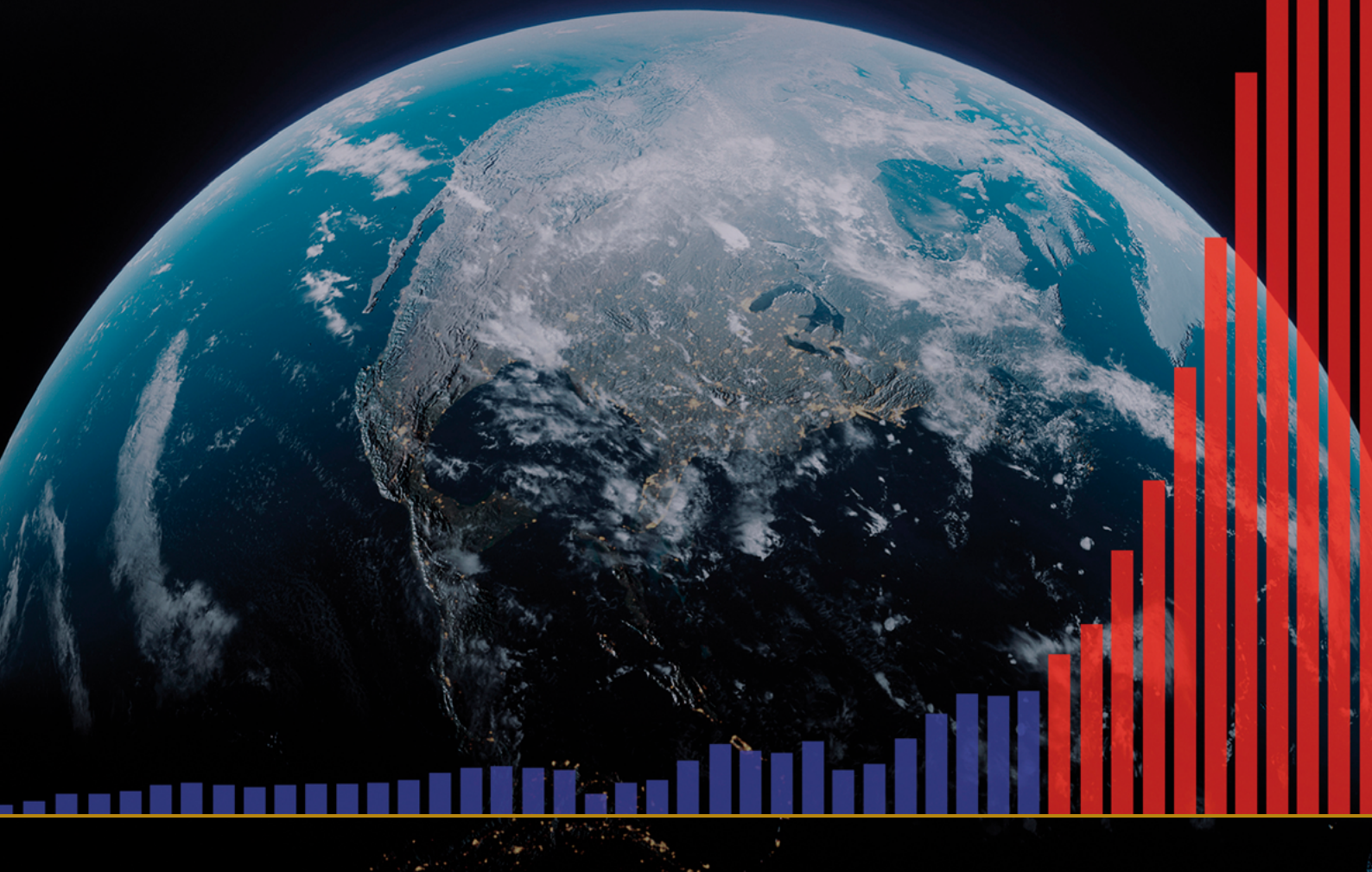


ԵՐԿՐԻ ԿՐԱ ԿԼԻՄԱՅԱԿԱՆ

ԱՂԵՏՆԵՐԻ ԱՌԱՋԸՆԹԱՑԻ

ԵՎ ԴՐԱՆՑ ԱՂԵՏԱԼԻ ՀԵՏԵՎԱՆՔՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ



ԵՐԿՐԻ ԿՐԱ ԿԼԻՄԱՅԱԿԱՆ

ԱՂԵՏՆԵՐԻ ԱՌԱՋԸՆԹԱՑԻ

ԵՎ ԴՐԱՆՑ ԱՂԵՏԱԼԻ ՀԵՏԵՎԱՆՔՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

Ձեկույց

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

Մաս 1. Բնական աղետների էքսպոնենցիալ աճ	4
Սեյսմիկ ակտիվության աճ.....	5
Խորը կիզակետով երկրաշարժերի աճ.....	10
Հրաբուխների ակտիվացում.....	12
Փոթորիկների, մրրիկների եւ տորնադոների ուժեղացում.....	20
Ջրհեղեղների եւ երաշտների թվի աճ.....	25
Հրդեհների թվի աճ.....	27
Համաշխարհային օվկիանոսի տաքացում.....	30
Անտարկտիդայում եւ Գրենլանդիայում սառցադաշտերի անոմալ հալեցում.....	35
Մթնոլորտի ստորին շերտերի ջերմացում.....	42
Մթնոլորտի վերին շերտերի փոփոխություններ.....	44
Մաս 2. Համաշխարհային աղետի պատճառները	46
Փոփոխություններ մոլորակային մասշտաբով 1995 թ.....	48
Երկրի միջուկի ցատկը 1998 թ.....	52
Գեոդինամիկ եւ կլիմայական գործընթացների փոխկապակցվածությունը.....	55
Փոփոխություններ Արեգակնային համակարգի այլ մոլորակների վրա.....	57
Աստղագիտական գործընթացները եւ դրանց ցիկլայնությունը.....	68
Սիբիրի անոմալ տաքացումը.....	71
Երկիր մոլորակի ընթացիկ ցիկլը.....	73
Կանխատեսվող անդառնալիության կետի տեկտոնաֆիզիկական եւ մաթեմատիկական մոդելավորումը 2036 թվականին.....	77
Մաս 3. Լուծումը հնարավոր է	80
Օվկիանոսի վերականգնում.....	81
Եզրակացություններ	84
Հավելված 1	85
Աղբյուրներ	87

Մաս 1

ԲՆԱԿԱՆ ԱՂԵՏՆԵՐԻ ԷՔՍՊՈՆԵՆՑԻԱԿԱՆ ԱՃ

Վերջին գիտական հետազոտությունների համաձայն՝ հավանականություն կա, որ մինչև 2036 թվականը Երկրի կենսոլորտի կենսունակությունը կարող է վտանգվել: Այս ենթադրությունը հիմնված է խիստ մաթեմատիկական մոդելների եւ փաստացի տվյալների վրա, որոնք ցույց են տալիս մոլորակի հնարավոր կրիտիկական վիճակը: Մարդածին գործոնը՝ մարդու գործունեությունը, որը հանգեցնում է մթնոլորտում ջերմոցային գազերի կոնցենտրացիայի ավելացմանը, Եական դեր է խաղում կլիմայի փոփոխության մեջ: Բացի մարդածին ազդեցությունից, կան նաեւ այլ, հաճախ թերազնահատված գործոններ, որոնք Եականորեն ազդում են կլիմայի փոփոխության վրա: Դրանք ներառում են գեոդինամիկ բնական ցիկլերը, ինչպես նաեւ աստղագիտական գործընթացները, ներառյալ արեգակնային ակտիվությունը եւ Երկրի ուղեծրի տատանումները: Այս գործոնները առանցքային դեր են խաղում երկարաժամկետ կլիմայական ցիկլերում եւ կարող են կամ ուժեղացնել, կամ մեղմացնել մարդածին ազդեցությունը Երկրի կլիմայական համակարգի վրա:

Վերջին տարիներին մոլորակի վրա նկատվում է կլիմայական աղետների թվի արագ աճ: Նրանց դինամիկական բնութագրվում է էքսպոնենցիալ աճով: Կատակլիզմները տեղի են ունենում հանկարծակի եւ այն վայրերում, որտեղ նախկինում երբեք չեն եղել պատճառելի հսկայական վնասներ եւ մարդկային կորուստներ: Թեեւ կլիմայական եւ երկրաֆիզիկական աղետներն ավելի մեծ մասշտաբով տեղի են ունեցել վերջին

տասը տարիների ընթացքում, դրանք եղել են մեկուսի իրադարձություններ: Ներկայումս բնական աղետներն ունեն կայուն աճի միտում, համաժամանակյա բնույթ եւ ընդլայնվող աշխարհագրական ազդեցություն:

Այս զեկույցը ներկայացնում է վերջին 30 տարիների ընթացքում Երկրի վրա աճող կլիմայական եւ գեոդինամիկ փոփոխությունների առաջընթացի վերլուծությունը, ինչպես նաեւ դրանց կապը լրացուցիչ մարդածին գործոնների հետ, որոնք զգալիորեն սրում են մոլորակի կլիմայական իրավիճակը: Չեկույցը ներկայացնում է նաեւ կատակլիզմների էքսպոնենցիալ աճի կանխատեսում, ինչը ցույց է տալիս Ամերիկայի Միացյալ Նահանգների եւ Ռուսաստանի Դաշնության, ինչպես նաեւ ամբողջ աշխարհի բարձր խոցելիությունը ծայրահեղ բնական աղետների աճող թվի եւ ուժգնության նկատմամբ: Ներկայացված բոլոր վերլուծությունները հիմնված են հանրությանը հասանելի գիտական տվյալների վրա:

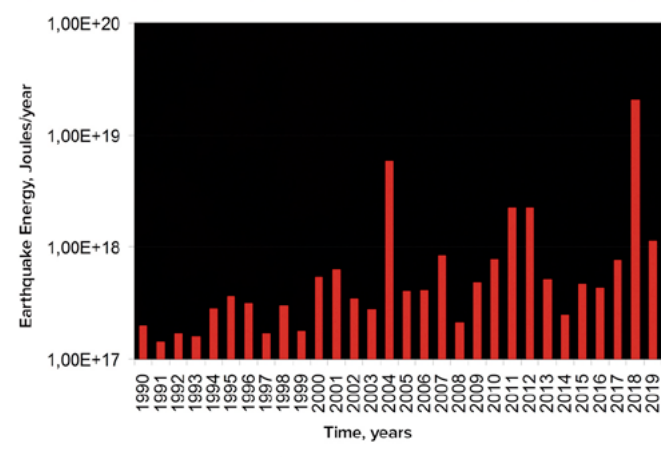
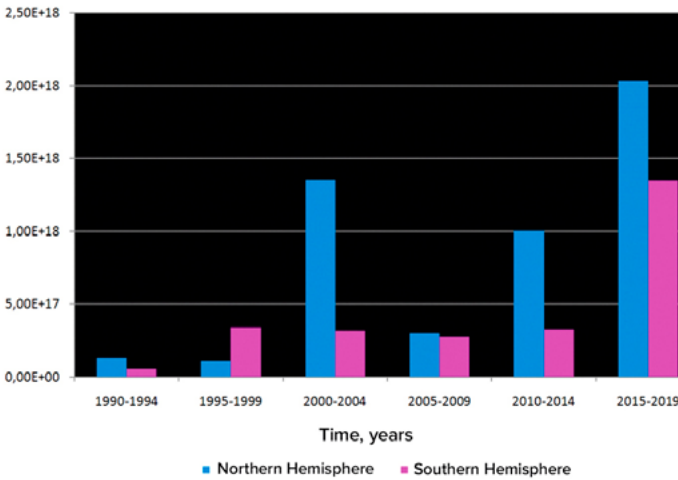
Նախքան նոր մարդածին գործոններին մանրամասն անդրադառնալը, անհրաժեշտ է մեր մոլորակի լիթոսֆերայի, հիդրոսֆերայի, մթնոլորտի եւ մագնիտոսֆերայի վրա ազդող գեոդինամիկ փոփոխությունների մանրակրկիտ վերլուծություն: Նման մոտեցումը ոչ միայն կուրվագծի ներկայիս կլիմայական փոփոխությունների ընդհանուր պատկերը, այլ նաեւ հստակ կորոշի, թե ինչպես է մարդու գործունեությունը ազդում այս բարդ եւ փոխկապակցված գործընթացների վրա:

Սեյսմիկ ակտիվության աճ

Երկրի վրա սեյսմիկ ակտիվության անոմալ աճ է նկատվում: Երկրաշարժերի ուժգնությունը, հաճախականությունը եւ Էներգիայի արտանետումը մեծանում են: Այս միտումը նկատելի է ինչպես մայրցամաքներում, այնպես

Էլ օվկիանոսի հատակին:

Միջազգային սեյսմոլոգիական կենտրոնի (ISC) տվյալների համաձայն՝ 1990 թվականից ի վեր մոլորակի շուրջ երկրաշարժերի Էներգիայի հետեւողական աճ է գրանցվել (Նկար 1):

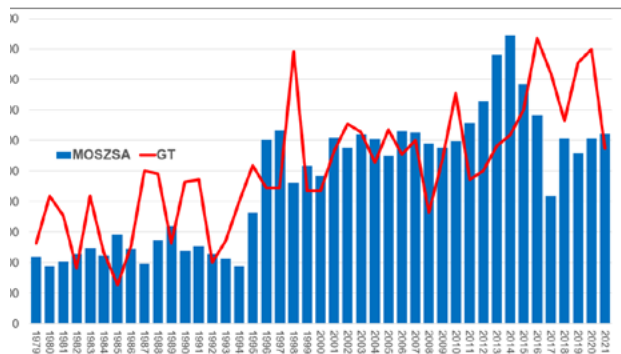


Նկար 1

Գրաֆիկները պատկերում են երկրաշարժի Էներգիան 1990-ից 2019 թվականներին՝ հիմնված ISC տվյալների վրա: Գրաֆիկների հեղինակը բժիշկ Ա. Յու. Ռետեյուև, Մոսկվայի Լոմոնոսովի անվան պետական համալսարանի աշխարհագրության ֆակուլտետի պրոֆեսոր, 2020 թ. Գրաֆիկների աղբյուրը. <https://regnum.ru/article/3101660>, <https://regnum.ru/article/2913426>

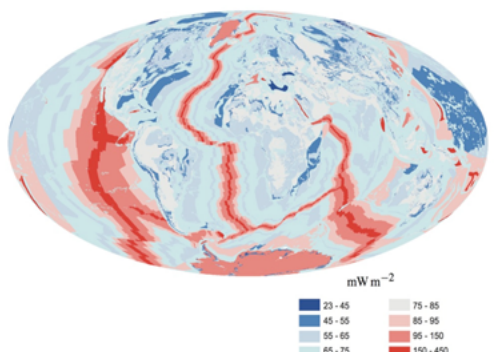
Մերիլենդի համալսարանի պրոֆեսոր Արթուր Վիտերիտոն 1995¹ թվականից ի վեր Միջին օվկիանոսային լեռնաշղթաներում օվկիանոսի հատակին երկրաշարժերի աճ է արձանագրել (Նկ. 2): Ավելին, 0,7 հարաբերակցության գործակցով այս գրաֆիկը համապատասխանում է գլոբալ ջերմաստիճանի աճին՝ ջերմաստիճանի երկու

տարով հետ ընկնելով: Միջին օվկիանոսի լեռնաշղթաների երկայնքով սեյսմիկ եւ հրաբխային ակտիվությունը հանգեցնում է հիդրոթերմալին արտանետումների եւ ջրերի տաքացման տեմպերի բարձրացմանը, ինչը, իր հերթին, հանգեցնում է ջերմոցային գազերի արտանետումների եւ մթնոլորտի տաքացման:



Նկար 2

4-6 բալ ուժգնությամբ օվկիանոսի հատակի երկրաշարժերի եւ գլոբալ մթնոլորտային ջերմաստիճանի միաժամանակյա աճը: Viterito, A. (2022) 1995. An Important Flexion Point in Recent Geophysical History. International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources, 29 (5): <https://doi.org/10.19080/ijesnr.2022.29.556271>
Քարտեզը ցույց է տալիս Mid-Ocean Ridges-ի երկրաջերմային ջեռուցումը, Davies & Davies, 2010 թ.



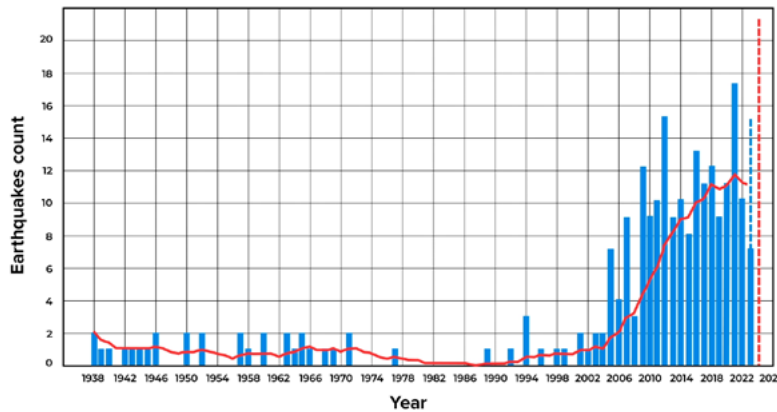
¹Viterito, A. (2022). 1995. Կարեւոր շեղման կետ նորագույն երկրաֆիզիկական պատմության մեջ: International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources, 29(5). <https://doi.org/10.19080/ijesnr.2022.29.556271>

Արդի ժամանակաշրջանում, ի տարբերություն պատմական տվյալների, նկատվում է զգալի երկրաշարժերի հաճախականության աննախադեպ էքսպոնենցիալ աճ: ԱՄՆ Երկրաբանական ծառայության (USGS)

տվյալների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ մինչև 2000-ականները տարեկան ընդամենը մեկ կամ երկու ավերիչ երկրաշարժ է գրանցվել 6 եւ ավելի բալ ուժգնությամբ, մինչդեռ այսօր դրանց թիվն աճել է 8 անգամ (Նկար 3):

Աշխարհում 6.0 եւ բարձր մագնիտուդներով զգալի երկրաշարժերի թվի աճը:

Նշանակության 1000+ (PAGER, ShakeMap, DYFI) երկրաշարժեր (M6+)



Նկար 3

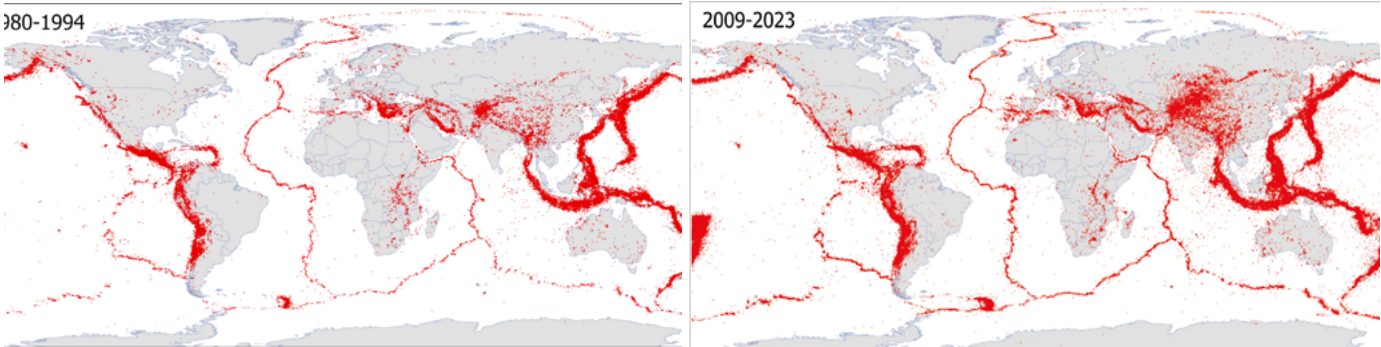
Համաշխարհային մասշտաբով M6 եւ բարձր հզորության երկրաշարժերի թիվը: Երկրաշարժերի ընտրությունն իրականացվել է 1000+ նշանակության չափանիշի հիման վրա՝ հաշվի առնելով ուժգնությունը, ինտենսիվությունը, ընկալունակությունը եւ վնասը՝ Էական հետեւանքներով իրադարձությունները բացահայտելու համար՝ բացառելով մանր եւ աննշան դեպքերը: Տվյալների աղբյուր՝ U.S. Geological Survey (USGS)

Երկրաշարժերի թիվն ավելանում է նախկինում բարձր սեյսմիկ ակտիվությամբ ոչ հայտնի շրջաններում: Նկար 4-ում ներկայացված քարտեզները հստակ ցույց են տալիս սեյսմիկ

իրադարձությունների աշխարհագրական ծածկույթի ընդլայնումը: Դրանք այժմ դուրս են գալիս լիթոսֆերային թիթեղների սահմաններից եւ առաջանում են կայուն հարթակներում:

M4+ երկրաշարժեր ամբողջ աշխարհում 1980-1994թթ

M4+ երկրաշարժեր ամբողջ աշխարհում 2009-2023 թվականներին



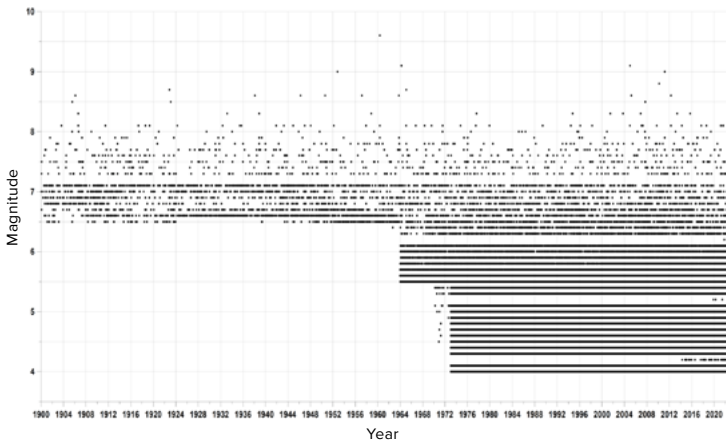
Նկար 4

Քարտեզը ցույց է տալիս 4,0 եւ ավելի մագնիտուդով բոլոր երկրաշարժերը երկու նույնական ժամանակաշրջանների համար 1980-1994 եւ 2009-2023 թթ. Քարտեզները ստեղծվել են՝ հաշվի առնելով բոլոր եզակի երկրաշարժերը, որոնք գրանցված են սեյսմիկ տվյալների բազաներում, ինչպիսիք են IRIS, ISC, USGS, EMCS եւ VolcanoDiscovery:

Որոշ մարդիկ կարծում են, որ երկրաշարժերի թվի աճը պայմանավորված է սեյսմիկ սենսորային ցանցի ընդլայնմամբ, այլ ոչ թե իրադարձությունների թվի իրական աճով: Ժամանակի ընթացքում սեյսմիկ սենսորների քանակն ու զգայունությունը իսկապես աճել է: Այնուամենայնիվ, դա միայն հանգեցրել է փոքր մագնիտուդով երկրաշարժերի ավելի մանրամասն գրանցման, որոնք

նախկինում աննկատ էին: Իրականում, սկսած 1970-ականներից, բավականաչափ սեյսմիկ սենսորներ են եղել 4,0 եւ ավելի մագնիտուդով բոլոր երկրաշարժերը գրանցելու համար (տես Նկար 5): Հետեւաբար, 1995 թվականից սկսած երկրաշարժերի աճի միտումը պայմանավորված չէ տեխնոլոգիական առաջխաղացումներով, այլ արտացոլում է իրական փոփոխությունները: Վերջին 25 տարիների ընթացքում սեյսմիկ ակտիվությունն իսկապես կտրուկ աճել է եւ շարունակում է աճել:

Սեյսմիկ իրադարձությունների խտության գծապատկերը կախված գլոբալ մեծությունից



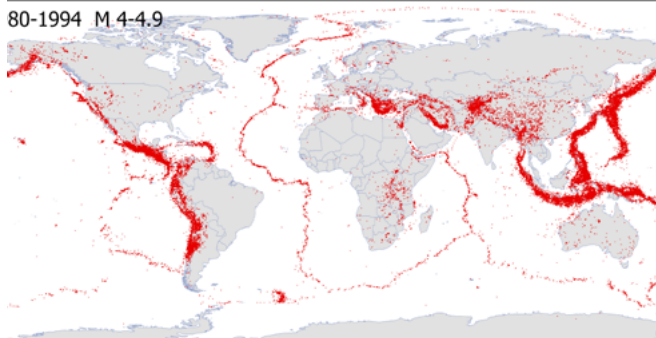
Նկար 5

Գրաֆիկի սեւ կետերը ներկայացնում են տարբեր մագնիտուդով երկրաշարժերը տարբեր տարիների ընթացքում: Մինչեւ 1964 թվականը գրանցվել են միայն 6,5 եւ ավելի մագնիտուդով երկրաշարժեր: 1964 թվականից (ավելի զգայուն դետեկտորների տեղադրմամբ) գրանցվել են 5,5 եւ ավելի մագնիտուդով երկրաշարժեր: 1972 թվականից ի վեր գրանցվել են 4,0 եւ ավելի մագնիտուդով երկրաշարժեր՝ անկախ դրանց գտնվելու վայրից:

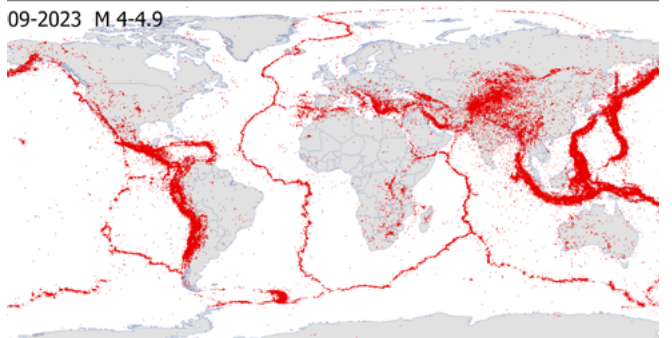
Նկար 6-ի քարտեզը ցույց է տալիս 4,0-4,9 մագնիտուդով երկրաշարժերի տարածական բաշխումը, որոնք տեղի են ունեցել Երկրի տարբեր շրջաններում: Այս քարտեզները ներկայացնում են բոլոր եզակի երկրաշարժերը, որոնք գրանցված են IRIS, ISC, USGS, EMCS եւ VolcanoDiscovery-ի սեյսմիկ սվայալների բազաներում: Քարտեզից երեւում է, որ 4,0-4,9 մագնիտուդով սեյսմիկ իրադարձություններն

արդեն գրանցվել են ամբողջ աշխարհում մինչեւ 1995 թվականը, ինչը ցույց է տալիս այս տարածքներում սեյսմիկ սենսորների առկայությունը: 1995 թվականից նկատվում է բարձր սեյսմիկ ակտիվություն ունեցող շրջանների քանակի եւ տարածքի աճ, ինչպես նաեւ զգալի թվով երկրաշարժերով նոր շրջանների առաջացում:

M4.0-4.9 երկրաշարժեր ամբողջ աշխարհում 1980-1994 թթ



M4.0-4.9 երկրաշարժեր ամբողջ աշխարհում 2009-2023 թթ



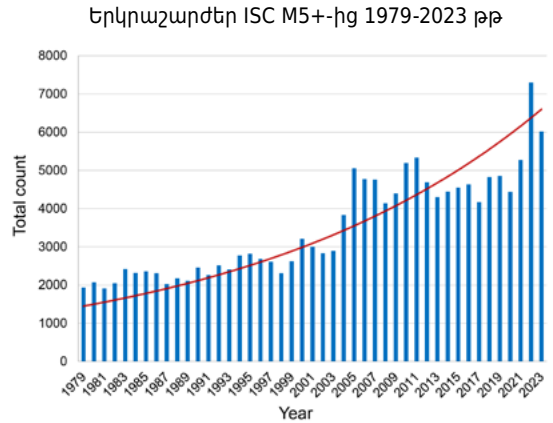
Նկար 6

4.0-4.9 մագնիտուդով երկրաշարժեր ամբողջ աշխարհում 1980-1994 թվականներին եւ 2009-2023 թվականներին: Այս քարտեզները ներկայացնում են բոլոր եզակի երկրաշարժերը, որոնք գրանցված են IRIS, ISC, USGS, EMCS եւ VolcanoDiscovery-ի սեյսմիկ սվայալների բազաներում:

5.0 եւ ավելի մագնիտուդով երկրաշարժերի աճն արտացոլված է նաեւ սեյսմիկ իրադարձությունների քանակը պատկերող գրաֆիկում՝ համաձայն Միջազգային սեյսմոլոգիական կենտրոնի տվյալների բազայի (Նկար 7):

Նկար 7

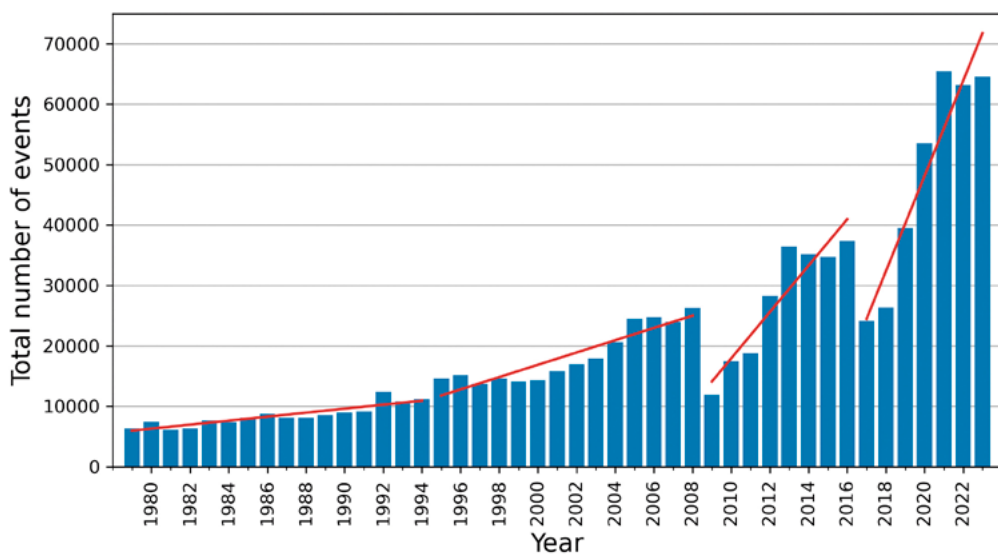
5.0 եւ ավելի մագնիտուդով երկրաշարժեր՝ ըստ ISC տվյալների բազայի: Հստակ տեսանելի է երկրաշարժերի թվի զգալի աճը 1995թ.



Ըստ VolcanoDiscovery տվյալների բազայի (<https://www.volcanodiscovery.com>), 1980-ականներին գրանցվել է տարեկան մոտ 10000 երկրաշարժ՝ 3,0 եւ ավելի մագնիտուդով: Այնուամենայնիվ, սկսած 2021 թվականից, տարեկան այս ուժգնության ավելի քան 60,000 երկրաշարժ է տեղի ունեցել (տես՝ Նկար 8): Հատկանշական է, որ այս տվյալների բազան ներառում է սեյսմիկ իրադարձությունների զգալի շարք, որոնք առկա չեն այլ տվյալների բազաներում:

Փոքր մագնիտուդով երկրաշարժերի թվի աճը թույլ է տալիս ենթադրել, որ մեծ մագնիտուդով երկրաշարժերի թիվը, ըստ Գուտենբերգ-Ռիխտերի օրենքի, ապագայում, հավանաբար, կաճի: Այս օրենքը արտահայտում է լոգարիթմական կապը երկրաշարժերի թվի եւ դրանց ուժգնության միջեւ, այսինքն՝ եթե փոքր ուժգնությամբ երկրաշարժերի թիվը մեծանում է, ապա ակնկալվում է, որ կավելանա նաեւ մեծ ուժգնությամբ երկրաշարժերի թիվը:

M3-M9 երկրաշարժեր ամբողջ աշխարհում 1979-2023 թվականներին



Նկար 8

Գրաֆիկը ցույց է տալիս 3,0 եւ ավելի մագնիտուդով երկրաշարժերի թվի աճն ամբողջ աշխարհում՝ հիմնված VolcanoDiscovery սեյսմոլոգիական տվյալների բազայի տվյալների վրա: Գրաֆիկը ցույց է տալիս էքսպոնենցիալ միտում:

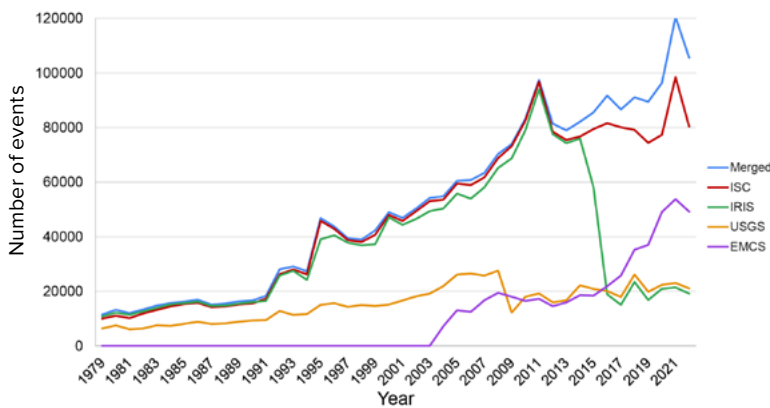
Կարելու է նշել, որ ոչ մի գլոբալ սեյսմիկ տվյալների բազա չի կարող ապահովել սեյսմիկ ակտիվության ամբողջական եւ ճշգրիտ ներկայացում ամբողջ աշխարհում՝ իրենց գործունեության տեխնիկական, գիտական եւ գործնական ասպեկտների տարբերությունների պատճառով: Նկար 9-ը ներկայացնում է 1979 թվականից ի վեր տարբեր միջազգային սեյսմոլոգիական ծառայությունների կողմից գրանցված առնվազն 3,0 մագնիտուդով երկրաշարժերի թվի գրաֆիկը:

Այս սեյսմիկ տվյալների շտեմարաններում ներկայացված բոլոր իրադարձությունները համեմատելիս ակնհայտ է դառնում, որ 2014 թվականից սեյսմիկ իրադարձությունների

ամբողջությունը սկսել է տարբերվել ոչ միայն քանակով (տես Նկար 9), այլև եզակիությամբ (տես Նկար 10): Դա նշանակում է, որ կան իրադարձություններ, որոնք առկա են մեկ կամ մի քանի տվյալների բազայում, բայց բացակայում են մյուսներում: Թեև երկրաշարժերի տվյալների հավաքածուները պետք է արտացոլեն նույն իրականությունը:

Աշխարհում սեյսմիկ ակտիվության ավելի ընդգրկուն եւ օբյեկտիվ պատկեր ստանալու համար անհրաժեշտ է համեմատել եւ համադրել տարբեր աղբյուրներից ստացված տվյալները՝ հաշվի առնելով դրանց առանձնահատկություններն ու սահմանափակումները:

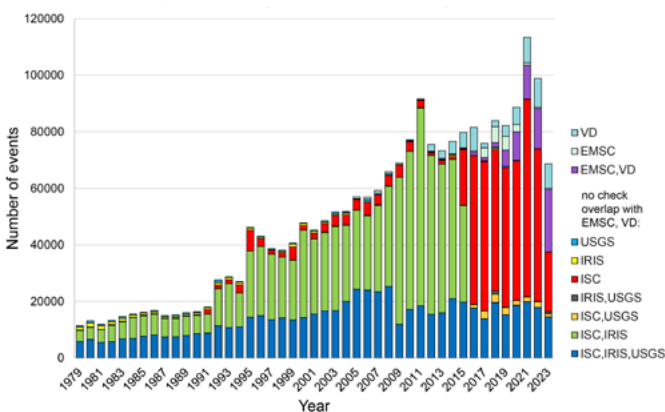
M3+ երկրաշարժերի թվի համեմատությունը 1979-ից մինչև 2022 թվականը տարբեր սեյսմիկ տվյալների բազաների տվյալների հիման վրա



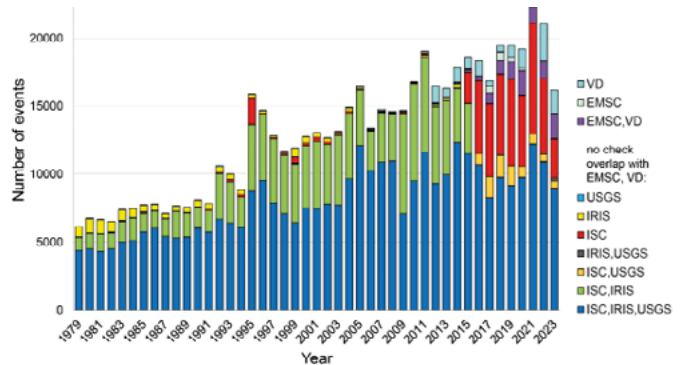
Նկար 9

Գրաֆիկը պատկերում է առնվազն 3.0 մագնիտուդով երկրաշարժերի թիվը, որոնք արձանագրվել են տարբեր միջազգային սեյսմոլոգիական ծառայությունների կողմից որոշակի ժամանակահատվածում: Կապույտ կորը ներկայացնում է բոլոր տվյալների բազաներից հավաքված բոլոր եզակի իրադարձությունների ամփոփումը: Ընտրության մեթոդաբանությունը մանրամասն ներկայացված է Հավելված I-ում:

M3+ եզակի սեյսմիկ իրադարձությունների թիվը 1979-2023 թվականներին հաղորդում է միայն նշված գործակալությունները



M4+ եզակի սեյսմիկ իրադարձությունների թիվը 1979-2023 թվականներին հաղորդում է միայն նշված գործակալությունները



Նկար 10

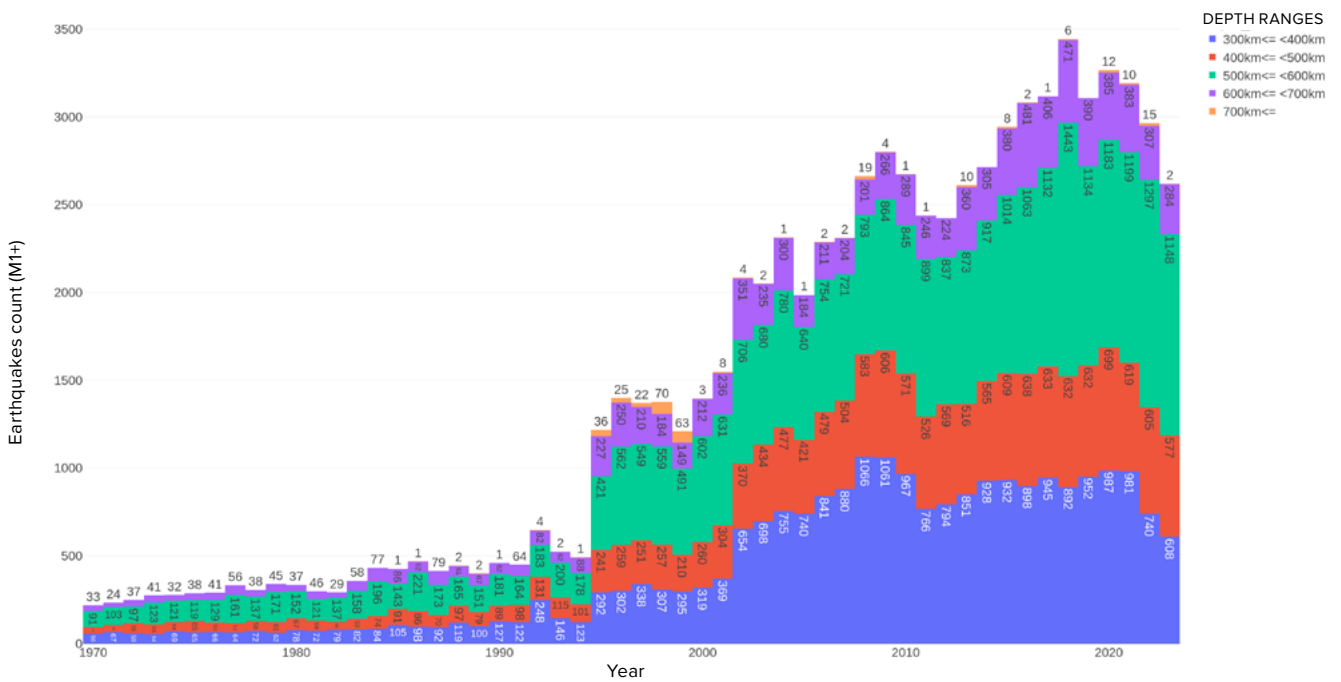
3.0 եւ բարձր մագնիտուդով (ճախից) եւ 4.0 եւ բարձր (աջ) մագնիտուդով եզակի սեյսմիկ իրադարձությունների քանակը պատկերող գրաֆիկները միաժամանակ առկա են միայն նշված սեյսմիկ ծառայություններում 1979-ից մինչև 2023 թվականը:

Խորը կիզակետով երկրաշարժերի աճ

Խորը կիզակետով երկրաշարժերը սեյսմիկ իրադարձություններ են, որոնք տեղի են ունենում 300 կմ-ից ցածր խորություններում եւ, որոշ դեպքերում, հասնում են մինչեւ 750 կմ խորության երկրի մակերեւույթի տակ: Խորը կիզակետով երկրաշարժերը տեղի են ունենում բարձր ճնշման եւ ջերմաստիճանի պայմաններում, որտեղ թիկնոցի նյութը ակնկալվում է, որ պետք է պլաստիկորեն դեֆորմացվի, այլ ոչ թե փշրվի, եւ, հետեւաբար, չպետք է առաջացնի երկրաշարժեր: Այնուամենայնիվ, նման իրադարձությունները պարբերաբար արձանագրվում են, եւ դրանց առաջացման մեխանիզմները շարունակում են

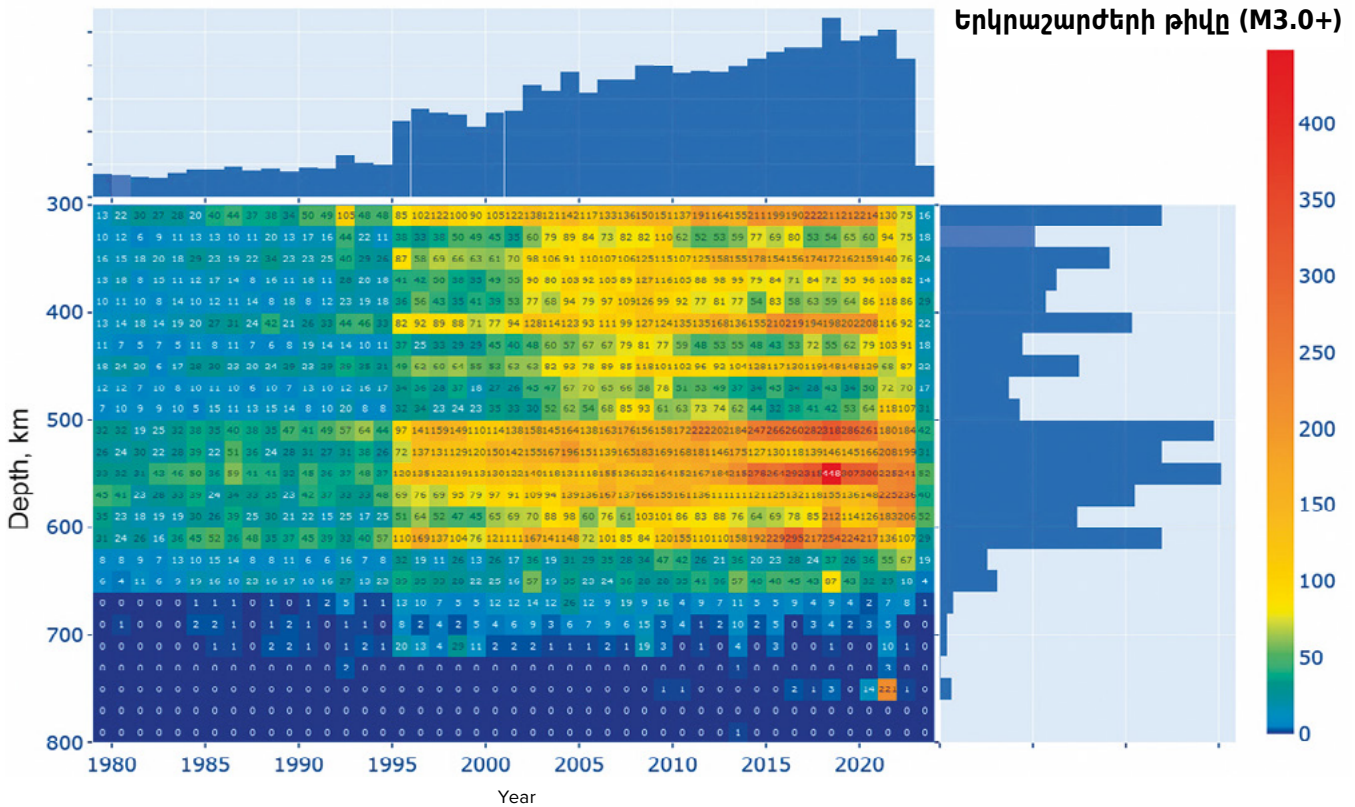
մնալ գիտական քննարկումների առարկա: Երկրաշարժերի ներկայիս աճը կապված է ոչ միայն երկրակեղեւում լարուման հետ, այլ ավելի շուտ երկրի խորքում գլոբալ մագմատիկ ակտիվության աճի հետ: Սա ցույց է տալիս խորը կիզակետով երկրաշարժերի աճի էքսպոնենցիալ միտումը (Նկար 11-12): Գրաֆիկը ցույց է տալիս երկրաշարժերի թվի աճի էքսպոնենցիալ առաջընթացը 300 կմ-ից ավելի խորություններում՝ երկրի վերին թիկնոցում: Չգալի ցատկ է նկատվում 1995 թվականին, ինչպես նաեւ բազմաթիվ այլ գեոդինամիկական աստմալիաների ցատկեր:

M1+ խորը կիզակետով երկրաշարժեր ամբողջ աշխարհում 1970-2023 թվականներին



Նկար 11

197 թվականից ի վեր ամբողջ աշխարհում խորը կիզակետով M1+ երկրաշարժերի թվի էքսպոնենցիալ աճ. ISC տվյալների բազա.



