قشر کا ظاہر ہونا “ممکنہ طور پر نہیں a coincidence” ہے۔

ان کی سرخی استنباط: ایسی حالات میں — پتلا قشر، جو چند کلومیٹر نیچے پگھلا ہوا ہے — ہیڈین پلیٹ ارضیاتی حرکات implausible ہے۔

وہ یہ بھی دکھاتے ہیں کہ پہلے کے مطالعات کیوں مختلف نتیجے تک پہنچے۔ Stochastic ٹکراؤ کے کچھ پہلے ماڈلز نے minor اثر پایا تھا، جن میں کسی بھی وقت قشر کا 2.5% سے کم حصہ پگھلا ہوا تھا۔ ان مطالعات میں دو چیزیں غائب تھیں جو یہاں شامل ہیں: بڑے ٹکراؤ کا گہرا مینٹل melting پر عالمی اثر، اور magma rising کے ذریعے اس حرارت کا upward نقل و حمل۔ انہیں شامل کرنے سے حرارتی تصویر کافی بدل جاتی ہے۔

ماڈل براہِ راست یادداشت نہیں ہوتا

اوپر کی تمام باتیں سیمولیشنز کا output ہیں، ہیڈین چٹانیں سے لی گئی براہِ راست readings نہیں — کیونکہ وہ چٹانیں تقریباً موجود ہی نہیں۔ اس سے نتیجہ بے معنی نہیں ہوتا، مگر یہ واضح کرتا ہے کہ نتیجہ کس قسم کا ہے۔

زنجیر یوں چلتی ہے: ٹکراؤ فلوکس کا ماڈل مینٹل اور crustal حرارت بہاؤ کے ماڈل کو خوراک لینا کرتا ہے، جسے پھر مخصوص چٹان کے melting رویہ کے ماڈل کے ساتھ ملایا جاتا ہے۔ ہر link طبعی طور پر motivated ہے اور جہاں ممکن ہو benchmarked بھی، مگر پورا نتیجہ اس بات پر coherent دلیل ہے کہ قرین قیاس طبیعیات کے تحت ہیڈین کیسا ہونا چاہیے تھا — یہ اس کی براہِ راست پیمائش نہیں۔

اسی لیے محتاط مفروضے خاص اہمیت رکھتی ہیں۔ مصنفین نے کم-حد حرارت استعمال کی، پھر بھی shallow قشر بڑے پیمانے پر پگھلا ہوا نکلی۔ اس لیے qualitative سمت — ہیڈین قشر گرم اور کمزور تھی — مفروضے کی معقول تبدیلیوں کے باوجود نسبتاً مضبوط ہے۔ جو چیز درست کرنا نہیں ہوتی وہ عین اعداد ہیں: درست geotherms، melt عین crustal fractions، thickness نتیجے کی سمت کو مضبوط سمجھیں، places decimal کو عارضی۔

یہ مطالعہ کیا ثابت نہیں کرتا

- یہ ہیڈین قشر کو براہِ راست observe نہیں کرتا۔ اس دور کی چٹان ریکارڈ تقریباً غائب ہے؛ یہ طبیعیات سے نکلنے والا modelling نتیجہ ہے، پیمائش نہیں۔
- یہ آخری بھاری بمباری پر انحصار کرنا نہیں کرتا۔ استعمال شدہ ٹکراؤ فلوکس declining اور stochastic ہے؛ ماڈل کو اچانک بمباری spike کی ضرورت نہیں۔
- یہ پلیٹ-ارضیاتی حرکات بحث کو ختم نہیں کرتا۔ یہاں “implausible” ایک مضبوط، طبعی طور پر grounded استنباط ہے جو stagnant- hot یا squishy-lid ابتدائی زمین کے حق میں جاتی ہے، مگر ہیڈین tectonic طریقہ اب بھی متنازع ہے۔
- یہ ثابت نہیں کرتا کہ ٹکراؤ نے Ga 9.3-0.4 منتقلی پر continents کو سبب کیا۔ وقت بندی مطابقت مضبوط association ہے جسے مصنفین “ممکنہ طور پر نہیں a coincidence” کہتے ہیں — compelling باہمی تعلق، دکھایا گیا causation نہیں۔
- zircons Hills Jack محفوظ براعظم نہیں ہیں۔ یہ نایاب ذرات ہیں جو دکھاتے ہیں کہ felsic مادہ اور پانی بہت ابتدائی موجود تھے؛ ماڈل کا نکتہ یہی ہے کہ انہیں بنانے والی قشر زیادہ تر recycle ہو گئی۔
- یہ ابتدائی زمین کی مکمل تاریخ بازسازی کرنا نہیں کرتا۔ idealized سیمولیشنز ہیں — 1D profiles اور 2D equatorial slices، ٹکراؤ کو equator کے قریب رکھ کر، مختلف snapshots میں — پورے سیارہ کا مکمل four-dimensional ماڈل نہیں۔

