The Clean Paper

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

Летапіс закамянеласцяў Нью-Мексіка ўскладняе апошні раздзел гісторыі дыназаўраў

Даследаванне Science перадатавала член Naashoibito ў Нью-Мексіка да апошніх некалькіх сотняў тысяч гадоў перад ударам астэроіда. Гэта важна, бо значная частка найлепшых сведчанняў пра дыназаўраў канца крэйдавага перыяду паходзіць з раёнаў далей на поўнач. Новы паўднёвы летапіс паказвае, што ў канцы крэйды захад Паўночнай Амерыкі ўсё яшчэ меў рэгіянальна адрозныя фаўны дыназаўраў, а не адну аднародную згасальную супольнасць. Гэта не даказвае, што ўсе экасістэмы дыназаўраў свету квітнелі да самага ўдару; яно паказвае, як рэгіянальны палеанталагічны летапіс можа занадта згладзіць глабальную гісторыю.

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

Paper: *Late-surviving New Mexican dinosaurs illuminate high end-Cretaceous diversity and provinciality*, Andrew G. Flynn, Stephen L. Brusatte, Alfio Alessandro Chiarenza, Jorge Garcia-Giron, Adam J. Davis, C. Will Fenley IV, Caitlin E. Leslie, Ross Secord, Sarah Shelley, Anne Weil, Matthew T. Heizler, Thomas E. Williamson, and Daniel J. Peppe, Science 390, 400-404 (2025) · DOI: 10.1126/science.adw3282

Паўднёвы сведка ля самага канца

Гісторыю апошніх дыназаўраў часта расказваюць праз паўночныя Вялікія раўніны: Мантану, Дакоты, свет фармацыі Хел-Крык. Гэты летапіс дастаткова добры, каб стаць звыклым, а звыклае мае непрыемную схільнасць прыкідвацца поўнай карцінай. Закамянеласці размеркаваныя нераўнамерна, бо гісторыя не была настолькі ласкавай, каб акуратна раскласці сябе для нас па тэчках.

Новы артыкул у Science дадае паўднёвага сведку. Аўтары даследавалі член Naashoibito ў басейне Сан-Хуан у Нью-Мексіка — багатую на закамянеласці тоўшчу парод, пра ўзрост якой спрачаюцца дзесяцігоддзямі. Калі б гэтыя закамянеласці былі старэйшымі, яны мала сказалі б пра апошнія імгненні перад ударам астэроіда. Калі ж яны адносяцца да самага канца крэйдавага перыяду, іх значэнне значна большае.

Адказ артыкула — другі варыянт. З дапамогай новай геахраналогіі і магнітастратыграфіі каманда сцвярджае, што асноўныя гарызонты члена Naashoibito з рэшткамі дыназаўраў ляжаць у межах прыкладна **340 000 гадоў** ад крэйда-палеагенавай мяжы. Гэта ставіць дыназаўраў Нью-Мексіка дастаткова блізка да канца, каб яны маглі нешта сказаць пра старое пытанне: дыназаўры ўжо перажывалі працяглы заняпад або многія экасістэмы ўсё яшчэ захоўвалі рэгіянальную разнастайнасць, калі адбыўся ўдар?

Асцярожны адказ — не «ва ўсіх дыназаўраў усё было цудоўна, а потым — бах». У гэтай фразы добры рытм і кепскія манеры. Больш дакладны і карысны адказ вузейшы: на захадзе Паўночнай Амерыкі добра датаваны паўднёвы летапіс падтрымлівае карціну позніх фаўн дыназаўраў, якія ўсё яшчэ прыкметна адрозніваліся паміж рэгіёнамі, а не ўяўлялі сабой адну бедную на віды супольнасць, што паўсюль згасала адначасова.

Гэтага дастаткова. Выніку не патрэбны гучнейшы капялюш.

Пустынная мясцовасць Bisti/De-Na-Zin у Нью-Мексіка, ландшафт бедлендаў у шырэйшым рэгіёне басейна Сан-Хуан. Выява дае кантэкст, але не з'яўляецца доказам з артыкула Science: аргумент даследавання абапіраецца на датаваныя пласты з закамянеласцямі, а не на пейзаж.

Bob Wick / BLM California CC BY 2.0

Што тут азначае «ў межах 340 000 гадоў»?

Удар астэроіда і крэйда-палеагенавую мяжу датуюць прыкладна **66,052 мільёна гадоў таму**. Пытанне ў тым, дзе адносна гэтай лініі ляжаць пароды з закамянеласцямі.