Նկար 12

3.0 եւ ավելի մագնիտուդով խորը կիզակետով երկրաշարժերի ջերմային քարտեզ: Ուղղահայաց սանդղակը ներկայացնում է հիպոկենտրոնների խորությունը, իսկ հորիզոնականը տարիները: ISC տվյալների բազա: Իրադարձությունների թվի զգալի թռիչք կարելի է տեսնել 1995 թվականին: Խորը կիզակետով երկրաշարժերի ամենամեծ թիվը տեղի է ունենում 500-600 կմ միջակայքում գտնվող խորություններում:

Համաձայն այս զեկույցում նկարագրված մոդելի, խորը կիզակետով երկրաշարժերը իրենցից ներկայացնում են պայթյուններ, որոնք համարվում են ահռելի թվով ատոմային ռումբերի հզորությանը, որոնք միաժամանակ պայթում են երկրի թիկնոցի խորքում: Խորը կիզակետով երկրաշարժերի թվի էքսպոնենցիալ աճը

վկայում է մեր մոլորակի արտասովոր մագմատիկ ակտիվության մասին: Թիկնոցում աճող սեյսմիկ ակտիվությունը հատկապես մտահոգիչ է այն փաստով, որ խորը կիզակետով երկրաշարժերը հաճախ հզոր երկրաշարժեր են առաջացնում երկրակեղեւում:²

² Միխայլովա Ռ.Ս. (2014). Ուժեղ երկրաշարժեր թիկնոցում եւ դրանց ազդեցությունը մոտ եւ հեռավոր գոտում. Ռուսաստանի գիտությունների ակադեմիայի երկրաֆիզիկական ծառայություն. <http://www.emsd.ru/conf2013lib/pdf/seism/Mihaylova.pdf>

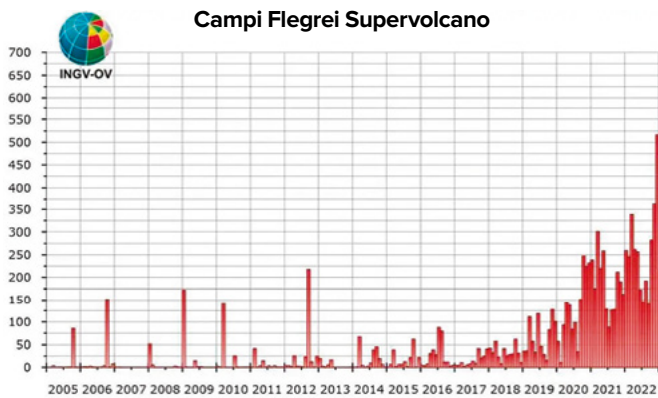
Միխայլովա, Ռ. Ս., Ուլուբեկա, Ս. Ռ. եւ Պետրովա Ն. Վ. (2021): 2015 թվականի հոկտեմբերի 26-ի Հինդու Քուշի երկրաշարժը՝ Mw=7.5, 10-7. Նախորդող սեյսմիկությունը եւ հետցնումների հաջորդականությունը: Հյուսիսային Եվրասիայի երկրաշարժեր, 24, 324-339 թթ. DOI՝ 10.35540/1818-6254.2021.24.31

Հրաբուխների ակտիվացում

Շատ խոշոր քաղաքներ գտնվում են հրաբխային կալդերաների մոտ կամ նույնիսկ ներսում: Օրինակ, Ճապոնիայի Կագոսիման գտնվում է Aira Caldera-ում: Նեապոլը եւ Պոզուոլին գտնվում են Իտալիայի Campi Flegrei կալդերայի մոտ: Ավելին, Գերմանիայի տարածքում է գտնվում Laacher See կոչվող հսկայական գերհրաբուխը, որը վերջին տարիներին սկսել է ակտիվության նշաններ ցույց տալ:

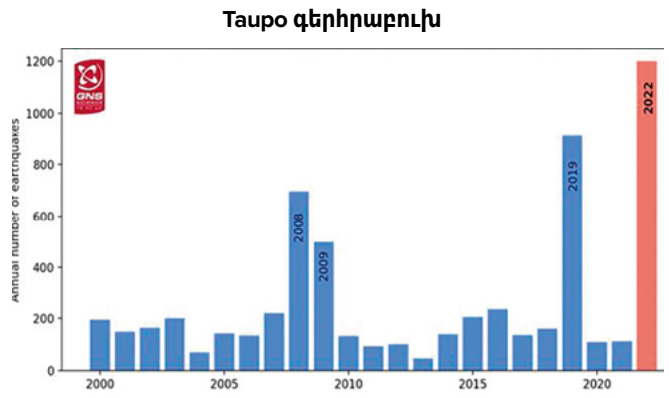
Երկրի խորքերում մագմայի ակտիվության աճը վերջին փոփոխությունների հիմնական

պատճառն է: Դրան է նպաստում հրաբուխների եւ գերհրաբուխների շրջակայքում գրանցված երկրաշարժերի աճը, ինչպիսիք են Campi Flegrei-ն Իտալիայում (տես Նկար 13), Taupo-ն Նոր Չելանդիայում (տես Գծապատկեր 14), Yellowstone-ը ԱՄՆ-ում (տես Նկար 15), Mauna Loa-ն Հավայան կղզիներում (տես Նկար 16), Trident-ը Ալյասկայում (տես Նկար 17) եւ Sakurajima հրաբուխը Ճապոնիայի Aira գերհրաբխի կալդերայում (տես Նկար 18):



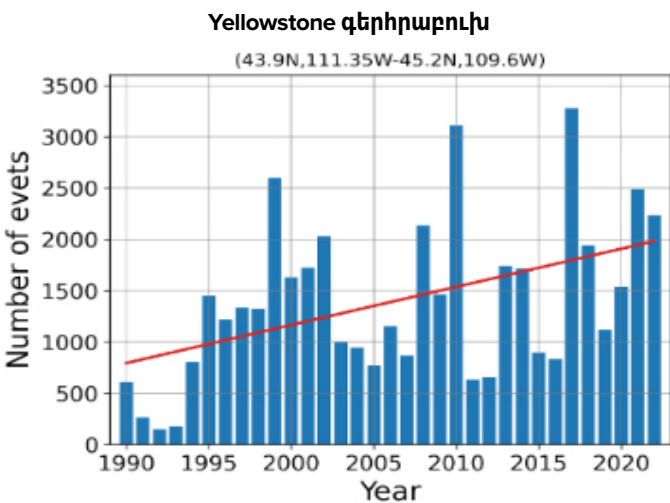
Նկար 13

2005 թվականից ի վեր սեյսմիկ իրադարձությունների հաճախականության միտումը, ինչպես նշված է Campi Flegrei տեղեկագրում Vesuvius Observatory INGV-ի կողմից 2023 թվականի ապրիլի համար: (Աղբյուր. <https://www.fanpage.it/napoli/campi-flegrei-675-terremoti-aprile-2023/>)



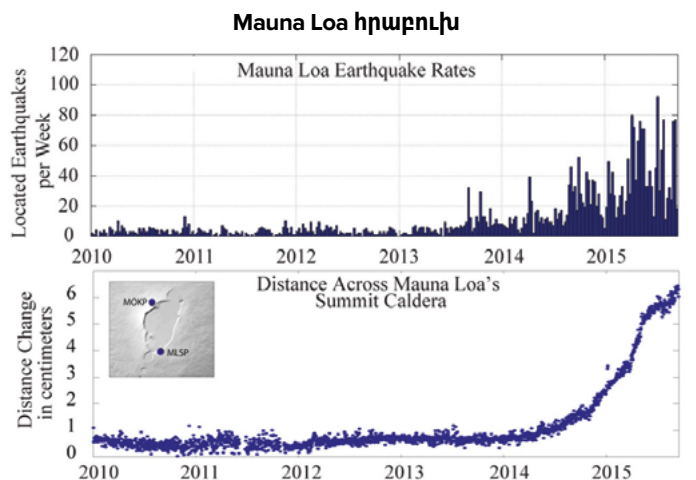
Նկար 14

Տարեկան երկրաշարժերի թիվը Taupo գերհրաբխի շրջակայքում. Տվյալներ GeoNet Volcanic Alert Bulletin-ից: (Վերցված է 2024 թվականի փետրվարի 14-ին, URL-ից <https://www.geonet.org.nz/vabs/7tu66IDztDnlaYDG0LYSgl>)



Նկար 15

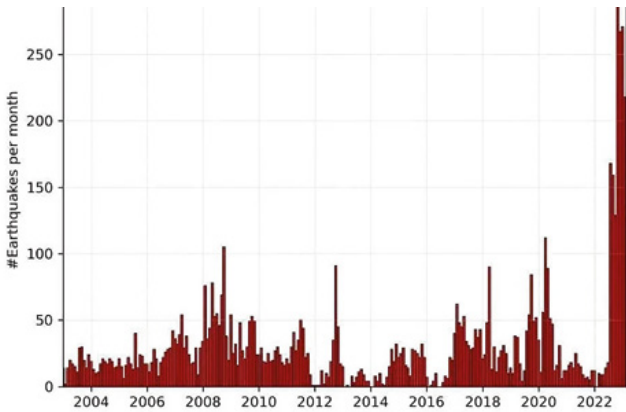
Yellowstone գերհրաբխի տարածքում երկրաշարժերի տարեկան թվի աճ: Գրաֆիկ՝ հիմնված USGS տվյալների վրա:



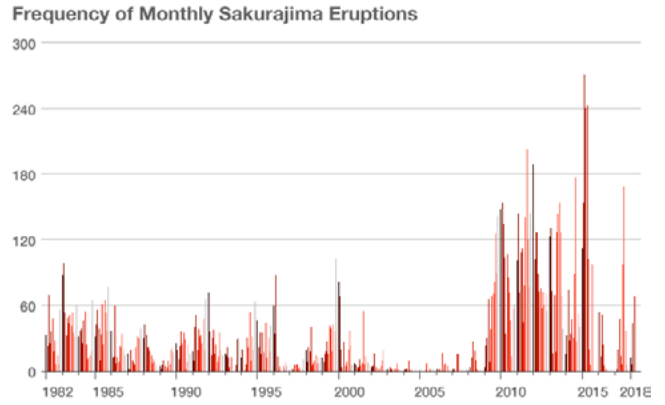
Նկար 16

Mauna Loa հրաբխի շրջակայքում 2010-2016 թվականների երկրաշարժերի եւ դեֆորմացիաների վերաբերյալ տվյալներ. Տվյալները տրամադրվել են USGS-ի կողմից: (Աղբյուր. <https://www.usgs.gov/media/images/mauna-loa-earthquake-and-deformation-data-2010-2016>)

Trident հրաբուխ



Sakurajima հրաբուխ



Նկար 17

Երկրաշարժեր Trident հրաբխի տակ, Ալյասկա, 2003 թվականի հունվարի 1-ից մինչև 2023 թվականի փետրվարի 21-ը: Հիստոգրամը ցույց է տալիս ամսական գրանցված երկրաշարժերի քանակը: Տվյալների աղբյուր՝ USGS/AVO, Aaron Wech: (Աղբյուր. <https://watchers.news/2023/02/23/increased-seismic-activity-under-trident-volcano-alaska/>)

Նկար 18

Ժայթքումների քանակի աճ, որը ցույց է տալիս մագմայի ակտիվության աճը Ճապոնիայի Սակուրաջիմա հրաբխում, Աիրա գերհրաբխի կալիտրայում: (Աղբյուր. <https://www.nippon.com/en/features/h00194/>)

Հրաբուխների մոտակայքում աճող սեյսմիկ ակտիվությունը վկայում է մագմատիկ պրոցեսների ակտիվացման մասին՝ ենթադրելով, որ հրաբխային մագմատիկ խցերը լցվում են եւ, հավանաբար, պատրաստվում են պոտենցիալ ժայթքման: Հաշվի առնելով ներկայիս անսովոր մագմայի ակտիվությունը մեր մոլորակի խորքերում, մեկ գերհրաբխի ժայթքումը կարող է հրաբխային պայթյունների շղթայական ռեակցիա առաջացնել՝ հանգեցնելով համաշխարհային աղետի:

Հրաբխագետները նկատել են նաեւ մեկ այլ անոմալիա՝ հրաբուխներից դուրս եկող լավան ունի թիկնոցի խորը շերտերի մագման հիշեցնող անսովոր բաղադրություն, որը ներկայացված է հետեւյալ ինֆոգրաֆիկայում:

Քարտեզները ցույց են տալիս վերջին 10 տարվա ընթացքում տարբեր հրաբուխներից ժայթքած լավայի քիմիական կազմի կամ ֆիզիկական հատկությունների անոմալիաները: Այս տվյալները հիմնված են աշխարհի տարբեր երկրների գիտնականների կատարած հետազոտությունների վրա:



Հյուսիսային Ամերիկա ՅԵՆՈՒԲՍԹՈՈՒՆ ՍՈՒՊԵՐՀՐԱԲՈՒՄ ԿԱԼԴԵՐԱՆ (ԱՄՆ)



1995 ԹՎԱԿԱՆԻՑ Ի

1995 թվականից ի վեր աճում են երկրաշարժերի հաճախականությունը եւ ինտենսիվությունը:

Երկրաշարժերի առավելագույն քանակի խորությունը նվազում է 2010 թվականի 11 կմ-ից մինչեւ 2022 թվականի 5 կմ:

2018 թվականին տեղի ունեցավ գեյզերների ակտիվության համաժամացում, երբ ամբողջ կալիֆորնիայի գեյզերների մեծ մասը միաժամանակ սկսեցին շատ անգամ ավելի հաճախ ժայթքել: Գեյզերների ակտիվությունը դեռ բարձր է մնում:

<https://doi.org/10.1073/pnas.2020943118>

2013-2014 թվականներին տարածքի բարձրացման արագությունը հանկարծակի աճել է 5 անգամ

<https://doi.org/10.1029/2019JB018208>

2003 թվականից ի վեր հայտնվում են մակերեւույթի գերտաքացման տեղական տարածքներ:

<https://www.usgs.gov/news/thermal-activity-norris-geyser-basin-provides-opportunity-study-hydrothermal-system>
<https://doi.org/10.3389/feart.2020.00204>

Հյուսիսային Ամերիկա ԷԶԿՈՒՄԲ ՀՐԱԲՈՒՄ, ԱԼՅԱՍԿԱ (ԱՄՆ)

2019-2022

800 տարի քնած հրաբուխը ցուցադրում է ամենաբարձր արագությամբ հողի բարձրացում Այասկայում: Դա անումալ է, քանի որ հանգիստ հրաբուխները կտրուկ վերակենդանանում են, հատկապես այս արագությամբ: Մագման բարձրանում է մոտ 10 կմ խորության՝ մոտ 20 կմ խորությունից, եւ առաջացնում է երկրաշարժեր եւ մակերեսի զգալի դեֆորմացիա:

<https://doi.org/10.1029/2022GL099464>

Հարավային Ամերիկա ՉԱՅՏԵՆ ՀՐԱԲՈՒՄ (ՉԻԼԻ)

ՄԱՅԻՍԻ 1, 2008

Չայթենի հրաբուխը հանկարծ ռիոլիտային մագմա է արանետել: Քաղաքի բնակիչները երկրաշարժը զգացել են 24 ժամ առաջ, երբ նրանց վրա մոխիր է ընկել եւ հզոր ժայթքում է տեղի ունեցել: Այսպիսի կարճ նախազգուշացում խոշոր ժայթքումի մասին, ընդ որում բազալտի, յուրահատուկ է թթու մագմայի համար: Արագ վերելքը ենթադրում է պահեստավորման խորությունից ավելի քան հինգ կիլոմետր դեպի մոտակա մակերեսին հասնելու ժամանակը մոտ չորս ժամվա ընթացքում: Սա խոսում է սուբհրաբխային համակարգի միջոցով մագմայի արագ վերելքի մասին:

<https://doi.org/10.1038/nature08458>



📍 Աֆրիկա

ՄՏՈՐԶՐՅԱ ՀՐԱԲՈՒԽ ՄԱՅՈՏ ԿՂՁՈՒ ՄՈՏ (ՖՐԱՆՍԻԱ)

2019 թ

Մադագասկարի Ռեյունյոն կղզու մոտակայքում գտնվող Մայոտի ափերի մոտ Նոր հրաբխի ծնունդը: Մեկ տարվա ընթացքում մագմանը 80 կմ հեռավորություն է անցել թիկնոցից մինչև երկրակեղև, ամբողջ կեղևով, եւ ձեւավորվել է Նոր ստորջրյա հրաբուխ: Հրաբխի ձեւավորման այս արագությունը անսախադեպ արագ է: 2019 թվականին սա եղել է երբեւէ գրանցված ամենախոշոր ակտիվ ստորջրյա ժայթքումը:

<https://doi.org/10.1029/2022GL099464>

📍 Անտարկտիկա

ՕՐԿԱ ՄՏՈՐԶՐՅԱ ՀՐԱԲՈՒԽ ԲՐԱՆՍՖԻԼԴ ՆԵՂՈՒՅՈՒՄ

2020 ԹՎԱԿԱՆԻ ՕԳՈՍՏՈՍ - 2021 ԹՎԱԿԱՆԻ ՓԵՏՐՎԱՐ

Նախկինում ոչ ակտիվ Օրկա ստորջրյա հրաբխի գոտում տեղի է ունեցել մոտ 85 000 երկրաշարժ, որոնք առաջացել են մագմայի ներթափանցումից: Մագման վեց ամսվա ընթացքում այրել է 10 կմ երկրակեղև, ինչը ռեկորդային է իր ներթափանցման արագությամբ եւ ինտենսիվությամբ:

<https://doi.org/10.1038/s43247-022-00418-5>

📍 Աֆրիկա

ՆՅԻՐԱԳՈՆԳՈ ՀՐԱԲՈՒԽ (ԿՈՆԳՈ - ՌՈՒԱՆԴԱ)

2021 թ

Նյիրագոնգո հրաբխի կառուցվածքի խզման հետեւանքով առաջացած ժայթքում՝ առանց նախանշանների: Ժայթքումն ունեցել է անոմալ բնույթ, քանի որ տարածվել է վերելից ներքեւ եւ առաջացրել 25 կմ երկարությամբ հսկայական ամբարտակ:

<https://doi.org/10.1038/s41586-022-05047-8>

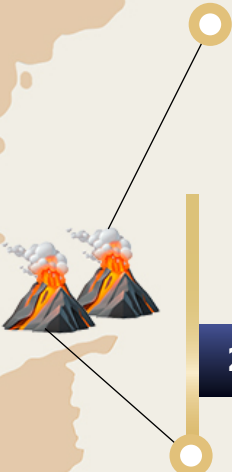
📍 Անտարկտիկա

ԴԵՍԵՊՏԻՈՆ ՀՐԱԲՈՒԽ

2015 թ

Երկրաշարժեր, որոնք առաջացել են խորը, երկարատեւ եւ լայնածավալ մագմայի ներխուժման հետեւանքով: Երբեւէ գրանցված ամենամեծ ակտիվությունը:

<https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2021.107376>



📍 Ասիա

ՉԱՆԳԲԱՅՇԱՆ ՀՐԱԲՈՒԽ (ՀՅՈՒՄԻՍԱՅԻՆ ԿՈՐԵԱ-ՉԻՆԱՍԱՆ)

2002-2005

Հրաբխի մոտակայքում 566 կմ խորության վրա 7,2 մագնիտուդ ուժգնությամբ հզոր խորը կիզակետային երկրաշարժը եռամյա սեյսմիկ անկարգությունների պատճառ է դարձել: Երկրաշարժերի ինտենսիվ բազմությունը պայմանավորված էր նոր մագմայի ներդրմամբ եւ թիկնոցից գազային փուլի ակտիվությամբ:

<https://doi.org/10.3389/feart.2020.599329>



📍 Ասիա

ՄԵՃ ԿՈՐԻԼՅԱՆ ԼԵՌՆԱՇՐՈՔԱՅԻ ՌԱՅԿՈԿԵ ՀՐԱԲՈՒԽ (ՌՈՒՍԱՍԱՆ)

ՀՈՒՆԻՍԻ 21-25, 2019 թ

Ժայթքումը դարձել է 21-րդ դարում Կուրիլյան կղզիներում տեղի ունեցած խոշորագույն ժայթքումներից մեկը: Պայթյունը բնութագրվում էր անոմալիայով: Ռայկոկեի հրաբուխը սնուցող մագման ծագել է թիկնեցում, այսինքն՝ մագման ունի խորքային աղբյուր: Ժայթքումը պայթյունցիկ բնույթ է կրել իր ողջ գոյության ընթացքում եւ առաջացրել է փոշու անկումներ եւ պիրոկլաստիկ խտության հոսքեր: Վերջինս հանգեցրել է կղզու տարածքի 0,7 կմ²

<https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2021.107346>



📍 Ասիա

ՄԵՐԱՊԻ ՀՐԱԲՈՒԽ (ԻՆԴՈՆԵԶԻԱ)

2010 թ

VEI 4-ի ժայթքումը 80 տարվա ընթացքում Մերապիի ամենասարսափելի հրաբխային աղետն էր: Պայթյունը պայմանավորված էր սովորականից ավելի մեծ, խորը, թռչող բաղադրիչներով հարուստ մագմայի ներհոսքով, որը ներմուծվել էր համեմատաբար կարճ ժամանակահատվածում: Կրակոցների ժամանակ եւ դրանից հետո լախարները գրավել են գրեթե բոլոր հիմնական հովիտները՝ առաջացնելով զգալիորեն ավելի մեծ վնաս, քան նախորդ ժայթքումներից հետո:

https://doi.org/10.1007/978-3-031-15040-1_12



📍 Ավստրալիա, Նոր Զելանդիա եւ Օվկիանիա
ՏԱՌԻՆ ԱՐԵՆԵՅԱՆ ՀԵՏԵՎԱՆՔՆԵՐԻ ԿԱԼԴԵՐԱՆ (ՆՈՐ ԶԵԼԱՆԴԻԱ)

2003-2011 թթ

Դիտարկվել է հողի մակարդակի բարձրացում, ինչը կապված է տարածաշրջանում ինտենսիվ սեյսմիկ ակտիվության հետ: Նոր մագմատիկ օճախի ծնունդը:

<https://doi.org/10.1126/sciadv.1600288>

2019 թ

Երկրաշարժերի շարքը տեղի է ունենում Տաուկո կալդերայի 8 կմ խորության վրա մագմայի ներհոսքի հետեւանքով:

<https://doi.org/10.3389/feart.2020.606992>

2022 թ

Սեյսմիկ ակտիվության աճ, հրաբխային ակտիվության մակարդակը բարձրանում է:

<https://www.geonet.org.nz/news/LuzOzD-mQcQUUmdeiL67oX>

📍 Ավստրալիա, Նոր Զելանդիա եւ Օվկիանիա
ԿԻԼԱՈՒԵԱ ՀՐԱԲՈՒԽ, ՀԱՎԱՅԱՆ ԿՂՁԻՆԵՐ (ԱՄՆ)

2018 թ

Ստորին Արեւելյան ճեղքվածքի գոտու ամենամեծ ժայթքումը եւ կալդերայի փլուզումը՝ առնվազն 200 տարվա ընթացքում առաջին անգամ:

<https://doi.org/10.1126/science.aav7046>



📍 Ավստրալիա, Նոր Զելանդիա եւ Օվկիանիա
ՀՐԱԲՈՒԽ ՀՈՒՆԳԱ-ՏՈՆԳԱ-ՀՈՒՆԳԱ-ՀԱՎՊԱՅ (ՏՈՆԳԱՅԻ ԹԱԳԱՎՈՐՈՒԹՅՈՒՆ)

15 ՀՈՒՆՎԱՐԻ, 2022 թ

Ամենաուժեղ արձանագրված հրաբխային ժայթքումների ռեկորդը: Այս պայթյունի քուղը բարձրացել է մինչեւ 58 կիլոմետր բարձրության վրա՝ խախտելով մեգուսֆերան: Ժայթքումը նաեւ առաջացրել է ամենամեծ թվով կայծակի հարվածները, որոնք գրանցվել են ցանկացած տեսակի բնական իրադարձության համար: Այս կազմի լավա նախկինում չէր գրանցվել Տոնգայի

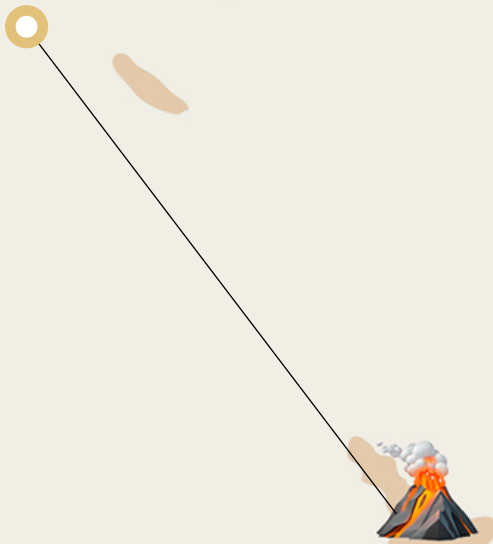


Նախորդ ժայթքման ժամանակ՝ 2009 եւ 2014 թվականներին: Նախորդ ժայթքումների ժամանակ մագման արգելափակված էր միջանկյալ խցիկում, սակայն այս անգամ թարմ մագման արագ բարձրացավ՝ առանց ժամանակ կորցնելու քիմիական փոփոխությունների վրա:

<https://doi.org/10.1038/d41586-022-00394-y>

<https://www.xweather.com/annual-lightning-report>

<https://doi.org/10.1126/sciadv.adh3156>



Եվրոպա
ՖԱԳՐԱԴՆԼՍՖՅԱԴԼ ՀՐԱԲՈՒՄ (ԻՍԼԱՆԴԻԱ)

2021 թ

Հրաբխի լավայի հիմնական քիմիական պարամետրերի փոփոխության արագությունը ավելի քան հազար անգամ ավելի բարձր է եղել, քան մյուս ժայթքումների ժամանակ: Այս մեկ իրադարձության քիմիական բաղադրության ընդհանուր տիրույթը նման է հարավարեւմտյան Իսլանդիայի բոլոր ժայթքումներին վերջին 10000 տարվա ընթացքում: Ավելին, խորքային մագմայի արտահոսքի փուլը համապատասխանում է ժայթքման ժամանակաշրջանին, երբ լավայի շատրվանը բարձրացել է մինչև 400 մետր: Ժայթքման առաջին 50 օրվա ընթացքում ժայթքած բազալտների երկրաքիմիական վերլուծությունը գույքորդված գագերի արտանետումների հետ, ցույց է տալիս ուղղակի ծագումը վերին թիկնոցի մագմայի պահեստավորման գոտուց: Ռեյկյանես թերակղզու Ֆագրադալսֆյադլ հրաբխային համակարգը 2021 թվականից ի վեր երեք անգամ ժայթքել է ավելի քան 800 տարվա անգործությունից հետո:

<https://doi.org/10.1038/s41586-022-04981-x>

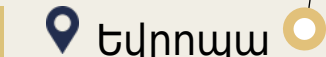


Եվրոպա
ԲՈՐԳԵՐՀՐԱՈՒՆ ՀՐԱԲՈՒՄ (ԻՍԼԱՆԴԻԱ)

2014 թ

Մագմայի անսահադեպ արագ աճը հրաբխի վրա, որը նախկինում քնած էր հազար տարի: Մագմային ընդամենը 10 օր պահանջվեց պահոցից 24 կմ խորությունից մակերես բարձրանալու համար:

<https://doi.org/10.1038/s41561-019-0376-9>

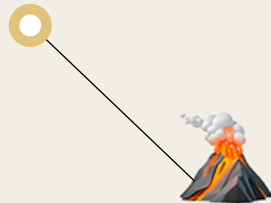


Եվրոպա
ԿՈՒՄԲՐԵ ՎԻԵՆԱ ՀՐԱԲՈՒՄ (ԻՍՊԱՆԻԱ)

2021 թ

Առաջին պայթյունից հետո մի քանի ժամվա ընթացքում շարժվող ակտիվ մագմա սկսեց հայտնվել: Լավան գերհեղուկ էր՝ այստեղի պատմական բազալտի ժայթքումներից ամենահեղուկը: Հրաբուխը սնվում է թիկնոցի փետուրից հավաքվածներով, այսինքն. գալիս է խորը թիկնոցից: Հավանաբար, մագման գալիս է երկրի խորքային շերտերից, բարձրանալով միջուկից ցածր արագության գոտիներով: Հետևաբար, լավան, որը 2021 թվականի սեպտեմբերի ժայթքման ժամանակ մակերես է թափվել, գերհեղուկ է եւ շարժական:

<https://doi.org/10.1038/s41598-022-21818-9>



📍 Եվրոպա

ԼԱՎՀԵՐ ՉԵՏ ՍՈՒՊԵՐՀՐԱԲՈՒՄ (ԳԵՐՄԱՆԻԱ)

2013-2018 ԹԹ

12,9 հազար տարի առաջ ժայթքած գերհրաբխի կալդերայի շրջանում 10-ից 40 կմ խորության վրա սեյսմիկ ակտիվության հայտնվելը, ինչպես նաև կալդերայի շուրջ հրաբխային գագի շարունակական արտանետումները ցույց են տալիս ակտիվ մագմատիկ համակարգը, որը հնարավոր է կապված լինի վերին թիկնոցի հալեցման գոտու հետ:

<https://doi.org/10.1093/gji/ggy532>



📍 Եվրոպա

ԿԱՄՊԻ-ՖԼԵԳՐԵՅ ՍՈՒՊԵՐՀՐԱԲՈՒՄԻ ԿԱԼԴԵՐԱ (ԻՏԱԼԻԱ)

2004-2024 ԹԹ

Գագի ճնշումը սկսում է բարձրացնել հողը, ինչը ցույց է տալիս հրաբխի ակտիվացումը: Բրադիսեյմը շարունակվում է մինչ օրս:

2016-2024 ԹԹ

Հրաբխատեկտոնական երկրաշարժերի թվի էքսպոնենցիալ աճ եւ ժայթքման բոլոր նախանշանների համաժամացում:

<https://doi.org/10.1038/s43247-023-00842-1>

📍 Եվրոպա

ԷՌՆԱ ՀՐԱԲՈՒՄ (ԻՏԱԼԻԱ)

2020 ԹՎԱԿԱՆԻ ԴԵԿՏԵՄԲԵՐ - 2022 ՓԵՏՐՎԱՐ

2020-2022 թվականների ժայթքումները վերջին տասնամյակի բոլոր ժայթքումների համեմատ ամենահետադեմ թարձրանող մագմայով են սնվել: Այս շրջանը բնութագրվում էր ավելի հաճախակի ժայթքումներով: Բազալտային մագմայի արագ միգրացիա է հայտնաբերվել ամենախորը մակարդակից ռեկորդային կարճ ժամանակահատվածում:

<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2023.104563>

📍 Եվրոպա

ԿՈԼՈՒՄԲՈ ՍՏՈՐՉՐՅԱ ՀՐԱԲՈՒՄ (ՀՈՒՆԳԱՍՏԱՆ)

2006-2007 ԹԹ

Հիմնական հալոցքի հաճախակի բարձրացումը ավելի խոր մակարդակներից հանգեցնում է տաքացման եւ նոր մագմայի խցիկի ձեւավորման: Տարբեր ժամանակահատվածներում սեյսմիկ ակտիվության գրանցումը ցույց է տալիս, որ խցիկը շարունակում է համալրվել մագմայով ավելի խոր աղբյուրներից:

<https://doi.org/10.1029/2022GC010420>

<https://doi.org/10.1029/2022GC010475>



Վերջին տասնամյակում երկրակեղեկ խորքերից մագմայի վերելքի արագացում է նկատվել հրաբխային շատ շրջաններում, ինչպիսիք են Իսլանդիան, Իտալիան, Հնդկական օվկիանոսի Մայոտ կղզին, Լա Պալմա կղզին (Կանարյան կղզիներ) եւ այլն: Սա վկայում է համաշխարհային մասշտաբով հրաբխային ակտիվության աճի մասին:

Հրաբխագետները շատ անհանգստացած են Երկրի խորքերից մագմայի բարձրացման արագությանը: Գործընթացը, որը տեւում էր հարյուրավոր կամ նույնիսկ հազարավոր տարիներ, այժմ որոշ շրջաններում տեղի է ունենում ընդամենը վեց ամսում: Այս կտրուկ արագացումը նկատվել է Բրանսֆիլդի

նեղուցում 2021 թվականին, որտեղ մագմայի վերելքը 10 կմ խորությունից ուղեկցվել է 85000 երկրաշարժերով:³ Այս տարածքում ընդերքի հաստությունը մոտավորապես 15 կմ է, եւ սեյսմիկ տեղայնացումը ցույց է տվել, որ ընդերքի 10 կմ-ն արդեն քայքայվել է ակտիվ մագմայի կողմից՝ թողնելով ընդամենը 5 կմ, մինչեւ այն դուրս կգա մակերես:

Չգալի խորքերից մագմայի արագ վերելքը վկայում է Երկրի ներսում վտանգավոր եւ աննախադեպ գործընթացների առաջացման մասին: Հրաբուխների ակտիվացումը հուշում է, որ հսկայական քանակությամբ էներգիա է կուտակվել մոլորակի ընդերքում, որը ձգտում է ժայթքել դեպի դուրս:

Փոթորիկների, մրրիկների եւ տորնադոների ուժեղացում

2023 թվականին պատմության մեջ առաջին անգամ 5-րդ կարգի արեւադարձային ցիկլոնը՝ ուժգնությամբ ամենաբարձր կատեգորիայով, ձեւավորվել է բոլոր օվկիանոսային ավազաններում: Այս կատեգորիայի գրեթե յուրաքանչյուր փոթորիկ ուժի, տեւողության եւ արագ ուժգնացման ռեկորդներ է սահմանել համեմատած նախորդ տարիների փոթորիկների հետ:⁴

Օրինակ՝ «Օտիս» փոթորիկը, որն ընդամենը 12 ժամում սովորական արեւադարձային փոթորիկից վերածվեց 5-րդ կարգի ամենակործանարար փոթորիկի: Փոթորիկի քամու արագության նման աղետալի աճը վերագրվում է օվկիանոսի անոմալ տաքացմանը եւ մարդածին գործոնին, որը կնկարագրվի ստորեւ: Օվկիանոսի այս տաքացման շնորհիվ ավելի շատ խոնավություն է արտանետվում մթնոլորտ:

Օվկիանոսի վրա մթնոլորտային խոնավության զգալի աճ է գրանցվել 1995 թվականից ի վեր

(Նկար 19): Գրաֆիկը ցույց է տալիս օվկիանոսի գոլորշիացման եւ օդի ջերմաստիճանի փոփոխությունները օվկիանոսում 1975-ից մինչեւ 2020 թվական: 1995 թվականից ի վեր երկու ցուցանիշներն էլ ցույց են տվել հետեւողական աճ՝ ազդարարելով համաշխարհային օվկիանոսի եւ դրա վերելում գտնվող մթնոլորտի տաքացման մասին: Սակայն մինչ 1995 թվականը երկու ցուցանիշներն էլ նվազում էին: Հարկ է նշել, որ 1995 թվականից ի վեր Երկրի ընդերքում նկատվել են նաեւ զգալի գեոդինամիկ գործընթացներ, այդ թվում՝ փոփոխություններ, ինչպիսիք են՝ հյուսիսային մագնիսական բեւեռի շեղման արագության 3,5 անգամ աճ, մոլորակի պտտման առանցքի տեղաշարժ, եւ մոլորակի պտտման արագության աճը, ինչպես նաեւ օվկիանոսի հատակին եւ խորը կիզակետով տեղի ունեցող երկրաշարժերի քանակի եւ ուժգնության աճը (ավելի մանրամասն կանդադառնանք): Այսպիսով, օվկիանոսի ջրի ջերմաստիճանի եւ գոլորշիացման բարձրացումը

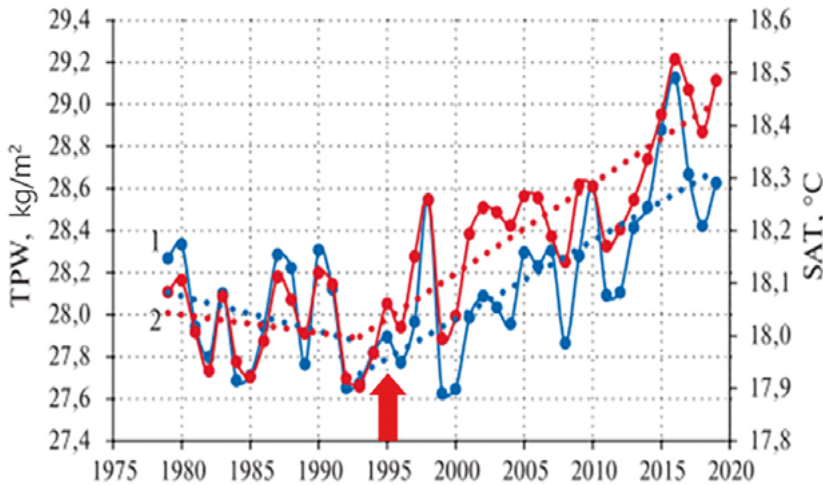
³ Cesca, S., Segan, M., Rudzinski, L., Vajedian, S., Niemi, P., Plank, S., Petersen, G., Deng, Z., Rivalta, E., Vuan, A., Plasencia Linares, M. P., Heimann, S., & Dahm, T. (2022). Անտարկտիդայի Բրանսֆիլդ նեղուցում մագմայի ներխուժման հետեւանքով տեղի է ունեցել հզոր երկրաշարժ: Հաղորդակցություններ Երկիր եւ շրջակա միջավայր, 3(1). <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00418-5>

⁴ Mersereau, D. (2023, 9 սեպտեմբերի). Եղանակային ցանց, Աշխարհում առաջինը, յուրաքանչյուր արեւադարձային օվկիանոս 2023 թվականին տեսավ 5-րդ կարգի փոթորիկ: <https://www.theweathernetwork.com/en/news/weather/severe/a-world-first-every-tropical-ocean-saw-a-category-5-hurricane-cyclone-in-2023>

կապված է ինչպես մարդածին գործոնի, այնպես էլ թիկնոցից մագմայի բարձրացման հետ՝

ազդելով օվկիանոսում ջրի ջերմաստիճանի եւ շրջանառության վրա:

Մթնոլորտային խոնավության պարունակությունը



Նկար 19

Մթնոլորտային խոնավության պարունակության (1) կգ/մ2-ով եւ օդի ջերմաստիճանի (2) °C-ով տատանումները Համաշխարհային օվկիանոսում 1979-ից մինչեւ 2019 թվականը:

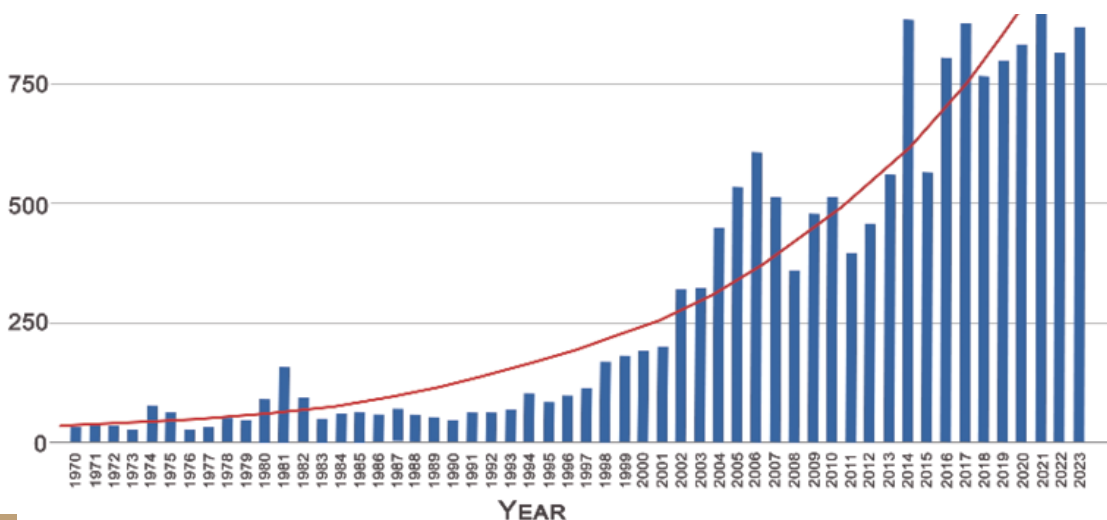
(Աղբյուր՝ Malinin V. N. & Vaynovsky P. A. (2021). Խոնավության փոխանակման բաղադրիչների միտումները օվկիանոս-մթնոլորտ համակարգում գլոբալ տաքացման պայմաններում», Reanalysis-2 արխիվի տվյալների համաձայն // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 18. – 2021, №3. – С. 9–25. DOI: 10.21046/2070–7401–2021–18–3–9–25)

Օվկիանոսների գոլորշիացման պատճառով օդի խոնավության ավելացումը հանգեցնում է այնպիսի հիդրոօդերեւութաբանական իրադարձությունների ուժգնացմանը, ինչպիսիք են արեւադարձային փոթորիկները, մրրիկները, տորնադոները, անոմալ ջերմաստիճանները, տեղումները եւ ջրհեղեղները:

Եվրոպայում 1970-ից 2023 թվականները պատահողմերի թվի աճի միտում կա, ինչպես պատկերված է Նկար 20-ում՝ հիմնված Եվրոպական ծանր եղանակի տվյալների

բազայի (ESWD) տվյալների վրա: Տորնադոների թվի զգալի աճ՝ 1970-ականներին տարեկան մոտավորապես 45 պատահողմից մինչեւ 800-ը՝ տարեկան 2014-ից մինչեւ 2023 թվականը: Սա նշանակում է, որ Եվրոպայում տարեկան տորնադոների միջին թիվը աճել է 18 անգամ: Տորնադոները եւ փոթորիկները տեղի են ունենում այն շրջաններում, որտեղ դրանք նախկինում չեն եղել, ինչը հանգեցնում է զգալի տնտեսական կորուստների:

Եվրոպայում տորնադոների թվի աճը



Նկար 20

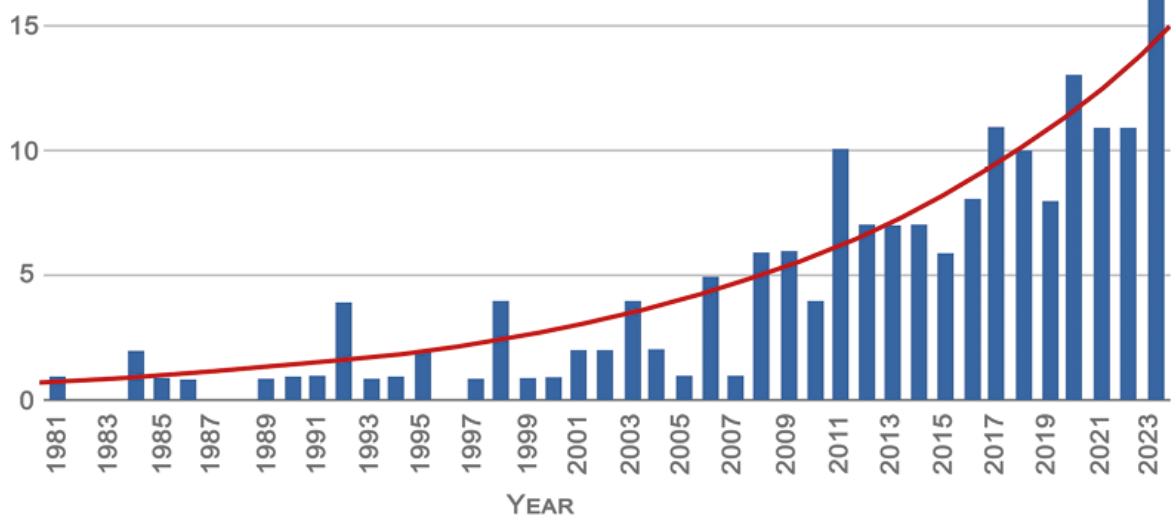
Եվրոպայում տորնադոների տարեկան թիվը պատկերող գրաֆիկ: Տվյալների աղբյուր՝ European Severe Weather Database (ESWD)

Վերջին տասնամյակում տորնադոներով, կարկուտներով, հորդառատ անձրեւներով եւ ամպրոպներով ուղեկցվող կոնվեկտիվ փոթորիկները դարձել են գերակշռող երեւույթ եւ զգալի վնասներ են պատճառել Հյուսիսային Ամերիկային եւ Ավստրալիային:

NOAA-ի տվյալների վերլուծությունը, որը ներկայացված է Նկար 21-ում, ցույց է

տալիս Միացյալ Նահանգներում միլիարդ դոլար արժողությամբ փոթորիկների թվի էքսպոնենցիալ աճը 1981-ից մինչև 2023 թվականը: 1981-1990 թվականներին գրանցվել են տարեկան 2 կամ ավելի պակաս քանակով նման փոթորիկներ: Այնուամենայնիվ, վերջին տարիներին կտրուկ աճ է գրանցվել՝ միայն 2023 թվականին 19 նման փոթորիկ է տեղի ունեցել:

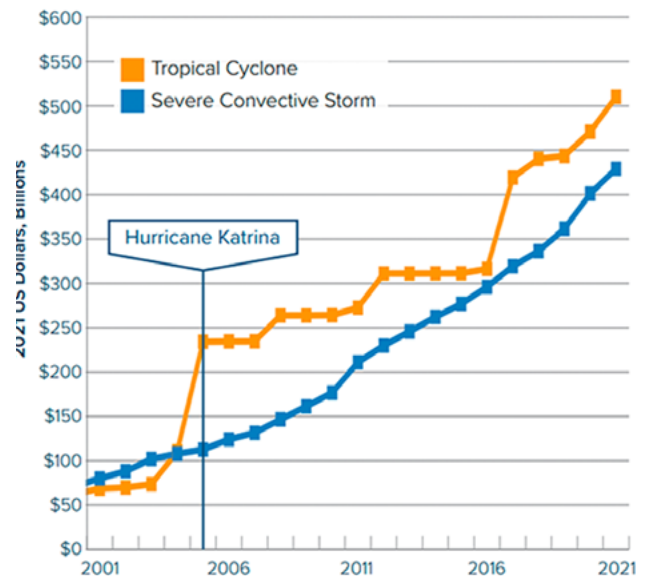
ԱՄՆ-ում ուժեղ փոթորիկների թիվը՝ ավելի քան մեկ միլիարդ դոլարի վնասով



Նկար 21

Գրաֆիկ, որը պատկերում է ԱՄՆ-ում մեկ միլիարդ դոլարից ավելի վնաս պատճառած ուժեղ փոթորիկների թիվը: Տվյալների աղբյուրը՝ NOAA

Կուտակային ապահովագրված կորուստներ, 2001-2021 թթ



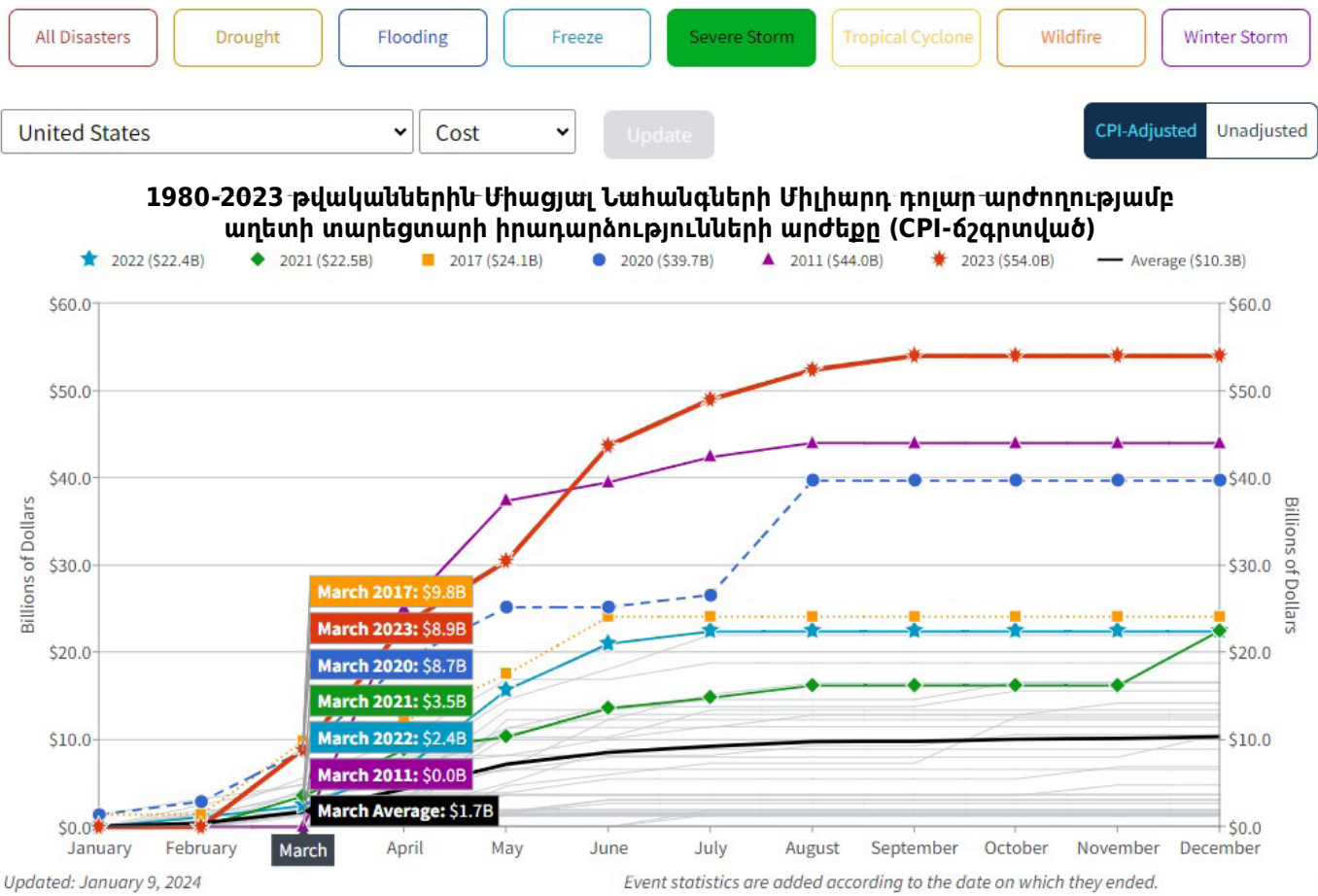
Նկար 22

Կոնվեկտիվ փոթորիկների եւ արեւադարձային փոթորիկների կորուստների դինամիկան Միացյալ Նահանգներում 2001-ից 2021 թվականներին: Գրաֆիկը ցույց է տալիս երկու տող. նարնջագույն գիծը ներկայացնում է արեւադարձային փոթորիկները, իսկ կապույտ գիծը ներկայացնում է ուժեղ կոնվեկտիվ փոթորիկները: Տվյալների աղբյուր՝ Aon (Catastrophe Insight)

Կոնվեկտիվ փոթորիկների հասցրած վնասը համեմատելի է դարձել արեւադարձային փոթորիկների վնասների հետ (Նկար 22): Գրաֆիկի վրա տեսանելի հիմնական միտումը ապահովագրական կորուստների աճն է երկու կատեգորիաների համար: Սա ցույց է տալիս, որ այս աղետների արժեքը շարունակում է աճել:

Օվկիանոսների եւ մթնոլորտի ազգային վարչության (NOAA) տվյալներով՝ 1990

թվականից սկսած 10 տարվա ընթացքում կոնվեկտիվ փոթորիկները ԱՄՆ-ին մոտ 40 միլիարդ դոլարի վնաս են պատճառել: Այնուամենայնիվ, վերջին տասնամյակում ընդհանուր կորուստներն աճել են վեց անգամ գերազանցելով 240 միլիարդ դոլարը (Նկար 23), իսկ միայն 2023 թվականին փոթորիկների հետեւանքով կորուստները սահմանել են նոր ռեկորդ՝ կազմելով 54 միլիարդ դոլար:



Նկար 23

ԱՄՆ-ում սաստիկ փոթորիկների պատճառած կորուստների աճը գերազանցում է մեկ միլիարդ դոլարը Աղբյուր՝ National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)