شواہد کتنے مضبوط ہیں؟

مرکزی دعویٰ — ٹکراؤ حرارت ہیڈین قشر پر پہلا-ترتیب کنٹرول تھی اور اسے پتلا اور shallowly پگھلا ہوا رکھتی تھی — کے لیے دلیل coherent اور اہم معنی میں محتاط ہے۔ یہ geodynamics benchmarked کوڈ، طبعی طور پر reasonable مداخلات اور کم-حد مفروضے استعمال کرتا ہے، اور ایسی حرارت ماخذ کو integrate کرتا ہے جسے بہت سے پچھلے ماڈلز نے omit کیا۔ ایک اور مضبوطی یہ ہے کہ یہ دو stubborn مشاہدات کو ایک ساتھ وضاحت کرتا ہے: Ga 4~ سے زیادہ پرانی چٹان کیوں تقریباً نہیں بچی، اور پائیدار قشر بمباری کے کم ہونے کے وقت کیوں دکھائی دیتی ہے۔



NASA کے ASTER آلہ سے مغربی Australia کے Jack Hills- اس علاقہ کے zircons میں زمین کی ابتدائی قشر کا کچھ قدیم ترین surviving مادہ شامل ہے — ایک ایسے ارضیاتی دور کے microscopic اشارے جس کی زیادہ تر چٹانیں مٹ چکی ہیں۔

NASA/GSFC/METI/ERSDAC/JAROS, and U.S./Japan ASTER Science Team fair-use

حدود بھی واضح ہیں، اور گہرا-وقت ماڈلز کی فطری حدود ہیں: ماڈلز کے اوپر ماڈلز، بہت sparse چٹان ریکارڈ پر، anchored اور سب سے زیادہ quotable نتیجہ — ”implausible“ — استنباط ہے، مشاہدہ نہیں۔ مناسب رویہ یہ ہے کہ اسے مضبوط، well-reasoned مفروضہ سمجھا جائے جو ہیڈین کو نئے انداز سے frame کرتی ہے، اور اب دوسروں کو مفروضے — خاص طور پر ٹکراؤ-فلوکس انتخاب — ٹیسٹ کرنے کی دعوت دیتی ہے، closed کیس نہیں۔

سب سے مفید خلاصہ نہ یہ ہے کہ ”ہیڈین یقینی طور پر ایسا ہی تھا“، نہ یہ کہ ”یہ تو صرف سیمولیشن ہے“۔ بہتر بات: قرین قیاس، محتاط طبیعیات کے تحت heavily bombarded ابتدائی زمین کی قشر پتلا، نصف-پگھلا ہوا اور ری-sefl سائیکلنگ ہونی چاہیے تھی — اور یہ ایک خیال ان چند مشاہدات میں سے حیرت انگیز طور پر بہت کچھ وضاحت کرتی ہے جو ہمارے پاس واقعی موجود ہیں۔