Аўтары не датавалі косткі дыназаўраў непасрэдна і не абвясцілі пытанне закрытым. Яны датавалі зярняты вулканічных мінералаў, перадусім санідыну, з пясчанікаў разрэзу Naashoibito з дапамогай **^{40}Ar/^{39}Ar-геахраналогіі** і аб'ядналі гэтыя даты з **магнітастратыграфіяй** — запісам змен палярнасці магнітнага поля Зямлі, захаваным у пародах.

Коратка: адзін узор дае максімальны ўзрост асадканазапашвання **66,87 ± 0,04 мільёна гадоў**, іншы ўзор з гарызонту з дыназаўрамі — **66,38 ± 0,08 мільёна гадоў**, а магнітны патэрн змяшчае верхнюю частку разрэзу ў апошні інтэрвал адваротнай палярнасці крэйдавага перыяду. Разам гэтыя абмежаванні ставяць асноўныя гарызонты з дыназаўрамі вельмі блізка да мяжы. Гэта геалагічны гадзіннік, а не секундамер, але яго дакладнасці дастаткова, каб змяніць аргумент.

Што зрабілі аўтары

Каманда аб’яднала два віды працы, якія патрэбныя адзін аднаму. Па-першае, яна ўдакладніла ўзрост члена Naashoibito. Гэтая тоўшча ляжыць над больш старажытнымі пародамі кампанскага яруса і пад раннепалеацэнавымі, але яе дакладны ўзрост быў спрэчным: некаторыя папярэднія інтэрпрэтацыі адносілі яе прыкладна да 70–69 мільёнаў гадоў таму, іншыя — да самага канца крэйды, а асобныя сцвярджэнні нават пераносілі часткі летапісу ў палеацэн. Аўтары вымералі геалагічныя разрэзы, адабралі ўзоры ў месцах з рэшткамі дыназаўраў, датавалі абломкавыя зярняты санідыну метадамі $^{40}Ar/^{39}Ar$ і прывязалі разрэз да вядомых інтэрвалаў магнітнай палярнасці.

Па-другое, яны спыталі, як гэтая фаўна выглядала ў шырэйшым кантэксце. Даследчыкі сабралі даныя пра знаходкі наземных і прэснаводных пазваночных на захадзе Паўночнай Амерыкі ў кампанскім, маастрыхцкім і раннім палеацэнавым інтэрвалах, а затым выкарысталі экалагічныя і біягеаграфічныя метады, каб праверыць, ці былі фаўны рэгіянальна рознымі або аднароднымі. Ключавое слова тут — **правінцыяльнасць**: ці мелі розныя рэгіёны свае адрозныя супольнасці, а не аднолькавых жывёл паўсюль.

Гэта важна, бо адна версія позняй гісторыі дыназаўраў сцвярджае, што ў маастрыхце захад Паўночнай Амерыкі станавіўся больш аднародным: рэгіянальных адрозненняў было менш, а фаўна — больш касмапалітычнай. Больш аднародную сістэму з меншай разнастайнасцю прасцей уявіць уразлівай яшчэ да астэроіда. Рэгіянальна структураваная сістэма расказвае іншую гісторыю.

Што яны выявілі

Ключавым з’яўляецца датаванне. Два ўзоры Naashoibito з гарызонтаў з дыназаўрамі даюць абмежаванні позняга маастрыхта. Адзін узор пясчаніку, H08-Sand-08, даў максімальны ўзрост асадканазапашвання **66,87 ± 0,04 мільёна гадоў**. Узор з «34-Bone Site», дзе знойдзены частковы шкілет ламбеазаўрынавага гадразаўра, даў максімальны ўзрост асадканазапашвання **66,38 ± 0,08 мільёна гадоў**. Разам з запісам магнітнай палярнасці гэта дазваляе аўтарам змясціць асноўныя гарызонты Naashoibito з дыназаўрамі ў межах прыкладна **340 000 гадоў** ад мяжы K-Pg.

Такім чынам, летапіс басейна Сан-Хуан прыкладна адначасовы з лепш вядомымі фаўнамі Хел-Крык далей на поўначы. Ён таксама аддзяляе дыназаўраў Naashoibito ад найстаражытнейшай палеацэнавай фаўны Nacimiento прыкладна **700 000 гадамі**. Гэта важна, бо нікому не хочацца выпадкова паставіць нептушыных дыназаўраў не па той бок мяжы вымірання. Гэта было б неахайна. І проста няправільна.

Экалагічны вынік — другая палова карціны. У прааналізаваных інтэрвалах самага канца крэйды аўтары знайшлі сведчанні **дзвюх біяправінцый** на захадзе Паўночнай Амерыкі. Калі аналізаваць толькі дыназаўраў, яны падзяляліся на дзве біяправінцыі ва ўсіх даследаваных інтэрвалах позняй крэйды. Артыкул сцвярджае, што перад ударам

астэроіда гэтыя рэгіянальныя адрозненні не проста зніклі, ператварыўшыся ў адну аднародную фаўну.