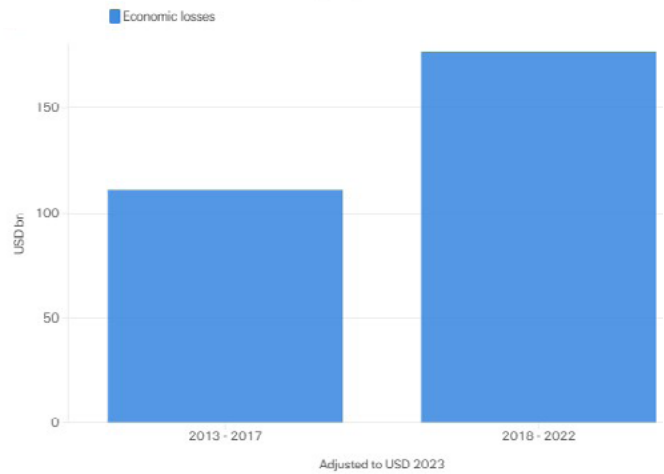
NOAA National Centers for Environmental Information (NCEI) U.S. Billion-Dollar Weather and Climate Disasters. (2024). (<https://www.ncei.noaa.gov/access/billions/>), DOI: 10.25921/stkw-7w73

Գրաֆիկը ցույց է տալիս տարբեր գույների գծեր, որոնցից յուրաքանչյուրը ներկայացնում է որոշակի տարի: Կարմիր գծով նշված 2023 թվականը սաստիկ փոթորիկներից ամենաբարձր վնասն է կրել՝ գերազանցելով 50 միլիարդ դոլարը: Գրաֆիկը ընդգրկում է 1980-ից մինչև 2023 թվականն ընկած ժամանակահատվածը եւ ճշգրտված է ըստ գնաճի (CPI): Գրաֆիկը վերջին անգամ թարմացվել է 2024 թվականի հունվարի 9-ին:

Ըստ AON-ի հաշվետվության⁵ կլիմայական աղետների դեպքում Եվրոպայում վերջին 10 տարվա ընթացքում ամենազգալի տնտեսական կորուստները պատճառվել են ուժեղ կոնվեկտիվ փոթորիկների պատճառով: Այս փոթորիկները, պարզվեց, որ ավելի կործանարար են, քան ձմեռային փոթորիկները, որոնք ավանդաբար համարվում էին տարածաշրջանի համար առաջնային սպառնալիք:

Ըստ Swiss Re Institute-ի հետազոտության⁶, սաստիկ կոնվեկտիվ փոթորիկները վերջերս դարձել են տնտեսական կորուստների ամենամեծ աղբյուրը երկրորդական վտանգների շարքում (բարձր հաճախականությամբ իրադարձություններ՝ ցածրից միջին ծանրության վնասներով, ինչպիսիք են կարկուտները, հեղեղումները, տորնադոները, սողանքները, երաշտները եւ անտառային հրդեհները): 2018-ից մինչև 2022 թվականը ծանր կոնվեկտիվ փոթորիկներից ամբողջ աշխարհում տնտեսական կորուստները կազմել են 177 միլիարդ ԱՄՆ դոլար, ինչը աճել է 60%-ով նախորդ հինգ տարիների համեմատ

Համաշխարհային տնտեսական կորուստները կոնվեկտիվ փոթորիկներից երկու 5-ամյա ժամանակահատվածում՝ 2013-2022 թթ



Նկար 24

Կոնվեկտիվ փոթորիկներից համաշխարհային տնտեսական կորուստների համեմատությունը երկու հնգամյա ժամանակահատվածների համար՝ 2013-2017 եւ 2018-2022 թթ. Swiss Re Institute-ի տվյալների հիման վրա

(Նկար 24): Սա վկայում է այս աղետների աճող հաճախականության եւ ազդեցության մասին:

⁵Եղանակի, կլիմայի եւ աղետների պատկերացում: (2023). (Աղբյուր. <https://www.aon.com/getmedia/f34ec133-3175-406c-9e0b-25cea768c5cf/20230125-weather-climate-catastrophe-insight.pdf>, էջ 42)

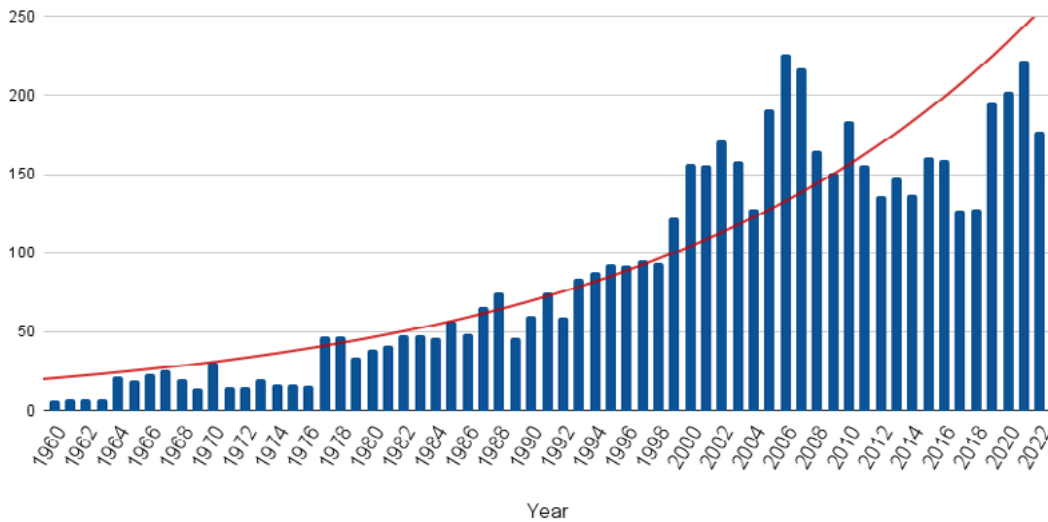
⁶Swiss Re Institute. Քսական աղետները ուշադրության կենտրոնում. տորնադոներ, կարկուտ եւ ամպրոպներ: (Աղբյուր. <https://www.swissre.com/risk-knowledge/mitigating-climate-risk/tornados-hail-thunderstorms.html>)

Ջրհեղեղների եւ երաշտների թվի աճ

Ամբողջ աշխարհում գրանցվել է նաեւ սաստիկ ջրհեղեղների թվի զգալի աճ (Նկար 25): Սաստիկ ջրհեղեղները սահմանվում են որպես ջրհեղեղներ, որոնք զգալի վնաս են հասցնում ինչպես մարդկանց, այնպես էլ ենթակառուցվածքներին: Մինչդեռ 1970-ականներին 10 տարվա ընթացքում եղել է ընդամենը 260 ուժեղ ջրհեղեղ, 2014-ից 2023

թվականներին ջրհեղեղների թիվը հասել է 1500-ի, ինչը նշանակում է, որ ջրհեղեղների թիվը 6 անգամ ավելի է եղել: Տվյալները ցույց են տալիս, որ ծայրահեղ տեղումների դեպքերի հաճախականությունն ու ինտենսիվությունը գնալով ավելանում է, ինչը հեղեղումների հիմնական պատճառներից է:

Աշխարհում լայնածավալ ջրհեղեղների ընդհանուր թիվը

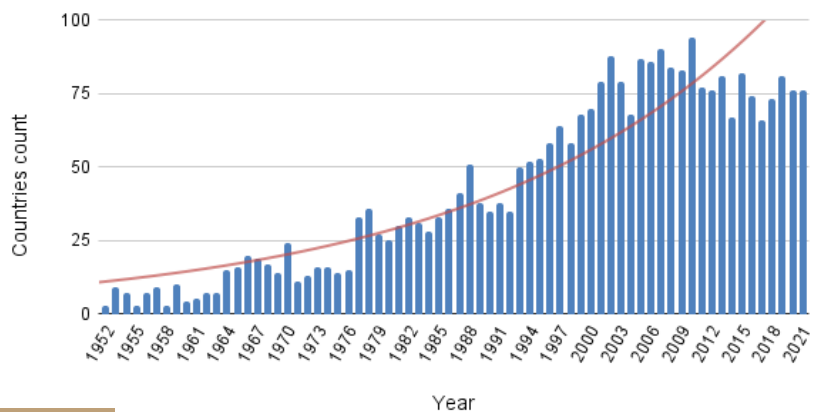


Նկար 25

Համաշխարհային մասշտաբային ջրհեղեղների թիվը 1960-ից մինչև 2022 թվականը. Տվյալների աղբյուր՝ The International Disaster Database (EM-DAT)

Ավելին, զգալիորեն աճել է ջրհեղեղներից տուժած տարածքների թիվը (Նկար 26): Թեև 1970-ականներին տարեկան մոտ 20 երկիր տուժում էր ջրհեղեղներից, իրավիճակը կտրուկ փոխվել է 2000-ականներից ի վեր, երբ ավելի քան 80 երկիր ամեն տարի բախվում է ջրհեղեղների ազդեցության հետ, ինչը չորս անգամ ավել է:

Ջրհեղեղներից տուժած երկրների ընդհանուր թիվը



Նկար 26

1970 թվականից ի վեր ջրհեղեղներից տուժած երկրների թիվը. Տվյալների աղբյուր՝ The International Disaster Database (EM-DAT)

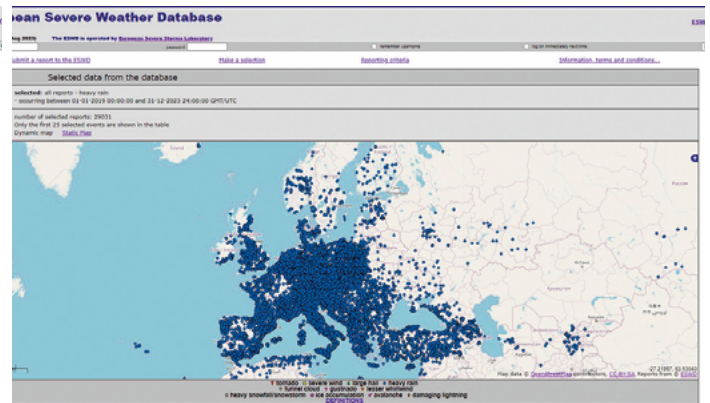
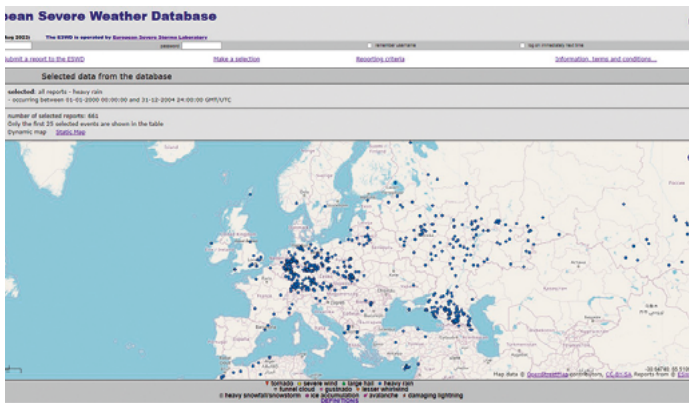
Ամբողջ աշխարհում ավելանում է նաեւ անոմալ տեղումների եւ ռեկորդային անձրեւների հաճախականությունը: Եվրոպական ծանր եղանակային տվյալների բազայի (ESWD) տվյալներով՝ եղել են 661-ը՝ 2000-ից 2004 թվականներին Եվրոպայում անոմալ տեղումների դեպքերը, սակայն 29031-ը

2019-ից 2023 թվականների միջև (Նկար 27): Սա նշանակում է, որ անոմալ տեղումները 44 անգամ ավելի հաճախակի են դարձել: Անոմալ տեղումները ինտենսիվությամբ, տեւողությամբ կամ հաճախականությամբ նորման գերազանցող իրադարձություն է:

Անոմալ տեղումներ Եվրոպայում

2000-2004 թթ

2019-2023 թթ



Նկար 27

Անոմալ տեղումներ Եվրոպայում. ա) 2000-2004 թթ., բ) 2019-2023 թթ. Տվյալների աղբյուր՝ European Severe Weather Database (ESWD) Զարտեգը ցույց է տալիս անոմալ տեղումների բաշխումը Եվրոպայում երկու հնգամյա ժամանակահատվածում՝ 2000-2004 եւ 2019-2023 թվականներին: Եվրոպայի քարտեզի վրա կապույտ կետերը նշում են այն վայրերը, որտեղ տեղի են ունեցել այդ իրադարձությունները: Տարածաշրջանում որքան շատ են կետերը, այնքան ավելի անոմալ տեղումներ են տեղի ունեցել այնտեղ:

Ռեկորդային մակարդակով աճում է նաեւ երաշտների թիվը: Ըստ ՄԱԿ-ի⁷ աշխարհում երաշտների թիվը վերջին 20 տարիների ընթացքում աճել է 29%-ով: ՄԱԿ-ի զեկույցում ասվում է, որ 2022 եւ 2023 թվականներին աշխարհում 1,84 միլիարդ մարդ կամ աշխարհի բնակչության

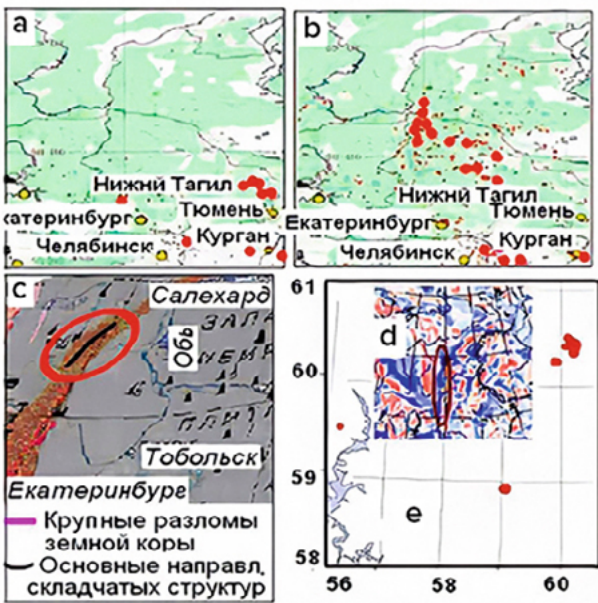
գրեթե մեկ քառորդն ապրում էր երաշտի պայմաններում: Ռեկորդային՝ 258 միլիոն մարդ արդեն երաշտի պատճառով կանգնած է «սաստիկ սովի», իսկ ոմանք սովի շեմին են: 2023 թվականին շատ երկրներ աղետալի երաշտներ են ապրել, որոնք հսկայական տնտեսական կորուստներ են պատճառել:

⁷ՄԱԿ-ի տվյալներ <https://www.un.org/en/observances/desertification-day>

Հրդեհների թվի աճ

Վերջերս բնական անտառային հրդեհների մարումն ավելի ու ավելի դժվար է դառնում, նույնիսկ ժամանակակից հրդեհաշիջման սարքավորումներով: Ըստ գիտնական Պյոտր Վլադիմիրովիչ Լյուշվինի⁸, այս հրդեհները տեղի են ունենում երկրակեղևի խզվածքային գոտիներում, որտեղ ջրածինը, մեթանը եւ

այլ դյուրավառ գազերը դուրս են գալիս խորքերից (տես Նկարներ 28-29): Արդյունքում, այդ հրդեհները չափազանց դժվար է մարել: Բնակավայրեր ու ամբողջ քաղաքներ այրվել են կրակի մեջ: Հրդեհներ են բռնկվում նույնիսկ հյուսիսային շրջաններում, որոնք ծածկված են ձյունով:



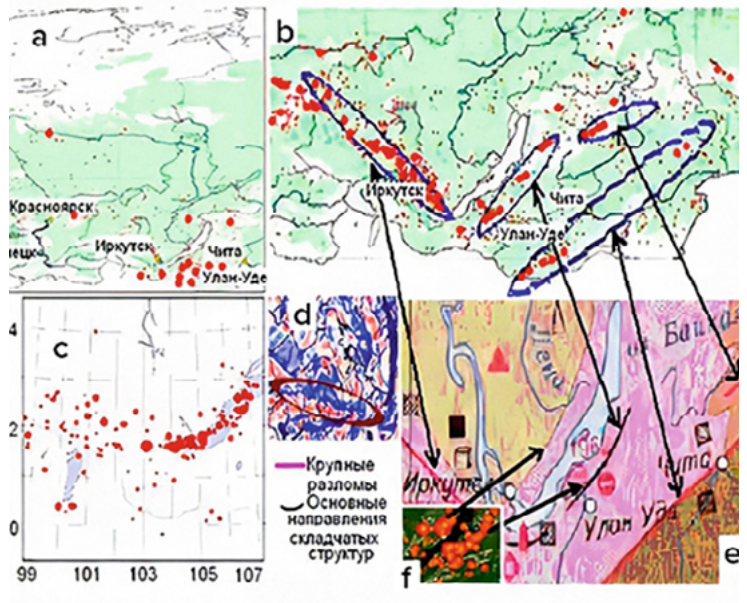
— Major faults in the Earth's crust
 ~ Main directions of fold structures

Նկար 28

Ուրալի տարածաշրջանում անտառային հրդեհների, երկրաշարժերի, կեղևի խզվածքների եւ մագնիսական անոմալիաների վայրերի համընկնումը:

- ա) - անտառային հրդեհներ 2009 թվականի ամռանը;
- բ) - անտառային հրդեհներ 2010 թվականի ամռանը;
- գ) - երկրակեղևի հիմնական խզվածքները եւ ծալքավոր կառուցվածքների հիմնական ուղղությունները;
- դ) - երկրաշարժի էպիկենտրոնները 1995-2013 թթ.;
- ե) - մագնիսական դաշտի անոմալիաներ (կապույտ երանգները ցույց են տալիս դրական, կարմիրը ցույց են տալիս բացասական շեղումներ):

Աղբյուր՝ <https://regnum.ru/article/2395754>



Նկար 29

Հարավային Սիբիրում անտառային հրդեհների, երկրաշարժերի, կեղևի խզվածքների եւ մագնիսական անոմալիաների վայրերի համընկնումը:

- ա) - անտառային հրդեհներ 2009 թվականի ամռանը.
- բ) - անտառային հրդեհներ 2010 թվականի ամռանը.
- գ) - երկրաշարժի էպիկենտրոնները 1991-2017 թթ.
- դ) - մագնիսական դաշտի անոմալիաներ (կապույտ երանգները ցույց են տալիս դրական, կարմիրը ցույց է տալիս բացասական շեղումներ);
- ե) - հիմնական խզվածքները եւ ծալքավոր կառուցվածքների հիմնական ուղղությունները.
- զ) - Բայկալի շրջանում անտառային հրդեհներ, երկրի ընդերքի խզվածքների մոտ հրդեհների տեղայնացումը ցույց տվող սլաքներ:

Աղբյուր. <https://regnum.ru/article/2395754>

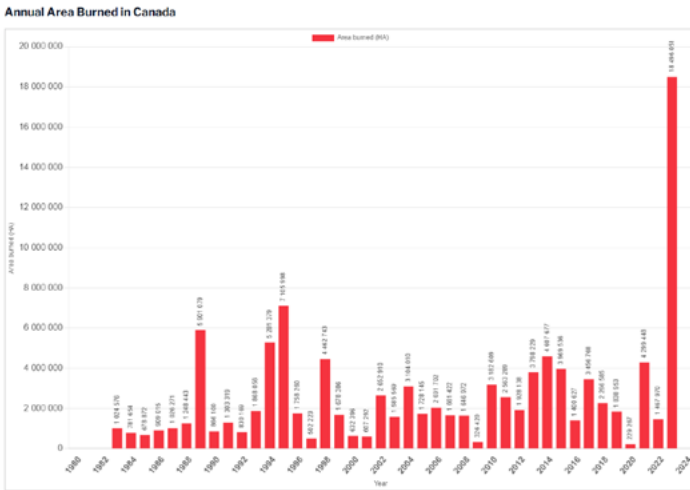
⁸ Հղում:

Lushvin, P. (2018). Բնական պարզ հրդեհներ եւ ինչպես դրանք նվազագույնի հասցնել: Ներկայացում Մոսկվայի պետական համալսարանի «Երկիր մոլորակի համակարգ» համառուսաստանյան միջդիսցիպլինար սեմինար-կոնֆերանսի 26-րդ հանդիպմանը, 2018 թվականի հունվարի 30-ից փետրվարի 2-ը: Lushvin, P., Buyanova, M. (2021). Development of Ice Cover in Water Areas during Methane. International Journal of Geosciences, 12(9), 927-940. <https://doi.org/10.4236/ijg.2021.129047>

Lushvin, P., Buyanova, M. (2021). History of Observations of Seismogenic Phenomena in the Atmosphere and Formalization of Their Decryption. International Journal of Atmospheric and Oceanic Sciences, 5(1), 13-19. <https://doi.org/10.11648/j.ijaos.20210501.13>

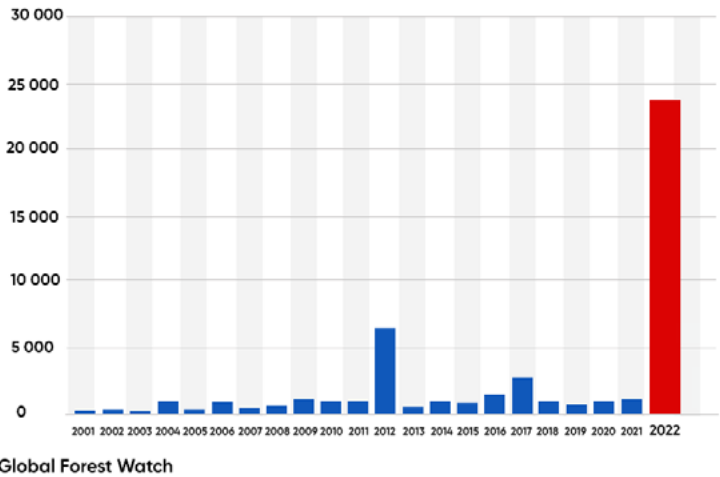
Տարբեր երկրներում կտրուկ աճել են ծայրահեղ անտառային հրդեհներից տուժած տարածքները: Վերջին 3 տարիների ընթացքում գրանցվել է Կանադայում, Ավստրալիայում,

Իսպանիայում, Միացյալ Նահանգներում եւ Եվրոպայում անտառային հրդեհներից տուժած տարածքների աննախադեպ աճ: (տես Նկարներ 30-34):



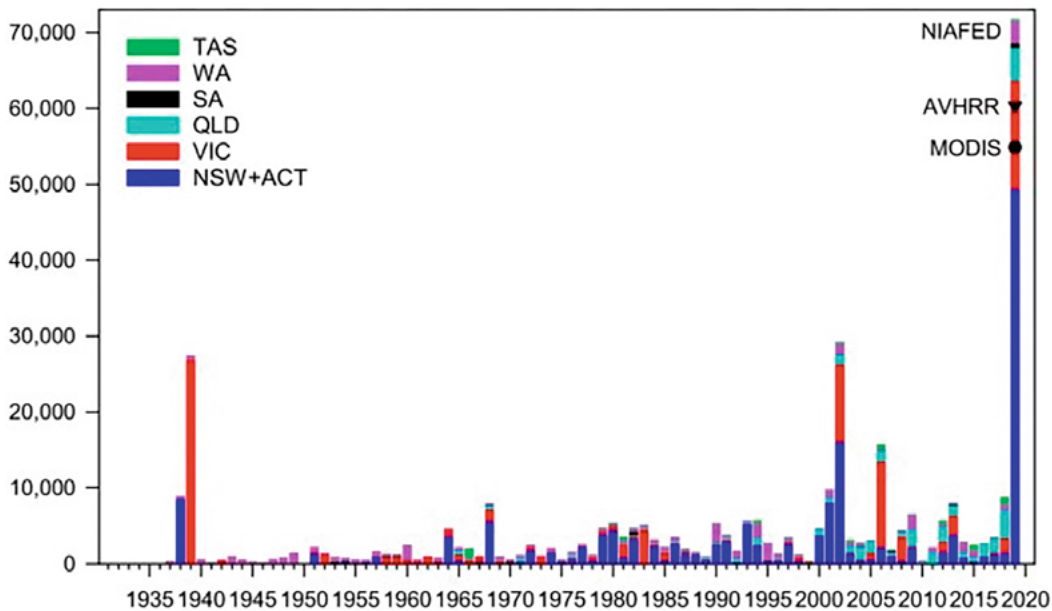
Նկար 30

Կանադայում այրվել է տարեկան տարածք. Աղբյուր՝ Canadian Interagency Forest Fire Centre (CIFFC)



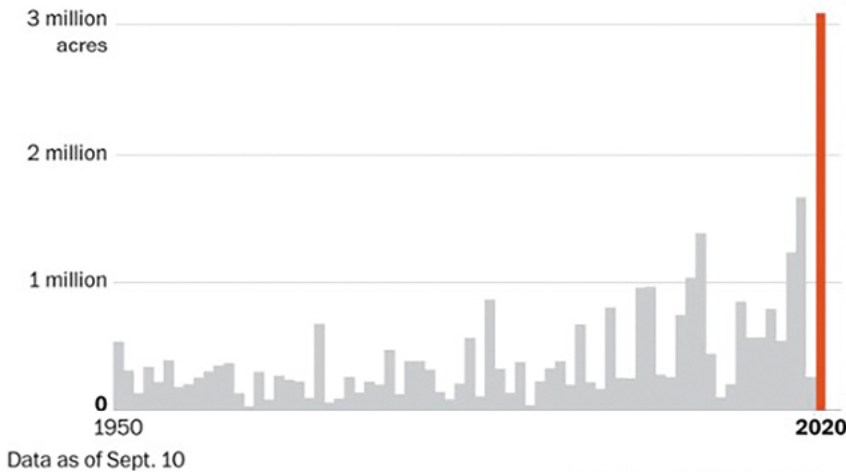
Նկար 31

Իսպանիայում անտառային հրդեհների պատճառով ծառերի ծածկույթի կորուստ 2001-2022 թթ. Աղբյուր՝ Global Forest Watch



Նկար 32

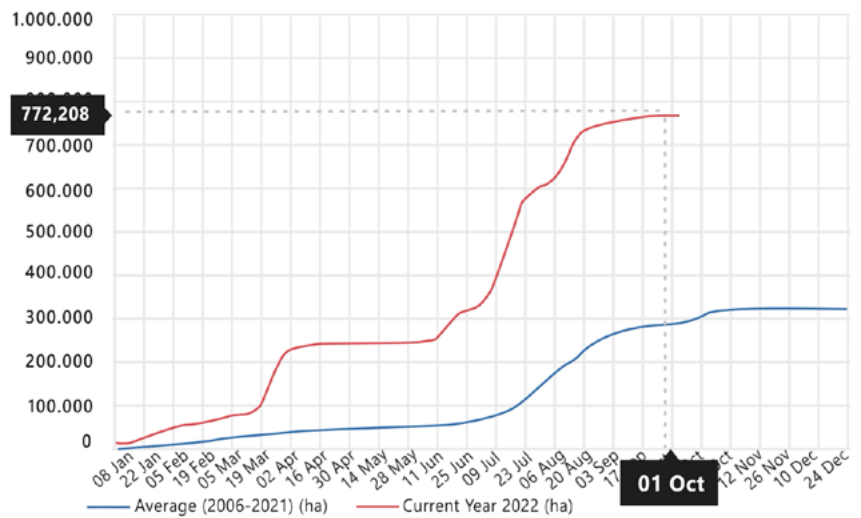
Նոր Հարավային Ուելսում եւ Ավստրալիայի մայրաքաղաքային տարածքում (մուգ կապույտ), Վիկտորիա (կարմիր), Քվինսլենդ (բաց կապույտ), Հարավային Ավստրալիա (սեւ), Արեւմտյան Ավստրալիա (մանուշակագույն) եւ Թասմանիայում (կանաչ) անտառային հրդեհների հետեւանջով այրված անտառային Էկոհամակարգերի տարածք: հրդեհավտանգ տարիների համար՝ 1930-2019 թթ. Աղբյուր՝ Canadell, J., Meyer, C., Cook, G., Dowdy, A., Briggs, P., Knauer, J., Pepler, A. & Haverd, V. (2021). Multi-decadal increase of forest burned area in Australia is linked to climate change. Nature Communications, 12, 6921 (2021). DOI: 10.1038/s41467-021-27225-4.



Նկար 33

Կալիֆոռնիայում հրդեհների հետեւանքով այրված ընդհանուր տարածքներ: 2020 թվականին Նահանգը ռեկորդ է սահմանել՝ ավելի քան 3,1 միլիոն ակր այրված տարածքով:
 Աղբյուր՝ California Department of Forestry and Fire Protection (CAL FIRE)

Նկար 34
 2022 թվականին Եվրոպայում անտառային հրդեհների հետեւանքով այրված տարածքների կուտակային տարածք (կարմիր) եւ 2006-2021 թվականների միջին տարեկան այրվածքներ (կապույտ):
 Աղբյուրը՝ European Forest Fire Information System



Ավելին, հրդեհների տարածման վրա ազդող կարեւոր գործոն են երաշտները՝ ճաքերի եւ խզվածքների երկայնքով ջրի հեռանալու հետեւանքով, ինչը տեղի է ունենում ամենուր՝ սեյսմիկ ակտիվության աճի եւ մոլորակի հասարակածային եւ բեւեռային տրամագծերի փոփոխության արդյունքում երկրի ընդերքի դեֆորմացիայի պատճառով: Ըստ արբանյակային դիտարկումների, կլիմայական եւ հիդրոլոգիական մոդելների,

վերջին երեք տասնամյակների ընթացքում ջրի ծավալը նվազել է բոլոր խոշոր բնական լճերի եւ ջրամբարների ավելի քան 50% - ում:⁹ Այս երեւույթը հատկապես պարադոքսալ է ջրհեղեղների քանակի ավելացման աղետալի տեմպերի համեմատությամբ, եթե հաշվի չառնենք ընդերքի տեկտոնական ակտիվացման հետեւանքով երկրի ընդերքի վերին մասերում հիդրոդինամիկ փոփոխությունները:

⁹ Yao, F., Livneh, B., Rajagopalan, B., Wang, J., Jean-François Crétau, Wada, Y., & Berge-Nguyen, M. (2023). Արբանյակները ցույց են տալիս համաշխարհային լճերի ջրի պահպանման ծավալների համատարած նվազում: Science, 380(6646), 743–749. <https://doi.org/10.1126/science.abo2812>

Համաշխարհային օվկիանոսի տաքացում

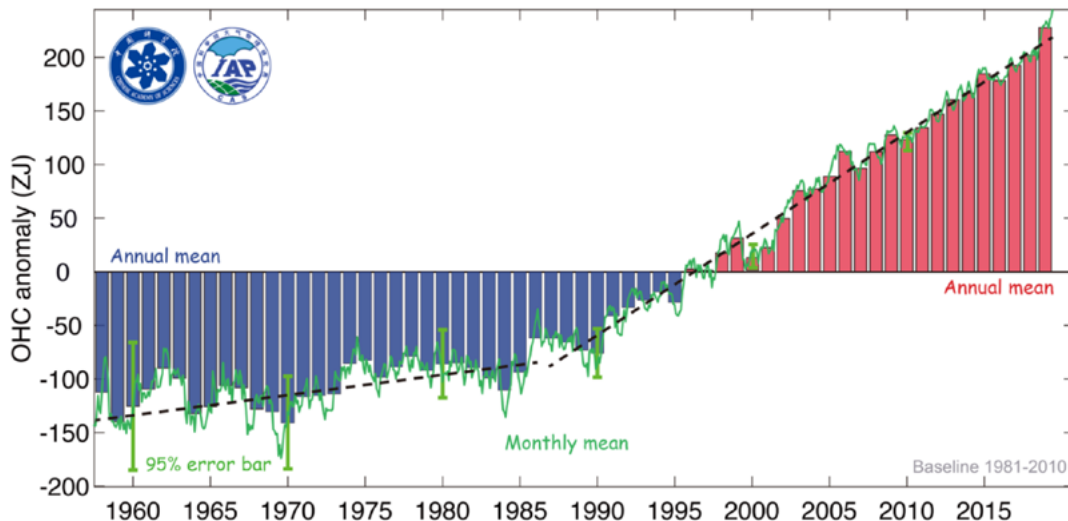
Օվկիանոսի տաքացումը հանգեցնում է էքստրեմալ հիդրոոդերեւուլթաբանական իրադարձությունների հաճախականության եւ մասշտաբների ավելացմանը, ներառյալ ռեկորդային ջրհեղեղները, թայֆունները եւ անոմալ տեղումները:

2020 թվականի դրությամբ օվկիանոսների տաքացումը վերջին 30 տարիների ընթացքում աճել է 450%-ով (տես Նկար 35): Հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ թեեւ օվկիանոսները անշեղորեն տաքանում էին 1955-1986 թվականներին, վերջին

տասնամյակների ընթացքում տաքացումն շատ արագացել է:

Գիտնականների գնահատականների համաձայն՝ օվկիանոսի տաքացման ներկայիս տեմպերին հասնելու համար կպահանջվի այնքան էներգիա, որքան այն կթողարկվի, եթե 7 ատոմային ռումբեր, ինչպես Հիրոսիմայի վրա նետվածները, նետվեն ամեն վայրկյան մեկ տարվա ընթացքում: Այս փաստը առաջացնում է հետեւյալ ռացիոնալ հարցը՝ «Ո՞րն է էներգիայի նման զգալի քանակության աղբյուրը»:

Համաշխարհային օվկիանոսի պարունակության փոփոխությունն վերին 2000 մ բարձրության վրա



Նկար 35

Ջերմային պարունակության փոփոխություններ Համաշխարհային օվկիանոսի 2000 մետր բարձրության վրա. Աղբյուրը՝ Cheng, L., Abraham, J., Zhu, J., Trenberth, K. E., Fasullo, J., Boyer, T., Locarnini, R., Zhang, B., Yu, F., Wan, L., Chen, X., Song, X., Liu, Y., & Mann, M. E. (2020). Record-Setting Ocean Warmth Continued in 2019. *Advances in Atmospheric Sciences*, 37(2), 137–142. <https://doi.org/10.1007/s00376-020-9283-7>

Օվկիանոսի անոմալ տաքացումը պայմանավորված է ինչպես մարդածին գործոնով, այնպես էլ մագմայի ազդեցությամբ, որի վերելքն ուժեղացել է 1995 թվականից: Օվկիանոսի երկրակեղևը, որն ավելի բարակ է, քան մայրցամաքային երկրակեղևը, թույլ է տալիս մագմային ավելի արդյունավետ տաքացնել օվկիանոսի հատակը՝ հետեւաբար տաքացնելով

հենց օվկիանոսը: Կան մի քանի նշաններ, որոնք ցույց են տալիս, որ օվկիանոսը տաքանում է խորության վրա: Միացյալ Նահանգներից մի խումբ հետազոտողներ պարզել են, որ վերջին 60 տարիների ընթացքում օվկիանոսի միջին խորությունը 15 անգամ ավելի արագ է տաքացել, քան Նախորդ 10000 տարիներին¹⁰. Եվ այս առաջընթացը տարեցտարի արագանում է:

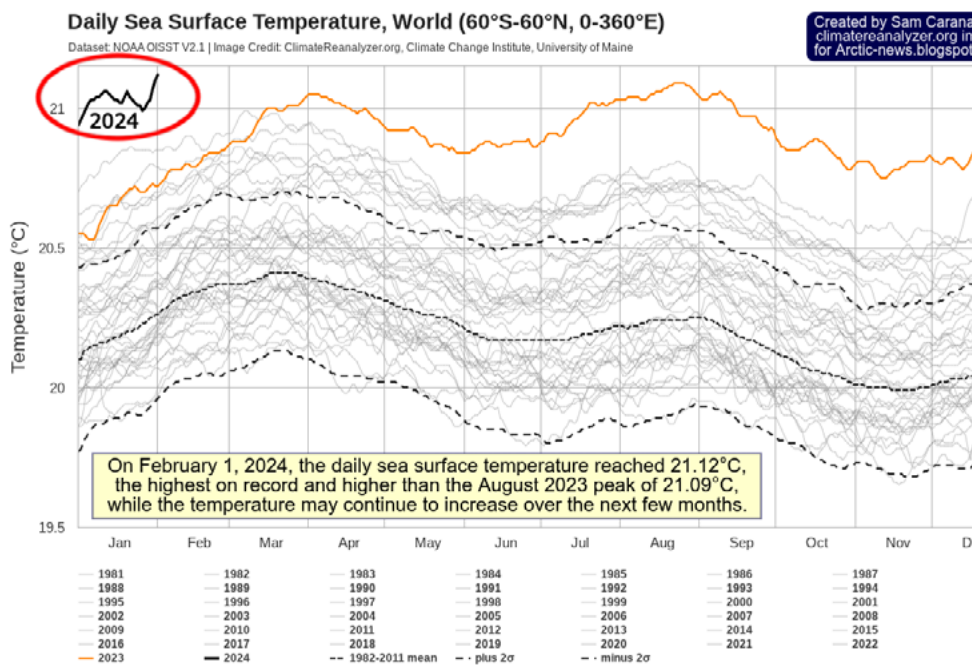
¹⁰ Rosenthal, Y., Linsley, B. K., & Oppo, D. W. (2013). Pacific Ocean Heat Content During the Past 10,000 Years. *Science*, 342(6158), 617–621. <https://doi.org/10.1126/science.1240837>
Oppo, D. (2013, October 31). Is Global Heating Hiding Out in the Oceans? <https://www.earth.columbia.edu/articles/view/3130>

Մեծ քանակությամբ էներգիա է պահանջվում ջերմաստիճանը բարձրացնելու համար այնպիսի խորություններում, որտեղ արեւի լույսը չի ներթափանցում:

Օվկիանոսի ջրերի տաքացմանը նպաստող գործոններից մեկը մեթանի արտանետումն է: Սառուցյալ օվկիանոսի ծովերի հատակին հայտնաբերվել են մեթանի հսկայական պաշարներ գազի հիդրատների (կլատրատների) տեսքով: Գետտերմալ տաքացման ազդեցության տակ այդ կուտակումները հալչում են՝ գազային տեսքով մեթան արտազատելով: Նման մեթանի արտանետումները տեղի են ունենում պոռթկումներով եւ կոչվում են մեթանի բլուրներ կամ մեգա-պոռթկումներ: Մեթանի անոմալ պայթյունն Արկտիկայի տարածաշրջանում NOAA արբանյակների կողմից մթնոլորտում հայտնաբերվել է 2014 թվականի ապրիլին:¹¹ Ըստ

ծովի հատակի երկրաբանական կառուցվածքի՝ մեթանի բարձր կոնցենտրացիաներով տարածքները համընկնում են Արկտիկական միջօվկիանոսային լեռնաշղթաների խզման գծերի հետ: Երկրաշարժերը ցույց են տալիս խզվածքների ակտիվությունը, մագմայի խցերի տեղաշարժերը եւ ջերմային հոսքերի արտազատումը:

Օվկիանոսի խորքային շերտերում ջերմաստիճանի աճի տվյալները ցույց են տալիս, որ օվկիանոսը տաքանում է ինչպես վերեւից, այնպես էլ ներքեւից: Արգենտինական ավազանի երկու խորը հատվածներում՝ 4500 մ-ից ավելի խորություններում, նկատվում են տաքացման զգալի միտումներ¹²՝ $0,02^{\circ}\text{C} \pm 0,01^{\circ}\text{C}$ տասնամյակի ընթացքում 2009-2019 թվականներին:



Լկար 36

Օվկիանոսի ռեկորդային ամենաբարձր ջերմաստիճանը, ծովի մակերեւույթի օրական միջին ջերմաստիճանը, 1981-2024 թթ. Տվյալների աղբյուր՝ Dataset NOAA OISST V2.1 | Image Credit: ClimateReanalyzer.org, Climate Change Institute, University of Maine, Dataset. NOAA OISS

¹¹Юрганов Л.Н. , Лейфер А. , Вадаккелулиямбатта С. Признаки ускорения возрастания концентрации метана в атмосфере после 2014 года: спутниковые данные для Арктики. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 5. С. 248–258. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2017-14-5-248-258>

¹² Meinen, C. S., Perez, R. C., Dong, S., Piola, A. R., & Campos, E. (2020). Դիտարկված օվկիանոսի ներքեւի ջերմաստիճանի փոփոխականությունն Արգենտինայի հյուսիս-արեւմտյան ավազանում չորս տեղամասերում. 2009-2019 թվականների ընթացքում տասնամյա խորը/անդրուր տաքացման ապացույցներ՝ 2009-2019 թվականների ընթացքում ժամայինից մինչեւ միջտարեկան փոփոխականության պայմաններում: Երկրաֆիզիկական հետազոտությունների նամակներ, 47(18). <https://doi.org/10.1029/2020gl089093>

0,02°C ± 0,01°C-ը էներգիայի հսկայական ծավալն է, որն անհրաժեշտ է ներքեւում այդպիսի քանակությամբ սառը ջուր տաքացնելու համար:

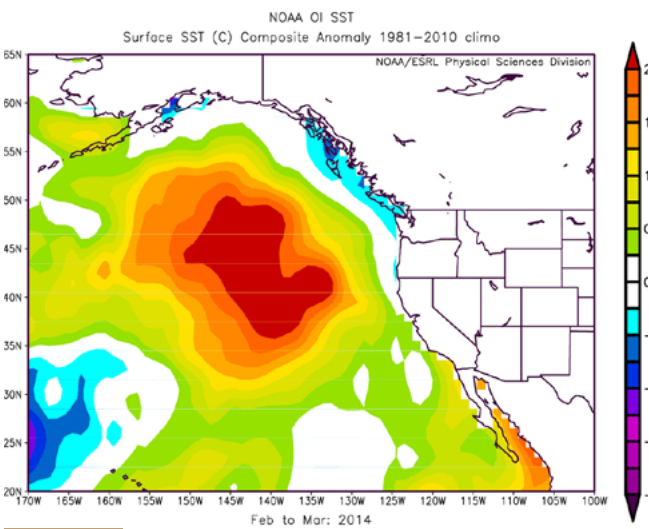
Օվկիանոսի մակերեւոյթի ջերմաստիճանի բոլոր ժամանակների պատմական ռեկորդը գերազանցվել է 2023 թվականին (Նկար 36): 2024 թվականն արդեն գերազանցել է 2023 թվականին գրանցված բոլոր ռեկորդները, եւ թվում է, որ հետագա փոփոխությունների միտումը կարող է գերազանցել գրաֆիկում ներկայացված միջակայքերը:

Համաշխարհային օվկիանոսի ջրերի տաքացման մեկ այլ ապացույց է օվկիանոսի տաք ալիքների առաջացումը, որոնք օվկիանոսի տաքացած ջրի տեղայնացված, երկարատեւ տարածքներ են: Դրանցից առանձնահատուկ օրինակ են բլրբները, որոնք ծածկում են մակերեւոյթային ջրերի հսկայական տարածքներ եւ ունեն անսովոր բարձր ջերմաստիճան: 1995 թվականից ի վեր բլրբների թիվը զգալիորեն աճել է ¹³ եւ դրանք ավելի տարածված են դարձել Համաշխարհային օվկիանոսի տարբեր մասերում, ներառյալ Նոր Զելանդիայի,

Հարավարեւմտյան Աֆրիկայի եւ Հնդկական օվկիանոսի հարավային ափերի մոտ:

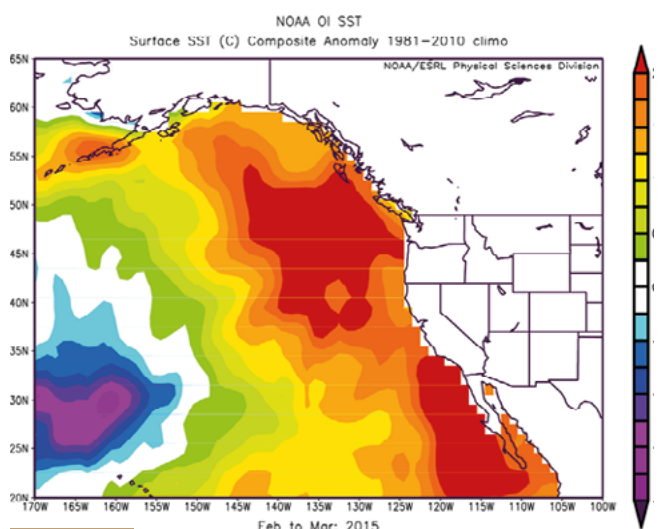
Ամենահայտնի եւ ամենամեծ բլրբներից մեկը ձեւավորվել է Ալյասկայի ծոցում 2013 թվականին եւ արագորեն տարածվել հաղաղ օվկիանոսում: Այն ընդգրկում էր ավելի քան 4 մլն. քառակուսի կիլոմետր տարածք (ավելի մեծ, քան Հնդկաստանի չափը) եւ ջրի ջերմաստիճանը որոշ վայրերում գերազանցում էր միջինը 5-6 աստիճանով (Նկար 37): Բլրբը երեք տարի ճանապարհորդել է օվկիանոսով Ալյասկայից դեպի Մեքսիկա մինչեւ 2016 թվականը (Նկար 38): Այս երեւույթը բացասաբար է ազդել տարածաշրջանի ծովային էկոհամակարգի եւ կլիմայի վրա:

Հնարավոր տեսություններից մեկի համաձայն, այս բլրբի առաջացումն, ամենայն հավանականությամբ, տեղի է ունեցել Ալյասկայի ափերի մոտ ակտիվ հրաբխի եւ Քոբբ¹⁴ մագմատիկ փետուրի պատճառով, որոնք տաքացրել են ջուրը օվկիանոսի հատակին, եւ այն նման հսկայական ծավալով դուրս է լողացել դեպի մակերես:



Նկար 37

Քարտեզը ցույց է տալիս ծովի մակերեւոյթի ջերմաստիճանի (SST) անոմալիան, որը կոչվում է The Blob, հաղաղ օվկիանոսի հյուսիս-արեւելքում 2014 թվականի մարտին: (Պատկերը տրամադրվել է NOAA/ESRL Physical Sciences Division at Boulder, Colorado)



Նկար 38

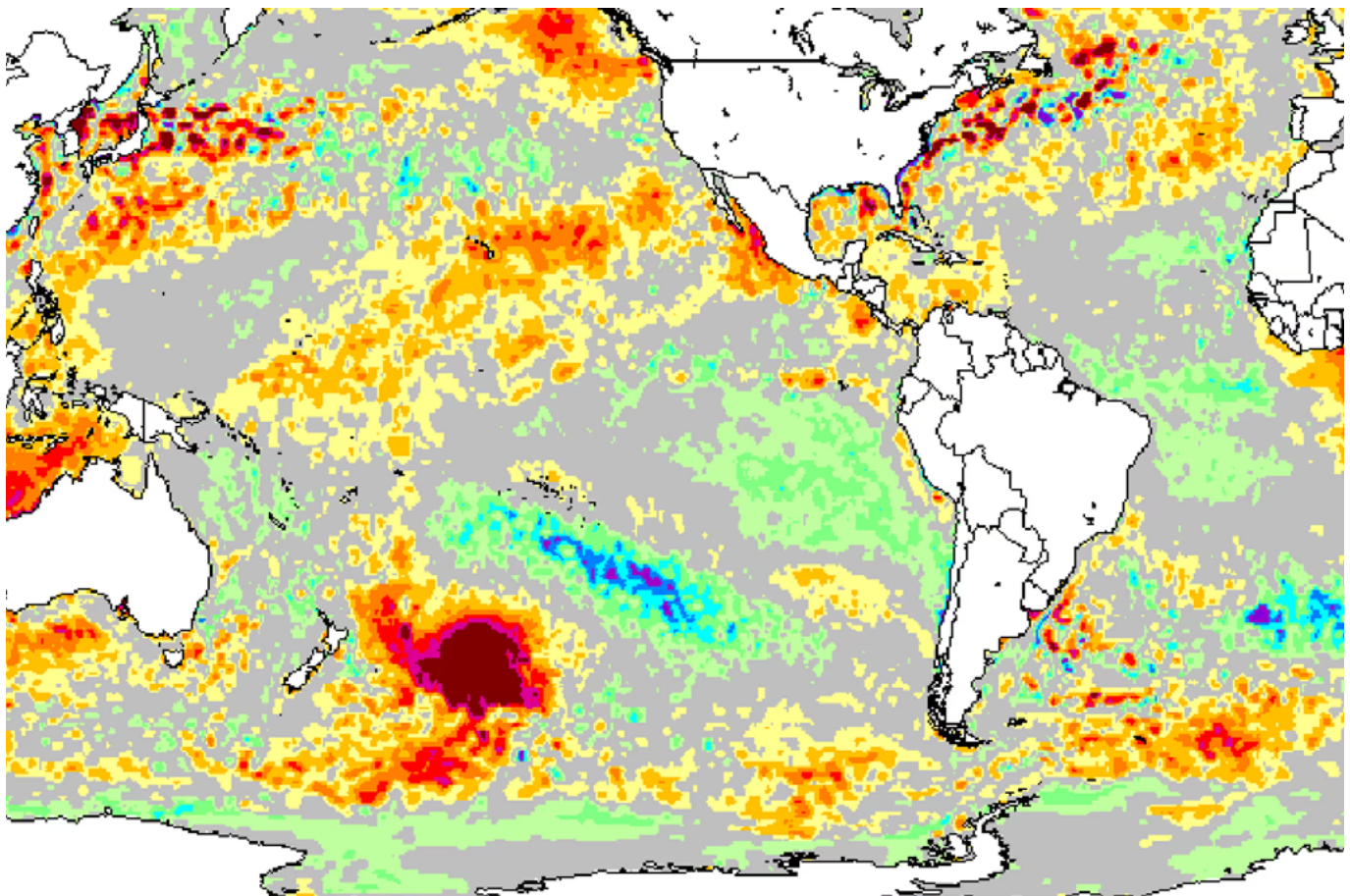
Քարտեզը ցույց է տալիս, թե ինչպես է ծովի մակերեսի ջերմաստիճանի (SST) անոմալիան տեղափոխվել եւ տարածվել Արեւմտյան ափի երկայնքով մինչեւ 2015 թվականի մարտը: (NOAA/ESRL Physical Sciences Division at Boulder, Colorado)