یہ کیوں اہم ہے

ابتدائی زمین کی popular تصویر اکثر دو extremes میں جھولتی ہے: تقریباً آج جیسی، serene-پلیٹ tectonic پانی دنیا، یا مکمل lava hellish سیارہ۔ یہ کام ایک مخصوص، طبعی طور پر motivated درمیانی صورت تصویر پیش کرتا ہے: پتلا قشر جو چند کلومیٹر

نیچے سے بار بار remelt ہوتی ہے، مسلسل مٹا دیتی اور remake ہوتی ہے، اور جس کے حرارتی اصطلاحات داخلی حرارت کے بجائے ٹکراؤ طے کرتے ہیں۔

یہ reframing عملی explanatory کام کرتی ہے۔ یہ زمین کے بچپن کے دو بڑے حقائق کے لیے ایک مشترک طریقہ کار پیش کرتی ہے — چٹان ریکارڈ کی تقریباً مکمل عدم موجودگی، اور پہلا continents enduring کا وقت بندی — اور عام طور پر نظر انداز ہونے والے عمل، ٹکراؤ حرارت، کو کہانی کے مرکز میں رکھتی ہے۔ اگر یہ ماڈل برقرار رہتا ہے تو یہ اس سوال کو بدل دیتا ہے کہ زمین کب واقعی مستحکم continents والا سیارہ بنی، اور یہی استدلال دوسرے rocky دنیاؤں پر بھی لاگو ہو سکتی ہے جو اپنے بمباری تاریخوں کے تحت بنے۔

اس کے لیے ماڈل کا آخری لفظ ہونا ضروری نہیں۔ اسے بس اتنا اچھا مفروضہ ہونا چاہیے کہ ٹیسٹ کیا جا سکے — اور surviving zircon اور آکسٹوپ ریکارڈ سے خود کو جوڑ کر یہ وہ معیار پورا کرتا ہے۔ ”چھپا ہوا ہیڈین“ کا مطلب یہی ہے: ایسا دور جس تک ہم زیادہ تر modelling سے ہی پہنچ سکتے ہیں، کیونکہ اس دور نے اپنا شواہد خود مٹا دیا۔

صاف خلاصہ

زمین کے ابتدائی ترین دور، ہیڈین (تقریباً 03.4 ارب سال پہلے سے بھی پہلے)، کا چٹانی ریکارڈ تقریباً ناپید ہے۔ یہ ماڈلنگ مطالعہ پوچھتا ہے کہ اگر حرارت کے ایک ایسے ماخذ کو شامل کیا جائے جسے عموماً نظر انداز کیا جاتا ہے — یعنی بڑے ٹکراؤ — تو اس زمانے کی زمینی قشر کیسی رہی ہوگی۔ محققین نے وقت کے ساتھ کم ہوتے بے ترتیب ٹکراؤ کے ماڈل کو قشر اور مینٹل میں حرارت کے بہاؤ کی جانچی ہوئی ایک بعدی اور دو بعدی نقلوں کے ساتھ ملا یا؛ ان میں اوپر اٹھتے پگھلے مادے کے ذریعے منتقل ہونے والی حرارت بھی شامل تھی۔ ان کے مطابق ہیڈین کے بیشتر حصے میں وقت کے ساتھ جمع ہونے والی ٹکراؤ کی حرارت زمین کی پوری اندرونی حرارت سے کم از کم ایک درجہ بزرگی زیادہ ہو سکتی تھی۔ نتیجہ ایک بہت پتلی قشر — تقریباً 5 کلومیٹر سے کم — بنتا ہے جو چند کلومیٹر نیچے ہی جزوی طور پر پگھلی ہوئی ہو، اور تقریباً 5 کلومیٹر کی گہرائی پر 30% سے زیادہ پگھلی ہو۔ ایسی قشر پلیٹ ٹیکٹونکس کو سہارا دینے کے لیے بہت کمزور ہوگی، اسی لیے مصنفین اسے ہیڈین کے لیے ناممکن کے قریب سمجھتے ہیں۔ قشر کا بڑا حصہ دوبارہ مینٹل میں شامل ہو جاتا، جو یہ سمجھا سکتا ہے کہ ہیڈین کا اتنا کم مادہ آج محفوظ ہے۔ جب 0.4 سے 9.3 ارب سال پہلے کے دوران ٹکراؤ کم ہوئے تو پائیدار براعظمی قشر بننے کی گنجائش پیدا ہوئی — تقریباً اسی دور میں جب آج باقی رہ جانے والی قدیم ترین فلسک چٹانیں ظاہر ہوتی ہیں، مصنفین کے مطابق یہ ”شاید محض اتفاق نہیں“۔ چونکہ انہوں نے جان بوجھ کر محتاط اور کم حد والے حرارتی مفروضے استعمال کیے، اس لیے عمومی نتیجہ نسبتاً مضبوط ہے، اگرچہ عین اعداد طے شدہ نہیں۔ یہ زمین کے ابتدائی بچپن کا ایک مضبوط اور مربوط ماڈل ہے، براہ راست مشاہدہ نہیں۔