Прычынай была не толькі лінія, праведзеная з поўначы на поўдзень. Аналізы паказваюць на **тэмпературу** як на галоўны фактар фарміравання гэтых біяправінцый у крэйдавым перыядзе, тады як геаграфія адыгрывала другасную ролю. Больш цёплыя паўднёвыя рэгіёны маглі быць спрыяльнейшымі для адных жывёл, напрыклад заўраподаў, а халаднейшыя паўночныя — для іншых, такіх як гадразаўрыны. Сэнс не ў тым, што кожная правінцыя была «здаравейшая» за іншыя. А ў тым, што карта позняй крэйды ўсё яшчэ мела структуру.

Чаго гэта *не* даказвае

- Гэта **не даказвае**, што дыназаўры паўсюль на Зямлі квітнелі да самага ўдару астэроіда. Аўтары наўпрост падкрэсліваюць: гэта ўсё яшчэ пераважна паўночнаамерыканская карціна.
- Гэта **не сцірае** сведчанні заняпаду ў асобных групах, рэгіёнах або аналізах. Праца аспрэчвае занадта гладкую гісторыю заняпаду ўсяго кантынента, а не любую магчымую версію стрэсу да вымірання.
- Гэта **не паказвае**, што астэроід быў няважны. Удар застаецца галоўнай падзеяй на мяжы; артыкул пытаецца, якія менавіта экасістэмы ён паразіў.
- Гэта **не ператварае Нью-Мексіка** ў ідэальнае акно ў гісторыю ўсёй планеты. Яно дадае паўднёвую кропку даных, якой не хапала летапісу, дзе дамінуюць паўночныя мясцовыя знаходкі.
- Гэта **не робіць** «квітнелі да самага ўдару» бяспечным загалоўкам. Гэта самая шырокая версія сцвярджэння, а не самае чыстае фармуляванне выніку.

Наколькі моцныя доказы?

Што да ўзросту гарызонтаў Naashoibito з дыназаўрамі, доказы ў асноўным тэксце дастаткова моцныя, каб мець значэнне. Аўтары аб’ядноўваюць радыеізатопныя даты абломкавых зерняў санідыну з магнітастратыграфіяй, і ключавыя даты ўзгадняюцца з інтэрпрэтацыяй самага канца крэйдавага перыяду. Артыкул таксама наўпрост разбірае старую спрэчку пра тое, ці былі гэтыя закамянеласці значна старэйшымі, познекрэйдавымі або нават палеацэнавымі.

Застаецца тэхнічная агаворка. Падрабязная геахраналогія, інтэрпрэтацыя магнітнага запісу і табліцы даных змяшчаюцца ў дадатковых матэрыялах Science. Асноўны артыкул дае неабходныя сцвярджэнні і лічбы, але перад канчатковай публікацыяй варта зверыць дадатак, перш чым лічыць кожную метадычную дэталь закрытай.

Для шырэйшага экалагічнага сцвярджэння доказы цікавыя і карысныя, але мацней

залежаць ад мадэлі. Аўтары выкарыстоўваюць наборы даных пра знаходкі, кластарызацыю і паўторную выбарку, каб вывесці біяправінцыі. Гэта правільныя інструменты для такога пытання, але адначасова вынік залежыць ад таго, якія закамянеласці трапілі ў выбарку, як вызначаныя таксоны, як час падзелены на інтэрвалы і як апрацаваныя адсутнасці. Палеанталагічны летапіс — гэта даныя з адсутнымі зубамі.

Таму бяспечней за ўсё чытаць вынік у дзвюх частках: летапіс Нью-Мексіка — сапраўдны і важны паўднёвы летапіс канца крэйды; выснова пра тое, што захад Паўночнай Амерыкі захоўваў рэгіянальную структуру фаўн да самага канца, добра падтрымліваецца аналізамі аўтараў; а вось скачка ад гэтага да ацэнкі стану дыназаўраў ва ўсім свеце варта пазбягаць.

Чаму гэта важна

Старая спрэчка пра заняпад дыназаўраў датычыцца не толькі дыназаўраў. Яна датычыцца таго, якую вагу здольны вытрымаць адзін палеанталагічны летапіс.

Калі найлепшы летапіс канца крэйды паходзіць з паўночных Вялікіх раўнін, вельмі павабна дазволіць яму прадстаўляць увесь кантынент, а затым дазволіць кантыненту прадстаўляць увесь свет. Гэта эфектыўна. І менавіта так рэгіянальны патэрн падымаецца на ліфце без білета і ператвараецца ў глабальную гісторыю.