¹³ Laufkötter, C., Zscheischler, J., & Frölicher, T. L. (2020). Science, 369(6511), 1621–1625. <https://doi.org/10.1126/science.aba0690>
¹⁴ Chadwick, J., Keller, R., Kamenov, G., Yogodzinski, G., & Lupton, J. (2014). The Cobb hot spot: HIMU-DMM mixing and melting controlled by a progressively thinning lithospheric lid. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 15(8), 3107–3122. <https://doi.org/10.1002/2014gc005334>

Նոր Չելանդիայից դեպի արեւելք՝ Խաղաղ օվկիանոսի հարավային մասում, 2019-ի դեկտեմբերին հայտնվեց բլոբ, որի ջերմաստիճանը որոշակի օրերին միջինից 6 °C-ով բարձր էր: Բլոբն ուներ ավելի քան 1 մլն. քառակուսի կիլոմետր տարածք, ինչը համարժեք է Տեխասի 1,5 տարածքին կամ Նոր Չելանդիայի 4 տարածքին (Նկ. 39): Ինչպես հաղորդվում էր, դա այն ժամանակ Համաշխարհային օվկիանոսի ամենամեծ բլոբն էր: Ավելին, այս բլոբը տարածաշրջանում գրանցված պատմության մեջ երկրորդ ամենամեծ իրադարձությունն էր:

Վելինգտոնի Վիկտորիա համալսարանի աշխարհագրության, շրջակա միջավայրի եւ երկրային գիտությունների դպրոցի դեկավար Ջեյմս Ռենվիկն ասել է. «Սա մոլորակի վրա միջինից բարձր տաքացման ամենամեծ կետն է այս պահին: Սովորաբար այնտեղ ջերմաստիճանը մոտ 15 °C է, բայց այս պահին մոտ 20 °C է»:¹⁵

Այս բլոբի առաջացման պատճառը, հավանաբար, Նոր Չելանդիայի ափերի մոտ հնագույն հրաբխային սարահարթի ակտիվությունն էր:¹⁶



Նկար 39

Ծովի մակերեսի ջերմաստիճանի անոմալիա Հարավային Խաղաղ օվկիանոսում 2019 թվականի դեկտեմբերի 25-ին: Աղբյուր. Morton, A. (2019, December 27). Hot blob: vast patch of warm water off New Zealand coast puzzles scientists. The Guardian. <https://www.theguardian.com/world/2019/dec/27/hot-blob-vast-and-unusual-patch-of-warm-water-off-new-zealand-coast-puzzles-scientists>

¹⁵ Morton, A. (2019, December 27). Hot blob: vast patch of warm water off New Zealand coast puzzles scientists. The Guardian. <https://www.theguardian.com/world/2019/dec/27/hot-blob-vast-and-unusual-patch-of-warm-water-off-new-zealand-coast-puzzles-scientists>
¹⁶ Gase, A., Bangs, N. L., Saffer, D. M., Han, S., Miller, P., Bell, R., Arai, R., Henrys, S. A., Shiraishi, K., Davy, R., Frahm, L., & Barker, D. (2023). Subducting volcanoclastic-rich upper crust supplies fluids for shallow megathrust and slow slip. Science Advances, 9(33). <https://doi.org/10.1126/sciadv.adh0150>

Տեսությունը, որ ծովային ջերմային ալիքների եւ օվկիանոսային բլրքների առաջացումը պայմանավորված է օվկիանոսի հատակում խորը ջրերի տաքացմամբ, համընկնում է Չինաստանի Օվկիանոսի համալսարանի գիտնականների կողմից իրականացված նոր հետազոտության հետ:¹⁷ Նրանք ցույց են տվել, որ ծովային ջերմային ալիքների մեկ երրորդը ոչ մի կերպ չի դրսևորվում օվկիանոսի մակերեսին, եւ մոտ կեսը դրսևորվում է իրենց կյանքի ցիկլի ոչ բոլոր փուլերում: Այս ստորգետնյա ծովային ջերմային ալիքների տարեկան թիվը զգալիորեն ավելացել է վերջին երեք տասնամյակների ընթացքում օվկիանոսների տաքացման պատճառով: Այն փաստը, որ ծովային ջերմային ալիքների զգալի մասը նույնիսկ օվկիանոսի մակերեսին չի նկատվում, հավանաբար ցույց է տալիս, որ դրանք չեն կարող առաջանալ մթնոլորտի ջերմությունից:

Հետեւաբար, բացի մարդածին գործոնից, ծովային ջերմային ալիքների, այդ թվում՝ բլրքների ձեւավորման պատճառը ստորջրյա հրաբխային ակտիվությունն է եւ Երկրի ներսից դեպի օվկիանոսային ընդերքը բարձրացող մագման, որը սկսվել է 1995 թվականին: Դա ձեւավորում է ջրային շերտեր, որոնք ուղղահայաց բարձրանում են օվկիանոսի հատակից դեպի մակերես՝ առաջացնելով օվկիանոսի անոմալ տաքացած տարածքներ: Օվկիանոսում բլրքները հասգեցնում են մթնոլորտային ճնշման փոփոխության, քամիների

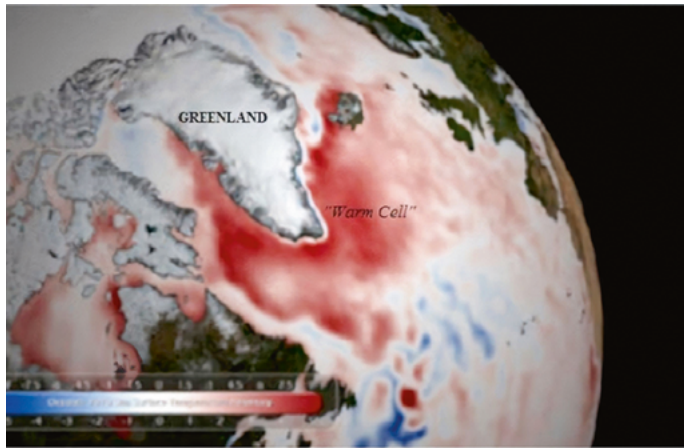
եւ հոսանքների անոմալիաների, օվկիանոսի ընդհանուր տաքացման եւ Էկոհամակարգերի ոչնչացման: Քանի որ մագմատիկ ակտիվությունը մեծանում է, օվկիանոսի նման ջերմային ալիքների քանակը եւ չափերը կավելանան:

Ծովային ջերմային ալիքների էական ազդեցություններից մեկը օվկիանոսային հոսանքների պարամետրերի փոփոխությունն է, օրինակ՝ Գոլֆստրիմի դանդաղումը 2010թ. մայիսից օգոստոս: Ըստ երկրաբան Ջեյմս Քամիսի, հրաբխի ժայթքման պատճառ դարձած մագմայի աճը, հավանաբար տաքացրեց օվկիանոսի հատակի ջուրը:¹⁸ Արդյունքում, ըստ դիտարկումների, 2010 թվականի մայիսին տաք ջրի զանգվածային ծավալը մակերես դուրս եկավ Գրենլանդիայի տակ գտնվող տեկտոնական գոտու վերելում, որը, ինչպես ենթադրվում է, որոշ ժամանակով փակել է Գոլֆստրիմի ճանապարհը (Նկար 40): Դա հանգեցրեց եղանակային օրինաչափությունների ժամանակավոր փոփոխության Եվրոպայում եւ Հյուսիսային Ամերիկայում: Գոլֆստրիմի ավելի զգալի թուլացումը կամ կանգառը կարող է հանգեցնել Եվրոպայի եւ Հյուսիսային Ամերիկայի կլիմայի, Էկոհամակարգերի եւ տնտեսությունների լուրջ փոփոխությունների:

Ներկայումս, մարդածին գործոնի եւ մագմատիկ ակտիվության բարձրացման պատճառով, որը նպաստում է օվկիանոսի խորքային շերտերի տաքացմանը, Գոլֆստրիմը կանգնած է թուլացման, կանգառի կամ ամբողջովին անհետանալու վտանգի տակ:

Նկար 40

Օվկիանոսի մակերեսային ջերմաստիճանի քարտեզը 2010 թվականի մայիսի համար, որը ցույց է տալիս 2009-2010 թվականների ծովային շոգը Հյուսիսային Ատլանտյան օվկիանոսում (կարմիր գույնով):
 Աղբյուր՝ Kamis, J. E. (n.d.). Geologically Induced Northern Atlantic Ocean “Warm Blob” Melting Southern Greenland Ice Sheet. Plate Climatology. <https://www.plateclimatology.com/geologically-induced-northern-atlantic-ocean-warm-blob-melting-southern-greenland-ice-sheet?rq=Alaska>



¹⁷ Sun, D., Li, F., Jing, Z., Hu, S., & Zhang, B. (2023). Frequent marine heatwaves hidden below the surface of the global ocean. Nature Geoscience, 16(12), 1099–1104. <https://doi.org/10.1038/s41561-023-01325-w>
¹⁸ Kamis, J. E. (n.d.). Geologically Induced Northern Atlantic Ocean “Warm Blob” Melting Southern Greenland Ice Sheet. Plate Climatology. <https://www.plateclimatology.com/geologically-induced-northern-atlantic-ocean-warm-blob-melting-southern-greenland-ice-sheet?rq=Alaska>

Սառցադաշտերի անոմալ հալչում Անտարկտիդայում եւ Գրենլանդիայում

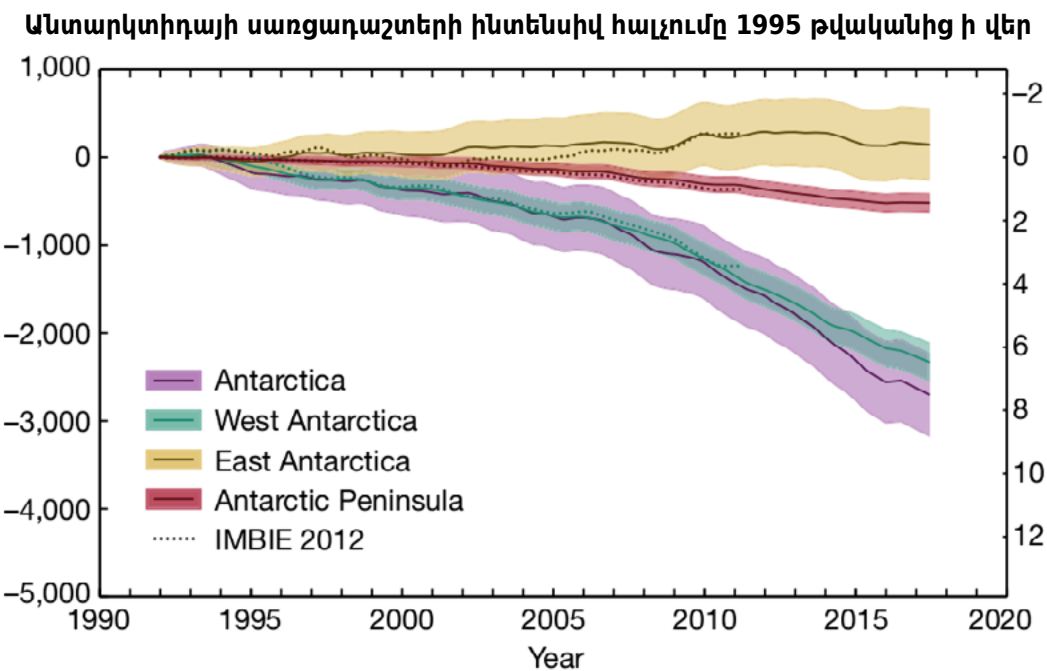
Վերջին 29 տարիների ընթացքում սառույցի կորուստը հիմնական սառցաշերտերից արագացել է: Գրենլանդիայում սառույցի կորստի մակարդակն այժմ 400%-ով ավելի է, մինչդեռ Անտարկտիդայում՝ 25%-ով, քան 1990-ականների սկզբին:¹⁹

Դիտարկենք Անտարկտիդայի օրինակը: Ուսումնասիրությունները ցույց են տալիս, որ 1992 թվականից ի վեր Անտարկտիդան կորցրել է գրեթե երեք տրիլիոն տոննա սառույց²⁰, որը համարժեք է 1,2 միլիարդ օլիմպիական չափի լողավազաններին: Փայն Այլենդ սառցադաշտը, որը համարվում է Անտարկտիդայի ամենախոցելի

կետը, ամեն տարի կորցնում է մոտ 45 միլիարդ տոննա սառույց:²¹ Անտարկտիդայի երկրորդ ամենահայտնի սառցադաշտը Թվեյթսի հսկա շելֆային սառցադաշտն է:

Անտարկտիդայում սառույցի բոլոր կորուստների 86%-ը տեղի է ունենում Արեւմտյան Անտարկտիդայում, որտեղ տեղի է ունենում Փայն Այլենդ եւ Թվեյթս սառցադաշտերի արագ նահանջ եւ նոսրացում (Rignot et al. 2014; Shepherd et al. 2002) (Նկարներ 41-43):

Չարմանալի փաստն այն է, որ սառցադաշտերը հիմնականում հալչում են միայն մայրցամաքի արեւմտյան մասում:



Նկար 41

Սառույցի զանգվածի եւ ծովի մակարդակի փոփոխություններ Անտարկտիդայում 1992-2017թթ. Մանուշակագույն կորը Անտարկտիդայում սառույցի կորստի միջին արագությունն է: Կանաչ կորը սառույցի կորստի արագությունն է Արեւմտյան Անտարկտիդայում: Դեղին կորը դրական միտումն է, այսինքն՝ սառույցի ավելացում Արեւելյան Անտարկտիդայում:

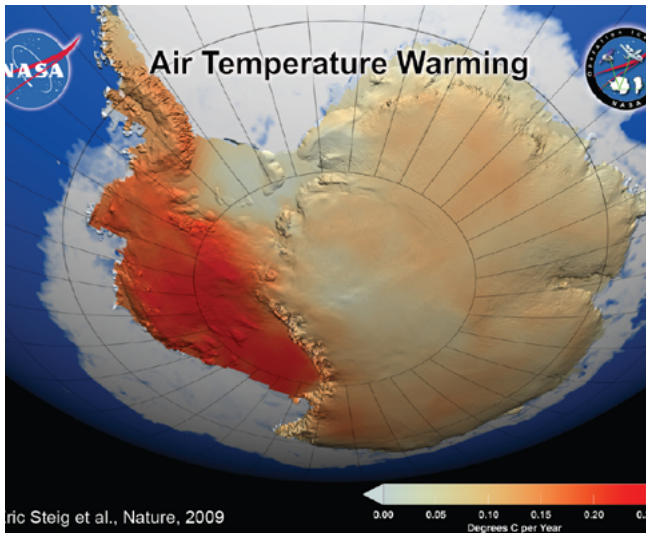
Աղբյուր՝ The IMBIE Team. (2018). Mass balance of the Antarctic Ice Sheet from 1992 to 2017. *Nature*, 558, 219–222.

<https://doi.org/10.1038/s41586-018-0179-y>

¹⁹ Otosaka, I. N., Horwath, M., Mottram, R. & Nowicki, S. (2023). Mass Balances of the Antarctic and Greenland Ice Sheets Monitored from Space. *Surveys in Geophysics*, 44:1615–1652. DOI: 10.1007/s10712-023-09795-8

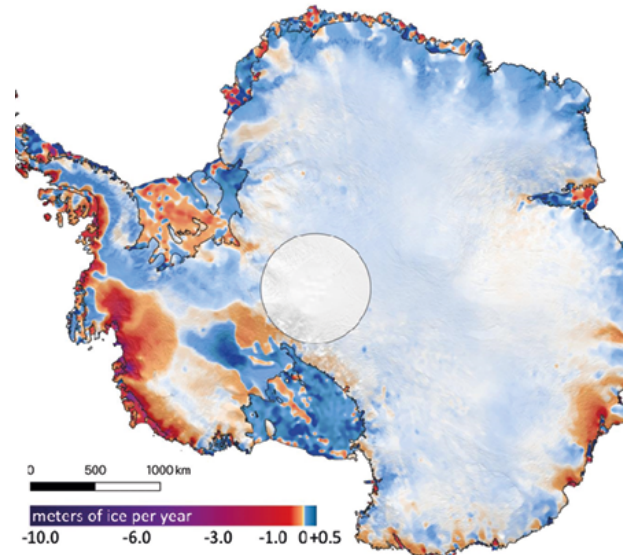
²⁰ The IMBIE Team. (2018). Mass balance of the Antarctic Ice Sheet from 1992 to 2017. *Nature*, 558, 219–222. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0179-y>

²¹ Seroussi, H., Morlighem, M., Rignot, E., Mouginot, J., Larour, E., Schodlok, M., & Khazendar, A. (2014). Sensitivity of the Dynamics of Pine Island Glacier, West Antarctica, to climate forcing for the next 50 years. *The Cryosphere*, 8(5), 1699–1710. <https://doi.org/10.5194/tc-8-1699-2014>



Նկար 42

ՆԱՍԱ-ի քարտեզը ցույց է տալիս Արեւմտյան Անտարկտիկայի սառցաշերտի եւ Անտարկտիկայի թերակղզու մակերեսի զգալի տաքացումը: Ջերմացումը զգալիորեն ավելի ինտենսիվ է, քան նախկինում հաղորդվում էր՝ մեկ տասնամյակում գերազանցելով 0,1 աստիճան Ցելսիուսը, ընդ որում ամենաեական ազդեցությունը դիտվել է ձմռանը եւ գարնանը: Պատկերը ներառում է ջերմաստիճանների տվյալները, որոնք հավաքագրվել են 1957-ից մինչեւ 2006 թվականը 50 տարվա ընթացքում (NASA/GSFC Scientific Visualization Studio 2008) <https://earthobservatory.nasa.gov/images/36736/antarctic-warming-trends>

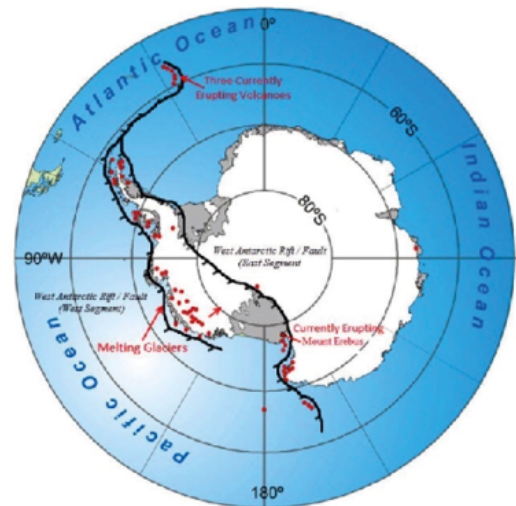


Նկար 43

Քարտեզը պատկերում է Անտարկտիդայի կողմից կուտակված կամ կորցրած սառույցի քանակը 2003-ից 2019 թվականներին: Մանուշակագույն եւ մուգ կարմիր գույները ցույց են տալիս, համապատասխանաբար, Անտարկտիդայի ափի երկայնքով սառույցի կորստի բարձր եւ չափավոր տեմպերը, մինչդեռ կապույտ գույները ցույց են տալիս սառույցի աճի տեմպերը ցամաքում: Աղբյուր՝ Smith, B., Fricker, H. A., Gardner, A. S., Medley, B., Nilsson, J., Paolo, F. S., Holschuh, N., Adusumilli, S., Brunt, K., Csatho, B., Harbeck, K., Markus, T., Neumann, T., Siegfried, M. R., & Zwally, H. J. (2020). Pervasive ice sheet mass loss reflects competing ocean and atmosphere processes. *Science*, 368(6496), 1239–1242. <https://doi.org/10.1126/science.aaz5845>

Հետաքրքիր է նշել, որ Արեւմտյան Անտարկտիդան երկրի ամենամեծ հրաբխային շրջաններից մեկն է, որտեղ սառույցի տակ հայտնաբերվել են ավելի քան 140 հրաբուխներ (Նկար 44):

Աերոմագնիսական դիտարկումների հիման վրա Անտարկտիդայի հետազոտության գերմանական եւ բրիտանական ծառայության գիտնականները ստեղծել են Արեւմտյան Անտարկտիդայում գեոտերմալ ջերմային հոսքի քարտեզ եւ հայտնաբերել երկրի ներսից մեծ քանակությամբ գեոտերմալ ջերմության ներհոսքի գոտի Թվեյթս սառցադաշտի տակ: ^{22,23} Արեւմտյան Անտարկտիդայի տակ գեոտերմալ հոսքը համապատասխանում է սառցադաշտային հալման աճի գոտիներին:



Նկար 44

Անտարկտիդայի մայրցամաքի «ակտիվ» (ներկայումս ժայթքող) կամ «քնած» (պոտենցիալ ակտիվ) հրաբուխների քարտեզ, որը գտնվում է Արեւմտյան Անտարկտիկայի ուղիղաձիգ համակարգի ընդարձակ համակարգի երկայնքով: Այս ակտիվ խզվածքի գոտին բաժանում է մայրցամաքը եւ թույլ է տալիս ենթաօվկիանոսային տաք մագմային հոսել խզվածքներով, այդպիսով սնուցելով հրաբուխները: <https://www.plateclimatology.com/west-antarctic-glacial-melting-from-deep-earth-geological-heat-flow-not-global-warming>

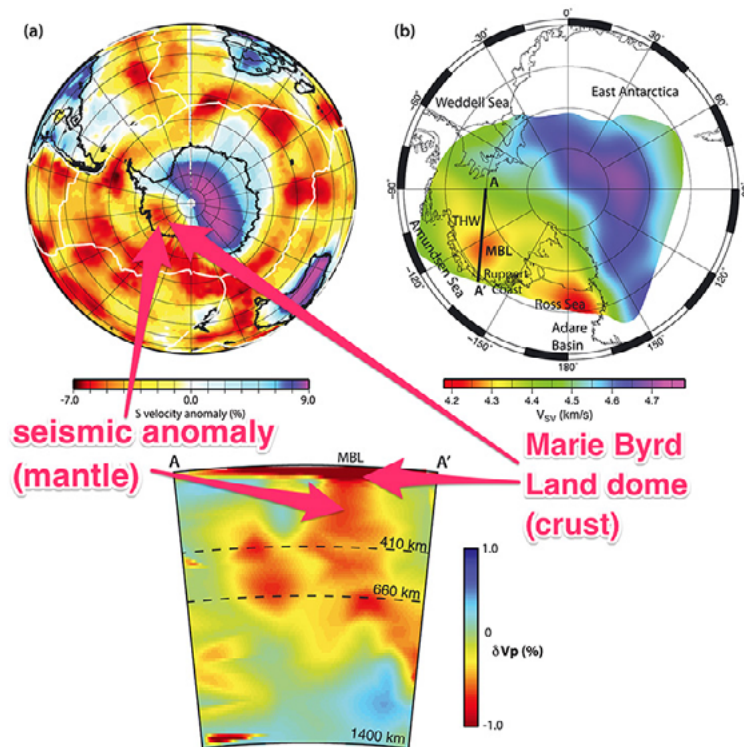
²² Damiani, T. M., Jordan, T. A., Ferraccioli, F., Young, D. A., & Blankenship, D. D. (2014). Variable crustal thickness beneath Thwaites Glacier revealed from airborne gravimetry, possible implications for geothermal heat flux in West Antarctica. *Earth and Planetary Science Letters*, 407, 109–122. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2014.09.023>
²³ Dziadek, R., Ferraccioli, F., & Gohl, K. (2021). High geothermal heat flow beneath Thwaites Glacier in West Antarctica inferred from aeromagnetic data. *Communications Earth & Environment*, 2(16). <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00242-3>

Ռոդ Այլենդի եւ Արեւելյան Անգլիայի համալսարանների գիտնականների թիմը Անտարկտիդայում Փայն Այլենդ սառցադաշտի արագ հալման նոր գործոն է հայտնաբերել: Դա նախկինում անհայտ ակտիվ հրաբուխ է, որը թաղված է սառույցի խորքում:²⁴ Գիտնականները հայտնաբերել են հրաբխային ակտիվություն սառույցի շերտի տակ, որը ցույց է տալիս 25 անգամ ավելի շատ ջերմային էներգիա, քան քնած հրաբուխի էներգիան է:

ՆԱՍԱ-ի գիտնականները հայտնաբերել են Մերի Բրդոյ²⁵ հսկայական մագմատիկ փետուրը Արեւմտյան Անտարկտիդայի տակ՝ գրեթե մեկ միլիոն քառակուսի կիլոմետր տարածքով (Նկար 45): Մերի Բրդոյը (Marie Byrd Land Volcanic Province) հրաբխային շրջան է Արեւմտյան Անտարկտիդայում, որը բնութագրվում է

բարձր հրաբխային ակտիվությամբ: Մերի Բրդոյում հրաբխությունը վերագրվում է մի թեժ կետի, որտեղ թիկնոցային փետուրը (Երկրի թիկնոցի խորքից բարձրացող տաք մագմայի հոսք) հասնում է երկրակեղևին եւ հրաբխային ակտիվություն է առաջացնում: Գիտնականների հաշվարկների համաձայն՝ թիկնոցային փետուրի ջերմությունը տաքացնում է իր վերելում գտնվող ժայռերի եւ սառույցի շերտերը գրեթե նույնքան մեծ էներգիայով, որքան Յելոուստոուն գերհրաբուխը, այսինքն՝ 150 մկտ մեկ քառակուսի մետրի համար եւ հասնում է 180 մկտ մեկ քառակուսի մետրի՝ խզվածքի գոտիներում: Դա մոտավորապես երեք անգամ ավելի շատ ջերմություն է, քան հարեւան ժայռերի շերտերում:

Մերի Բրդոյ մագմատիկ փետուրը Արեւմտյան Անտարկտիդայում



Նկար 45

Արեւմտյան Անտարկտիդայի Մերի Բրդոյի շրջանի տակ թիկնոցի տաք փետուրի առկայություն, որը ցույց է տրված սեյսմիկ տոմոգրաֆիայի միջոցով: (Helene Seroussi et al./JGR Solid Earth; Business Insider)

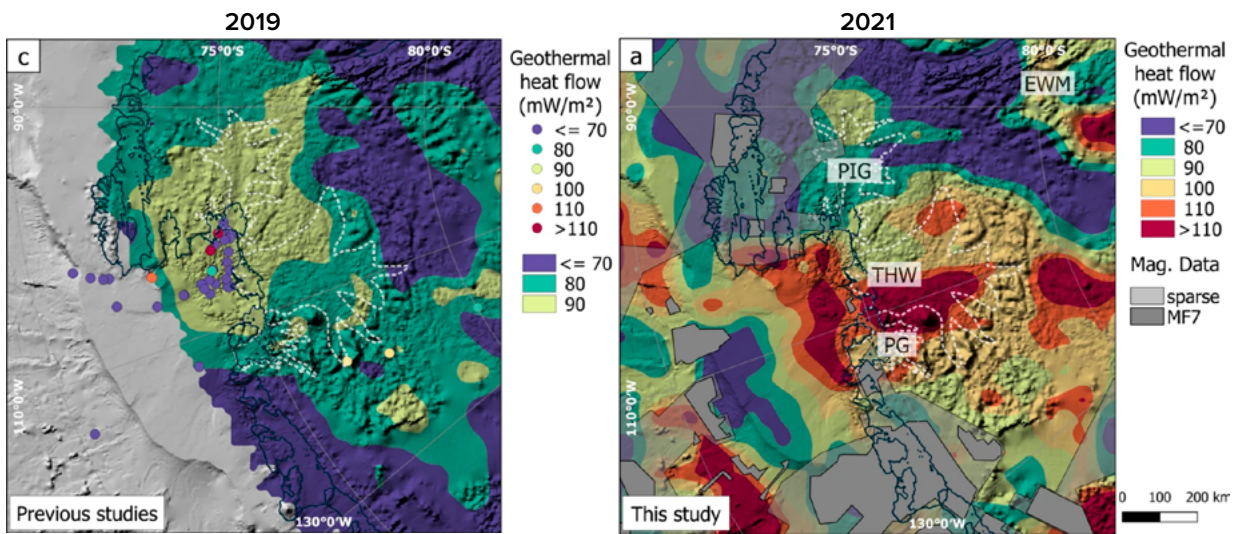
Աղբյուր՝ Seroussi, H., Ivins, E. R., Wiens, D. A., & Bondzio, J. (2017). Influence of a West Antarctic mantle plume on ice sheet basal conditions. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 122(9), 7127–7155. <https://doi.org/10.1002/2017jb014423>

²⁴ Loose, B., Naveira Garabato, A. C., Schlosser, P., Jenkins, W. J., Vaughan, D., & Heywood, K. J. (2018). Evidence of an active volcanic heat source beneath the Pine Island Glacier. *Nature Communications*, 9(2431). <https://doi.org/10.1038/s41467-018-04421-3>

²⁵ Seroussi, H., Ivins, E. R., Wiens, D. A., & Bondzio, J. (2017). Արեւմտյան Անտարկտիդայի թիկնոցի ազդեցությունը սառցե շերտի բազալային պայմանների վրա: Երկրաֆիզիկական հետազոտությունների ամսագիր: *Solid Earth*, 122(9), 7127–7155 թթ. <https://doi.org/10.1002/2017jb014423>

Բրեմենի համալսարանի, Բեւեռային եւ ծովային հետազոտությունների գերմանական ինստիտուտի եւ բրիտանական անտարկտիկական հետազոտական ծառայության գիտնականները հաստատել են, որ հիմնական սառցադաշտերի հալոցքը տեղի է ունենում Երկրի ներքեւից ջերմության բարձր հոսք ունեցող տարածքներում (Նկար 46):

Ավնհայտ է, որ 2019-ի նախորդ ուսումնասիրությունների համեմատ (ձախ քարտեզ), 2021-ին զգալի փոփոխություններ են տեղի ունեցել (աջ քարտեզ), իսկ գետտերմալ ջերմային հոսքն աճել է: Սա ցույց է տալիս ջերմային հոսքի ավելացում, որը գալիս է Երկրի ընդերքի մագմայի փետուրներից:



Նկար 46

Գետտերմալ ջերմային հոսքի բաշխումը 2019 թվականին (ձախ) եւ 2021 թվականին (աջ):

Աղբյուր՝ Dziadek, R., Ferraccioli, F., & Gohl, K. (2021). High geothermal heat flow beneath Thwaites Glacier in West Antarctica inferred from aeromagnetic data. *Communications Earth & Environment*, 2(16). <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00242-3>

Նոր միջազգային ուսումնասիրությունը ցույց է տվել, որ Երկրի ընդերքը Արեւմտյան Անտարկտիդայի որոշ հատվածներում բարձրանում է երբեւէ գրանցված ամենաարագ տեմպերից մեկով: Ամուհստեն ծովում Փայն Այլենդ սառցադաշտի դիմաց բարձրացման արագությունը տարեկան 41 միլիմետր է, ինչը երեք անգամ ավելի արագ է, քան այլ տարածքներում:²⁶ Նույնիսկ այնպիսի վայրերում, ինչպիսիք են Իսլանդիան եւ Այասկան, որտեղ նկատվում է արագ վերելք, տիպիկ վերելքի արագությունը տարեկան մոտ 20-30 միլիմետր է: Այսպիսով, գիտնականները եկել են այն եզրակացության, որ Արեւմտյան Անտարկտիդայի տակ գտնվող թիկնոցը ավելի տաք է եւ ավելի

հեղուկ, քան նախկինում ակնկալվում էր: Հետեւաբար, Անտարկտիդայի սառցաշերտի ինտենսիվ հալումը վերագրվում է ինչպես ջրի տաքացմանը՝ պայմանավորված մարդածին գործոնով, այնպես էլ հրաբխային եւ մագմատիկ ակտիվությունից առաջացած գետտերմալ ջերմությամբ, որը զգալիորեն աճել է 1995 թվականից ի վեր եւ շարունակում է աճել: Արեւմտյան Անտարկտիդայի ափերի մոտ տեղի է ունենում Ուեդել ծովի խորը ջրերի անոմալ տաքացում²⁷. Թեեւ ջրի վերին 700 մետրը ավելի քիչ է տաքանում, ավելի խորը շրջաններում ջերմաստիճանի հետեւողական աճ կա: Մի կողմից Ուեդելի ծովը սահմանակից է Արեւմտյան

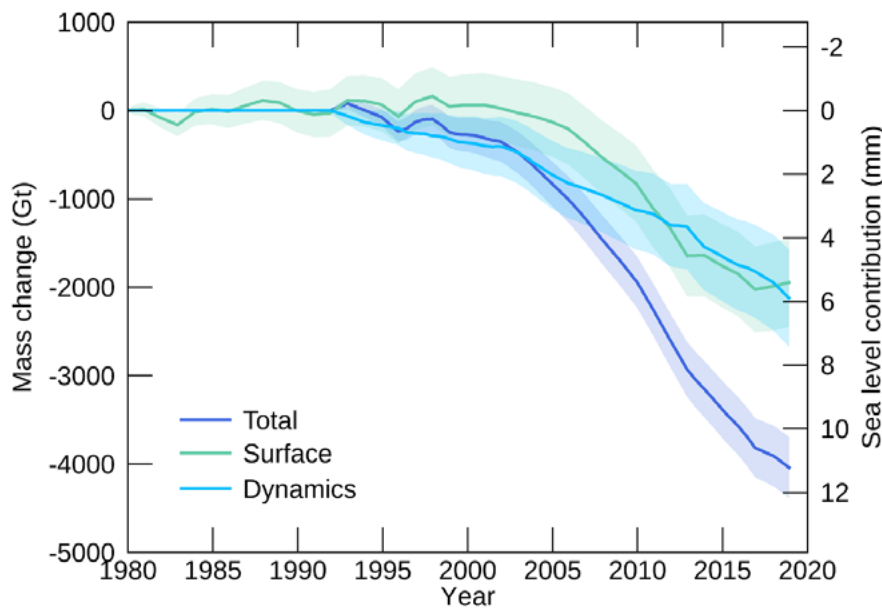
²⁶ Barletta, V. R., Bevis, M., Smith, B. E., Wilson, T., Brown, A., Bordoni, A., Willis, M., Khan, S. A., Rovira-Navarro, M., Dalziel, I., Smalley, R., Kendrick, E., Konfal, S., Caccamise, D. J., Aster, R. C., Nyblade, A., & Wiens, D. A. (2018). Observed rapid bedrock uplift in Amundsen Sea Embayment promotes ice-sheet stability. *Science*, 360(6395), 1335–1339. <https://doi.org/10.1126/science.aao1447>
²⁷ Strass, V. H., Rohardt, G., Kanzow, T., Hoppema, M., & Boebel, O. (2020). Multidecadal warming and density loss in the Deep Weddell Sea, Antarctica. *Journal of Climate*, 33(22), 9863–9881. <https://doi.org/10.1175/jcli-d-20-0271.1>

Անտարկտիդայի ճեղքվածքին, իսկ մյուս կողմից այն հարում է ստորջրյա հրաբխային լեռնաշղթային՝ Հարավային Սենդվիչ կղզիներով: Հարկ է նշել, որ Հարավային Սենդվիչյան կղզիների շրջանը Երկրի վրա սեյսմիկ ամենաակտիվ տարածքներից է: Այստեղ սեյսմիկ ակտիվությունը արագորեն աճում է, ինչը վկայում է մագմայի վերելքի մասին:

Եկեք քննենք Գրենլանդիայի սառույցի հալեցումը: Ներկայումս Գրենլանդիայում սառույցներն ավելի արագ են հալվում, քան երբեք է վերջին 12000 տարվա ընթացքում:²⁸ Գծապատկեր 47-ը ցույց է տալիս Գրենլանդիայի սառույցի կորստի էքսպոնենցիալ աճի

գրաֆիկը՝ 1992-ից մինչև 2018 թվականները: Գրենլանդիայի սառույցի կորուստը սկսվել է 1990-ական թվականներին, սակայն 2006-ից մինչև 2012 թվականն ընկած ժամանակահատվածը կազմել է ընդհանուր կորստի գրեթե կեսը: Չնայած Գրենլանդիայի տարածաշրջանում ավելի ցուրտ մթնոլորտային պայմաններին, այս ժամանակահատվածից հետո սառույցի կորստի արագությունը բարձր մնաց: Միայն 2019 թվականի հուլիսին Գրենլանդիայի սառցաշերտը կորցրեց 197 միլիարդ մետր/ տոննա սառույց, որը մոտավորապես համարժեք է մոտ 80 միլիոն օլիմպիական չափի լողավազաններին:

Գրենլանդիայի սառցե շերտի զանգվածային հաշվեկշիռը



Նկար 47

Գրենլանդիայի սառցաշերտի զանգվածի ընդհանուր կուտակային փոփոխությունը՝ բաժանված երկու բաղադրիչի՝ մակերեսային եւ դինամիկ (սառցադաշտի զանգվածի կորստի բաժինը, որն առաջացել է դրա շարժման եւ այսբերգի ծնվելու հետեւանքով): Փոփոխություն 1992-ի համեմատ. Տվյալների աղբյուրը՝ IMBIE (Shepherd et al., 2020), Credit: IMBIE/ESA/NASA

Գրենլանդիայի սառցաշերտի մակերեսին գետերը են հոսում եւ լճեր են հայտնվում, բայց զարմանալիորեն գետեր եւ լճեր են հայտնաբերվել նաեւ սառցե շերտի տակ, որի հաստությունը մոտ 1,5 կիլոմետր է: Մինչ օրս հայտնաբերվել են շուրջ 60 ենթասառցադաշտային լճեր²⁹. Այս լճերի

առաջացման ընդհանուր հայտնի պատճառը գետտեղումալ ջերմությունն է եւ ճեղքերով հոսող հալոցքային ջրերը: Այս լճերը ձևավորվում են այն պատճառով, որ այժմ սառույցը հալվում է ինչպես վերեւից, այնպես էլ ներքեւից:

Ամերիկացի գիտնականների մի խումբ՝ Օհայոյի

²⁸ Briner, J. P., Cuzzone, J. K., Badgley, J. A., Young, N. E., Steig, E. J., Morlighem, M., Schlegel, N.-J., Hakim, G. J., Schaefer, J. M., Johnson, J. V., Lesnek, A. J., Thomas, E. K., Allan, E., Bennike, O., Cluett, A. A., Csatho, B., de Vernal, A., Downs, J., Larour, E., & Nowicki, S. (2020). Rate of mass loss from the Greenland Ice Sheet will exceed Holocene values this century. *Nature*, 586(7827), 70–74. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2742-6>

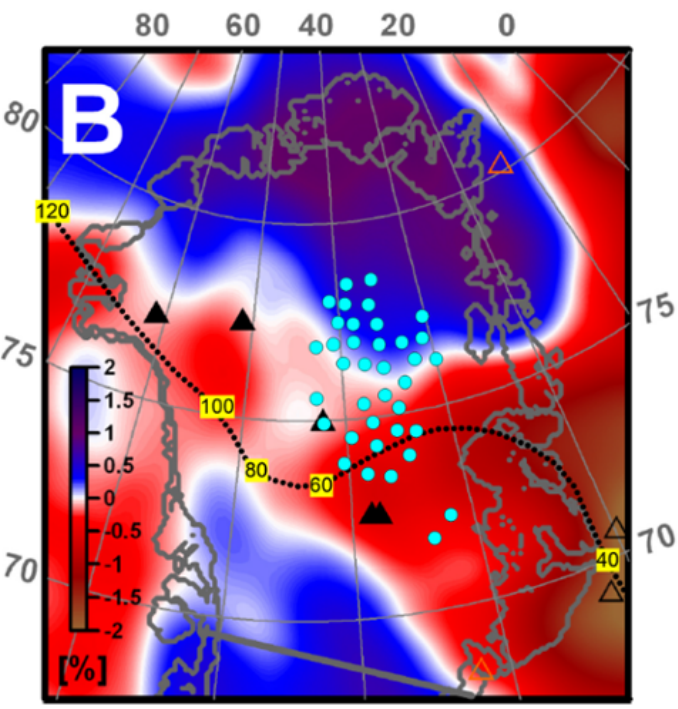
²⁹ Bowling, J. S., Livingstone, S. J., Sole, A. J., & Chu, W. (2019). Distribution and dynamics of Greenland subglacial lakes. *Nature Communications*, 10(2810). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-10821-w>

պետական համալսարանի պրոֆեսոր Ռալֆ ֆոն Ֆրեզի գլխավորությամբ, գրավիտացիոն հետազոտություն է կիրառել Գրենլանդիայի տակ գտնվող ընդերքի հաստությունը գնահատելու համար: Նրանք պարզել են, որ սառցադաշտերի ամենազգալի հալոցքը տեղի է ունենում կղզու հյուսիսային մասում, որտեղ Երկրի կեղևը ամենաբարակն է: Այս տարածաշրջանում նկատվում է գեոտերմալ ջերմային հոսքի բարձրացում՝ թիկնոցի բարձրացող փետուրի պատճառով³⁰:

Ավելին, մի խումբ գիտնականներ՝ Շմիդտի Երկրի ֆիզիկայի ինստիտուտի հետազոտողներին՝ Իրինա Ռոգոժինայի եւ Ալեքսեյ Պետրունինի գլխավորությամբ³¹, հանգել է նույն եզրակացությանը: Հիմնվելով

սեյսմիկ տոմոգրաֆիայի տվյալների վրա՝ հետազոտողները Գրենլանդիայի ընդերքում հայտնաբերել են թիկնոցի փետուր:

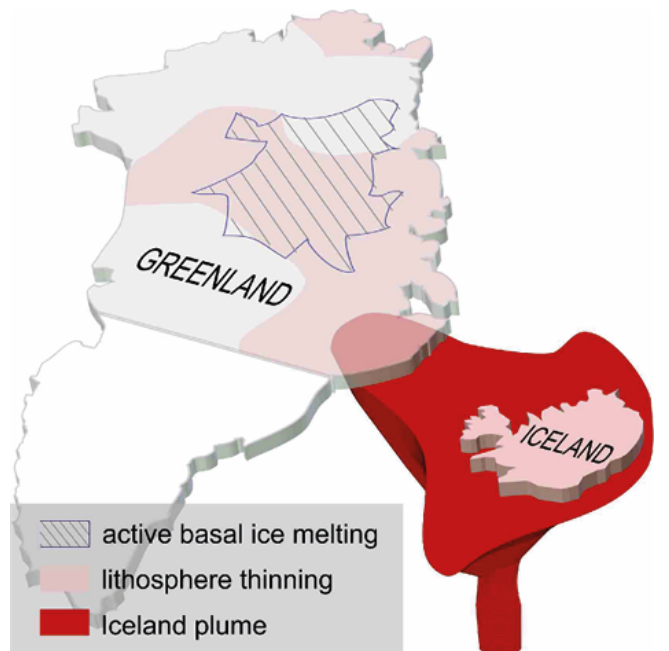
Մագմայի հոսքը բարձրանում է միջուկ-մանթիա սահմանից՝ մոտենալով Երկրի մակերեսին անմիջապես կղզու կենտրոնական մասի տակ: Այս երեւույթը, ամենայն հավանականությամբ, կծառայի որպես սառույցի հալմանը նպաստող լրացուցիչ գործոն: Հենց այս տարածքում է գտնվում ենթասառցադաշտային լճերի ամենամեծ քանակությունը (Նկար 48-49):



Նկար 48

Գրենլանդիայի սեյսմիկ տոմոգրաֆիա 150 կմ խորության վրա: Կարմիրով ընդգծված են ցածր արագությամբ տարածքները, որոնք համապատասխանում են բարձր ջերմաստիճանի շրջաններին: Կետավոր գիծը ներկայացնում է պոտենցիալ «ուղու» վերակառուցումներից մեկը, որի տարիքը նշվում է միլիոնավոր տարիներով: Կապույտ կետերն այն տարածքներն են, որտեղ ռադարային հետազոտության արդյունքները ցույց են տվել, որ սառցադաշտի տակ ջուր կա:

Աղբյուր՝ Rogozhina, I., Petrunin, A. G., Vaughan, A. P. M., Steinberger, B., Johnson, J. V., Kaban, M. K., Calov, R., Rickers, F., Thomas, M., & Koulakov, I. (2016). Melting at the base of the Greenland ice sheet explained by Iceland hotspot history. *Nature Geoscience*, 9, 366–369. <https://doi.org/10.1038/ngeo2689>



Նկար 49

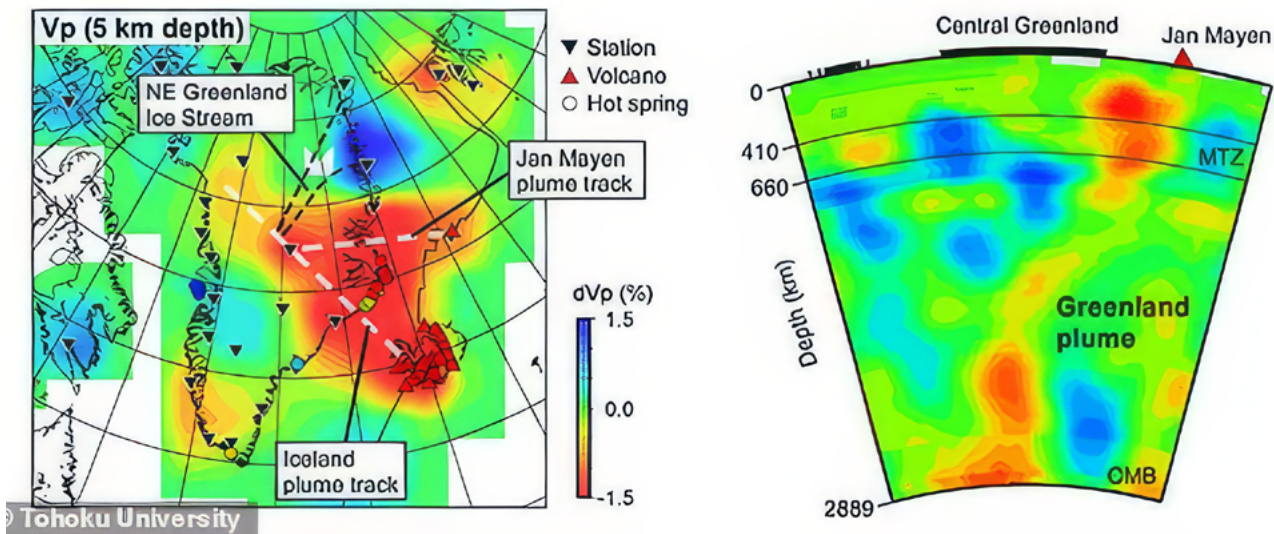
Նկարագարողումը ռուս երկրաֆիզիկոս, գեոֆիզիկայի եւ գեոդինամիկայի փորձագետ, Ռուսաստանի գիտությունների ակադեմիայի թղթակից անդամ Իվան Կուլակովի կողմից: Աղբյուր՝ https://www.vsegei.ru/ru/about/news/97448/?sphrase_id=1444325

³⁰van der Veen, C. J., Leftwich, T., von Frese, R., Csatho, B. M., & Li, J. (2007). Subglacial topography and geothermal heat flux: Potential interactions with drainage of the Greenland ice sheet. *Geophysical Research Letters*, 34(12). <https://doi.org/10.1029/2007gl030046>
³¹Rogozhina, I., Petrunin, A. G., Vaughan, A. P. M., Steinberger, B., Johnson, J. V., Kaban, M. K., Calov, R., Rickers, F., Thomas, M., & Koulakov, I. (2016). Melting at the base of the Greenland ice sheet explained by Iceland hotspot history. *Nature Geoscience*, 9, 366–369. <https://doi.org/10.1038/ngeo2689>

Գիտնականները հաշվարկել են այս մագմայի փետուրից տեսական ջերմության հոսքը եւ պարզել, որ այդ ջերմությունը բավական է սառցադաշտի հիմքը մինչեւ սառույցը հալեցնելու համար: Շատ հետազոտողներ, ներառյալ նրանք, ովքեր օգտագործում են մեքենայական ուսուցման տեխնիկան^{32,33},

նմանատիպ արդյունքներ ստացան ավելի ուշ: Ճապոնական Տոհոկուի համալսարանի գիտնականների ուսումնասիրությունները լրացուցիչ պատկերացում տվեցին Գրենլանդիայի տակ գտնվող մագմայի փետուրի կառուցվածքի վերաբերյալ:³⁴ (Նկարներ 50-51):

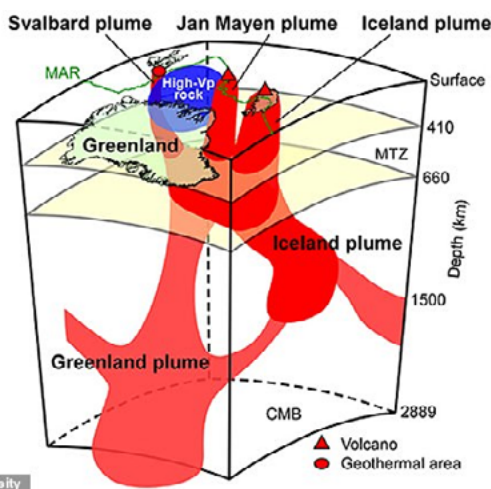
Մագմատիկ փետուր Գրենլանդիայի տակ, մոդել



Նկար 50

Սեյսմիկ արագության կառուցվածքի եւ գեոտերմալ ջերմային հոսքի համեմատություն: Կապույտ եւ կարմիր գույները համապատասխանաբար ցույց են տալիս երկայնական ալիքների բարձր եւ ցածր արագությունները: Կարմիր գույնը ցույց է տալիս ցածր արագության գոտիներ, որոնք կապված են մագմայի փետուրի հաված հոսքերի հետ:

Աղբյուր՝ Toyokuni, G., Matsuno, T., & Zhao, D. (2020). P Wave Tomography Beneath Greenland and Surrounding Regions: 1. Crust and Upper Mantle. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 125(12). <https://doi.org/10.1029/2020jb019837>



Նկար 51

Գրենլանդիայի եւ նրա շրջակայքի տակ գտնվող հիմնական տեկտոնական առանձնահատկությունների եւ մագմատիկ փետուրների դիագրամ: Գրենլանդիայի փետուրն ունի երկու ճյուղ, որոնք մատակարարում են այդ ջերմությունը դեպի Իսլանդիայի, Յան Մայենի եւ Սվալբարդի գեոտերմալ գոտիների ակտիվ գոտիները: Հալած ապարները բարձրանում են միջուկ-մանթիա սահմանից՝ արագացնելով սառույցի հալչումը Կենտրոնական Գրենլանդիայում եւ բարձրացնելով ծովի մակարդակները:

Տվյալների աղբյուր՝ Toyokuni, G., Matsuno, T., & Zhao, D. (2020). <https://doi.org/10.1029/2020JB019837>

³² Rezvanbehbahani, S., Stearns, L. A., Kadivar, A., Walker, J. D., & van der Veen, C. J. (2017). Predicting the Geothermal Heat Flux in Greenland: A Machine Learning Approach. *Geophysical Research Letters*, 44(24), 12,271-12,279. <https://doi.org/10.1002/2017gl075661>

³³ Rysgaard, S., Bendtsen, J., Mortensen, J., & Sej, M. K. (2018). High geothermal heat flux in close proximity to the Northeast Greenland Ice Stream. *Scientific Reports*, 8(1344). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-19244-x>

³⁴ Toyokuni, G., Matsuno, T., & Zhao, D. (2020). P Wave Tomography Beneath Greenland and Surrounding Regions: 1. Crust and Upper Mantle. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 125(12). <https://doi.org/10.1029/2020jb019837>

Այսպիսով, ճապոնացի, ռուս եւ գերմանացի գիտնականների ուսումնասիրությունների համաձայն, ինչպես Անտարկտիդայում, Գրենլանդիայի կենտրոնական մասում առկա է նաեւ մագմատիկ փետուր, որը վերջին տասնամյակների ընթացքում Գրենլանդիայի սառցադաշտերի արագացված սողանքի հնարավոր պատճառն է:

Հավանական է, որ աշխարհի երկու ամենամեծ սառցադաշտային շրջանները՝ Անտարկտիդան եւ Գրենլանդիան, հալչում են ոչ միայն մարդածին գործոնի, այլ նաեւ երկրի ներքեւից գետտերմալ ջերմության ավելացման պատճառով, եւ ջերմությունն ուժեղանում է, ինչը ցույց է տալիս էքսպոնենցիալ միտումները

սառցադաշտերի հալման մեջ: Սա ենթադրում է, որ մագմայի փետուրները ակտիվ են Արեւմտյան Անտարկտիդայի եւ Կենտրոնական Գրենլանդիայի տակ 1995 թվականից:

Այս տեղեկատվության տրամադրման նպատակն է ուշադրություն հրավիրել մոլորակի ներսում կուտակված էներգիայի անոմալ քանակի վրա: Էներգիայի մակարդակն այնքան բարձր է, որ այն ակտիվացրել է մագմայի փետուրները, որոնք սկսել են հալեցնել սառցադաշտերը էքսպոնենցիալ արագությամբ: Այս գործընթացը արագանում է, ինչը վկայում է մոլորակների մագմատիկ ակտիվության աճի մասին, ինչը կարող է լրացուցիչ լուրջ վտանգ ներկայացնել մարդու կյանքի համար:

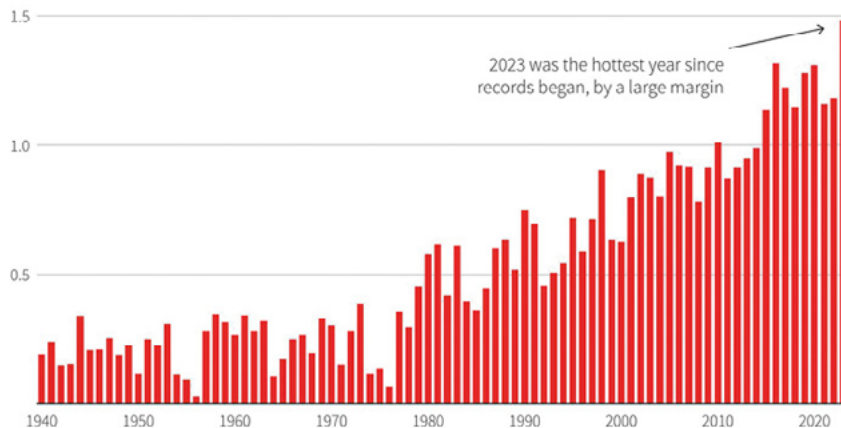
Մթնոլորտի ստորին շերտերի տաքացում

Մթնոլորտի ստորին շերտերի անսախադեպ տաքացումը համաշխարհային օվկիանոսի ջերմացման հետեւանքն է: Նկար 52-ում ներկայացված է գծապատկեր, որը ցույց է տալիս աշխարհում միջին ջերմաստիճանի անսախադեպ աճը 1850-ից մինչեւ 2023 թվականը: 2023 թվականին սահմանվել է

ջերմաստիճանի նոր պատմական ռեկորդ: Կոպենհեյկոնի կլիմայի փոփոխության ծառայության (CCC) փոխտնօրեն Սամանտա Բուրջեսի խոսքով, 2023 թվականը դարձել է ամենաթեժ տարին առնվազն վերջին 100000 տարվա ընթացքում:³⁵

2023 թվականը եղել է աշխարհի ամենաշոգ տարին գրանցումների պատմության մեջ:

Համաշխարհային մակերեւույթի ջերմաստիճանի բարձրացում՝ համեմատած 1850-1900 թվականների նախաարդյունաբերական շրջանի միջինի հետ (°C)



Նկար 52

Համաշխարհային մակերեւույթի ջերմաստիճանի բարձրացում՝ համեմատած 1850-1900 թվականների նախաարդյունաբերական շրջանի միջինի հետ (°C)

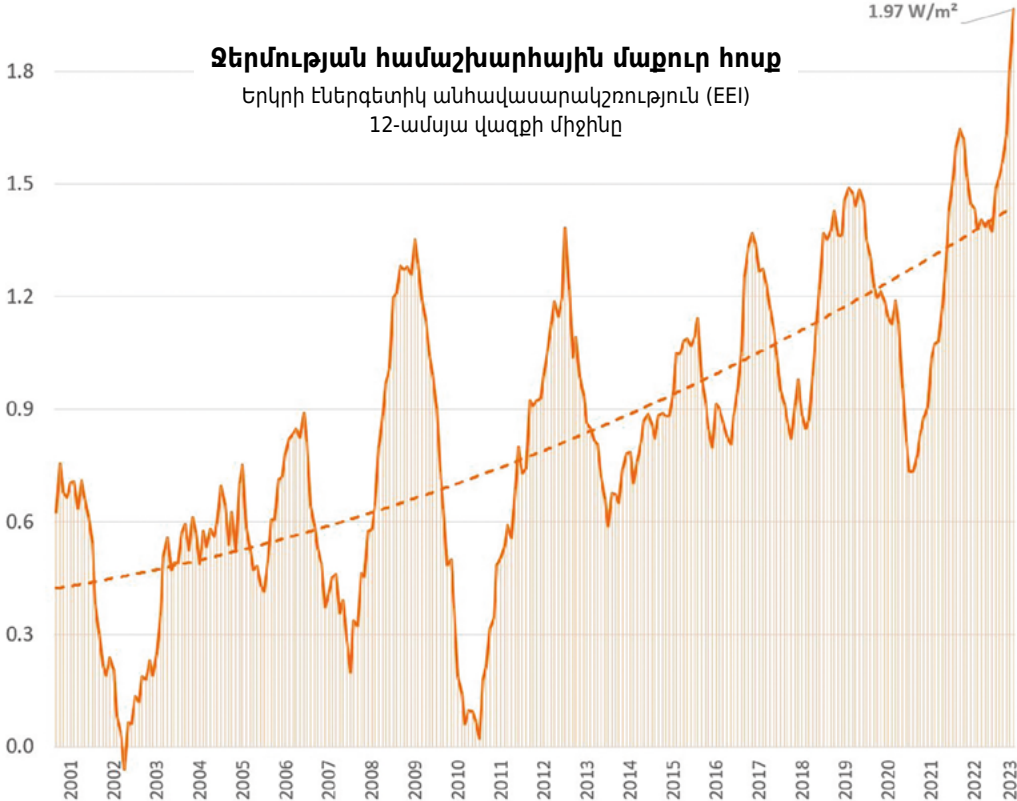
Աղբյուր՝ Copernicus Climate Change Service/ECMWF

³⁵ Աղբյուր. <https://climate.copernicus.eu/copernicus-2023-hottest-year-record>

ՆԱՍԱ-ի գլխավոր կլիմայագետ Գեւին Շմիդտը մտահոգություն է հայտնել 2023 թվականին ռեկորդային բարձր ջերմաստիճանների վերաբերյալ: Ըստ Գեւինի, այս ջերմաստիճանները ոչ միայն գերազանցել են նախկին ռեկորդները, այլև ցույց են տվել անհայտ ջեռուցման գործընթացների առկայությունը, որոնք գերազանցում են նախորդ մոդելների բնորոշ երկարաժամկետ միտումները: Նա հայտարարել է. «Երկարաժամկետ միտումները մենք հասկանում ենք, եւ դա պայմանավորված է ջերմոցային գազերով, այն պայմանավորված է մարդածին ազդեցություններով... Բայց այն, ինչ տեղի ունեցավ 2023 թվականին, հենց դա էր, եւ հետո գումարած մի բան: Եվ այդ «գումարած ինչ-որ բանը» շատ ավելի մեծ է, քան մենք ակնկալում ենք, կամ դեռ կարող է բացատրվել»:³⁶

Ավելին, կա աճող անհավասարակշռություն Երկիր թափանցող ճառագայթային

ճառագայթման եւ Երկրից ելնող ճառագայթման միջեւ (Նկար 53): Գրաֆիկը ցույց է տալիս, որ Երկրի մթնոլորտը էներգիա է կուտակում էքսպոնենցիալ տեմպերով: Դա պայմանավորված է ջերմոցային գազերի արտանետումներից ջերմության ավելացմամբ եւ, ընդերքից եկող լրացուցիչ մագմայի բարձրացմամբ, ինչպես նաեւ օվկիանոսի եւ մթնոլորտի Երկրի մակերեսային ջերմությունը արդյունավետորեն տիեզերք տեղափոխելու գործառույթի նվազմամբ: 2023 թվականի մարտի դրությամբ տարեկան կտրվածքով EEI -ն (Earth Energy Imbalance-Երկրի էներգետիկ անհավասարակշռություն) կազմում էր 1,61 Վտ մեկ քառակուսի մետրի համար, ինչը գլոբալ մասշտաբով հավասար է Երկրի վրա ամեն վայրկյան նետված մոտ 13 ատոմային ռումբերի էներգիային՝ նույն հզորությամբ, որը նետվեց Հիրոսիմայի վրա:



Նկար 53

Երկրի էներգիայի անհավասարակշռության (EEI) էքսպոնենցիալ աճը, որը ցույց է տալիս մուտքային արեգակնային ճառագայթման եւ բոլոր աղբյուրներից ելքային ճառագայթման տարբերությունը: © Լեոն Սիմոնս
 Տվյալների աղբյուր՝ NASA CERES EBAF-TOA All-sky Ed4.2 Net flux, 2000/03-2023/05.

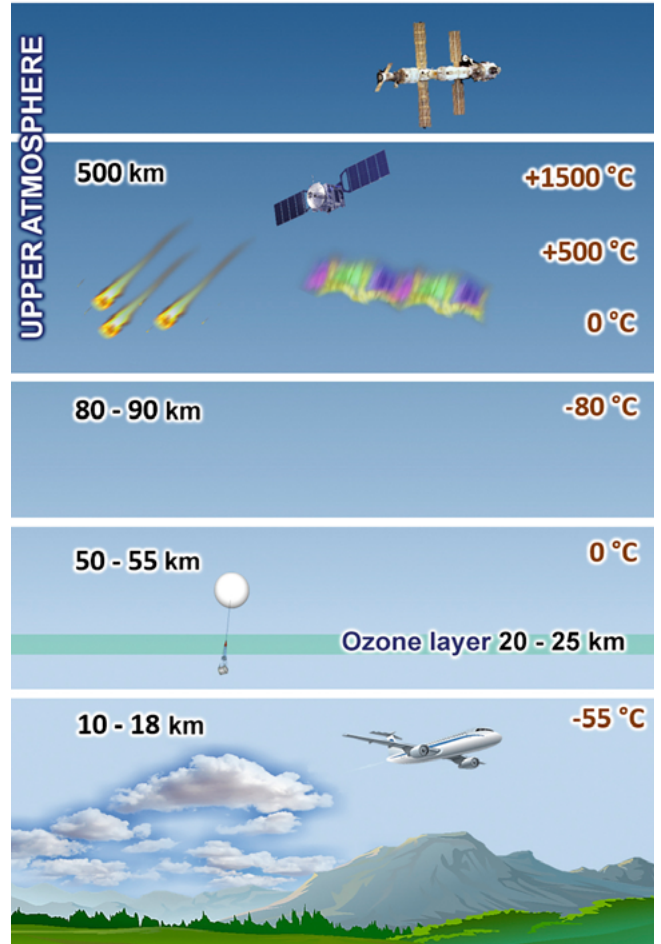
³⁶ Աղբյուր. <https://phys.org/news/2024-01-driven-mystery-nasa-scientist.html>

Փոփոխություններ մթնոլորտի վերին շերտերում

Կարելոր է նշել, որ փոփոխությունները տեղի են ունենում ոչ միայն մթնոլորտի ստորին շերտերում (տրոպոսֆերա), այլև նրա միջին եւ վերին շերտերում: Նկար 54-ը ներկայացնում է մթնոլորտային կառուցվածքի ընդհանուր գրաֆիկական պատկերը:

Թերմոսֆերան մթնոլորտի ամենավերին շերտերից մեկը, խտության ռեկորդային անկում է ապրել:³⁷ 2007 թվականից գիտնականները 10 տարվա ընթացքում 400 կմ բարձրության վրա նկատել են ջերմային խտության անբացատրելի նվազում 1,7-ից 7,4%-ով:³⁸ Սա հաստատում են ավելի քան 10000 արբանյակային ուղեծրերի տվյալները, որոնք անցնում են թերմոսֆերայով: Եթե թերմոսֆերային խտության նվազումը շարունակվի, արբանյակների բախումների կամ խափանումների վտանգը կարող է շատ մեծ դառնալ: Ավելին, թերմոսֆերան ենթարկվում է խտության զգալի տատանումների՝ գեոմագնիսական փոթորիկների ժամանակ, որոնք առաջանում են արեւային բռնկումներից: Եթե թերմոսֆերայի նոսրացումը շարունակվի նույն արագությամբ՝ զուգորդված արեգակնային ուժեղ բռնկման հետ, դա կարող է հանգեցնել բոլոր նավիգացիոն եւ արբանյակային ցանցերի, այդ թվում՝ ինտերնետի ամբողջական խափանման:

Փոփոխություններ են տեղի ունեցել նաեւ մեզոսֆերայում³⁹ (50-ից 90 կմ բարձրությունների վրա) եւ ստրատոսֆերայում (18-ից 50 կմ բարձրությունների վրա), որոնք զգալիորեն սառել



Նկար 54

Մթնոլորտի շերտերը

են վերջին 30 տարիների ընթացքում (Նկարներ 55-56): Միջին մթնոլորտում ջերմաստիճանի նվազումը հաստատվել է տարբեր մեթոդներով կատարված դիտարկումների հիման վրա⁴⁰. Ըստ 1980-ից 2018 թվականների տվյալների՝ ստրատոսֆերայի հաստությունը նվազել է միջինը 400 մետրով⁴¹.

³⁷ Emmert, J. T., Lean, J. L., & Picone, J. M. (2010). Record-low thermospheric density during the 2008 solar minimum. *Geophysical Research Letters*, 37(12). <https://doi.org/10.1029/2010gl043671>

³⁸ Danilov, A. D., Konstantinova, A. V. (2020). Long-Term Variations in the Parameters of the Middle and Upper Atmosphere and Ionosphere (Review). *Geomagnetizm i Aeronomiya [Geomagnetism and Aeronomy]*, 60; 397–420. <https://doi.org/10.1134/S0016793220040040>

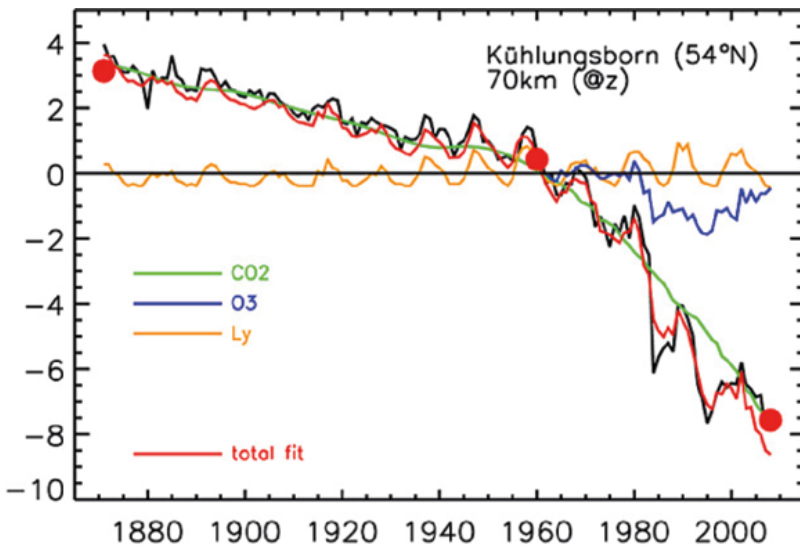
³⁹ Lübken, F.-J., Berger, U., & Baumgarten, G. (2013). Temperature trends in the midlatitude summer mesosphere. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(24), 13,347–13,360. <https://doi.org/10.1002/2013jd020576>

⁴⁰ Danilov, A. D., Konstantinova, A. V. (2020). Long-Term Variations in the Parameters of the Middle and Upper Atmosphere and Ionosphere (Review). *Geomagnetizm i Aeronomiya [Geomagnetism and Aeronomy]*, 60; 397–420. <https://doi.org/10.1134/S0016793220040040>

⁴¹ Pisoft, P., Sacha, P., Polvani, L. M., Añel, J. A., de la Torre, L., Eichinger, R., Foelsche, U., Huszar, P., Jacobi, C., Karlicky, J., Kuchar, A., Miksovsky, J., Zak, M., & Rieder, H. E. (2021). Stratospheric contraction caused by increasing greenhouse gases. *Environmental Research Letters*, 16, 064038. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abfe2b>

Խտության եւ ջերմաստիճանի նվազման հետ մեկտեղ արձանագրվել է մթնոլորտի քիմիական կազմի փոփոխություն, մասնավորապես՝ մթնոլորտի վերին հատվածում (թերմոսֆերա) թթվածնի կոնցենտրացիայի նվազում մինչև 60%-ով: Միջին լայնություններում 130 կմ

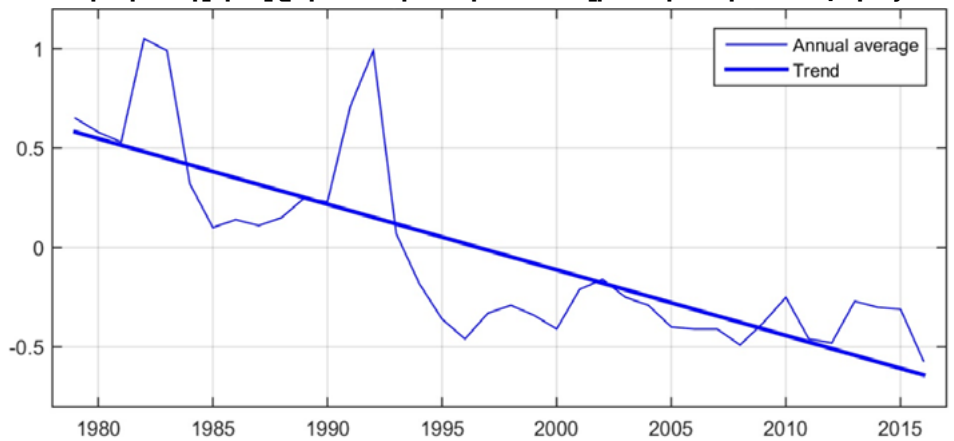
բարձրության վրա O2 - ի (մոլեկուլային թթվածնի) կոնցենտրացիան նվազել է 2-4 անգամ^{42, 43}: Բացի այդ, նկատվում է նաեւ մթնոլորտի վերին հատվածում ատոմային թթվածնի կոնցենտրացիայի նվազում:⁴⁴



Նկար 55

Մեզոսֆերայում ջերմաստիճանի անոմալիաներ: Մեզոսֆերայում ջերմաստիճանը իջել է մոտավորապես 5-7 K-ով ճնշման բարձրությունների վրա եւ Լույնիսկ ավելի (մինչև 10-12 K) երկրաչափական բարձրությունների վրա: Աղբյուրը՝ Lübken, F.-J., Berger, U., & Baumgarten, G. (2013). Temperature trends in the midlatitude summer mesosphere. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(24), 13,347–13,360. <https://doi.org/10.1002/2013jd020576>

Տարեկան գլոբալ ջերմաստիճանի անոմալիաներ ստրատոսֆերայում



Նկար 56

Տարեկան գլոբալ ջերմաստիճանի անոմալիաներ ստրատոսֆերայում: ՍԱԻ ջերմաստիճանի անոմալիաները (1981 - 2010 թվականների համեմատ) NOAA բեւեռային ուղեծրային արբանյակներից՝ ճշգրտված Fu et al. (2004): Աղբյուրը՝ www.ncdc.noaa.gov

Միջին եւ վերին մթնոլորտի բոլոր փոփոխությունները վկայում են Երկրի համակարգում գլոբալ փոփոխությունների գործընթացների մասին:

⁴²Givishvili, G. V. & Leshchenko, L. N. (2022). Long-term trend of the ionospheric E-layer response to solar flares. *Solnechno-Zemnaya Fizika [Solar-Terrestrial Physics]*, 8(1): 51–57. <https://doi.org/10.12737/szf-81202206>

⁴³Givishvili, G. V. & Leshchenko, L. N. (2022). On the causes of cooling and settling of the middle and upper atmosphere. *Izvestija. RAN. Fizika atmosfery i okeana. [News. Russian Academy of Sciences. Atmospheric and Ocean Physics]*, 58(5), 601-614. <https://doi.org/10.31857/S0002351522050042>

⁴⁴Danilov, A. D., & Konstantinova, A. V. (2014). Reduction of the atomic oxygen content in the upper atmosphere. *Geomagnetizm i Aeronomiya. [Geomagnetism and Aeronomy]*, 54(2), 224–229. <https://doi.org/10.1134/s0016793214020066>

ՄԱՍ 2

ՀԱՄԱՇԽԱՐՀԱՅԻՆ ԱՂԵՏԻ ՊԱՏՃԱՌՆԵՐԸ

Աշխարհում կլիմայական, մթնոլորտային եւ գեոդինամիկ աղետների նման արագ եւ հանկարծակի աճը վկայում է այն մասին, որ մարդածին գործոնի հետ միասին մեր մոլորակի ներսում հայտնվել է լրացուցիչ էներգիայի հսկայական քանակություն: Երկրի ընդերքի տակ կա բարդ թերմոդինամիկական համակարգ, որը գործում է միլիարդավոր տարիներ: Նրա կայունության շնորհիվ հնարավոր է կյանքը Երկրի վրա: Այնուամենայնիվ, ստորգետնյա շերտերից մեկի ցանկացած փոփոխությունն ազդում է ամբողջ համակարգի վրա, ներառյալ մակերեսային շերտը, որտեղ ապրում է մարդ Եակը:

ԵՐԿՐԻ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԸ

Երկրի մթնոլորտը

Էկզոսֆերա

Սա երկրագնդի մթնոլորտի ամենավերին շերտն է: Այն առանձնացնում է մթնոլորտը հաջորդ շերտից:

Թերմոսֆերա

Չափազանց տաք շերտ շատ բարձր ջերմաստիճաններով, քանի որ այն կլանում է արեգակնային ճառագայթման մեծ մասը:

Մեզոսֆերա

Մեզոսֆերան բաղկացած է նոսր օդից, որը պարունակում է փոքր քանակությամբ թթվածին և որոշ այլ գազեր:

Ստրատոսֆերա

Ներքևում սառը, ծանր օդով շերտ, իսկ վերելում՝ տաք օդով: Ստրատոսֆերան պարունակում է օզոնային շերտ: Այն պաշտպանում է մեզ կրեգակի ուլտրամանուշակագույն ճառագայթումից:

Տրոպոսֆերա

Երկրի մթնոլորտի ամենացածր շերտը: Այս շերտում տեղի են ունենում ամպերի ձևավորման գրեթե բոլոր գործընթացները և եղանակային երեւոյթները:

Երկրի կառուցվածքը

Լիտոսֆերա

Երկրի ամուր արտաքին թաղանթը՝ ներառյալ երկրակեղևը և վերին թիկնոցի մի մասը:

Ասթենոսֆերա

Լիտոսֆերայի տակ գտնվող ծայրաստիճան տաք գոտի, որը բաղկացած է մասամբ հալված ապարներից:

Թիկնոց

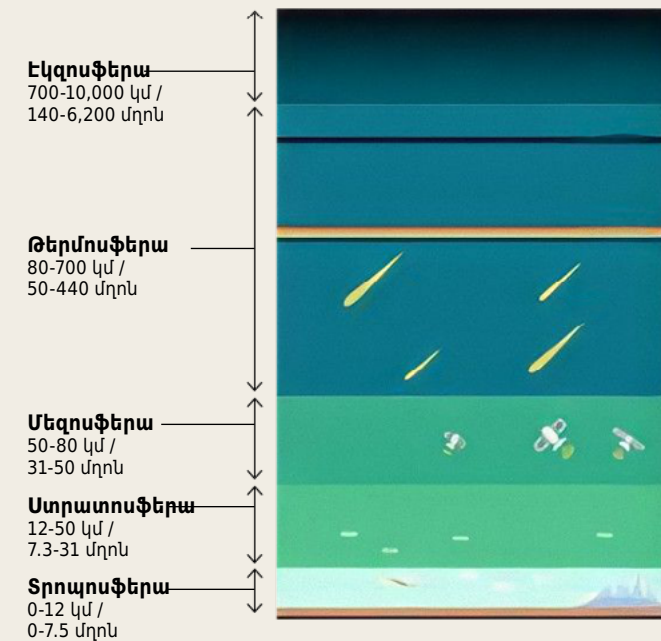
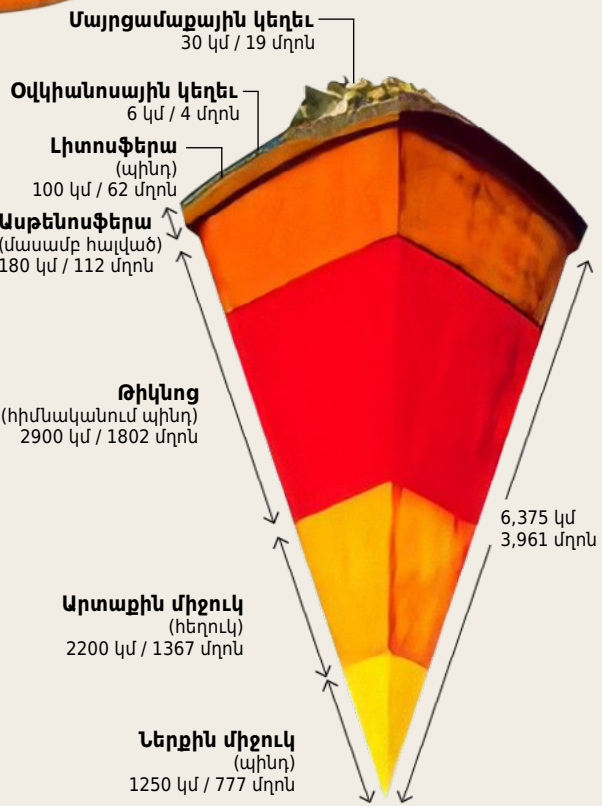
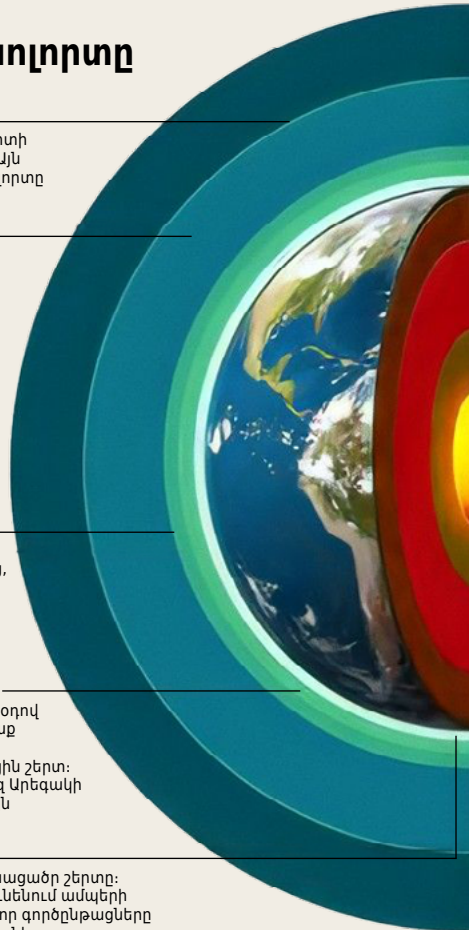
Վերին և ստորին թիկնոցները հիմնականում կազմված են կոշտ քարերից:

Արտաքին միջուկ

Հեղուկ շերտ, որը բաղկացած է հիմնականում մետաղներից, ինչպիսիք են երկաթը և նիկելը:

Ներքին միջուկ

Տաք, խիտ, կոշտ գնդիկ՝ բաղկացած երկաթից:



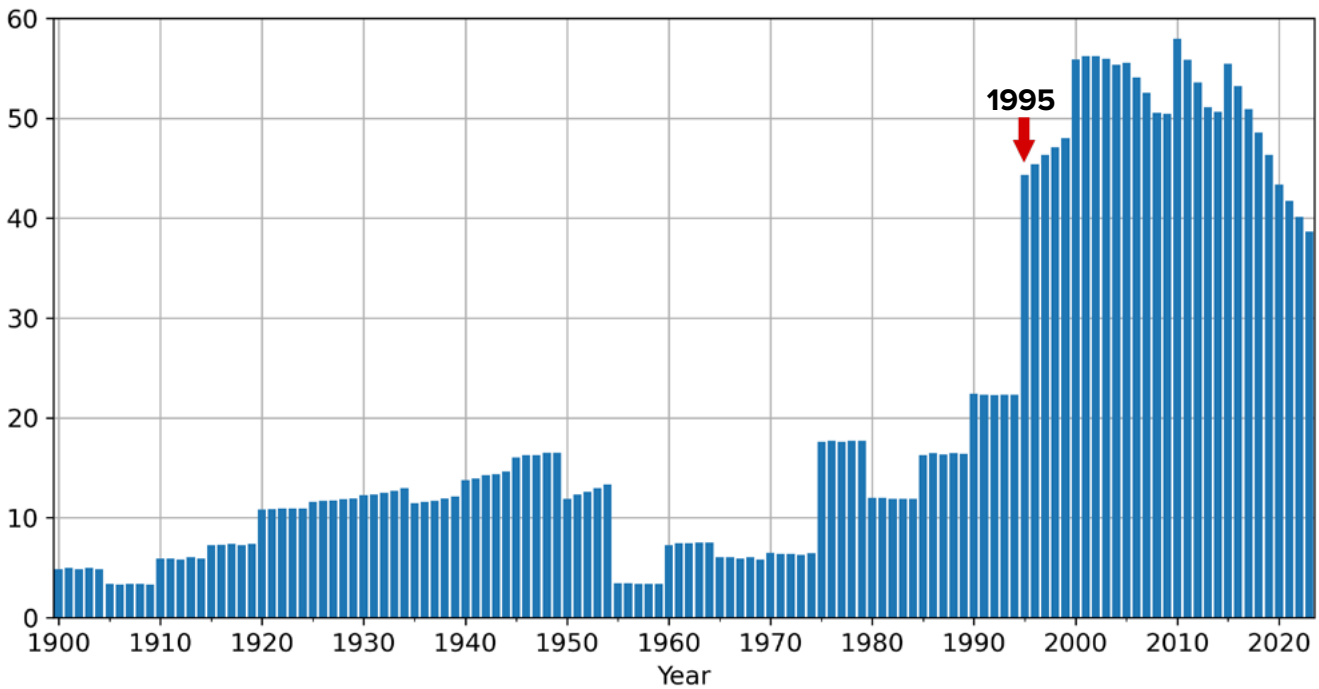
Փոփոխություններ մոլորակային մասշտաբով 1995 թ

Դիտարկենք Երկրի երկրաֆիզիկական եւ գեոդինամիկ պարամետրերի փոփոխությունները, որոնք տեղի են ունեցել 1995 թվականից ի վեր: Այդ տարի ամբողջ աշխարհի գիտական լաբորատորիաներն առանձին հայտնաբերում են մոլորակային տազնապալի անոմալիաներ:

Հյուսիսային մագնիսական բեւեռը, որը նախկինում անընդհատ շարժվում էր 10

կմ/տարի արագությամբ, անսպասելիորեն ավելացրեց իր արագությունը մինչեւ 55 կմ/տարի եւ փոխեց իր հետագիծը դեպի Սիբիր՝ Թայմիր թերակղզի (նկ. 57-58):⁴⁵ Ներկայումս հյուսիսային մագնիսական բեւեռը ավելի քան հազար կիլոմետրով շարժվել է դեպի Սիբիր: Մագնիսական բեւեռի նման ռեակտիվ շարժում չի գրանցվել վերջին 10000 տարվա ընթացքում:⁴⁶

Հյուսիսային մագնիսական բեւեռի շարժման արագություն (կմ/տարի)



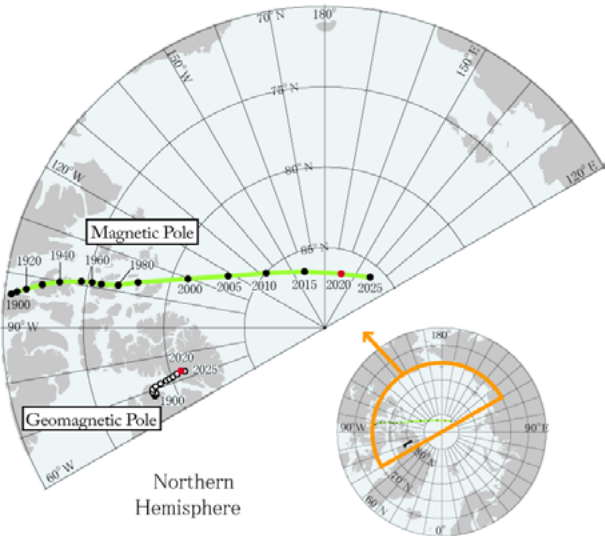
Նկար 57

Հյուսիսային մագնիսական բեւեռի դրեյֆի արագությունը, կմ/տարի:

NOAA-ի տվյալները Հյուսիսային մագնիսական բեւեռի դիրքի վերաբերյալ. <https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/data/poles/NP.xy>

⁴⁵ Дьяченко А. И. Магнитные полюса Земли. // М.: МЦНМО, 2003. 48 с.

⁴⁶ Андросова Н.К., Баранова Т.И., Семькина Д.В. Геологическое прошлое и настоящее магнитных полюсов земли. // Науки о Земле / Colloquium-journal, №5 (57), 2020. DOI:10.24411/2520-6990-2020-11388



Նկար 58

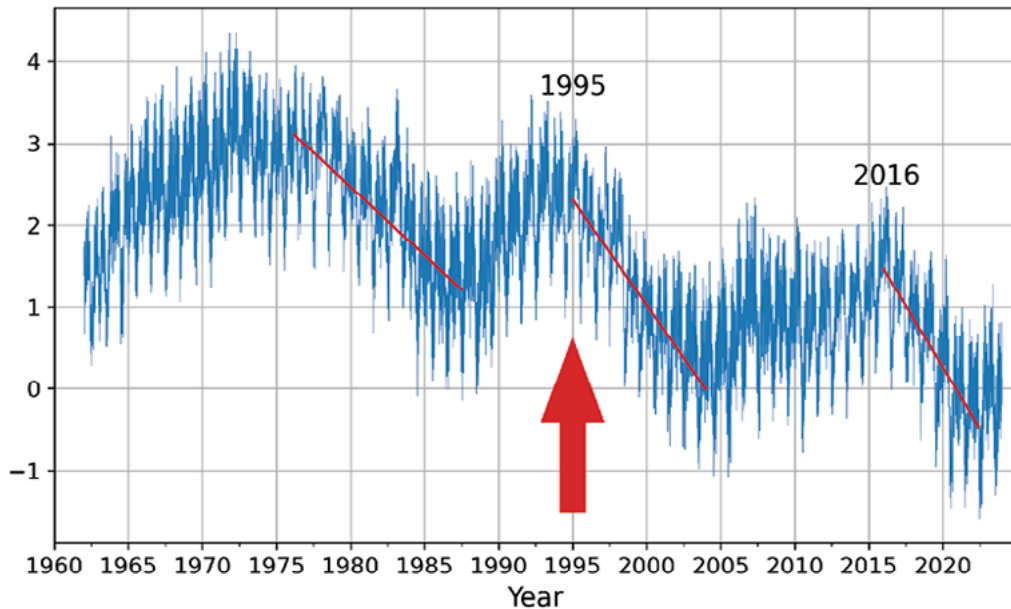
IGRF-13-ի վրա հիմնված գեոմագնիսական բեւեռների եւ մագնիսական բեւեռների գտնվելու վայրը 1900-ից մինչեւ 2015 թվականը 5 տարի եւ 2020 թվականը (կարմիր) եւ 2025 թվականը (կանխատեսում):
 Աղբյուր՝ World Data Center for Geomagnetism, Kyoto

1995 թվականին գրանցվել է Երկրի պտույտի խախտում՝ փոխվել է մոլորակի պտտման առանցքի ուղղությունը, իսկ

շարժման արագությունն աճել է 17 անգամ: Հետազոտությունների համաձայն՝ «մնացորդային բեւեռային շեղման բեկման կետը սահմանվել է 1995 թվականի հոկտեմբերին»⁴⁷.

Բացի այդ, մինչ գիտնականները նշում էին, որ Երկրի պտույտը դանդաղում է մինչեւ 1995 թվականը, նրա պտույտի արագացումը կտրուկ ցատկեց 1995 եւ 2016 թվականներին, ինչը անսահմանափակ էր դիտարկումների պատմության մեջ (Նկար 59): Փարիզի աստղադիտարանի Երկրի կողմնորոշման կենտրոնի տվյալների համաձայն՝ 1995 եւ 2016 թվականներին օրվա տեւողությունը սկսել է նվազել մի քանի միլիվայրկյանով, ինչը ցույց է տալիս, որ Երկիրը սովորականից ավելի արագ է պտտվում: Նկատի ունեցեք, որ օրվա տեւողությունը սահմանվում է որպես այն ժամանակը, երբ Երկրից պահանջվում է մեկ պտույտ կատարել իր առանցքի շուրջ:

Օրվա երկարության շեղումը 1962-ից մինչեւ 2023 թվականն ընկած ժամանակահատվածում՝



Նկար 59

Օրվա տեւողության շեղումը միլիվայրկյաններով 1962-ից մինչեւ 2023 թվականը: Գրաֆիկի կարմիր գծերը ներկայացնում են միտումների գծեր՝ ցույց տալով օրերի կրճատման արագությունը: Օրինակ, ծախ գիծը ավելի քիչ կտրուկ է, մինչդեռ աչ գիծը, որը ներկայացնում է 2016 թվականի արագացումը, գրեթե ուղղահայաց է, ինչը նշանակում է, որ օրերը զգալիորեն կրճատվում են, ինչը ցույց է տալիս մոլորակի ավելի արագ պտույտը:

Տվյալների աղբյուր՝ Փարիզի աստղադիտարանի IERS Երկրի կողմնորոշման կենտրոն:
 Օրվա տեւողությունը — Երկրի կողմնորոշման պարամետրեր.

https://datacenter.iers.org/singlePlot.php?plotname=EOPC04_14_62-NOW_IAU1980-LOD&id=223

⁴⁷Deng, S., Liu, S., Mo, X., Jiang, L., & Bauer-Gottwein, P. (2021). Polar Drift in the 1990s Explained by Terrestrial Water Storage Changes. *Geophysical Research Letters*, 48(7). <https://doi.org/10.1029/2020gl092114>

Այսպիսով, 1995 թվականին հանկարծակի եւ միաժամանակյա փոփոխությունն տեղի ունեցավ Երկրի երեք երկրաֆիզիկական պարամետրերում.

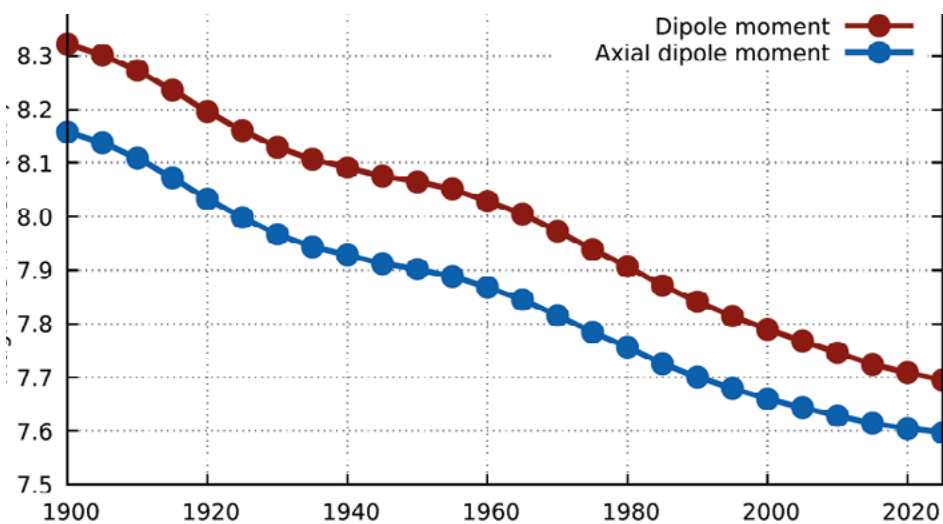
- Հյուսիսային մագնիսական բեւեռի շեղման արագացում
- Երկրի պտտման առանցքի ուղղության եւ արագացման փոփոխություն
- մոլորակի պտույտի արագացում

Այս պարամետրերից յուրաքանչյուրը փոխկապակցված է Երկրի միջուկի վիճակի հետ, այսինքն՝ մագնիսական դաշտը ստեղծվում է Երկրի միջուկում գտնվող գեոդինամոյի կողմից, եւ մոլորակի պտտման արագությունը եւ առանցքը կախված են Երկրի զանգվածների կենտրոնից (ներքին միջուկ): Այստեղից կարելի է եզրակացնել, որ 1995 թվականին Երկրի միջուկում սկսվել են էական ու անոմալ փոփոխություններ, որոնց ընթացքը պահանջում է հսկայական էներգիա:

Երկրի միջուկի այս փոփոխությունների հետ է կապված նաեւ մոլորակի մագնիսական

դաշտի թուլացումը, որը պաշտպանում է բոլոր կենդանի տեսակները մահացու տիեզերական եւ արեւային ճառագայթումից: Գիտնականները մտահոգված են գեոմագնիսական դաշտում տեղի ունեցող փոփոխություններով: Վերջին 50 տարում դրա ինտենսիվության կտրուկ անկում է գրանցվել,⁴⁸ այսինքն՝ այն թուլանում է, եւ, ըստ կանխատեսումների, այս միտումը կշարունակվի (Նկար 60): Անցած հարյուրամյակի ընթացքում մագնիսական դաշտի ինտենսիվությունը նվազել է 10-15%-ով, իսկ վերջին տարիներին այդ գործընթացը նկատելիորեն արագացել է: Ընդ որում, խոսքը վերջին 12000-13000 տարվա ընթացքում ամենամեծ թուլացման մասին է: Մոլորակի վրա մագնիսական դաշտի թուլացումը տեղի է ունենում անհավասարաչափ: Կան գոտիներ, որտեղ մագնիսական դաշտը թուլացել է 30%-ով: Դա տեղի է ունենում Ատլանտյան օվկիանոսի հարավային մասում եւ Հարավային Ամերիկայում՝ Հարավային Ատլանտյան անոմալիա կոչվող տարածքում:

Երկրի դիպոլային մագնիսական պահի մեծությունը 1900-2020 թվականներին



Նկար 60

Երկրի դիպոլային մագնիսական պահի մեծությունը 1900-ից մինչեւ 2020 թվականը: Գրաֆիկը ցույց է տալիս, թե ինչպես է Երկրի դիպոլային մագնիսական դաշտի ուժգնությունը նվազել 1900 թվականից ի վեր եւ ինչպես է կանխատեսվում դրա հետագա նվազումը: Կարմիր գույնը ցույց է տալիս, որ այս նվազման միտումը շարունակվել է մինչեւ 2020 թվականը եւ ակնկալվում է, որ այն կշարունակվի մինչեւ 2025 թվականը:

Աղբյուր՝ Alken, P., Thébault, E., Beggan, C.D. et al. (2021). International Geomagnetic Reference Field: the thirteenth generation. Earth Planets Space 73, 49. <https://doi.org/10.1186/s40623-020-01288-x>

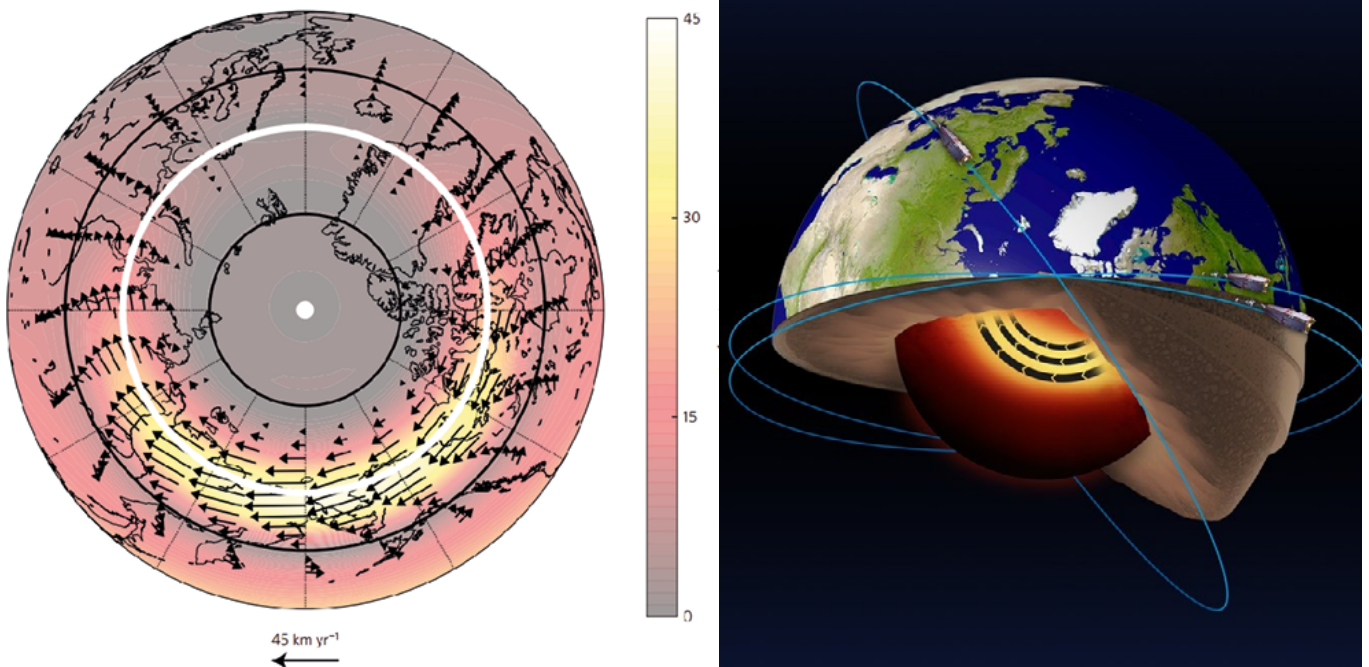
⁴⁸ Тарасов Л.В. Земной магнетизм: Учебное пособие // Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2012. - 184 с.
Channell, J. E. T., & Vigliotti, L. (2019). The role of geomagnetic field intensity in Late Quaternary evolution of humans and large mammals. Reviews of Geophysics, 57 <https://doi.org/10.1029/2018RG000629>

Նման եզրակացության են եկել դանիացի գիտնականները՝ վերլուծելով դանիական «Օրստեդ» արբանյակից ստացված Երկրի մագնիսական դաշտի դիտարկումների արդյունքները: Ատլանտյան օվկիանոսի հարավային մասում եւ Արկտիկայում նրանք հայտնաբերել են մագնիսական դաշտի անոմալ ցածր ինտենսիվությամբ գոտիներ, որոնք նրանք անվանել են «մագնիսական անցքեր»: Գիտնականները կարծում են, որ նման «անցքերի» առկայությունը վտանգ է ներկայացնում արբանյակների, ինքնաթիռների եւ նավերի վրա նավիգացիոն սարքավորումների շահագործման համար, առաջացնում է ռադիոկապի խաթարում, չվող թռչունների կողմից կողմնորոշման կորուստ եւ շատ այլ խնդիրներ, նույնիսկ ավելի սարսափելի եւ անկանխատեսելի, ինչպիսին է, օրինակ, քաղցկեղի աճը, քանի որ «մագնիսական անցքերի» գոտիներում Երկիրը եւ նրա վրա

ապրող ամեն ինչ անպաշտպան է դառնում տիեզերական ճառագայթումից:

Վերջին մի քանի տարիներին, հատկապես ակտիվորեն 2023 թվականից ի վեր, նկատվում է մագնիսական դաշտի թուլացման հետեւանքների անոմալ դրսեւորում: Կարմիր բեւեռափայլերը գրանցվում են Երկրի ոչ բնորոշ շրջաններում եւ նույնիսկ այն վայրերում, որտեղ նրանք նախկինում երբեք չեն եղել:

Համաձայն ներկայիս տեսության՝ մոլորակի պինդ միջուկի շուրջ շարժվող հալած երկաթի հոսքերն են ձեւավորում մագնիսական դաշտը: 2013 թվականին Լիդսի համալսարանի գիտնականները պարզեցին, որ մագնիսական դաշտի այս բոլոր փոփոխությունները սկսել են տեղի ունենալ Երկրի արտաքին միջուկում հեղուկ երկաթի հոսքի արագացման պատճառով:⁴⁹ (Նկար 61), ինչը, հավանական է, որ սկսվել է 1995թ.