بلا مبالغہ جانچ

مقالے کا دکھانا ہے: طبعی طور پر grounded سیمولیشنز میں، جب ٹکراؤ حرارت اور magmatic حرارت نقل و حمل شامل کیے جائیں، ہیڈین قشر پتلا اور چند کلومیٹر نیچے جزوی طور پر پگھلا ہوا نکلتی ہے، داخلی حرارت کے مقابلے میں ٹکراؤ سے dominated، زیادہ تر مینٹل میں recycle ہونے والی، اور اس ماڈل کے مطابق پلیٹ ارضیاتی حرکات sustain کرنے کے قابل نہیں۔

کیا قرین قیاس ہے مگر ثابت نہیں: ٹکراؤ Ga 9.3 کے آس پاس continents enduring کے ظاہر ہونے کی وجہ تھے؛ ہیڈین ابتدائی پلیٹ tectonic دنیا کے بجائے stagnant- یا squishy-lid دنیا تھا؛ تقریباً تمام ہیڈین چٹان پگھلا ہوا قشر کے ری سائیکلنگ کی وجہ سے غائب ہے۔

یہ کیا نہیں دکھاتا: ہیڈین قشر کی براہ راست پیمائش؛ پلیٹ-ارضیاتی حرکات بحث کا settled جواب؛ fading بمباری اور پہلا continents کے درمیان دکھایا گیا سببی؛ zircons Hills Jack link کو preserved؛ continents ابتدائی سیارہ کا مکمل ماڈل۔

اہم حدود: ہیڈین چٹان ریکارڈ تقریباً nonexistent ہے؛ نتیجہ ماڈلز کے زنجیر (ٹکراؤ فلوکس → geodynamics → فیز (equilibria) پر منحصر ہے؛ ٹکراؤ فلوکس خود غیر یقینی representative انتخاب ہے؛ سیمولیشنز idealized ہیں 1D/2D slices equatorial اور وقت - snapshots محتاط کم-حد مفروضے qualitative نتیجہ کو مضبوط کرتی ہیں مگر مخصوص geotherms کو درست نہیں بناتیں۔

عام قاری کو کتنا اعتماد ہونا چاہیے؟ زیادہ اعتماد کہ قرین قیاس طبیعیات کے تحت heavily bombarded ابتدائی زمین کی قشر hot، پتلا اور shallowly پگھلا ہوا ہوتی۔ درمیانہ اعتماد کہ اس سے ہیڈین پلیٹ ارضیاتی حرکات غیر ممکنہ بنتی اور غائب چٹان ریکارڈ وضاحت کرنا ہوتا ہے۔ کم اعتماد کسی دعوے پر کہ یہ continents کی تشکیل یا عین وقت بندی ثابت کرتا ہے — یہ ہیڈین کو reframe کرنے والا مضبوط، محتاط ماڈل ہے، براہ راست منظر نہیں۔

ماخذ

(2026) 1412-392:1408 Science Kirkland, & Turner O'Neill, Johnson,
<https://doi.org/10.1126/science.aeb5402>