Вынік з Нью-Мексіка робіць гісторыю менш гладкай. Ён кажа: паглядзіце на поўдзень. Вось тоўшча з дыназаўрамі, блізкая да мяжы. Вось фаўны, якія не проста паўтараюць паўночныя. Вось сведчанні таго, што тэмпература і рэгіянальная экалогія ўсё яшчэ мелі значэнне ў канцы гульні.

Гэта не робіць астэроід менш катастрафічным. Хутчэй наадварот, катастрофа становіцца больш рэзкай. Удар прыйшоў не ў канцы існавання адзінай спрошчанай экасістэмы. Ён паразіў сукупнасць рэгіянальных светаў, якія ўсё яшчэ мелі ўласную будову.

Ёсць у артыкуле і цішэйшы ўрок. Добрае датаванне змяняе аповед. Комплекс закамянеласцяў без надзейнага ўзросту можа стаць чуткай з косткамі. Пастаўце яго ў правільнае месца на гадзінніку — і тыя ж закамянеласці становяцца доказам.

Коратка

Даследаванне ў Science паўторна аналізуе член Naashoibito ў Нью-Мексіка — тоўшчу з дыназаўрамі, пра ўзрост якой даўно спрачаюцца. Выкарыстоўваючы $^{40}Ar/^{39}Ar$-датаванне абломкавага санідыну і магнітастратыграфію, аўтары абмяжоўваюць узрост асноўных гарызонтаў з дыназаўрамі прыкладна апошнімі 340 000 гадамі перад крэйда-палеагенавай мяжой. Гэта робіць іх аднымі з апошніх вядомых нептушыных дыназаўраў Паўночнай Амерыкі і прыблізнымі сучаснікамі фаўн Хел-Крык далей

на поўначы. Затым аўтары ўжываюць экалагічны і біягеаграфічны аналіз знаходак пазваночных на захадзе Паўночнай Амерыкі і сцвярджаюць, што познекрэйдавыя фаўны захоўвалі рэгіянальную структуру: дыназаўры падзяляліся на дзве біяправінцыі, а тэмпература, відаць, была адным з галоўных фактараў гэтых адрозненняў. Вынік супярэчыць карціне адной беднай на віды кантынентальнай фаўны дыназаўраў, якая раўнамерна згасала перад ударам астэроіда. Ён не даказвае глабальнага дабрабыту дыназаўраў, не закрывае ўсе спрэчкі пра заняпад і не паказвае, што ўсе дыназаўры квітнелі да самага канца. Ён паказвае, што лепш датаваны паўднёвы летапіс робіць апошні раздзел паўночнаамерыканскай гісторыі больш рэгіянальным, структураваным і менш гладкім.

Праверка без ажыятажу

Што паказвае артыкул: Гарызонты члена Naashoibito з дыназаўрамі ў Нью-Мексіка адносяцца да самага канца крэйды, верагодна знаходзячыся ў межах прыкладна 340 000 гадоў ад мяжы K-Pg, а летапіс пазваночных захаду Паўночнай Амерыкі падтрымлівае існаванне ўстойлівых рэгіянальных біяправінцый да самага канца.

Што праўдападобна, але не даказана: Што многія экасістэмы дыназаўраў заставаліся ўстойлівымі непасрэдна перад ударам астэроіда; што тэмпература дапамагала падтрымліваць розныя паўночныя і паўднёвыя фаўністычныя светы; што старэйшая ідэя простага агульнакантынентальнага заняпаду занадта згладжаная.

Чаго праца не паказвае: Што дыназаўры квітнелі паўсюль; што ніякія групы або рэгіёны не прыходзілі ў заняпад; што астэроід не быў галоўным пускавым механізмам вымірання; што адно толькі Нью-Мексіка перапісвае глабальную гісторыю канца крэйды.

Асноўныя абмежаванні: Рэгіянальны палеанталагічны летапіс; мадэльна залежны аналіз правінцыяльнасці; зрушэнні выбаркі закамянеласцяў; падрабязную геахраналогію і метады працы з данымі пра знаходкі яшчэ варта канчаткова зверыць з дадатковымі матэрыяламі Science.

Колькі даверу варта мець звычайнаму чытачу? Высокі — да таго, што Нью-Мексіка цяпер дае важны паўднёвы летапіс дыназаўраў самага канца крэйды. Добры — да таго, што захад Паўночнай Амерыкі захоўваў рэгіянальную структуру фаўн да самага канца. Нізкі — да спрашчэння гэтага да «з дыназаўрамі паўсюль усё было ў парадку аж да астэроіда». Сапраўдны вынік лепшы: апошні раздзел не быў адной плоскай агульнакантынентальнай гісторыяй.

Крыніцы

Flynn et al., Late-surviving New Mexican dinosaurs illuminate high end-Cretaceous diversity and provinciality, Science 390, 400-404 (2025)
https://doi.org/10.1126/science.adw3282