Նկար 61

ESA Swarm արբանյակային տվյալների վերլուծությունը պարզել է Երկրի միջուկի հեղուկ երկաթի հատվածում մակերեւույթից 3000 կմ խորության վրա ռեակտիվ հոսքի առկայությունը, ինչպես նաեւ, որ այս ռեակտիվ հոսքը արագանում է: Աղբյուր՝ ESA
 Livermore, P. W., Hollerbach, R., & Finlay, C. C. (2017). An accelerating high-latitude jet in Earth's core. *Nature Geoscience*, 10, 62–68.
<https://doi.org/10.1038/ngeo2859>

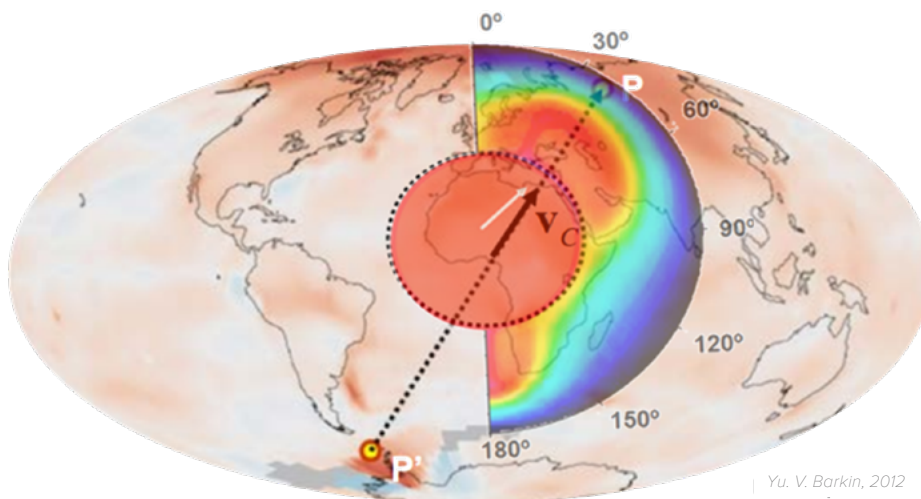
⁴⁹Livermore, P. W., Hollerbach, R., & Finlay, C. C. (2017). An accelerating high-latitude jet in Earth's core. *Nature Geoscience*, 10, 62–68.
<https://doi.org/10.1038/ngeo2859>

Երկրի միջուկի ցատկը 1998 թվականին

1997-1998 թվականներին, արբանյակային տվյալների միջոցով ուսումնասիրելով Երկրի զանգվածների կենտրոնը, գիտնականները գրանցեցին անսահադեպ երեւոյթ՝ Երկրի ներքին միջուկի տեղաշարժը:⁵⁰ Արդյունքում, մոլորակի միջուկը շարժվեց դեպի հյուսիս՝ Արեւմտյան Անտարկտիդայից մինչեւ Արեւմտյան Սիբիր ձգվող գծի երկայնքով, դեպի Թայմիր թերակղզի, Ռուսաստան: (Նկար 62):

Միեւնույն ժամանակ, չորս տարբեր հետազոտական թիմեր առանձին արձանագրել են անոմալ փոփոխությունները Երկրի տարբեր երկրաֆիզիկական պարամետրերում, ինչը վկայում է այս իրադարձության մասին: Արբանյակային տվյալների համաձայն՝ Մոսկվայի պետական համալսարանի եւ Ռուսաստանի գիտությունների ակադեմիայի

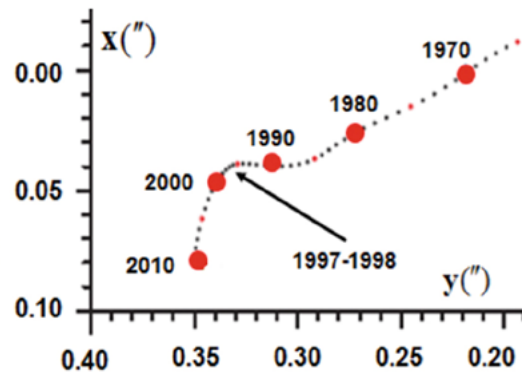
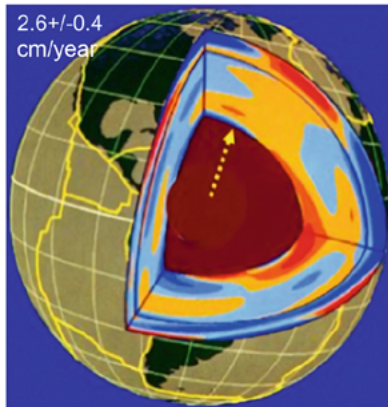
Երկրի ֆիզիկայի ինստիտուտի հեղինակների խումբը Երկրի զանգվածների կենտրոնում տեղաշարժ է գրանցել 1998թ.-ին:⁵¹ (Նկար 63): Նույն ժամանակահատվածում Երկրի պտույտի միջազգային ծառայությունը (IERS) արձանագրել է մոլորակի պտույտի կտրուկ արագացում (Նկար 64): Միեւնույն ժամանակ, Իտալիայի Medicina կայանում գիտնականները գրանցել են ձգողության ուժի հանկարծակի թռիչք:⁵² (Նկար 65): Միաժամանակ նկատվել է Երկրի ձեւի կտրուկ փոփոխություն⁵³ (Նկար 66), ինչը գրանցվել է ԱՄՆ արբանյակների լազերային հեռաչափական համակարգի միջոցով: Մոլորակը սկսել է անոմալ ընդլայնվել հասարակածի շրջանում, թեեւ նախկինում միտումը հակառակն էր:



Նկար 62

Միջուկի տեղաշարժը 1997-1998 թվականներին եւ ջերմային ալիքները մագմայում, որոնք առաջացել են միջուկի տեղաշարժից: (Բարկին, Յու. Վ.)
Քարտեզը պատկերում է ներքին միջուկի տեղաշարժի վեկտորը Արեւմտյան Անտարկտիդայից մինչեւ Արեւմտյան Սիբիր՝ դեպի Թայմիր թերակղզի: Սխեման արված է մթնոլորտային ջերմային անոմալիաների քարտեզի վրա:
Աղբյուր. Геофизические следствия относительных смещений и колебаний ядра и мантии Земли. Презентация Ю.В. Баркина, Москва, ИФЗ, ОМТС. 16 сентября 2014 года.

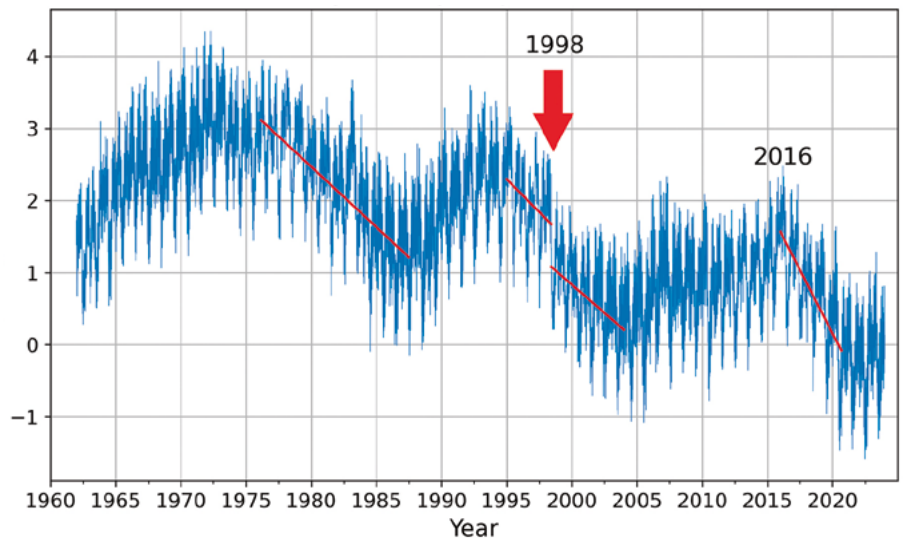
⁵⁰ Баркин Ю.В. Синхронные скачки активности природных планетарных процессов в 1997-1998 гг. и их единый механизм. // Геология морей и океанов: Материалы XIX Международной научной конференции по морской геологии. — ГЕОС Москва, том 5, с. 28-32, 2011
Smolkov, G. Ya. (2018). Exposure of the solar system and the earth to external influences. Physics & Astronomy International Journal, 2(4), 310–321. <https://doi.org/10.15406/paij.2018.02.00104>
⁵¹ Зотов Л.В., Баркин Ю.В., Любушин А.А. Движение геоцентра и его геодинамика. Тр. конф. «Космическая геодинамика и моделирование глобальных геодинамических процессов». // Новосибирск, 22–26 сентября, 2009 г., Сибирское отделение РАН. Новосибирск, Гео, 2009, сс. 98–101.
⁵² Romagnoli, C., Zerbin, S., Lago, L., Richter, B., Simon, D., Domenichini, F., Elmi, C., & Ghirotti, M. (2003). Influence of soil consolidation and thermal expansion effects on height and gravity variations. Journal of Geodynamics 35(4-5), 521–539. [https://doi.org/10.1016/S0264-3707\(03\)00012-7](https://doi.org/10.1016/S0264-3707(03)00012-7)
⁵³ Cox, C., & Chao, B. F. (2002). Detection of a large-scale mass redistribution in the terrestrial system since 1998. Science, 297(5582), 831–833. <https://doi.org/10.1126/science.1072188>



Նկար 63

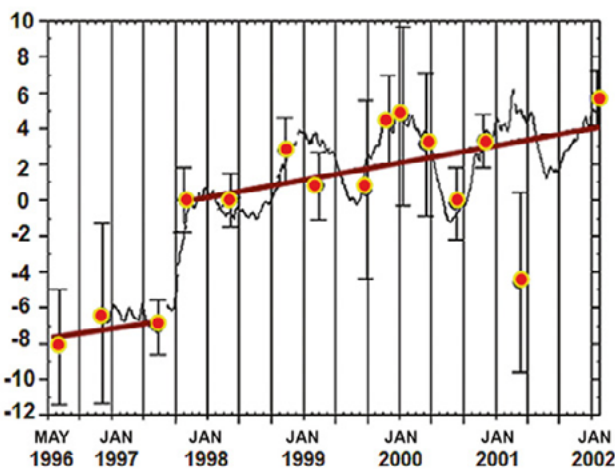
Երկրի ներքին կառուցվածքը; Երկրի զանգվածների կենտրոնի դարավոր տեղաշարժի ուղղությունը եւ նրա բեւեռի հետագիծը Երկրի մակերեսով 1990-2010 թվականներին՝ 1997-1998 թվականներին գրեթե 90 աստիճանի շրջադարձով դեպի Թայմիր թերակղզի (Բարկին Յու.Վ., Կլիգե Ռ.Կ., 2012)
 Աղբյուր՝ Смольков // Гелиогеофизические исследования. Выпуск 25, 14 - 29, 2020. <http://vestnik.geospace.ru/index.php?id=569> (дата доступа: 01.02.2024)
 Источник графика: Баркин Ю.В., Клиге Р.К., 2012.

Օրվա երկարության շեղումը 1962-ից մինչև 2023 թվականն ընկած ժամանակահատվածում միլիվայրկյաններով



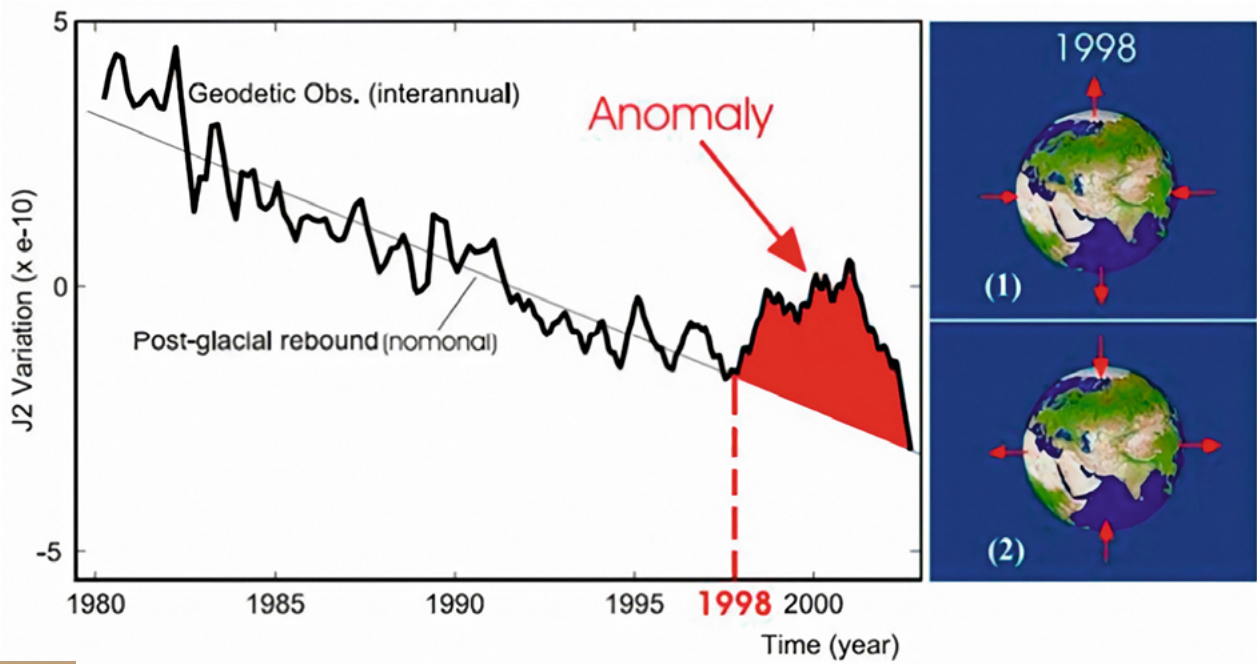
Նկար 64

1998 թվականին Երկրի պտույտի եւ տեղեկատու համակարգերի միջազգային ծառայությունը (IERS) արձանագրեց Երկրի պտույտի կտրուկ արագացում:
 Տվյալների աղբյուր՝ Երկրի կողմնորոշման կենտրոն, Փարիզի աստղադիտարան:(IERS Earth Orientation Center of the Paris Observatory).
 Օրվա տեղողությունը - Երկրի կողմնորոշման պարամետրեր. https://datacenter.iers.org/singlePlot.php?plotname=EOP-C04_14_62-NOW_IAU1980-LOD&id=223



Նկար 65

Իտալիայի Մեդիչինա քաղաքի ծանրաչափական կայանը 1997-1998 թվականներին գրանցել է Երկրի ծանրության ուժի հանկարծակի թռիչք:
 Աղբյուր՝ Romagnoli, C., Zerbini, S., Lago, L., Richter, B., Simon, D., Domenichini, F., Elmi, C., & Ghirotti, M. (2003). Influence of soil consolidation and thermal expansion effects on height and gravity variations. *Journal of Geodynamics*, 35(4-5), 521-539.
[https://doi.org/10.1016/s0264-3707\(03\)00012-7](https://doi.org/10.1016/s0264-3707(03)00012-7)



Նկար 66

1998-ին ֆրանսիական արբանյակի վրա տեղակայված ինտեգրված Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite (DORIS) լազերային հեռաչափ համակարգի կողմից ստացված տվյալների համաձայն, նկատվել է Երկրի ձեւի կտրուկ փոփոխություն՝ այն ընդլայնվել է ծավալի մեջ:
 Աղբյուր՝ Cox, C., & Chao, B. F. (2002). Detection of a large-scale mass redistribution in the terrestrial system since 1998. *Science*, 297(5582), 831-833. <https://doi.org/10.1126/science.1072188>

Ըստ ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր Յուրի Բարկինի, տեխնիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր Գենադի Սմոլկովի⁵⁴, աշխարհագրական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր Միխայիլ Առուշանովի⁵⁵, Ռուսաստանի գիտությունների ակադեմիայի ակադեմիկոս Եւ Մոսկվայի Լոմոնոսովի անվան պետական համալսարանի վաստակավոր պրոֆեսոր, երկրաբանական Եւ հանքաբանական

գիտությունների դոկտոր Վիկտոր Խայինի⁵⁶Եւ շատ այլ հետազոտողների միջուկի տեղաշարժը հանգեցրել է փոփոխությունների Երկրի բոլոր թաղանթներում:
 Երկրի միջուկի զգալի տեղաշարժը, որն իր չափերով համեմատելի է Լուսնի հետ, հարց է բարձրացնում այն ազդեցության կամ ուժերի բնույթի Եւ մասշտաբների մասին, որոնք կարող են նման փոփոխություններ առաջացնել մոլորակի ներքին կառուցվածքում:

⁵⁴Скачкообразные изменения трендов геодинамических и геофизических явлений в 1997-1998 гг. Авторы: Баркин Ю.В., Смольков Г.Я. Всероссийская конференция по солнечно-земной физике, посвящённая 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова (16 – 21 сентября 2013, г. Иркутск), г. Иркутск, 2013.
⁵⁵Арушанов М.Л. Причины изменения климата земли, как результат космического воздействия, развеивающее миф об антропогенном глобальном потеплении. *Deutsche Internationale Zeitschrift Für Zeitgenössische Wissenschaft*, 53, сс. 4–14. 2013. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7795979>
⁵⁶Khalilov, E. (Ed.). (2010). *Global changes of the environment: Threatening the progress of civilization*. GEOCHANGE: Problems of Global Changes of the Geological Environment, 1, London, ISSN 2218-5798.

Գեոդինամիկ եւ կլիմայական գործընթացների փոխկապակցվածությունը

Ամփոփելով վերը նշված փաստերը՝ կարելի է ասել, որ վերջին մի քանի տասնամյակների ընթացքում Երկրի տարբեր թաղանթներում սկսել են տեղի ունենալ հետեւյալ անոմալ փոփոխությունները.

1. Մոլորակի երկրաֆիզիկական պարամետրերի փոփոխություն

Երկրի պտույտի անսորմալ արագացում 1995 թվականից ի վեր:

Մոլորակի պտտման առանցքի շարժման կտրուկ տեղաշարժը եւ արագացումը 1995 թ.:

2. Երկրի միջուկի գեոմագնիսական պարամետրերի փոփոխություն

Հյուսիսային մագնիսական բեւեռի շեղման հանկարծակի արագացումը 1995 թ. ի վեր; մագնիսական դաշտի ինտենսիվության նվազում; մագնիսական անոմալիաների տարածքի ավելացում:

3. Միջուկ

Արտաքին միջուկում հեղուկ երկաթի հոսքի արագացում սկսած 1995 թվականից: 1997-1998 թվականներին ներքին միջուկի կտրուկ տեղաշարժ Արեւմտյան Անտարկտիդայից դեպի Արեւմտյան Սիբիր գծի երկայնքով՝ դեպի Թայմիր թերակղզի:

4. Թիկնոց

1995 թվականից ի վեր 300-ից 750 կմ խորություններում խորը կիզակետով երկրաշարժերի կտրուկ աճ:

5. Լիտոսֆերա

1995 թվականից սեյսմիկ ակտիվության աճ; երկրաշարժերի առաջացում այն շրջաններում, որտեղ դրանք նախկինում երբեք չեն գրանցվել:

Անոմալ հրաբխային եւ մագմատիկ ակտիվություն; ժայթքող լավայի կազմի փոփոխություններ:

Սառցադաշտերի արագացված հալչում ներքեւից դեպի վերեւ՝ 1995 թվականից ի վեր, ներսից եկող ջերմության բարձրացման պատճառով, մագմայի փետուրների վերելում:

6. Օվկիանոս

Օվկիանոսի մակերեւույթի ջերմաստիճանի եւ օվկիանոսի ջրի գոլորշիացման աննախադեպ աճ:

7. Մթնոլորտ

Ստրատոսֆերայի եւ մեզոսֆերայի սառեցում; թերմոսֆերայի նոսրացում; մթնոլորտի տարբեր շերտերում ատոմային եւ մոլեկուլային թթվածնի կոնցենտրացիաների նվազում: Տրոպոսֆերայում օդի գլոբալ ջերմաստիճանի բարձրացում:

Փոթորիկների, ջրհեղեղների, անտառային հրդեհների, երաշտների եւ տորնադոների հզորության եւ քանակի ծայրահեղ աճ:

Այս գեկույցը ներկայացնում է մոդել, որը ցույց է տալիս գեոդինամիկ եւ կլիմայական գործընթացների փոխազդեցությունը: Մոդելը մշակվել է պարզաբանելու համար Երկրի բոլոր շերտերում հավասարակշռության միաժամանակյա խախտումը եւ մոլորակի գեոդինամիկայի մեջ անոմալիաների առաջացումը: Այս երեւույթն ուղեկցվում է Երկրի մակերեւույթի վրա ծայրահեղ կլիմայական իրադարձությունների հաճախականությամբ: Մոդելի էական կողմն ընդգծում է այս գործընթացների կապը մարդկային գործունեության սպառնալիքի հետ:

Հավանական է, որ միջուկը ներկայումս անհավասարակշռության մեջ է եւ տաքանում է, ինչը արտահայտվում է արտաքին միջուկում հեղուկ երկաթի հոսքի արագացմամբ 1995 թվականին եւ ներքին միջուկի թռիչքով 1998 թվականին: Հենց արտաքին միջուկում հեղուկ երկաթի հոսքի արագացման արդյունքում է, որ հյուսիսային մագնիսական բեւեռը սկսել է կտրուկ տեղաշարժվել:

Ըստ վարկածի՝ միջուկի տեղաշարժի պատճառով մոլորակի պտույտը արագանում է, նրա կենտրոնախույս ուժն ու դեֆորմացիան մեծանում են հասարակածի երկայնքով: Կենտրոնախույս ուժի ավելացման պատճառով թիկնոցում մագման սկսում է կտրուկ բարձրանալ դեպի Երկրի մակերես՝ սովորականից ավելի քայքայելով եւ տաքացնելով լիթոսֆերան ներսից: Օվկիանոսային երկրակեղեղը ավելի բարակ է, ուստի այն ավելի խոցելի է բարձրացող մագմայի ճնշման նկատմամբ: Ենթադրաբար, մագմայի ներխուժումը տեղի է ունենում օվկիանոսի հատակով ամենուրեք: Աճում է

օվկիանոսի ջրերի ջերմային պարունակությունը, հայտնվում են ծովի ջրի բարձր ջերմաստիճանով անոմալ տարածքներ:

Ենթադրվում է, որ դա մագմայի բարձրացումն է, որը հանգեցնում է ընդերքից երկրաջերմային հոսքի ավելացմանը, արեւմտյան Անտարկտիդայի եւ Կենտրոնական Գրենլանդիայի սառցադաշտերի տակ գտնվող մագմատիկ փետուրների բարձրացմանը, ինչը արագացնում է սառցադաշտերի հալչումը ներքեւից դեպի վերեւ՝ ջերմոցային գազերի արտանետումների հետ միասին: Արեւմտյան Սիբիրում եւ բարակ երկրակեղեղ ունեցող այլ շրջաններում ստորերկրյա ջրերի ջերմաստիճանը բարձրանում է: Ակնհայտ է, որ մագմայի բարձրացումը առաջացնում է հրաբխային, սեյսմիկ եւ տեկտոնական գործընթացների ակտիվացում եւ, հավանաբար, մեծացնում է կլիմայական աղետալի իրադարձությունների հաճախականությունն ու մասշտաբները, ինչպիսիք են անոմալ տեղումները, փոթորիկների, ջրհեղեղների եւ հրդեհների աճը:

Ըստ մոդելի՝ միջուկի փոփոխությունների արդյունքում մագնիսական դաշտն ինտենսիվորեն թուլանում է, եւ դա հանգեցնում է մթնոլորտի վերին թաղանթների փոփոխությունների, դրա նոսրացման եւ սառեցման, թթվածնի կոնցենտրացիայի նվազման՝ արեւային քամու ավելի ինտենսիվ ներթափանցման պատճառով: Այս գործոններն իրենց հերթին, ամենայն հավանականությամբ, դրսեւորվում են անոմալ, անտիպ բեւեռափայլերով:

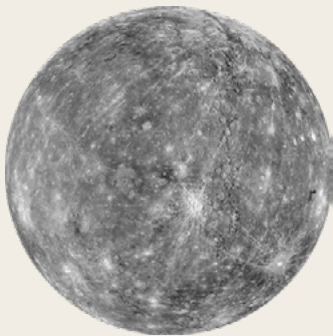
Փոփոխություններ Արեգակնային համակարգի այլ մոլորակների վրա

Դիտարկումների համաձայն՝ Արեգակնային համակարգի այլ մոլորակների վրա, նույնիսկ «մեռած» մոլորակների վրա, դրանց ընդերքում սկսել են տեղի ունենալ երկրի հետ համաժամանակյա նույն գործընթացները՝ առաջ են եկել հրաբխային ակտիվության, սեյսմիկ ակտիվության, ինչպես նաև մագնիսական անոմալիաների առաջացում: Ըստ այս զեկույցում նկարագրված վարկածի, դա կարող է տեղի ունենալ միայն Արեգակնային համակարգի մոլորակների միջուկներում նմանատիպ փոփոխությունների դեպքում, ինչպես դա տեղի է ունենում երկրի վրա:

Ինչպես նշվեց ավելի վաղ, լրացուցիչ էներգիայի հսկայական ծավալներ են պահանջվում ներքին միջուկի դիրքը փոխելու եւ արտաքին միջուկում երկաթի

հոսքը արագացնելու համար: Այս էներգիան, հավանաբար, սկսել է զգալի քանակությամբ երկրի համակարգ մտնել 1995 թվականին: Այսպիսով, Արեգակնային համակարգի այլ մոլորակների համաժամանակյա փոփոխությունները հուշում են, որ գոյություն ունի արտաքին տիեզերական ազդեցություն, որն ազդում է մոլորակների միջուկների վրա:

Ստորել բերված ինֆորմացիկ պատկերները ցույց են տալիս Արեգակնային համակարգի մոլորակների եւ նրանց արբանյակների վրա վերջին տասնամյակների ընթացքում տեղի ունեցած համաժամանակյա փոփոխությունները: Այս տեղեկատվությունը հաստատելու եւ լրացնելու համար ստորել տրամադրվում են համապատասխան գիտական աղբյուրների հղումները՝



ՄԵՐԿՈՒՐԻ

2011-ից
2015 թթ

ՄԵՐԿՈՒՐԻԻ ՄԱԿԵՐԵԻՈՒՅԹԻ 19 ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ԷՆԴՈԳԵՆ ԳՈՐԾՈՒՆԵՈՒԹՅԱՆ ՊԱՏՃԱՌՈՎ
[DOI: 10.1029/2022GL100783](https://doi.org/10.1029/2022GL100783)



ՎԵՆԵՐԱ

2006-
2012 թթ

ՔԱՄԻՆԵՐԻ ԱՎԵԼԱՑՈՒՄ
[DOI: 10.1016/j.icarus.2013.05.018](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2013.05.018)

2006-
2009 թթ

ՀԱՅՏՆԱԲԵՐՎԵԼ ԵՆ ՄԱԳՄԱՏԻԿ ԹԵԺ ԿԵՏԵՐ
[DOI: 10.1126/science.1186785](https://doi.org/10.1126/science.1186785)

2012-ից մինչև
2018 թթ

ՀՐԱԲԽԱՅԻՆ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅՈՒՆԸ ՄԵԾԱՆՈՒՄ Ե
[DOI: 10.1051/0004-6361/201833511](https://doi.org/10.1051/0004-6361/201833511)

2020 թ

ՀԵՏԱՉՈՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ 2020 Թ ՀԱՍՏԱՏԵՑԻՆ, ՈՐ ՎԵՆԵՐԱՆ ԱՅԺՄ ՀՐԱԲԽԱՅԻՆ ԱԿՏԻՎ Ե
[DOI: 10.1126/sciadv.aax7445](https://doi.org/10.1126/sciadv.aax7445)
[DOI: 10.3847/PSJ/ab8faf](https://doi.org/10.3847/PSJ/ab8faf)
[DOI: 10.1038/s41550-020-1174-4](https://doi.org/10.1038/s41550-020-1174-4)



ԵՐԿՐԻ

- 1995 թ** ՀՅՈՒՄԻՍԱՅԻՆ ՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ԲԵԲԵՈՒ ԱՐԱԳԱՑՎԱԾ ՇԵՂՈՒՄ
[DOI: 10.19080/IJESNR.2022.29.556271](https://doi.org/10.19080/IJESNR.2022.29.556271)
- 1995 թ** ՓՈԹՈՐԻԿՆԵՐԻ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅՈՒՆԸ ՉԳԱԼԻՈՐԵՆ ԱՃԵԼ Է ԱՏԼԱՆՏՅԱՆ ՕԿԿԻԱՆՈՍՈՒՄ
[DOI: 10.1038/nature06422](https://doi.org/10.1038/nature06422)
- 1997 թ** (ՓԵՏՐՎԱՐԻ 28-ԻՆ՝ M7 ԵՒ ՄԱՅԻՍԻ 10-ԻՆ՝ M6) ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԵՐ ԻՐԱՆՈՒՄ, ԱՎԵԼԻ ՔԱՆ 2600 ՉՈՀ.
- 1998 թ** (ՓԵՏՐՎԱՐԻ 4-ԻՆ ԵՒ ՄԱՅԻՍԻ 30-ԻՆ) ԱՖՐԱՆՍԱՆՈՒՄ ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԵՐԻ ՉՈՀԵՐԻ ԹԻՎԸ ԳԵՐԱՉԱՆՑԵԼ Է 7000-Ը.
- 1998 թ** ԲԱՆԳԼԱԴԵՇԻ ՊԱՏՄՈՒԹՅԱՆ ՄԵՋ ԱՄԵՆԱՍԱՐՍԱՓԵԼԻ ՋՐՀԵՂԵՂԸ՝ ԵՐԿՐԻ 65 ՏՈԿՈՍԸ ՀԵՂՎԱԾ Է ՋՐՈՎ
- 1998 թ** ՄԱԼՊԱՅԻ ՍՈՂԱՆՔ, ՀՆԴԿԱՍՏԱՆ
- 26.05.1998թ** ՀՆԴԿԱՍՏԱՆՈՒՄ ՇՈԳԸ ՀԱՍԵԼ Է 50°C-Ի
- 30.05.1998թ** 7 ԲԱԼ ՈՒԺԳՆՈՒԹՅԱՄԲ ԵՐԿՐԱՇԱՐԺ ԱՖՐԱՆՍԱՆՈՒՄ
- 17.07.1998թ** 7 ԲԱԼ ՈՒԺԳՆՈՒԹՅԱՄԲ ԵՐԿՐԱՇԱՐԺ ԵՒ 15 ՄԵՏՐ ՑՈՒՆԱՄԻ ՊԱՊՈՒՄ ՆՈՐ ԳԿԻՆԵԱ
<https://pubs.usgs.gov/publication/70022643>
- 1998 թվականի հուլիս** ՉԻՆԱՍՏԱՆՈՒՄ ՀՈՐՂԱՌԱՏ ԱՆՁՐԵԼԵՐԸ ՈՉՆՉԱՑՐԵԼ ԵՆ 2,9 ՄԻԼԻՈՆ ՏՈՒՆ ԵՒ ԱՎԵԼԻ ՔԱՆ 9 ՄԻԼԻՈՆ ՀԵԿՏԱՐ ԲԵՐՔ.
https://earth.esa.int/web/earth-watching/natural-disasters/floods/content/-/asset_publisher/zaop2UJoYKv/content/flood-yangtze-china-july-1998/
- 1997-1998 թթ** ՄՈԼՈՐԱԿԻ ՄԻՋՈՒԿԻ ՏԵՂԱՇԱՐԺ
Չոստով Լ.Վ., Բարկին ՅոՆ.Վ., Լյոբբոլշին Ա.Ա. (2009)
- 1998 թ** -ԻՑ ԵՐԿՐԻ ՁԵԻԻ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆ (ԳՈՐԾԱԿԻՑ J2)
[DOI: 10.1126/science.1072188](https://doi.org/10.1126/science.1072188)
- 2004 թ** ՑՈՒՆԱՄԻ ԻՆՂՈՆԵՉԻԱՅՈՒՄ
[DOI:10.1785/gssrl.76.3.312](https://doi.org/10.1785/gssrl.76.3.312) ԵՎ [DOI:10.1186/s40562-014-0015-7](https://doi.org/10.1186/s40562-014-0015-7)
- 2005 թ** ՓՈԹՈՐԻԿՆԵՐԻ ՍԵՉՈՆ ՑԻԿԼՈՆՆԵՐԻ ԱՄԵՆԱԲԱՐՁՐ ԿՈՒՏԱԿՎԱԾ ԷՆԵՐԳԻԱՅԻ ԻՆՂԵՔՍՈՎ
[DOI:10.1175/2007MWR2074.1](https://doi.org/10.1175/2007MWR2074.1)
- 2005 թ** ԿԱՏՐԻՆԱ ՓՈԹՈՐԻԿԸ
[DOI:10.1257/jep.22.4.135](https://doi.org/10.1257/jep.22.4.135)
- 2008 թ** ԵՐԿՐԱՇԱՐԺ ՉԻՆԱՍՏԱՆՈՒՄ
[DOI:10.19044/esj.2023.v19n13p49](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n13p49)



ԵՐԿՐ

- 2010 թ** ԵՐԿՐԱՇԱՐԺ ՀԱՅԻԹԻՈՒՄ [DOI:10.1029/2011GL049799](https://doi.org/10.1029/2011GL049799)
- 2011 թ** ՃԱՊՈՆԻԱՅՈՒՄ ՏԵՂԻ Է ՈՒՆԵՑԵԼ ԵՐԿՐԱՇԱՐԺ, ՈՐԸ ՊԱՅՄԱՆԱԿՈՐԿԱԾ Է ԶԳՈՂԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՍԵՅՍՄԻԿ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅԱՄԲ՝ ՃԱՊՈՆԻԱՅԻ ԱՐԵԲԵԼՅԱՆ ԱՓԻ ԵՐԿԱՅՆՔՈՎ [DOI:10.1016/j.geog.2015.10.002](https://doi.org/10.1016/j.geog.2015.10.002)
- 1979-2017 թթ** ԱՎԵԼԱՅԵԼ Է ՓՈԹՈՐԻԿՆԵՐԻ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅՈՒՆԸ [DOI:10.1073/pnas.1920849117](https://doi.org/10.1073/pnas.1920849117)
- 2012-2017 թթ** ԵՐԿՐԻ ՊՏՈՒՅՏԻ ԱՐԱԳՈՒԹՅԱՆ ԱՆՈՍԱԼԻԱՆԵՐ, ՈՐՈՆՔ ԿԱՊԿԱԾ ԵՆ ՄԵԾ ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԵՐԻ ՀԵՏ [DOI:10.1016/j.geog.2019.06.002](https://doi.org/10.1016/j.geog.2019.06.002)
- 2020 թ** ՀՅՈՒՄԻՍԱՏԼԱՆՏՅԱՆ ՓՈԹՈՐԻԿՆԵՐԻ ՌԵԿՈՐԴԱՅԻՆ ԱՄԵԼԱԿԿՏԻՎ ՍԵՉՈՆԸ (ԸՍՏ ԹՎԵՐԻ) [DOI:10.3390/atmos13121945](https://doi.org/10.3390/atmos13121945)
- 2016-2023 թթ** ԵՐԿՐԻ ՊՏՈՒՅՏԻ ԱՐԱԳԱՑՈՒՄ datacenter.iers.org/singlePlot.php?plotname=EOP-C04_14_62-NOW_IAU1980-LOD&id=223
- 2021-2022 թթ** ԼԱԿԱՅԻ ԱՆՈՍԱԼ ՔԻՄԻԱԿԱՆ ԿԱԶՄԸ ԵՒ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ: ԴԱ ԳԱԼԻՍ Է ՄԵԾ ԽՈՐՔԵՐԻՑ: ԱՆՆՈՐՄԱԼ ԱՐԱԳ ԺԱՅԹՔՈՒՄՆԵՐ [DOI:10.1038/s41586-022-04981-x](https://doi.org/10.1038/s41586-022-04981-x)
[DOI:10.1038/s41467-022-30905-4](https://doi.org/10.1038/s41467-022-30905-4) [DOI:10.1029/2023GL102763](https://doi.org/10.1029/2023GL102763)



ԼՈՒՄԻՆ

- 1997-1998 թթ** ԼՈՒՄԻՆԻ ՄԻՋՈՒԿԻ ՑԱՏԿ [DOI:10.18698/2308-6033-2014-10-1335](https://doi.org/10.18698/2308-6033-2014-10-1335)
- 2022 թ** ԿՈՄՊՏՈՆ-ԲԵԼԿՈՎԻՉ ԳՈՏՈՒՄ ՀԱՅՏՆԱԲԵՐԿԱԾ ՋԵՐՄԱՅԻՆ ԱՆՈՍԱԼԻՎ [DOI:10.1038/s41586-023-06183-5](https://doi.org/10.1038/s41586-023-06183-5)
- 2023 թ** ՀԱՐԱԿԱՅԻՆ ԲԵԲԵՈՒՄ ԼՈՒՄԻՆԱՅԻՆ ՀՈՂԻ ՋԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԻ ԱՆՈՍԱԼԻՎ isro.gov.in/Ch3_first_observation_ChaSTE_Vikram_Lander.html
- 26 օգոստոսի, 2023 թ** ԱՐՁԱՆԱԳՐԿԵԼ Է ԼՈՒՄԻՆԻ ԵՐԿՐԱՇԱՐԺ https://www.isro.gov.in/Ch3_ILSA_Listens_Landing_Site.html



ՄԱՐՍ

- | | |
|----------------------------|---|
| 2003 եւ
2006 թթ | ԱՐՁԱՆԱԳՐԿԵԼ ԵՆ ԸՆԴԵՐՔԻՑ ՄԵԹԱՆԻ ԱԿՏԻՎ ԱՐՏԱՆԵՏՈՒՄՆԵՐ
DOI:10.1126/science.1165243 |
|----------------------------|---|
- | | |
|--------------------------|---|
| 2014-
2020 թթ | ԱՐՁԱՆԱԳՐԿԵԼ ԵՆ ԸՆԴԵՐՔԻՑ ՄԵԹԱՆԻ ԱԿՏԻՎ ԱՐՏԱՆԵՏՈՒՄՆԵՐ
DOI:10.1029/2021EA001915 |
|--------------------------|---|
- | | |
|---------------|--|
| 2004 թ | ՄԱՐՍԻ ԲԵԻԵՌԱՓՈՎՅԼԻ ՆՈՐ ՏԵՍԱԿ՝ ԱՌԱՋԻՆ ԱՆԳԱՄ ՀԱՐԱՎԱՅԻՆ ԿԻՍԱԳԼԴՈՒՄ
DOI:10.1038/nature03603 |
|---------------|--|
- | | |
|---------------|--|
| 2005 թ | ՀԱՐԱՎԱՅԻՆ ԲԵԻԵՌԱՅԻՆ ԳԼԽԱՐԿԻ ՀԱՆԿԱՐԾԱԿԻ ԿԾԿՈՒՄ
DOI:10.1007/978-1-4614-4608-8_10 |
|---------------|--|
- | | |
|--------------------------------|---|
| 2014-ից
2021 թթ -ից | ՄԱՐՍԻ ՎՐԱ ԳՐԱՆՑՎԱԾ 278 ԱՌԱՆՁԻՆ ԲԵԻԵՌԱՓՈՎՅԼԵՐ
DOI:10.1029/2021JA029495 |
|--------------------------------|---|
- | | |
|---------------|---|
| 2015 թ | ՊՐՈՏՈՆԱՅԻՆ ԲԵԻԵՌԱՓՈՎՅԼԻ ՀԱՅՏՆԱԲԵՐՈՒՄ
DOI:10.1038/s41550-018-0538-5 |
|---------------|---|
- | | |
|---------------|--|
| 2018 թ | ՀԱՐԱՎԱՅԻՆ ԲԵԻԵՌՈՒՄ ՍԱՌՑԵ ԳԼԽԱՐԿԻ ՏԱԿ ՀԵՂՈՒԿ ՋՈՒՐ Է ՀԱՅՏՆԱԲԵՐԿԵԼ
DOI:10.1029/2018GL080985 |
|---------------|--|
- | | |
|--|--|
| 2019
թվականից
մինչեւ 2021 թ | ԱՎԵԼԻ ՔԱՆ 1300 ԵՐԿՐԱՇԱՐԺ Է ՏԵՂԻ ՈՒՆԵՅԵԼ
DOI:10.1029/2022JE007503 |
|--|--|
- | | |
|--------------------------|---|
| 2019-
2020 թթ | ՑԱԾՐ ՀԱՃԱԽԱԿԱՆՈՒԹՅԱՄԲ ԿՐԿԼՎՈՂ ՍԵՅՄՍԻԿ ԻՐԱԴԱՐՁՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ, ՈՐՈՆՔ ԿԱՊՎԱԾ ԵՆ ՀՐԱԲԽԱՅԻՆ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ՀԵՏ CERBERUS FOSSAE-Ի ՏԱԿ
DOI:10.1038/s41467-022-29329-x |
|--------------------------|---|
- | | |
|---------------|--|
| 2022 թ | ՀԱՍՏԱՏՎԵԼ Է ՀՍԿԱ ԹԻՎՆՈՑԱՅԻՆ ՄԱԳՄԱՏԻԿ ՓԵՏՈՒՐԻ ԳՈՐԾՈՒՆԵՌՈՒԹՅՈՒՆԸ ELYSIUM PLANITIA-Ի ՏԱԿ
DOI:10.1038/s41550-022-01836-3 |
|---------------|--|
- | | |
|-----------------------------|--|
| 4 մայիսի,
2022 թ | 4,7 ՄԱԳՆԻՏՈՒՐ ՈՒԺԳՆՈՒԹՅԱՄԲ ԱՄԵՆԱՈՒԺԵՂ ՄԱՐՍԻ ԵՐԿՐԱՇԱՐԺ
DOI:10.1029/2023GL103619 |
|-----------------------------|--|
- | | |
|---------------|--|
| 2022 թ | ԲԵԻԵՌԱՓՈՎՅԼԸ ԾԱԾԿԵԼ Է ՄՈԼՈՐԱԿԻ ԿԵՍԸ
twitter.com/HopeMarsMission/status/1519311155768008704 |
|---------------|--|



ՅՈՒՊԻՏԵՐ

1992-1996 թթ -ից մինչև 2005-2007 թթ ՅՈՒՊԻՏԵՐԻ ՀՅՈՒՄԻՍԱՅԻՆ ԿԻՍԱԳՆԴՈՒՄ ՈՒԺԵՂԱՑԵԼ Ե ՄԱԳԼԻՍԱԿԱՆ ԱՆՈՄԱԼԻԱՆ
[DOI:10.1029/2008JA013185](https://doi.org/10.1029/2008JA013185)

2000-2001 թթ ՅՈՒՊԻՏԵՐԻ ՆԵՐՔԻՆ ՋԵՌՈՒՅՈՒՄՆ ԱՃԵԼ Է 37%-ՈՎ՝ 1980թ.-ի ԿՈՅԱՋԵՐԻ ՀԵՏԱՉՈՏՈՒԹՅՈՒՆԻՑ Ի ՎԵՐ: ԱՎԵԼԻՆ, ՆԵՐՍԻՑ ԱՅՍ ՏԱՔԱՑՈՒՄԸ ԱՎԵԼԻ ՄԵԾ Է, ՔԱՆ ԱՐԵԻՑ ՍՏԱՑԿՈՂ ԷՆԵՐԳԻԱՆ:
[DOI:10.1038/s41467-018-06107-2](https://doi.org/10.1038/s41467-018-06107-2)

2005-ից 2006 թթ ԱՌԱՋԻՆ ԱՆԳԱՄ ՁԵԲԱՎՈՐՎԵՑ ԵՄ ՄԵԿ ՀՉՈՐ ԿԱՐՄԻՐ ԿԵՏ՝ ՋՈՒԼԻՈՐԸ:
[DOI:10.1088/0004-6256/135/6/2446](https://doi.org/10.1088/0004-6256/135/6/2446)

2009 թվականից մինչև 2020 թ ՄԵԾ ԿԱՐՄԻՐ ԿԵՏՈՒՄ ՔԱՄՈՒ ԱՐԱԳՈՒԹՅՈՒՆՆ ԱՃԵԼ Է 8%-ՈՎ:
[DOI:10.1029/2021GL093982](https://doi.org/10.1029/2021GL093982)

2012 թ ՅՈՒՊԻՏԵՐԻ ՄԹՆՈԼՈՐՏԻ ՎԵՐԻՆ ՇԵՐՏԵՐԻ ԱՆՈՄԱԼ ՏԱՔԱՑՈՒՄԸ ՄԵԾ ԿԱՐՄԻՐԻ ՎԵՐԵՒՈՒՄ՝ ՆԵՐՔԵԻՑ
[DOI:10.1038/nature18940](https://doi.org/10.1038/nature18940)

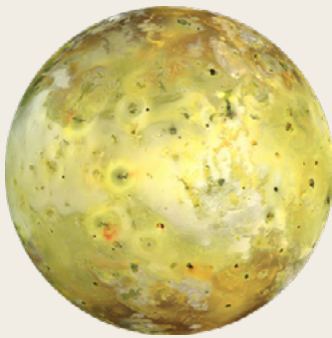
2016-2020 թթ ԱՆՈՄԱԼ ԿԱՅԾԱԿ Է ԳՐԱՆՑՎԵԼ ՄԹՆՈԼՈՐՏԻ ՎԵՐԻՆ ՇԵՐՏԵՐՈՒՄ:
[DOI:10.1029/2020JE006659](https://doi.org/10.1029/2020JE006659)

2017 թ ՀԱՅՏՆԱԲԵՐԵԼ Է ՀՉՈՐ ՀԱՍԱՐԱԿԱԾԱՅԻՆ ՌԵԱԿՏԻՎ ՀՈՍՔ
[DOI:10.1051/0004-6361/202141523](https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141523)

2017թ.-ին ՅՈՒՊԻՏԵՐԻ ՄԱԳԼԻՍԱԿԱՆ ԴԱՇՏԸ ԵՆԹԱՐԿՎԵԼ Է ԳԼՈՒԲԱԼ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ՝ 1980-ԱԿԱՆՆԵՐԻ ՀԵՏ ՀԱՄԵՄԱՏԱԾ, ՀԱՏԿԱՊԵՍ ՄԵԾ ԿԱՊՈՒՅՏ ԿԵՏԻ ՇՐՋԱՆՈՒՄ
[DOI:10.1038/s41550-019-0772-5](https://doi.org/10.1038/s41550-019-0772-5)

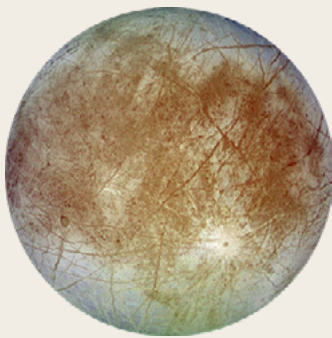
2019թ.-ին ԵՄ ՄԵԿ ՓՈԹՈՐԻԿ ՀԱՅՏՆՎԵՑ ՀԱՐԱՎԱՅԻՆ ԲԵԻԵՌՈՒՄ, ՄԻՆՉ ԴԵՌ ԱՅՆՏԵՂ ՄԻՇՏ 5 ՓՈԹՈՐԻԿ Է ԵՂԵԼ
nasa.gov/missions/juno/nasas-juno-navigators-enable-jupiter-cyclone-discovery

2022 թ ՀԱՍԱՐԱԿԱԾԱՅԻՆ ՆԵՂ ՍՏՐԱՏՈՍՖԵՐԱՅԻՆ ՌԵԱԿՏԻՎ ՀՈՍՔ՝ ՄՈՏ 515 ԿՄ/Ժ ԱՐԱԳՈՒԹՅԱՄԲ
[DOI:10.1038/s41550-023-02099-2](https://doi.org/10.1038/s41550-023-02099-2)



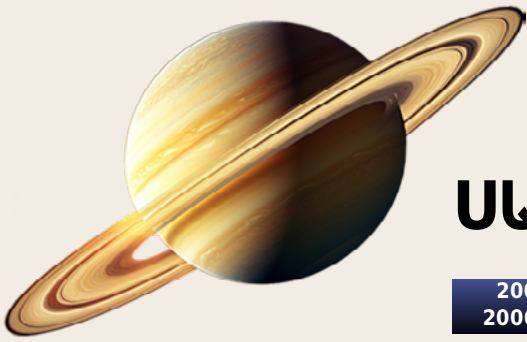
ԻՈ

- 2000 թթ -ին** ԻՈԻ ԼՈԿԻ ԱՄԵՆԱՄԵԾ ՀՐԱԲԽԻ ԺԱՅԹՔՄԱՆ ՑԻԿԼԸ ԽԱԹԱՐԿԵԼ Է, ԱՅՆ ՍԿՍԵԼ Է ԱՎԵԼԻ ՀԱՃԱԽ ԺԱՅԹՔԵԼ
[EPSC Abstracts Vol. 13, EPSC-DPS2019-769-1, 2019](#)
- 2003-2005 թթ** 4 ՆՈՐ ԵՐԻՏԱՍԱՐԴ ՀՐԱԲՈՒԽՆԵՐԻ ԺԱՅԹՔՈՒՄՆԵՐ
[DOI:10.1016/j.icarus.2015.12.054](#)
- 2000, 2006, 2007 թթ** ՏԿԱՇՏԱՐ ՀՐԱԲՈՒԽԻ ԽՈՇՈՐ ԺԱՅԹՔՈՒՄՆԵՐ
[DOI:0.1126/science.1147621](#)
- 2013-ից 2018 թթ -ից** ՀԱՅՏՆԱԲԵՐԿԵԼ ԵՆ ՆՈՐ ՅՈՒՐԱՀԱՏՈՒԿ ԹԵԺ ԿԵՏԵՐ ԵՒ ԺԱՅԹՔՈՒՄՆԵՐ
[DOI:10.3847/1538-3881/ab2380](#)
[DOI:10.1016/j.icarus.2014.06.006](#)
[DOI:10.1016/j.icarus.2014.06.016](#)
[DOI:10.1016/j.icarus.2016.06.019](#)
- 2016-2022 թթ** ՀԱՅՏՆԱԲԵՐԿԵԼ ԵՆ ՀՐԱԲԽԱՅԻՆ 7 ՆՈՐ ԱՄԵՆԱԵՆԵՐԳԵՏԻԿ ԻՐԱԴԱՐՁՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ
[DOI:10.3847/PSJ/acf57e](#)
- 2022 թ** ՀՉՈՐ ՀՐԱԲԽԱՅԻՆ ԺԱՅԹՔՈՒՄՆԵՐ
[DOI:10.1029/2023JE007872](#)
- 2022 թ** ՍՏՈՐԳԵՏՆՅԱ ՄԱԳՄԱՏԻԿ ՕԿԿԻԱՆՈՍԻ ՀԱՅՏՆԱԲԵՐՈՒՄ
[DOI:10.3847/PSJ/ac9cd1](#)



ԵՎՐՈՊԱ

- 1997 թ** ՏԱՔԱՑՄԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՈՒՄ ԱՌԱՋԱՑԱԾ ԹՈՒՂԻ ԱՌԱՋԻՆ ԴԻՏԱՐԿՈՒՄԸ
[DOI:10.1038/s41550-018-0450-z](#)
- 2000 թ** ՉԻ ԴԻՏԱՐԿԿԵԼ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ԳՈՐԾՈՒՆԵՈՒԹՅՈՒՆ VOYAGER-Ի ԵՒ GALILEO-Ի ՏԿՅԱԼՆԵՐԻ ՄԻՋԵՒ ՄԱԿԵՐԵՍԱՅԻՆ ՊԱՏԿԵՐՆԵՐԻ ՀԻՄԱՆ ՎՐԱ
[DOI:10.1029/1999je001139](#)
- 2016-2017 թթ** ՄԱԿԵՐԵՍԻ ՎԵՐԵՒՈՒՄ ՀԱՅՏՆԱԲԵՐԿԱԾ ՋՐԻ ԳՈԼՈՐՇԻ
[DOI:10.1038/s41550-019-0933-6](#)
- 2018 թ** ALMA-Ի ՉԱՓՈՒՄՆԵՐԻ ՀԻՄԱՆ ՎՐԱ ՀԱՅՏՆԱԲԵՐԿԱԾ ՄԱԿԵՐԵՍԱՅԻՆ ՋԵՐՄԱՅԻՆ ԱՆՈՍԱԼԻԱՆԵՐ
[DOI:10.3847/1538-3881/aada87](#)
- 2022 թ** ԵՎՐՈՊԱՅԻ ՎՐԱ ՀԱՅՏՆԱԲԵՐԿԵԼ Է ԷՆԴՈՐԵՆ ԾԱԳՄԱՆ ԱԾԽԱԾՆԻ ԵՐԿՕՔՍԻԴ
[DOI:10.1126/science.adg4270](#)



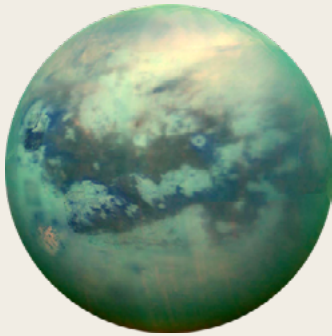
ՍԱՏՈՒՐՆ

- 2004-2006 թթ** ՀԱՅՏՆԱԲԵՐԿԵԼ ԵՆ ԿԱՅՑԱԿԱՅԻՆ ՓՈԹՈՐԻԿՆԵՐ
[DOI:10.1016/j.icarus.2007.03.035](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2007.03.035)
- 2004 թ** ՍԱՏՈՒՐՆԻ ՀԱՐԱԿԱՅԻՆ ԲԵԻԵՈՈՒՄ ՀԱՅՏՆԱԲԵՐԿԵԼ Ե «ԹԵԺ ԿԵՏ»
[DOI:10.1126/science.1105730](https://doi.org/10.1126/science.1105730)
- 2006 թ** ԲԵԻԿԵՈՒՓԱՅԼԵՐԻ ԼԱՅՆ ՏԱՐԱԾՔ
science.nasa.gov/resource/saturns-polar-aurora
- 2007-2010 թթ** ՆԿԱՏԿԵԼ Ե 23-26 ՑԻԿԼՈՆՆԵՐԻ ԾՂԹԱ
[DOI:10.1016/j.icarus.2013.10.032](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2013.10.032)
- 2010 թ** ՁԵԻԱԿՈՐԿԵԼ Ե ՍՈԼՈՐԱԿԱՅԻՆ ՉԱՓԵՐԻ ՄԵԾ ՍՊԻՏԱԿ ՓՈԹՈՐԻԿ, ՈՐԻ ՀԵՏԵՎԱՆՔՆԵՐԸ ԴՐՍԵԻՈՐԿԵՑԻՆ 3 ՏԱՐԿԱ ԸՆԹԱՑՔՈՒՄ
[DOI:10.1016/j.icarus.2012.12.013](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2012.12.013)
[DOI:10.1038/s41550-017-0271-5](https://doi.org/10.1038/s41550-017-0271-5)
- 2011 թ** ՁԵԻԱԿՈՐԿԵԼ Ե ԱՏՐԱՏՈՍՖԵՐԱՅԻՆ ՀՈՐՁԱՆՈՒՏ
[DOI:10.1016/j.icarus.2012.08.024](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2012.08.024)
- 2018 թ** ՆՈՐ ՏԵՍԱԿԻ ՄԻՋԻՆ ՈՒԺԳՆՈՒԹՅԱՆ ՓՈԹՈՐԻԿ
[DOI:10.1038/s41550-019-0914-9](https://doi.org/10.1038/s41550-019-0914-9)
- 2020 թ** ԲԵԻԵՈՒՑԻՆ ԼԱՅՆՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻՆ ՄՈՏ ԱՌԱՋԻՆ ԱՆԳԱՍ ՈՒԺԵՂ ՓՈԹՈՐԻԿ ԵՒ ԱՄՊՐՈՊ ԱՅՍ ՏԱՐԻ
[DOI:10.1029/2021GL092461](https://doi.org/10.1029/2021GL092461)



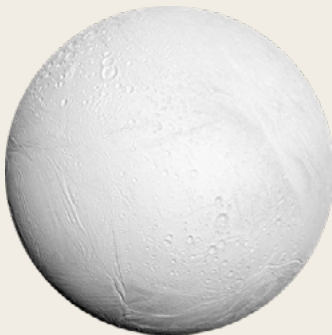
ՈՒՐԱՆ

- 1999, 2004, 2005, 2011 թթ** ՊԱՅՑԱՌ ԱՄՊԱՅԻՆ ԿԱՌՈՒՅՑՆԵՐԻ ԴԻՏԱՐԿՈՒՄ
[DOI:10.1016/j.icarus.2004.11.016](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2004.11.016)
[DOI:10.1016/j.icarus.2012.04.009](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2012.04.009)
- 2014 թ** ՌԵԿՈՐԴԱՅԻՆ ՓՈԹՈՐԿԱՅԻՆ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅՈՒՆ
[DOI:10.1016/j.icarus.2014.12.037](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2014.12.037)
- 2014 թ** ԱՌԱՎԵԼԱԳՈՒՅՆ ՄԹՆՈԼՈՐՏԱՅԻՆ ՋԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆ ԱՆՀԱՏԱԿԱՆ ԴԻՏԱՐԿՈՒՄՆԵՐԻ ՀԱՄԱՐ
[DOI:10.1098/rsta.2018.0408](https://doi.org/10.1098/rsta.2018.0408)
- 2014 թ** ԱՄՊԱՅԻՆ ԿԱՌՈՒՅՑՆԵՐԻ ՔԱՆԱԿԸ ԶԳԱԼԻՈՐԵՆ ԱՎԵԼԻ ՄԵԾ Ե, ՔԱՆ ՆԱԽՈՐԴ ՏԱՐԻՆԵՐԻՆ
[DOI:10.1016/j.icarus.2015.05.029](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2015.05.029)
- 2021 և 2022 թթ** ՀՅՈՒՄԻՍԱՅԻՆ ԲԵԻԵՈՒՑԻՆ ՑԻԿԼՈՆԻ ՈՒԺԵՂԱՑՈՒՄ
[DOI:10.1029/2023GL102872](https://doi.org/10.1029/2023GL102872)



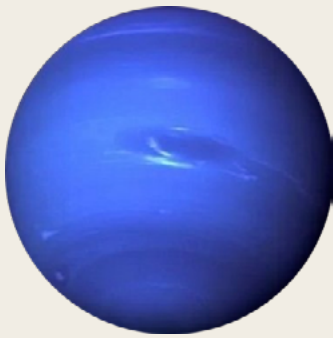
ՏԻՏԱՆ

- 1995, 2004 եւ 2008 թթ** ԱՄՊԱՄԱՃՈՒԹՅԱՆ ՀԱՆԿԱՐԾԱԿԻ ԱՃ՝ ՓՈԹՈՐԿԱՅԻՆ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅՈՒՆ
[DOI:10.1038/26920](https://doi.org/10.1038/26920) [DOI:10.1038/nature08193](https://doi.org/10.1038/nature08193)
[DOI:10.1016/j.icarus.2005.12.021](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2005.12.021)
- 2009 թ** ՓՈՇՈՒ ՓՈԹՈՐԻԿՆԵՐԻ ԱՌԱՋԱՑՈՒՄ
[DOI:10.1038/s41561-018-0233-2](https://doi.org/10.1038/s41561-018-0233-2)
- 2009 թ** ՁԵԲԱՎՈՐԿԵՑ ԲԵԻԵՌԱՅԻՆ ՀՈՐՁԱՆՈՒՄ, ՈՐԸ 2010-2011 ԹՎԱԿԱՆՆԵՐԻՆ ՀԱՆԳԵՑՐԵՑ ՄԵՉՈՍՖԵՐԱՅԻՆ ԹԵԺ ԿԵՏԻ ՁԵԲԱՎՈՐՄԱՆԸ ԵՒ ԱՌԱՋԱՑՐԵՑ ՄԵՉՈՍՖԵՐԱՅԻ ԾԱՅՐԱՀԵՂ ՍԱՌԵՑՈՒՄ:
[DOI:10.1038/s41467-017-01839-z](https://doi.org/10.1038/s41467-017-01839-z)
- 2010 թ** «ARROW» ՓՈԹՈՐԻԿԸ ՀԱՍԱՐԱԿԱԾԻ ՄՈՏ
[DOI:10.1038/ngeo1219](https://doi.org/10.1038/ngeo1219)
- 2012 թ** ՀՐԱԲԽԱՅՆՈՒԹՅԱՆ ՀԱՅՏՆԱԲԵՐՈՒՄ, ՈՐԸ ԿԱՐՈՂ Է ՏԵՂԻ ՈՒՆԵՆԱԼ ՀԻՄԱ
[DOI:10.1029/2019JE006036](https://doi.org/10.1029/2019JE006036)
- 2016 թ** ՀԵՂՈՒԿ ՄԵԹԱԻ ԱՆՁՐԵԻ, ՈՐՆ ԱՌԱՋԻՆ ԱՆԳԱՄ ԳՐԱՆՑԿԵԼ Է 120 000 ԿՄ2 ՄԱԿԵՐԵՍՈՎ
[DOI:10.1029/2018GL080943](https://doi.org/10.1029/2018GL080943)



ԷՆՑԵԼԱԴՈՒՄ

- 2005 թ** ՀԱՅՏՆԱԲԵՐԿԵԼ Է ԳԵՅՉԵՐՆԵՐ ՀԱՐԱԿԱՅԻՆ ԲԵԻԵՌՈՒՄ
[DOI:10.1126/science.1121661](https://doi.org/10.1126/science.1121661)
- 2005 թ** ՀԱՅՏՆԱԲԵՐԿԵԼ Է ՋԵՐՍՈՒԹՅՈՒՆ ԱՐՏԱԴՐԵԼՈՒ ԵՒ ՓՈԽԱՆՑԵԼՈՒ ՀԱՄԱԿԱՐԳ ՀԱՐԱԿԱՅԻՆ ԲԵԻԵՌԻ ՏԱՐԱԾՔՈՒՄ
[DOI:10.1038/s41550-017-0063](https://doi.org/10.1038/s41550-017-0063)
- 2022 թ** ՋԵՐՍԱՅԻՆ ՀՈՍՔԻ ԿԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆ ՑՈՒՅՑ ՏՎԵՑ ՋԵՐՍՈՒԹՅԱՆ ԷՆԴՈՒՑԵՆ ԾԱԳՈՒՄԸ ԷՆՑԵԼԱԴՈՒՄԻ ԿՐԱ
[DOI:10.5194/epsc2022-219](https://doi.org/10.5194/epsc2022-219)
- 2023 թ** WEBB ԱՍՏՂԱԴԻՏԱԿԸ ԴԻՏԵԼ Է 6000 ՄՂՈՆ ԵՐԿԱՐՈՒԹՅԱՄԲ ՆՈՐ ՄԵԾ ՔՈՒՂ
nasa.gov/solar-system/webb-maps-surprisingly-large-plume-jetting-from-saturns-moon-enceladus



ՆԵՊՏՈՒՆ

- 2015 թ** ՀԱՅՏՆԱԲԵՐԿԵԼ Է ՆՈՐ ՄՈՒԹ ՀՈՐՁԱՆՈՒՏ, ՈՐԸ ԴԻՏԿԵԼ Է ՄԻՆՉԵՒ 2017Թ
[DOI:10.3847/1538-3881/aaa6d6](https://doi.org/10.3847/1538-3881/aaa6d6)
- 2017 թ** ՀԱՍԱՐԱԿԱԾՈՒՄ ՓՈԹՈՐԻԿ Է ՁԵԲԱԿՈՐԿԵԼ
[DOI:10.1016/j.icarus.2018.11.018](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2018.11.018)
- 2018 թ** ՆՈՐ ՄԵԾ ՄՈՒԹ ԿԵՏ
[DOI:10.1029/2019GL081961](https://doi.org/10.1029/2019GL081961)
- 2018-2020 թթ** ՋԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԻ ԱՆՈՄԱԼ ԹՈՒՉՔ, ՀԱՐԱԿԱՅԻՆ ԲԵԲԵՈՒ ԿՏՐՈՒԿ ՏԱՔԱՑՈՒՄ
[DOI:10.3847/PSJ/ac5aa4](https://doi.org/10.3847/PSJ/ac5aa4)



ՊԼՈՒՏՈՆ

- 2002 թ** 1988 ԹՎԱԿԱՆԻՑ Ի ՎԵՐ ՄԹՆՈԼՈՐՏԱՅԻՆ ՃՆՇՈՒՄԸ ԿՐԿԱՊԱՏԿԵԼ Է
[DOI:10.1038/nature01762](https://doi.org/10.1038/nature01762)
- 2015 թ** ՄԹՆՈԼՈՐՏՈՒՄ ՀԱՅՏՆԱԲԵՐԿԵԼ ԵՆ CO ԵՒ HCN
[DOI:10.1016/j.icarus.2016.10.013](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2016.10.013)
- 2015 թ** ՄԹՆՈԼՈՐՏԱՅԻՆ ՃՆՇՈՒՄԸ ՀԱՍԵԼ Է ԻՐ ԱՌԱՎԵԼԱԳՈՒՅՆ ԱՐԺԵՔԻՆ, ԱՅՆՈՒՀԵՏԵՒ ՓՈԹՐ-ԻՆՉ ՆԿԱԶԵԼ Է, ԵՒ 2020 ԹՎԱԿԱՆԻՆ ԳՈՐԾՆԱԿԱՆՈՒՄ ԵՂԵԼ Է 2015 ԹՎԱԿԱՆԻ ՄԱԿԱՐԴԱԿԻՆ
[DOI:10.1051/0004-6361/202141718](https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141718)
- 2015 թ** ՄԱԿԵՐԵՒՈՒՅԹԻ ԿՐԱ ՀԱՅՏՆԱԲԵՐԿԵԼ ԵՆ ԲԱԶՄԱԹԻՎ ԿՐԻՈՀՐԱԲԵՍԱՅԻՆ ԿԱՌՈՒՅՑՆԵՐ
[DOI:10.1038/s41467-022-29056-3](https://doi.org/10.1038/s41467-022-29056-3)
- 2019 թ** ՀԱՅՏՆԱԲԵՐԿԵԼ Է ՍՏՈՐԳԵՏՆՅԱ ՕԿԿԻԱՆՈՍ
[DOI:10.1038/s41561-019-0369-8](https://doi.org/10.1038/s41561-019-0369-8)

ԱՐԵԳԱԿ



- 4 օգոստոսի
1972 թ**

ԱՐԵԳԱԿԱՅԻՆ ԽՈՇՈՐ ԲՈՆԿՈՒՄ, ՈՐԸ ԽԱԹԱՐԵՑ ՀԵՌԱՀԱՐ ՀԱՂՈՐԴԱԿՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԱՍՆ ՈՐՈՇ ՆԱՀԱՆԳՆԵՐՈՒՄ

[DOI:10.1029/2018SW002024](https://doi.org/10.1029/2018SW002024)
- 13 մարտի,
1989 թ**

20-ՐԴ ԴԱՐԻ ԱՄԵՆԱՄԵԾ ՄԱԳՆԻՍՏԱԿԱՆ ՓՈԹՈՐԻԿԸ: ՀՅՈՒՄԻՍՏԱՅԻՆ ԲԵՎԵՌԱՓՈՋՅԼԸ ԿԱՐԵԼԻ ԵՐ ՏԵՍԵԼ ՆՈՒՅՆԻՍԿ ԿՈՒԲԱՅՈՒՄ ԵՒ ՖԼՈՐԻԴԱՅՈՒՄ

[DOI:10.1029/2019SW002278](https://doi.org/10.1029/2019SW002278)
- 14 հուլիսի
2000 թ**

ԱՐԵԳԱԿԱՅԻՆ ԲՈՆԿՈՒՄ: ԿԱՐՃ ՄԻԱՑՈՒՄՆԵՐ ԵՆ ԱՐՁԱՆԱԳՐԿԵԼ ՈՒՂԵԾՐՈՒՄ ԳՏՆԿՈՂ ԱՐԲԱՆՅԱԿՆԵՐԻ ՎՐԱ, ՈՐՈՇ ՌԱԴԻՈԿԱՅԱՆՆԵՐ ԱՆՋԱՏԿԵԼ ԵՆ

[DOI:10.1029/2002GL014729](https://doi.org/10.1029/2002GL014729)
- հոկտեմբերի
28-31 2003 թ**

ԳԵՈՍԱԳՆԻՍՏԱԿԱՆ ԳԵՐՓՈԹՈՐԻԿ: ԾՎԵԴԻՎՅԻ ՀԱՐԱՎՈՒՄ ԲԱՐՁՐԱՎՈՆՏ ԷԼԵԿՏՐԱՀԱՂՈՐԴՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՄԱՍ ԿԱԶՄՈՂ ԱՐԲԱՆՅԱԿԱՅԻՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ԱՇԽԱՏԱՆՔԸ ԽԱՓԱՆԿԵԼ Է

[DOI:10.1029/2004SW000123](https://doi.org/10.1029/2004SW000123)
- սեպտեմբեր
2005 թ**

ՀՉՈՐ ՓՈԹՈՐԻԿ, ՈՐԸ ԱՉԴԵԼ Է ՄԵՉՈՍՖԵՐԱՅԻ ԵՒ ԹԵՐՄՈՍՖԵՐԱՅԻ ՋԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԻ ԵՒ ԿԱԶՄԻ ՎՐԱ

[DOI:10.1029/2018JA025294](https://doi.org/10.1029/2018JA025294)
- 5 դեկտեմբերի,
2006 թ**

ԲՈՆԿՈՒՄԸ ՄՈՏԱՎՈՐԱՊԵՍ 10 ԱՆԳԱՄ ԱՎԵԼԻ ՄԵԾ ԵՐ, ԶԱՆ ՆԱԽԿԻՆՈՒՄ ԳՐԱՆՑՎԱԾ ՑԱՆԿԱՑԱԾ ԻՐԱԴԱՐՁՈՒԹՅՈՒՆ: ՏԵՂԻ Է ՈՒՆԵՑԵԼ ԱՐԵԳԱԿԱՅԻՆ ՆՎԱԶԱԳՈՒՅՆԻ ՄՈՏԱԿԱՅՔՈՒՄ: ՉԳԱԼԻՈՐԵՆ ՎՆԱՍԿԵԼ Է GPS ՀԱՄԱԿԱՐԳԸ

[DOI:10.1029/2007SW000375](https://doi.org/10.1029/2007SW000375)
- 23 հուլիսի,
2012 թ**

ԵՐԿՐԻ ՄԵԾ ՊՍԱԿԱՅԻՆ ԱՐՏԱՆԵՏՈՒՄՆԵՐ ԴԵՊԻ ԵՐԿՐԻ ՈՒՂԵԾԻՐ: ՓՈԹՈՐԿԻ ՀՉՈՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ԳԵՐԱԶԱՆՑԵԼ Է ԶԱՐԻՆԳԹՈՆԻ 1859 ԹՎԱԿԱՆԻ ԳՆԱՀԱՏԱԿԱՆՆԵՐԸ

[DOI:10.1002/swe.20097](https://doi.org/10.1002/swe.20097)
- Հունիսի 21,
2015**

ՓՈԹՈՐԻԿ, ՀՅՈՒՄԻՍՏԱՅԻՆ ԵՒ ՀԱՐԱՎԱՅԻՆ ԱՄԵՐԻԿԱՅՈՒՄ ԱՆՋԱՏԿԵԼ ԵՆ ՌԱԴԻՈԱՉՂԱՆՇԱՆՆԵՐԸ

[DOI:10.1007/s11207-018-1303-8](https://doi.org/10.1007/s11207-018-1303-8)
- 6 սեպտեմբերի,
2017թ**

24-ՐԴ ԱՐԵԳԱԿԱՅԻՆ ՑԻԿԼՈՒՄ ԳՐԱՆՑՎԱԾ ԱՄԵՆԱՀՉՈՐ ԲՈՆԿՈՒՄԸ

[DOI:10.1029/2018SW001969](https://doi.org/10.1029/2018SW001969)
- 2019 թվականի
դեկտեմբեր**

24-ՐԴ ՑԻԿԼԻ ԱՎԱՐՏ, 25-ՐԴ ՑԻԿԼԸ ՍԿԻԶԲ

weather.gov/news/201509-solar-cycle
- 2022 թ**

SPACEX STARLINK-Ը ԿՈՐՑՐԵՑ 38 ԱՐԲԱՆՅԱԿ՝ ԴՐԱՆՔ ՈՒՂԵԾԻՐ ԱՐՁԱԿԵԼԻՍ՝ ՀՈՒՆՎԱՐԻ 29-ԻՆ ԿՈՐՈՆԱՐ ԱՐՏԱՆԵՏՄԱՆ ԵՒ ԳԵՈՍԱԳՆԻՍՏԱԿԱՆ ՓՈԹՈՐԿԻ ՊԱՏՃԱՌՈՎ:

[DOI:10.1029/2022SW003193](https://doi.org/10.1029/2022SW003193)
- 2023 թ**

ՀԱՍՏԱՏԿԵԼ Է, ՈՐ ԱՐԵԳԱԿԱՅԻՆ ՓՈԹՈՐԻԿՆԵՐԻ ԺԱՄԱՆԱԿ ՏԵՂԻ ԵՆ ՈՒՆԵՆՈՒՄ ԹՈՒՉՔՆԵՐԻ ԼՐԱՑՈՒՑԻՉ ՀԵՏԱԶԳՈՒՄՆԵՐ, ՈՐՈՆՔ ԱՌԱՋԻԿԱ ՏԱՐԻՆԵՐԻՆ ՄԻԱՅՆ ԿԱՎԵԼԱՆԱԼ

[DOI:10.1038/s41598-023-30424-2](https://doi.org/10.1038/s41598-023-30424-2)
- 22 հունիսի,
2023 թ**

ՕՐԱԿԱՆ ԱՐԵԳԱԿԱՅԻՆ ԲԾԵՐԻ ԶԱՆԱԿԸ (240) ԳԵՐԱԶԱՆՑԵԼ Է 24-ՐԴ ՑԻԿԼԻ ԱՌԱՎԵԼԱԳՈՒՅՆԸ (220)

sidc.be/silso/dayssnplot

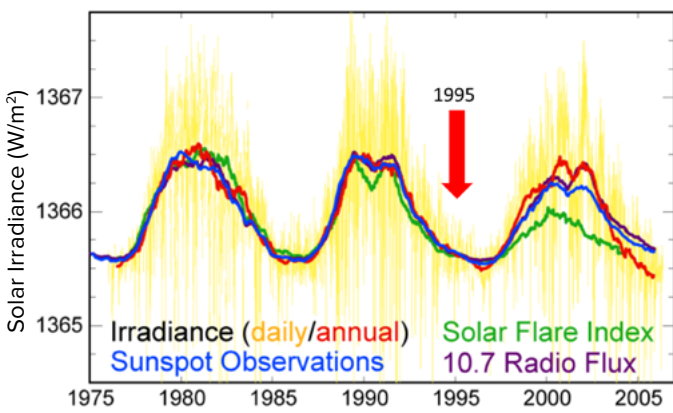
Ենթադրությունները, որ մեր Արեգակնային համակարգում նման երեւոյթները պայմանավորված են արեգակնային ակտիվությամբ, փաստերով չեն հաստատվում: Արեգակնային համակարգի մոլորակների եւ նրանց արբանյակների վրա անոմալ փոփոխությունները սկսվեցին արեգակնային նվազագույնի ժամանակահատվածում՝ 1995թ.-ին, այսինքն, երբ արեգակնային ակտիվությունը հասավ նվազագույնի: Արեգակնային ակտիվության ցիկլերի դիագրամը Նկար 67-ում ցույց է տալիս, որ 1995 թվականին Արեգակը գտնվում էր իր նվազագույն ակտիվության շրջանում, ուստի այն չէր կարող առաջացնել այս բոլոր փոփոխությունները: Ուստի Արեգակը չէր կարող նման ազդեցություն ունենալ այլ մոլորակների վրա: Ավելին, ամբողջ Արեգակնային

համակարգից Արեգակը վերջինս է արձագանքել տիեզերական ազդեցություններին, ամենայն հավանականությամբ, իր հսկայական զանգվածի պատճառով: Քանի որ փոփոխությունները տեղի են ունենում համաժամանակյա Արեգակնային համակարգի բոլոր մոլորակների, ինչպես նաեւ Արեգակի վրա, տրամաբանական է ենթադրել, որ կա որոշակի գործոն մոտակա կամ հեռավոր տիեզերքում, որը հրահրում է մոլորակների ներսում հսկայական էներգիայի առաջացումը: Այս էներգիան առաջանում է մոլորակային համակարգերի ներսում՝ կենտրոնանալով միջուկի շուրջ եւ շրջանցելով մոլորակների մյուս շերտերը: Արդյունքում, ըստ վարկածի, մոլորակների միջուկները տաքանում եւ տեղաշարժվում են: Հայտնի գիտական ազդեցություններից ոչ մեկը՝ գրավիտացիոն, էլեկտրամագնիսական, ակուստիկ կամ տիեզերական ճառագայթումը, չի շրջանցում մեր չափից գործիքները՝ մեկտեղ ուղիղ ազդելով միջուկի վրա:

Հետեւաբար, ըստ տեսության, վերը թվարկված ազդեցություններից եւ ոչ մեկը չի կարող առաջացնել Արեգակնային համակարգի բոլոր մոլորակների վրա ներկայումս նկատվող փոփոխությունները:

Հիմնվելով վերը նշված փաստերի վրա՝ մշակվել է վարկած, որը ենթադրում է, որ այս ազդեցությունը գործում է չուսումնասիրված ֆիզիկական սկզբունքներով: Ժամանակակից գիտությունն առաջին անգամ է հանդիպում նման երեւոյթի: Դա մի երեւոյթ է, որը պաշտոնապես գրանցված չէ, բայց դրա դրսեւորումները նկատելի են: Այս էներգիան ենթադրվում է, որ վերակենդանացնում է Նույնիսկ մեռած մոլորակները, որտեղ սեյսմիկ եւ մագմատիկ ակտիվությունը սկսում է աճել: Դա հաստատում է Մարսը, որտեղ սեյսմիկ⁵⁷ եւ մագմատիկ⁵⁸ ակտիվությունը սկսել է աճել:

Արեգակնային ցիկլի տատանումներ



Նկար 67

Արեգակնային ցիկլի տատանումները վերջին 30 տարիների ընթացքում. Այս նկարը ցույց է տալիս Արեգակի երեք ցիկլերը 1975-2005 թվականների միջև՝ չափված Արեգակի ճառագայթմամբ, Արեգակի բծերի քանակով, Արեգակի բռնկման ակտիվությամբ եւ 10,7 սմ ռադիոհոսքով: Գրաֆիկը հստակ ցույց է տալիս, որ 1995 թվականին Արեգակը գտնվում էր իր նվազագույն ակտիվության շրջանում, հետեւաբար այն չէր կարող 1995 թվականին երկրի եւ այլ մոլորակների միջուկների փոփոխությունների պատճառ դառնալ: Աղբյուր. Պատկերը ստեղծվել է Ռոբերտ Ա. Ռոնդի կողմից՝ հրապարակված տվյալների հիման վրա:

Տվյալների աղբյուր՝ <https://www.pmodwrc.ch/en/research-development/solar-physics/tsi-composite/>

⁵⁷Dahmen, N., Clinton, J. F., Meier, M., Stähler, S., Ceylan, S., Kim, D., Stott, A. E., & Giardini, D. (2022). MarsQuakeNet: A more complete marsquake catalog obtained by deep learning techniques. *Journal of Geophysical Research: Planets*, 127(11). <https://doi.org/10.1029/2022je007503>

Sun, W., & Tkalčić, H. (2022). Repetitive marsquakes in Martian upper mantle. *Nature Communications*, 13, 1695. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-29329-x>

Fernando, B., Daubar, I. J., Charalambous, C., Grindrod, P. M., Stott, A., Abdullah Al Ateqi, Atri, D., Ceylan, S., Clinton, J., Fillingim, M. O., Hauber, E., Hill, J. R., Kawamura, T., Li, J., Lucas, A., Lorenz, R. D., Ojha, L., Perrin, C., S. Piqueux, & Stähler, S. C. ... Banerdt, W. B. (2023). A tectonic origin for the largest marsquake observed by InSight. *Geophysical Research Letters*, 50(20). <https://doi.org/10.1029/2023gl103619>

⁵⁸Broquet, A., & Andrews-Hanna, J. C. (2022). Geophysical evidence for an active mantle plume underneath Elysium Planitia on Mars. *Nature Astronomy*, 7, 160–169. <https://doi.org/10.1038/s41550-022-01836-3>

Աստղագիտական գործընթացները եւ դրանց ցիկլայնությունը

Ըստ վարկածի, այս ազդեցությունը, որը բաղկացած է որոշակի էներգիայի տեսակից, ուղղակիորեն եւ բացառապես փոխազդում է Երկրի ներքին միջուկի հետ, բայց ոչ մի կերպ չի փոխազդում մոլորակի մնացած շերտերի հետ: Փոխազդեցության այս բնույթը կարող է պայմանավորված լինել նրանով, որ ներքին միջուկն ունի չափազանց բարձր խտություն եւ, ենթադրաբար, նրա կառուցվածքը տարբերվում է ընդհանուր ընդունված երկաթ-նիկելի տեսությունից՝ ըստ ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների դոկտոր Ի. Մ. Բելոզերովի:⁵⁹ Իսկ արտաքին միջուկը, ամենայն հավանականությամբ, բաղկացած է նիկելից, երկաթից եւ այլ մետաղական համաձուլվածքներից: Ըստ ենթադրությունների՝ նման կառուցվածք ունեն Արեգակնային համակարգի այլ մոլորակների եւ նույնիսկ գազային հսկաների միջուկները:

Այս զեկուլյցում առաջարկված վարկածը ուսումնասիրում է Երկրի վրա այս ազդեցության բնույթը՝ օգտագործելով մթության մեջ լապտերի ճառագայթի ասոցիատիվ օրինակը: Պատկերացնենք, որ կա լույսի կենտրոնացված ճառագայթ, իսկ շուրջը՝ ցրված փայլ: Բոլոր տվյալների համապարփակ վերլուծության հիման վրա այժմ Երկիր է հասնում լույսի միայն ցրված մասը: Ընթացիկ գործընթացների դիտարկումների համաձայն՝ մոլորակին չի դիպել նույնիսկ կենտրոնացված ճառագայթը, իսկ Երկրի վրա արդեն կա կատակլիզմների քանակի եւ ուժգնության արագ աճ, իսկ հետո,

ըստ մաթեմատիկական մոդելների, ամեն ինչ միայն կավելանա: Նշենք, որ սա առաջին դեպքը չէ, երբ Երկիրը բախվում է նման տեսակի ազդեցության հետ: Մեր մոլորակի երկրաբանական պատմությունը ցույց է տալիս, որ Երկիրը բազմիցս զգացել է կլիմայի գլոբալ փոփոխության նմանատիպ փուլեր եւ համանման սինխրոն բնույթի գեոդինամիկա:

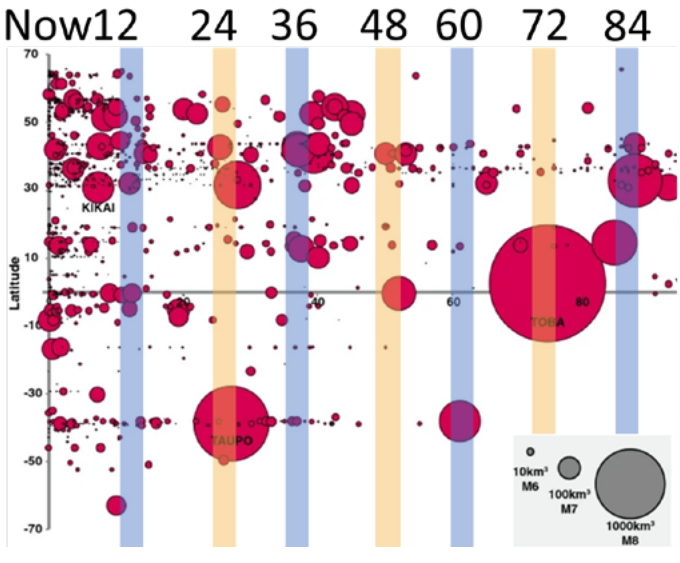
Չորրորդական ստվածքների աշխարհագրական ուսումնասիրությունների, սառցե միջուկների եւ լայնածավալ անհետացման հետքերի, ներառյալ մարդկային տեսակների շնորհիվ, կարելի է եզրակացնել, որ Երկիրը նախկինում բախվել է կլիմայական խոշոր աղետների կտրուկ աճի հետ, մոտավորապես յուրաքանչյուր 12000 տարին մեկ:⁶⁰ Եվ ամեն 24000 տարին մեկ մոլորակային աղետները հավանաբար շատ անգամ ավելի ուժեղ են եղել, ինչի մասին են վկայում սառույցի միջուկներում հրաբխային ժայթքումների մոխրի շերտերի եւ այլ երկրաժամանակագրական հետազոտությունների

ուսումնասիրությունները:⁶¹ Մ.Լ. Առուշանովը, Վ.Բ.Բուբնենկովը, Ա.Մ⁶², Վ.Վ.Բուշուևը⁶³, Ի. Պ. Կոպիլովը⁶⁴, Ն. Վ. Պետրովը⁶⁵, Ե. Գ. Սմոտրինը⁶⁶, Դուգլաս Ֆոգտը⁶⁷ եւ շատ այլ հետազոտողներ ^{68,69,70,71} հասել են Երկրի վրա գլոբալ աղետների ցիկլի հասկացողությանը մոտավորապես 12-13 հազար տարվա ընթացքում, եւ այժմ, ըստ տվյալների համախմբված վերլուծության, մարդկությունը ապրում է այս ցիկլի ակտիվ փուլի մուտքը:

⁵⁹ Белозеров И.М. ПРИРОДА ГЛАЗАМИ ФИЗИКА // Альтернативная Энергетика и Экология. 2008. №12 (68).
 Груздов В.И. Нейтронная Вселенная. Гл.10. Расчёт нейтронного ядра Земли. // Москва: Либмонстр Россия, 2021. <https://libmonster.ru/m/articles/download/17227/4846>
⁶⁰ Арушанов М.Л. Причины изменения климата земли, как результат космического воздействия, развеивающее миф об антропогенном глобальном потеплении. // Deutsche Internationale Zeitschrift Für Zeitgenössische Wissenschaft, 53, сс. 4–14. 2013. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7795979>
 Арушанов М.Л. Динамика климата. Космические факторы. — Hamburg: LAMBERT Academic Publishing, 2023. с. 144.
⁶¹ Sawyer, D. E., Urgeles, R., & Lo Iacono, C. (2023). 50,000 yr of recurrent volcanoclastic megabed deposition in the Marsili Basin, Tyrrhenian Sea. *Geology*, 51(11), 1001–1006. <https://doi.org/10.1130/g51i198.1>
⁶² Батурин А. М., Монография «Периодичность глобальных катастроф — 12 166 лет». // ГУ «Курский ЦНТИ». — 2001.
⁶³ Бушуев Е. В., Копылов И. П. «Космос и Земля. Электромеханические взаимодействия: монография». — Москва: Энергия, 2005.
⁶⁴ Копылов И.П. «Электромеханика Солнечной системы». // НВО. https://nvo.ng.ru/nauka/2001-11-01/10_electro.html
⁶⁵ Петров Н. В. Климат Земли: решение проблемы с позиции закона сохранения жизни в космосе // Экология и развитие общества: журн. / Международная академия наук экологии, безопасности человека и природы. № 4, 2015. с. 11-23. <http://www.trinitas.ru/rus/doc/0016/001d/2551-ptr.pdf>

Երկրաբանության, պալեոնտոլոգիայի եւ հնագիտության մեջ կան մի շարք ապացույցներ այս շրջանի անցյալի աղետների մասին: Այս աղետալի իրադարձություններից յուրաքանչյուրը բնութագրվում էր ոչ միայն երկիր մոլորակի կլիմայի կտրուկ փոփոխություններով, այլև ամբողջական գեոդինամիկական վերակառուցմամբ. մագնիսական դաշտի

թուլացում եւ էքսկուրսիա, աղետալի համատարած հրաբխային ժայթքումներ, տեկտոնական փոփոխություններ, մթնոլորտային ջերմաստիճանի փոփոխություններ 10° C-ով:⁷² Համաշխարհային օվկիանոսի մակարդակի փոփոխություններ, հետագա լայնածավալ սառցադաշտեր (նկ. 68-72):

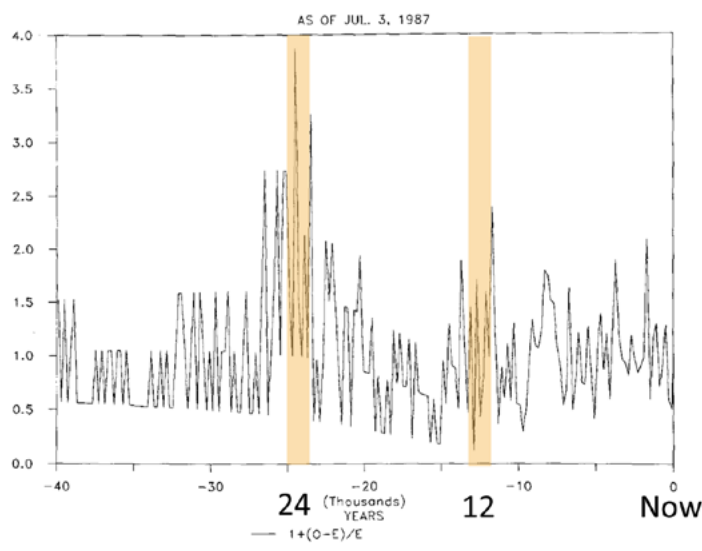


Նկար 68

Համաշխարհային մասշտաբի ժայթքումներ մ.թ.ա. 2013 թվականից մինչև 100 000 կալ. լ. հյուսիսարեւելյան 70° եւ հարավարեւելյան 70° միջև: Այս նկարը ցույց է տալիս, թե երբ են տեղի ունեցել այդպիսի ժայթքումները: Շրջանակների չափը արտացոլում է ժայթքման չափը: Ուշադրություն դարձրեք, որ մեծ կարմիր շրջանակները ցույց են տալիս, որ ամեն 24000 տարին մեկ հրաբուխների ժայթքումները ավելի աղետալի են:

Աղբյուրը՝ Brown, S. K., Croweller, H. S., Sparks, R. S. J., Cottrell, E., Deligne, N. I., Guerrero, N. O., Hobbs, L., Kiyosugi, K., Loughlin, S. C., Siebert, L., & Takarada, S. (2014). Characterisation of the Quaternary eruption record: analysis of the Large Magnitude Explosive Volcanic Eruptions (LaMEVE) database. *Journal of Applied Volcanology*, 3(5). <https://doi.org/10.1186/2191-5040-3-5>

VOLCANICITY INDEX CHRONOLOGY



Նկար 69

Հրաբխային ակտիվության սանդղակը վերջին 40000 տարվա ընթացքում՝ հիմնված սառցե միջուկի տվյալների վրա: Հրաբխային ժայթքումների թվի ժամանակագրությունը՝ հիմնված իրադարձությունների ռադիոածխածնային թվագրման վրա եւ արտահայտված որպես հարաբերական տարբերություն:

Աղբյուրը՝ Bryson, R. A. (1989). Late quaternary volcanic modulation of Milankovitch climate forcing. *Theoretical and Applied Climatology*, 39, 115-125. <https://doi.org/10.1007/bf00868307>

⁶⁶ Стихии и катастрофы — главная угроза планетарной и евразийской безопасности при входе в III тысячелетие н. э. Автор доклада: Смотрин Е. Г., кандидат военных наук, 1998 г. <http://www.geost-21.su/ru/node/1>

⁶⁷ Vogt, D. B. (2007). *God's Day of Judgment; The real cause of global warming (1st Ed.)*. Vector Associates. ISBN-13:978-0-930808-08-2

⁶⁸ Davidson, B. (2021). *The next end of the world*. Space Weather News. ISBN 9781098357788

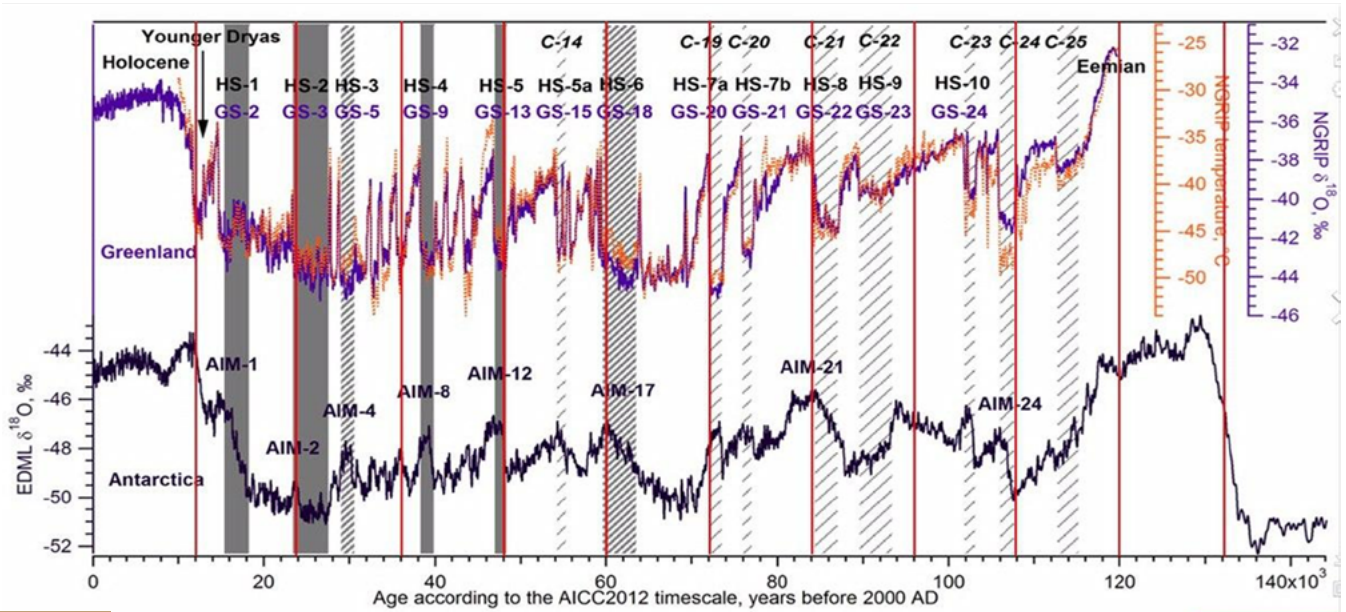
⁶⁹ Thomas, C. (1993). *The Adam & Eve story: The history of cataclysms*. Bengal Tiger Pr, ISBN 9781884600012

⁷⁰ White, K. W. (1992). *World in peril: The origin, mission, and scientific findings of the 46th/72nd Reconnaissance Squadron*, K. White, ISBN 0962891681.

⁷¹ Hapgood, C. H. (1958). *Earth's shifting crust: A key to some basic problems of earth science*. Pantheon Books, - Science.

⁷² Easterbrook, D. J. (2016). *Evidence-based climate science, data opposing CO2 emissions as the primary source of global warming, (2nd Ed.)* Elsevier. Bellingham, USA. <https://doi.org/10.1016/C2015-0-02097-4>

Now 12 24 36 48 60 72 84 96 108 120



Նկար 70

Ջերմաստիճանի անոմալիաներ՝ հիմնված Գրենլանդիայի եւ Անտարկտիդայի սառցե միջուկների տվյալների վրա: Աղբյուրը՝ Heinrich, H. (1988). Origin and consequences of cyclic ice rafting in the Northeast Atlantic Ocean during the past 130,000 years. Quaternary Research, 29(2), 142–152. [https://doi.org/10.1016/0033-5894\(88\)90057-9](https://doi.org/10.1016/0033-5894(88)90057-9)

Event	Age in thousands of years before present		
	Hemming (2004)	Bond & Lotti (1995)	Vidal <i>et al.</i> (1999)
H0	~12		
H1	16.8		14
H2	24	23	22
H3	~31	29	
H4	38	37	35
H5	45		45
H6	~60		

H1 and H2 are identified using radiocarbon dating, H3-6 are correlated with GISP2.

Time (Years Ago)	Magnetic Event	Volcanic Candidates	Biosphere Stresses
~12,000	Gothenburg	Eifel Complex (German), Phlegrean Fields (Italy)	Mega-Faunal Extinction, Global
~25,000	Lake Mungo	Aira Caldera (Japan), Taupo (New Zealand)	Mega-Faunal Extinction, Australia/Eurasia, W.Africa Human Abandonment
~36,000	Mono Lake	Campi Flegrei (Italy), Gorley (Russia)	Mega-Faunal Extinction, North America
~47,000	Laschamp	Kulje Lake (Russia), Lake Shikotsu (Japan)	Mega-Faunal Extinction, Global, Neanderthal Extinction
~60,000	Vostok	(None VEI 7 or Greater)	(No Major Discoveries)
~72,000	Toba	Toba (Indonesia), Santorini (Greece)	Largest Human Bottleneck, <5000 Humans Survived
~84,000	(unnamed)	Adrian (Guatemala)	(No Major Discoveries)
~96,000	(unnamed)	Mount Aso (Japan)	(No Major Discoveries)
~105,000	Blake?	(None VEI 7 or Greater)	Mega-Faunal Extinction?
~120,000	Blake?	Mount Aso (Japan)	Mega-Faunal Extinction?

Նկար 71

Հենրիխի իրադարձությունների մոտավոր հարաբերական դիրքն ի սկզբանե գրանցվել է Հյուսիսային Ատլանտյան օվկիանոսի ծովային նստվածքային միջուկներում: Աղբյուրը՝ Heinrich, H. (1988). Origin and consequences of cyclic ice rafting in the Northeast Atlantic Ocean during the past 130,000 years. Quaternary Research, 29(2), 142–152. [https://doi.org/10.1016/0033-5894\(88\)90057-9](https://doi.org/10.1016/0033-5894(88)90057-9)

Նկար 72

Մագնիսական բեւեռների շեղում, մագնիսական դաշտի թուլացում, աղետալի ժայթքումներ եւ մարումներ 12000 տարին մեկ: Աղբյուրը՝ Davidson, B. (2021). The next end of the world. Space Weather News.

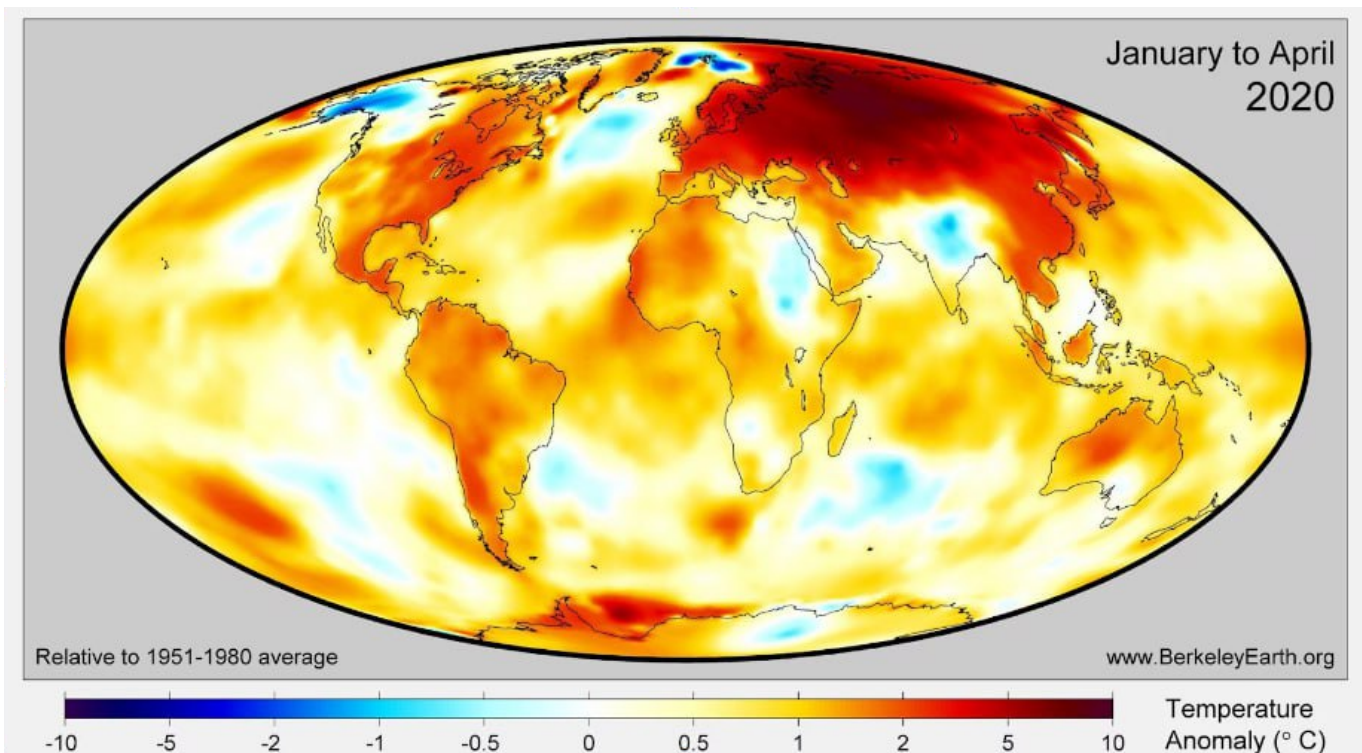
Այսպիսով, այս վարկածը թույլ է տալիս ենթադրել, որ Երկրի գեոդինամիկ փոփոխությունները հիմնականում բխում են աստղագիտական գործընթացներից եւ դրանց ցիկլայնությունից: Ինչպես նախորդ ցիկլերում, այնպես էլ այսօր աղետների աճի կարելու գործոն է արտաքին տիեզերական ազդեցությունից ստացված լրացուցիչ էներգիայի կուտակումը: Այնուամենայնիվ, այս ցիկլը վատթարանում է Երկրի համակարգի վրա մարդկային ազդեցության պատճառով, ինչը մեծացնում է ջերմության քանակը: Էնտրոպիայի

արդյունքում այս ջերմությունը վերածվում է լրացուցիչ էներգիայի, Երկրի թիկնոցը ավելի է շիկանում, մագման ձեռք է բերում ավելի մեծ հեղուկություն, էներգեն ջերմության հոսքը խորքից դեպի մակերես ուժեղանում է, ինչը ձեւավորում է նոր մագմատիկ փետուրներ: Օրինակ, մեր օրերում նման զանգվածային փետուրները շատ արագ տեմպերով բարձրանում են Սիբիրի տակ, այդ թվում՝ այս ուղղությամբ միջուկի տեղաշարժի պատճառով:

Սիբիրի անոմալ տաքացումը

Սիբիրը եւ Սիբիրյան Արկտիկան տարածաշրջաններ են, որտեղ տաքացման տեմպերը 2-3 անգամ բարձր են համաշխարհային միջինից (Նկար73): Ենթադրվում է, որ սա պայմանավորված է մագմատիկ օճախների ձեւավորմամբ՝ Երկրի միջուկի տեղաշարժի հետեւանքով, ինչը լարվածություն է առաջացնում թիկնոցի վրա նշված տարածաշրջանում (Նկար. 74-76): Սա հաստատում են չինացի գիտնականների վերջին հետազոտությունները, ովքեր պարզել են, որ այժմ Սիբիրի տակ, մագմայի ազդեցությամբ, երկրակեղեղը հալվում եւ նստրանում է:⁷³ Այս գործընթացը զարգանում է եւ նվազեցնում է սալի ամրությունը: Հավանական է, որ մագմատիկ օճախների ակտիվությունը կարող է դրսեւորվել նաեւ հավերժական

սառույցի ներքեւից վերեւ լրացուցիչ հալեցմամբ, տարածաշրջանում սեյսմիկ ակտիվության աճով, տաք ջրի մակերեւույթ բարձրանալով եւ խզվածքի գոտիների վերելում գտնվող ձյան տակ հրդեհներով: Հյուսիսային լայնություններում նկատվում է ընդերքից մեթանի եւ ջրածնի արտանետումների աճ, բնական գազի պայթյուններից ծագարների քանակը մեծանում է, իսկ ցեխային հրաբխությունը ուժեղանում է Արկտիկական շելֆում: Ըստ տեկտոնոֆիզիկական մոդելների՝ Սիբիրի տակ մագմայի առաջխաղացումը բարձր ճնշման տակ դեպի դուրս կմղի հալոցը: Դա կարող է ուղղակի սպառնալիք ստեղծել Ռուսաստանի եւ ամբողջ աշխարհի գոյության համար:

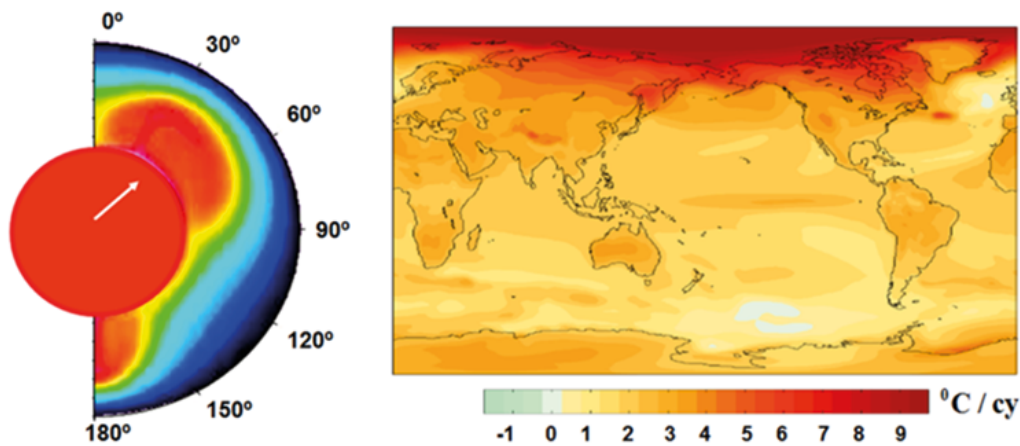


Նկար 73

Ջերմաստիճանի անոմալիաներ աշխարհում 2020 թվականի հունվարից ապրիլ ընկած ժամանակահատվածում 1951-1980 թվականների նորմայի համեմատ: Սիբիրի տարածաշրջանում տաքացումը 3-6 անգամ գերազանցում է գլոբալ ջերմաստիճանի բարձրացման անոմալիան, ինչը վկայում է այս տարածաշրջանի համար լրացուցիչ տաքացման գործոնի մասին:

Աղբյուրը՝ BerkeleyEarth.org

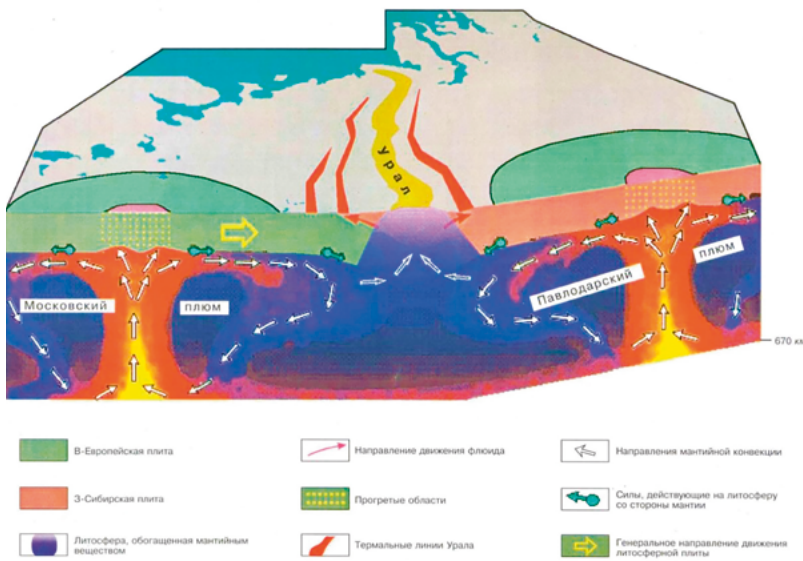
⁷³Li, S., Li, Y., Zhang, Y., Zhou, Z., Guo, J., & Weng, A. (2023). Remnant of the late Permian superplume that generated the Siberian Traps inferred from geomagnetic data. Nature Communications, 14, 1311. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37053-3>



Նկար 74

Միջուկի եւ թիկնոցի հարկադիր հարաբերական ճոճումը եւ թաղանթի վերին շերտերում ասիմետրիկ ջերմամատակարարման օրինաչափությունը (ձախից): Մակերեւույթի գծային տաքացման միտումները ($^{\circ}\text{C}$ -ով մեկ դարում) NCAR CCSM3 տվյալներից միջինացված հատուկ սցենարով: http://www.realclimate.org/bitz_fig3.png (աջից):

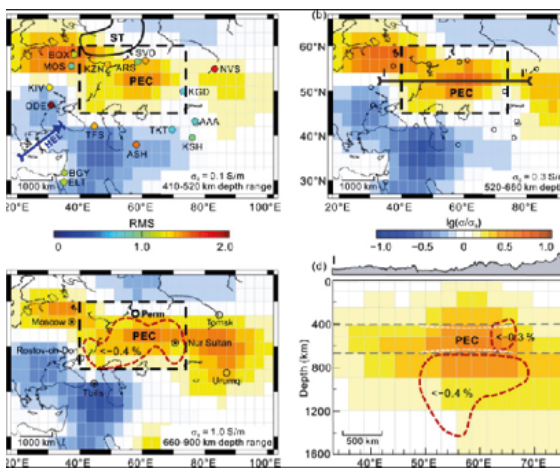
Աղբյուրը՝ Баркин Ю.В. (2009) Циклические инверсионные изменения климата в северном и южном полушариях Земли // Геология морей и океанов: Материалы XVIII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Т.ІІІ. — М.: ГЕОС. 2009. էջ. 4-8.



Նկար 75

Ածխաջրածնային հեղուկների շարժման սխեման Մոսկվայի եւ Պավլոդարի փետուր-տեկտոնական կառույցներում:

Աղբյուրը՝ Горный В. И. и др. Модель мантийно-литосферного взаимодействия по данным комплексирования на геотраверсе Уралсейсмозаземки и дистанционного геотермического метода. // Глубинное строение и геодинамика Южного Урала. — Тверь. 2001. էջ. 227-238 թթ.



Նկար 76

Ջիլինի համալսարանի (Jilin University) եւ Շիցզյաժուանգ Տիեդաոյի համալսարանի (Shijiazhuang Tiedao University) գիտնականները օգտագործել են գեոմագնիսական դաշտի տվյալները Հյուսիսային Ասիայի 16 կայաններից տարբեր խորություններում թիկնոցի էլեկտրական հաղորդունակությունը հաշվարկելու համար: Նրանք հայտնաբերել են հաղորդունակության նկատելի աճ՝ համեմատած համաշխարհային միջին հաղորդունակության հետ, Սիբիրյան թակարդների տակ գտնվող տարածքում (դեղին-շագանակագույն հատվածներ նկարներում): Գիտնականները պարզել են, որ 400-ից 900 կմ խորության վրա գտնվող այս տարածքները միջինում 250 աստիճանով ավելի տաք են, քան շրջապատող թիկնոցը: Այս տարածքներում կա հավված թիկնոցի համամասնություն:

Աղբյուրը՝ Li, S., Li, Y., Zhang, Y., Zhou, Z., Guo, J., & Weng, A. (2023). Remnant of the late Permian superplume that generated the Siberian Traps inferred from geomagnetic data. Nature Communications, 14, 1311. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37053-3>

Համեմատության համար կարելի է նշել ԱՄՆ-ի Յելոուսթոուն հրաբուխի ակտիվացումը, որը նույնպես անսովոր ակտիվության նշաններ է ցուցաբերում, ինչը կարող է ոչնչացնել ամբողջ Ամերիկան, բայց մարդկության կյանքը փրկելու

հնարավորություն դեռ կլինի: Իսկ եթե Սիբիրի տակ լիտոսֆերային սալի ճեղքումը մագմայի կողմից տեղի ունենա, ապա հնարավոր է, որ դա անհնարին կդարձնի Երկիր մոլորակի վրա կյանքի գոյությունը:

Երկիր մոլորակի ընթացիկ ցիկլը

2024 թվականի վերջում հնարավոր է հրաբխային ակտիվության աճ, որը պայմանավորված է մագմայի վերելքով եւ մագմատիկ հոսքերով առաջացրած լիթոսֆերային թիթեղների էրոզիայով: Դա կարող է հանգեցնել հաճախակի երկրաշարժերի եւ հրաբխային ժայթքումների: Այս եզրակացությունն արվել է հետեւյալ դիտարկումների հիման վրա. Երկրի երկրաֆիզիկական եւ գեոդինամիկ պարամետրերը ենթարկվել են կտրուկ փոփոխությունների 1995 եւ 1998 թվականներին, ինչը առաջացրել է սեյսմիկ ակտիվության աճի էքսպոնենցիալ միտում եւ մոլորակի ընդերքի ապակայունացում: Սա վկայում է ընդերքում էներգիայի եւ լարվածության ավելացման, ինչպես նաեւ երկրաչափական պրոգրեսիայի ժամանակ թողարկվող էներգիայի քանակի մասին: Օվկիանոսը եւ մթնոլորտը հետագայում արձագանքում են ընդերքում տեղի ունեցող գործընթացներին, սակայն դրանց փոփոխությունների գրաֆիկներում արդեն ի հայտ է գալիս էքսպոնենցիալ միտումը:

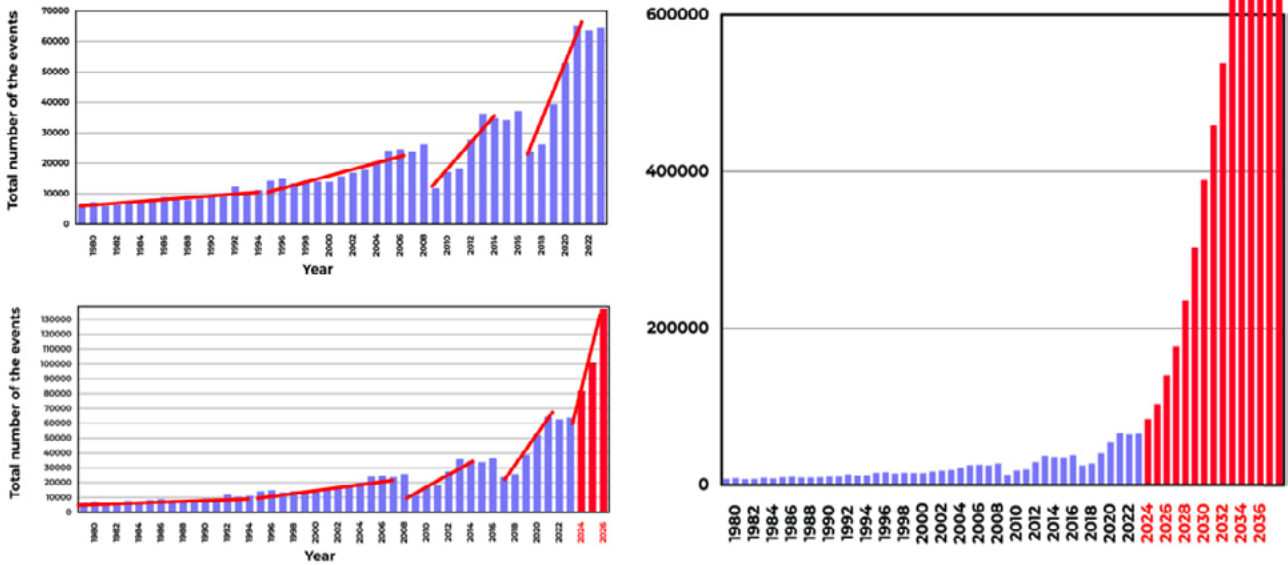
Աշխարհում երկրաշարժերի աճի ներկայիս էքսպոնենցիալ առաջընթացի հիման վրա իրականացվել է գրաֆիկի էքսպոնենցիալ միտումի վերլուծություն եւ դրա հիման վրա կառուցվել է հաջորդ տարիներին երկրաշարժերի թվի աճի մոդել (Նկ. 77):

Մոդելավորման արդյունքները հետեւյալն են՝ մինչեւ 2028 թվականը Երկրի վրա օրական 1000 երկրաշարժ տեղի կունենա՝ 3,0 եւ ավելի

մագնիտոլոդով, մինչդեռ այժմ դրանք ամեն օր մոտ 125-ն են: Մոդելային հաշվարկների հիման վրա մինչեւ 2030 թվականը երկրաշարժերի թիվը, ամենայն հավանականությամբ, այնքան կաճի, որ փոփոխված պայմաններին հարմարվել անհնար կդառնա: Ակնկալվում է, որ ցածր մագնիտոլոդ սեյսմիկ իրադարձությունների թվի աճը, որոնք բնութագրում են մագմատիկ ակտիվության աճը, եւ հրաբխային ակտիվության համատարած աճը, հավանաբար կհանգեցնեն ուժեղ երկրաշարժերի թվի աճին: Մեծ հավանականությամբ 6 տարվա ընթացքում Երկրի վրա ամեն օր տեղի կունենան երկրաշարժեր, որոնք համարժեք կլինեն 2023 թվականի փետրվարի 6-ին Թուրքիայում եւ Սիրիայում տեղի ունեցած երկրաշարժին:

Ենթադրվող փոփոխությունների արդյունքում շատ քաղաքներ եւ պետություններ կարող են լուրջ կորուստների առաջ կանգնել: Կլիմայական աղետների վնասը գնահատող էքսպոնենցիալ ֆունկցիայի կիրառումը ցույց է տալիս, որ համաշխարհային տնտեսությունը կարող է ի վիճակի չլինել փոխհատուցելու կորուստները առաջիկա 4-6 տարիներին, ինչը կարող է հանգեցնել տնտեսական ճգնաժամի: Կանխատեսումները վկայում են այս ժամանակահատվածում համաշխարհային բիզնեսի հնարավոր փլուզման մասին: Մաթեմատիկական մոդելավորումը հուշում է, որ առաջիկա 10 տարիների ընթացքում Երկրի վրա կենսապայմանները կարող են զգալիորեն փոխվել:

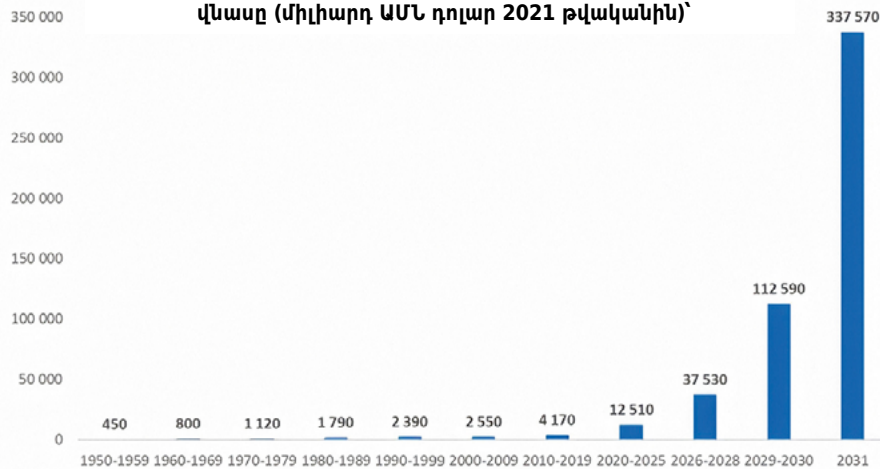
M3-M9 մագնիտուդով երկրաշարժերը աշխարհում 1979-2023 թվականներին՝



Նկար 77

Բնական աղետների թվի էքսպոնենցիալ աճի մոդելը՝ մինչև 2036թ. երկրաշարժերի օրինակով

Բնական աղետների պատճառած կանխատեսվող վնասը (միլիարդ ԱՄՆ դոլար 2021 թվականին)՝



Նկար 78

Բնական աղետներից կանխատեսվող տնտեսական կորուստները՝ ըստ գեոհինամիկ եւ կլիմայական աղետների թվի էքսպոնենցիալ աճի մոդելի (միլիարդավոր ԱՄՆ դոլարով վերահաշվարկ 2021 թվականի համար):
Տվյալների աղբյուրը՝ AON (Catastrophe Insight):

Ելնելով այս միտումից՝ մոտ ապագայում մենք կարող ենք կանխատեսել աշխարհի մյուս բոլոր բնական աղետների թվի աճը: Գիտական փաստերը հաստատում են կլիմայական աղետների անխուսափելի առաջընթաց, եւ այսօր ոչինչ չի խանգարում աշխարհում աղետների աճին: Արեգակնային բռնկումներն այսօր արդեն կարող են խանգարել արբանյակներին՝ ընդգծելով հնարավոր տեխնոլոգիական խնդիրներին նախապատրաստվելու կարեւորությունը:

Կանխատեսումները ենթադրում են, որ զգալի փոփոխություններ կարող են տեղի ունենալ առաջիկա 4-6 տարիների ընթացքում, որոնք կազդեն շատ տարածաշրջանների կենսունակության վրա: Նկարագրված մոդելի հետագա զարգացման համաձայն՝ կարող են տեղի ունենալ կրիտիկական իրադարձություններ, որոնք կարող են ազդել մոլորակի ամբողջականության վրա:

Աղետների անցյալ ցիկերում, որոնք տեղի են ունենում 12000 տարին մեկ, եղել է տեսակների

անհետացում, սակայն մոլորակն անցել է այդ ցիկլերի միջով՝ առանց էական փոփոխությունների իր համակարգերի ամբողջականության մեջ: Այս ցիկլին, որը բնութագրվում է 24000 տարվա ցիկլի պատճառով տեղի ունեցող ավելի ծանր աղետներով, ավելացել է եւս մեկ գործոն, որը սպառնում է բուն մոլորակի գոյությանը որպես կյանքով բնակեցված օբյեկտի: Սա այն մարդածին գործոնն է, որը նախկինում նշվել է զեկոլոյցում, եւ որն առանցքային դեր է խաղում մոլորակի վրա իրավիճակի էական վատթարացման գործում: Սա մարդածին ազդեցությունն է, որն արտահայտվում է մոլորակի հովացման հիմնական մեխանիզմի՝ Համաշխարհային օվկիանոսի ջրերի միկրոպլաստիկով աղտոտմամբ:

Օվկիանոսը մոլորակի ջերմակարգավորման բանալին է: Այն զբաղեցնում է Երկրի մակերեսի մոտ 70%-ը եւ թաղված է երկրակեղևի խորքում: Նախկինում այն ծառայել է որպես Երկրի ջերմային հավասարակշռության կարգավորման հիմնական մեխանիզմ՝ մոլորակի ընդերքից ավելորդ ջերմությունը մթնոլորտ եւ հաջորդիվ տիեզերք դուրս բերելու համար: Սակայն մարդու գործունեության արդյունքում օվկիանոսի ջերմահաղորդունակությունը զգալիորեն խախտվել է: Դա պայմանավորված է օվկիանոսի ջրերի նավթամթերքով եւ սինթետիկ պոլիմերներով աղտոտվածության մակարդակի բարձրացմամբ:

Աղտոտվածության արդյունքում օվկիանոսը սկսել է պակաս արդյունավետ հեռացնել ջերմությունը լիտոսֆերային թիթեղներից, որոնք տաքանում են մագմայի բարձրացման արդյունքում 12000 տարվա կատակլիզմների ցիկլի ընթացքում: (Նկ. 79). Համաշխարհային օվկիանոսը երբեք այսքան աղտոտված չի եղել: Տարեկան մինչեւ 30 միլիոն տոննա նավթ է մտնում օվկիանոս արդյունահանման,

փոխադրման եւ վթարների արդյունքում ⁷⁴: Իսկ օվկիանոսի մակերեսին լողացող աղբի “պլաստիկ կղզիների” ընդհանուր մակերեսը գրեթե հավասար է Միացյալ Նահանգների եւ Ավստրալիայի տարածքներին միասին վերցրած: Բայց դա ամբողջ աղտոտման ընդամենը 1% - ն է: Պլաստիկի 99 % - ը գտնվում է հենց օվկիանոսի ջրերում ⁷⁵:

Բացի օվկիանոսների միկրո պլաստիկով աղտոտումից, մարդկային գործունեությունը, ներառյալ ածխաջրածինների այրումը, հանգեցնում է մթնոլորտում ջերմոցային գազերի ավելացման, ինչպիսիք են մեթանը (CH₄) եւ ածխածնի երկօքսիդը (CO₂): Հավվող սառցադաշտերը եւ մշտական սառույցը ուժեղացնում են այս ազդեցությունը՝ մեծացնելով մեթանի կոնցենտրացիան մթնոլորտում: Սա հատկապես վտանգավոր է, քանի որ մեկ տոննա մեթանը նույնքան ջեռուցման էֆեկտ է առաջացնում, որքան 25 տոննա ածխաթթու գազը:

Օվկիանոսի թթվայնացման հետեւանքով միկրոպլաստիկը ավելի արագ են վերածվում նանոպլաստիկի, ինչն էլ ավելի է սրում օվկիանոսում ջերմության կուտակման հետ կապված իրավիճակը:

Ածխաջրածինների, մասնավորապես մեթանի եւ նավթի օգտագործումը վառելիքի այրման եւ պլաստիկ արտադրելու համար զգալիորեն վատթարացրել է մոլորակի բնապահպանական իրավիճակը՝ հանգեցնելով ավելորդ ջերմության կուտակմանը ինչպես օվկիանոսում, այնպես էլ մթնոլորտում:

Մթնոլորտի եւ օվկիանոսի ջերմաստիճանի անոմալ բարձրացումը ցույց է տալիս օվկիանոսի՝ ընդերքից ջերմություն կլանելու ունակության աննախադեպ նվազում, ինչը խիստ անհրաժեշտ է 12000 տարվա ցիկլի ընթացքում՝ մոլորակի միջուկին լրացուցիչ էներգիա մատակարարելու ժամանակ:

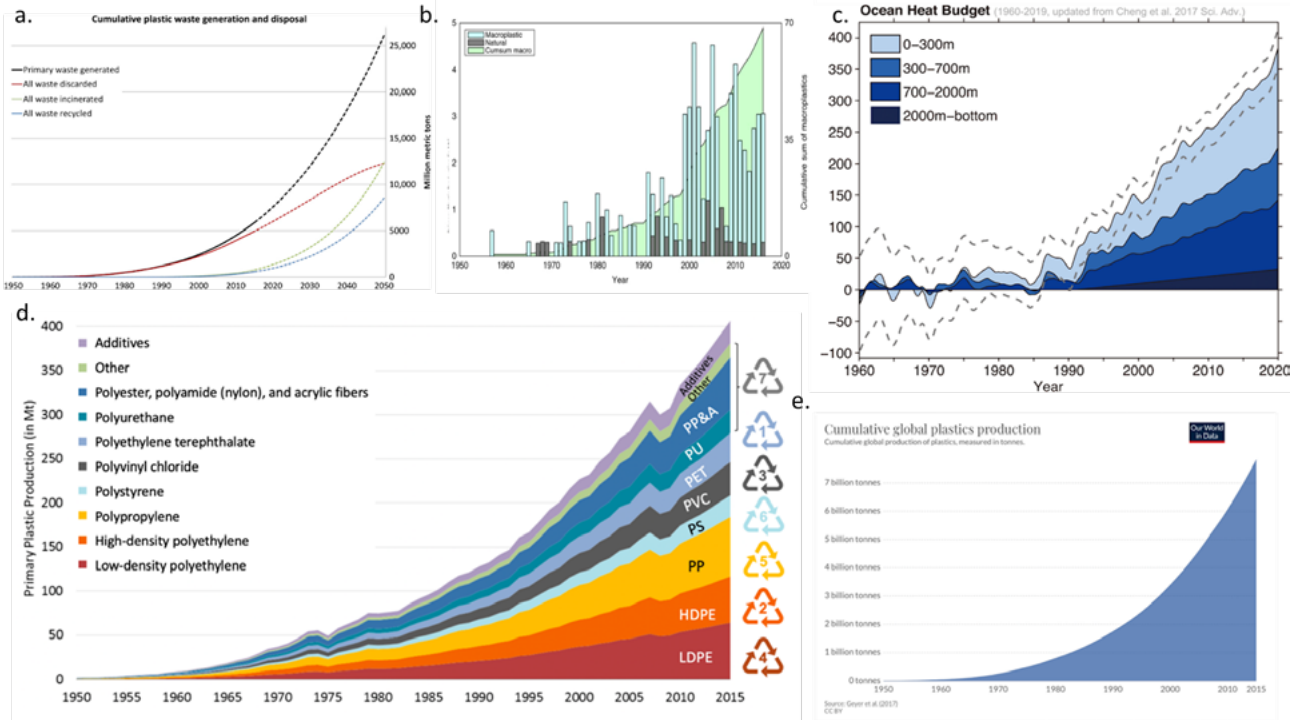
⁷⁴ Алексеев Г.В., Боровков М.И., Титова Н.Е. Современные средства для очистки воды от масло-жировых эмульсий и нефтепродуктов // Colloquium-journal. № 7(18), 2018. — с. 4-6

⁷⁵ Lebreton, L., Egger, M., & Slat, B. (2019). A global mass budget for positively buoyant macroplastic debris in the ocean. Scientific Reports, 9, 12922.

<https://doi.org/10.1038/s41598-019-49413-5>

Օվկիանոսում բուստախուրթերի ուսումնասիրությունը նաեւ թույլ է տալիս մեզ հասկանալ, որ նախկինում օվկիանոսը արդյունավետ կերպով հեռացրել է ջերմությունը: Ներկայումս բուստախուրթերը մահանում են ⁷⁶

գերտաքացումից, չնայած այն հանգամանքին, որ շատ հազարամյակներ շարունակ նրանք հաջողությամբ գոյություն են ունեցել եւ գոյատեւել են 12000 տարվա աղետների ցիկլերի ընթացքում:



Նկար 79

Օվկիանոսի ջերմաստիճանի աղյուսակը 1960-2019 թթ. եւ դրա՝ սինթետիկ պոլիմերների արտադրության աճի գրաֆիկների հետ համեմատությունը, դրանց օգտագործումը տևտեսության տարբեր ոլորտներում եւ օվկիանոսում պլաստիկ թափոնների վերամշակումը (տարբեր աղբյուրներից):

ա) Արտադրված եւ վերամշակված պլաստիկ թափոնների ընդհանուր քանակը
 Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>

բ) Օվկիանոսում միկրոպլաստիկի ընդհանուր քանակությունը եւ դրա տարեկան թվերը
 Ostle, C., Thompson, R. C., Broughton, D., Gregory, L., Wootton, M., & Johns, D. G. (2019). The rise in ocean plastics evidenced from a 60-year time series. *Nature Communications*, 10(1622). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09506-1>

գ) Օվկիանոսի ջերմաստիճանի փոփոխությունը 1960-2019 թթ. (Purkey and Johnson, 2010; с обновлением данных Cheng и др., 2017)
 Cheng, L., Abraham, J., Zhu, J., Trenberth, K. E., Fasullo, J., Boyer, T., Locarnini, R., Zhang, B., Yu, F., Wan, L., Chen, X., Song, X., Liu, Y., & Mann, M. E. (2020). Record-Setting Ocean Warmth Continued in 2019. *Advances in Atmospheric Sciences*, 37, 137-142. <https://doi.org/10.1007/s00376-020-9283-7>

դ) Առաջնային պլաստիկի գլոբալ արտադրությունը ըստ տեսակների
 Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>

ե) 1950 թվականից արտադրված պլաստիկի ընդհանուր քանակությունը
 Տվյալների աղբյուր՝ Plastic Marine Pollution Global Dataset

Երկրի ընդերքի տաքացման եւ մարդածին գործոնի պատճառով մոլորակի հովացման ունակության կորստի հետեւանքով վտանգ կա, որ այս անգամ Երկիրը չի դիմանա աղետալի

իրադարձությունների ցիկլին, ինչը կարող է հանգեցնել նրան, որ Երկիրը արժանանա Մարսի ճակատագրին: Տեկտոնաֆիզիկական մոդելավորումը հնարավորություն տվեց

⁷⁶ Hughes, T. P., Kerry, J. T., Baird, A. H., Connolly, S. R., Dietzel, A., Eakin, C. M., Heron, S. F., Hoey, A. S., Hoogenboom, M. O., Liu, G., McWilliam, M. J., Pears, R. J., Pratchett, M. S., Skirving, W. J., Stella, J. S., & Torda, G. (2018). Global warming transforms coral reef assemblages. *Nature*, 556, 492-496. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0041-2>

դիտարկել իրադարձության հետագա զարգացման հնարավոր սցենարը մինչև կանխատեսվող անդառնալիության կետը:

Երկրի ընդերքում վերը նկարագրված գործընթացները, որոնք դիտվում են այժմ, պայմանավորված են մարդածին գործոնով եւ մոլորակի միջուկի գերտաքացումով՝

տիեզերքից ավելորդ էներգիա մատակարարելու արդյունքում: Միջուկը չափազանց մեծ չափով տաքացնում է մագման, ինչի հետևանքով թիկնոցը հալվում է եւ մագման ճնշուն է երկրակեղևը: Այս ճնշման արդյունքում կեղևը քայքայվում է, կոտրվում եւ ուղիներ է ստեղծում խորքային մագմայի արտանետման համար:

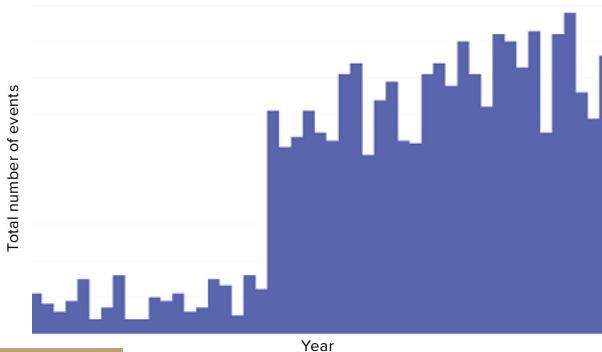
Կանխատեսվող անդառնալիության կետի տեկտոնաֆիզիկական եւ մաթեմատիկական մոդելավորումը 2036 թվականին

Երկրի վրա կա որոշակի վայր, որը կրիտիկական վտանգ է ներկայացնում ամբողջ մոլորակի համար: Սա Երկրի միակ կետն է, որտեղ համընկնում են եզակի պայմանները՝ ամենաբարակ երկրակեղևը եւ դրա տակ գտնվող բարձր մագմատիկ ակտիվությունը: Բացի այդ, այս վայրում ընդերքը ուժեղ սեղմվում է ինչպես ներքեւից՝ բարձրացող մագմայի կողմից, այնպես էլ վերեւից՝ օվկիանոսի ջրի շերտով, որի հաստությունը մոտ 11 կիլոմետր է: Այս վայրը, որը հայտնի է որպես Մարիանյան իջվածք, ամենախորն է Երկրի վրա եւ ներկայումս ամենամեծ վտանգն է ներկայացնում հենց մոլորակի համար:

Դիտարկենք առաջին գրաֆիկը (Նկար 80), որը ցույց է տալիս վերջին երեք տասնամյակների ընթացքում Մարիանյան իջվածքում խորը կիզակետով երկրաշարժերի թվի աճի միտումը: 1995 թվականից ի վեր Մարիանյան իջվածքում

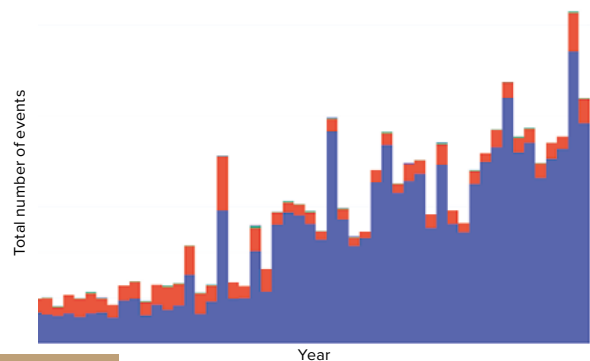
տեղի է ունեցել խորը կիզակետով երկրաշարժերի թվի կտրուկ աճ: Խորը կիզակետով երկրաշարժերը, որոնք տեղի են ունենում թիկնոցում 300–800 կիլոմետր խորության վրա, արձակված էներգիայի քանակի առումով կարող են համեմատվել ահռելի կործանարար ուժի միջուկային պայթյունների հետ: Մարիանյան իջվածքը աշխարհի գեոդինամիկ առումով ամենակտիվ շրջաններից է, որտեղ տեղի են ունենում նման իրադարձություններ: Սա ցույց է տալիս Մարիանյան իջվածքի տակ գտնվող թաղանթում տեղի ունեցող ակտիվ գործընթացները:

Երկրորդ գրաֆիկը (Նկար 81) ցույց է տալիս Մարիանյան իջվածքում մակերեւութային երկրաշարժերի թվի աճը: Այս աճը կարելի է նկարագրել էքսպոնենցիալ ֆունկցիայով: Այս միտման դանդաղման նշաններ դեռեւս չկան:



Նկար 80

1970-ից մինչև 2023 թվականը Մարիանյան իջվածքում խորը կիզակետով M1+ երկրաշարժերի թիվը: Տվյալների աղբյուրը՝ Միջազգային սեյսմոլոգիական կենտրոն (International Seismological Centre) <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin>



Նկար 81

M4+ մակերեւութային երկրաշարժերի թիվը Մարիանյան իջվածքում 1970-ից մինչև 2023 թվականը: Տվյալների աղբյուր՝ Միջազգային սեյսմոլոգիական կենտրոն (International Seismological Centre) <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin>

Ըստ USGS-ի⁷⁷2023 թվականի նոյեմբերի 24-25-ին Մարիանյան իջվածքում գրանցվել է թվով ավելի քան 120 անընդմեջ երկրաշարժ՝ 4,0 մագնիտուդից բարձր ուժգնությամբ: Սա այս տարածքում օրական երկրաշարժերի ռեկորդային թիվն է դիտարկումների ողջ պատմության ընթացքում: Այս վերջին սեյսմիկ ակտիվությունը ցույց է տալիս, որ իրավիճակը Մարիանյան իջվածքի տակ միայն վատթարանում է:

Համաձայն մաթեմատիկական եւ տեկտոնաֆիզիկական մոդելավորման՝ սեյսմիկ եւ մագմատիկ ակտիվությունը կշարունակի աճել էքսպոնենցիալ կերպով՝ հանգեցնելով հաջորդ իրադարձություններին 2036 թվականին:

Երկրի ընդերքում երկրաբանական ակտիվության ինտենսիվացման արդյունքում մագման կարող է ներթափանցել երկրակեղևի միջով Մարիանյան իջվածքի տարածք: Ծայրահեղ ճնշման պայմաններում այս հատվածում կարող է առաջանալ լայնածավալ ճեղքվածք: Մոտավորապես 0°C ջերմաստիճանով միլիարդավոր խորանարդ մետր ջուրը կհանդիպի 1600°C ջերմաստիճան ունեցող միլիարդավոր խորանարդ մետր մագմայի հետ՝ առաջացնելով հազարավոր անգամ ավելի հզոր պայթյուն, քան երկրի վրա եղած միջուկային զենքի ամբողջ պաշարի պայթյունը: Այս իրադարձությունը կարող է փոշու հետ խառնված գոլորշու հսկայական սյունը արտանետել ավելի քան 500 կմ բարձրության վրա եւ կարող է պատռել թերմոսֆերան: Ըստ մոդելավորման՝ մթնոլորտը, որը կկորցնի իր ամբողջականությունը, կարող է ոլորվել մոլորակի շուրջը՝ մակերեւութային լարվածության փոփոխության պատճառով եւ կարող է նաեւ հեշտությամբ քշվել արեւային քամու կողմից: Հարկ է նշել, որ նման սցենարը կհանգեցնի մթնոլորտի, օվկիանոսի եւ

մագնիսական դաշտի կորստին եւ, հավանաբար, կոադարեցնի Երկրի միջուկի պտույտը, ճիշտ այնպես, ինչպես դա կատարվել է Մարսի վրա:

Երկրի վրա գտնվող Մարիանյան իջվածքը, որը նման է Մարսի Մարիներ կիրճին, համեմատաբար բարակ մոլորակային կեղևով շրջան է: Մարիներ կիրճի շուրջը տեսանելի են հրաբխային լավայի հսկայական հոսքեր, որոնք ցույց են տալիս, որ Մարիներ կիրճը եղել է երկրաբանական զգալի փոփոխությունների վայր, որոնք ազդել են Մարսի վիճակի վատթարացման վրա: Նմանատիպ երկրաբանական գործընթացները ներկայումս նկատվում են Մարիանյան իջվածքում, որոնք, հավանաբար, տեղի են ունեցել նաեւ Մարսի Մարիներ կիրճում: Ենթադրվում է, որ նման գործընթացները կարող են զգալի հետեւանքներ ունենալ երկրի եւ նրա կենսաբանական կյանքի ձեւերի համար: Այնուամենայնիվ, եթե երկրի վրա փոփոխությունների զարգացման ներկայիս էքսպոնենցիալ միտումները շարունակվեն, մարդկությունը, հնարավոր է, որ ականատես չի լինի, թե ինչպես է երկիրը վերածվում Մարսի, քանի որ մեզ սպառնում է այլ պատճառներով ավելի վաղ անհետանալու վտանգը:

Արդիականացված տվյալների համաձայն՝ կատակլիզմների աճի տեմպերը գերազանցում են անգամ ամենահոռետեսական կանխատեսումները: Սա նշանակում է, որ մարդկությանը գործնականում ժամանակ չի մնացել օվկիանոսի մարդածին աղտոտման հետեւանքները վերացնելու եւ արտաքին տիեզերական ազդեցության հարցը լուծելու համար: Երկրի վրա կլիմայական եւ գեոդինամիկ աղետների քանակի եւ ծանրության էքսպոնենցիալ աճի միտումը ողջ մարդկությանը կանգնեցնում է անհետացման եզրին առաջիկա 10 տարիների ընթացքում:

⁷⁷USGS. (n.d.). Որոնման աղբյուրները: Seismic activity in the Mariana Trench region according to USGS data. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map/?extent=-15.62304,98.08594&extent=45.39845,196.52344&range=search&search=%7B%22name%22%22Search%20Results%22,%22params%22:%7B%22starttime%22:%222023-11-23%2000:00:00%22,%22endtime%22:%222023-11-26%2023:59:59%22,%22maxlatitude%22:29.075,%22minlatitude%22:6.49,%22maxlongitude%22:155.215,%22minlongitude%22:133.242,%22minmagnitude%22:2.5,%22orderby%22:%22time%22%7D%7D>

Արդյո՞ք որեւէ հիմք կա ենթադրելու, որ կլիմայի շարունակվող փոփոխությունն ինքնին կդադարի: Գիտական ապացույցները ցույց են տալիս, որ նույնիսկ տեխնածին ածխաթթու գազի արտանետումների դադարեցումը չի կանգնեցնի արդեն իսկ սկսված կլիմայի փոփոխությունը: Պատճառը, որ մենք՝ որպես մարդկություն, շարժվում ենք դեպի կանխատեսվող անդառնալիության կետը, մարդածին գործոնն է, քանի որ օվկիանոսը կորցրել է ջերմությունը հեռացնելու իր գործառույթը միկրո եւ նանոպլաստիկով դրա աղտոտման պատճառով՝ դեպի Երկրի ընդերքը լրացուցիչ տիեզերական էներգիայի ներթափանցման ժամանակ: Հետեւաբար, նույնիսկ արդյունաբերական գործունեության ամբողջական դադարեցումը չի բերի կլիմայական հավասարակշռության հիմնարար լուծմանը, քանի որ ընդերքի տաքացման գլոբալ գործընթացները արդեն սկսվել են:

Ուստի այս կրիտիկական իրավիճակից դուրս գալու ելքերից մեկը արտաքին տիեզերական ազդեցության ուսումնասիրությունն է, որն այժմ ազդում է մեր մոլորակի եւ Արեգակնային համակարգի այլ մոլորակների միջուկների վրա:

Այս սպառնալիքի վերացումը պահանջում

է լուծման արդյունավետ մեթոդների մշակում: Չնայած այս էֆեկտի վերաբերյալ սահմանափակ գիտական գիտելիքներին, հայտնի է, որ մոլորակների միջուկները փոխազդում են դրա հետ: Այսպիսով, մենք կարող ենք եզրակացնել, որ արտաքին տիեզերական ազդեցությունը անհայտ ֆիզիկական երեւույթ է: Ելնելով այն հանգամանքից, որ այս խնդիրը կրում է ֆիզիկական բնույթ՝ նրա լուծումը նույնպես ֆիզիկայի ոլորտում է: Այս հարցը լուծելու համար անհրաժեշտ է միավորել առաջատար գիտնականներին ամբողջ աշխարհից, որպեսզի նրանք կարողանան իրենց ողջ ներուժը կենտրոնացնել այս ֆիզիկական խնդրի ուսումնասիրության վրա:

Այս նպատակին հասնելու համար չափազանց կարեւոր է խնդրի մասին տեղեկատվությունը հասցնել համաշխարհային հանրությանը: Միայն այն ժամանակ, երբ պատասխանատու անձանց համամարդկային պահանջ կներկայացվի, որպեսզի նրանք պայմաններ ստեղծեն աշխարհի գիտնականների համախմբման համար՝ կլիմայական խնդիրների լուծումները գտնելու հարցում: Այդ դեպքում մենք կյանքի, մեր ապագայի եւ մեր երեխաների ապագայի համար հնարավորություն կունենանք:

ՄԱՍ 3

ԼՈՒԾՈՒՄԸ ՀՆԱՐԱՎՈՐ Է

Թերեւս, հարց է առաջանում, թե ինչու է բացակայում կլիմայի սպառնալիքի իրական մասշտաբի վերաբերյալ տեղեկատվության հանրային տարածումն ու դրա բարձր մակարդակի քննարկման բացակայությունը ինչպես գիտնականների, այնպես էլ քաղաքական գործիչների շրջանում: Պատասխանը կայանում է մարդու ենթագիտակցության աշխատանքի առանձնահատկությունների մեջ: Ենթագիտակցությունը կառուցված է այնպես, որ եթե այն ելք չի տեսնում կրիտիկական իրավիճակից, ապա պարզապես արգելափակում է իրականությունը եւ հերքում է սպառնալիքի առկայությունը:

Այդ իսկ պատճառով այն մարդկանցից շատերը, ովքեր ծանոթացել են վերը նշված փաստերի հետ եւ ստացել են մոտալուտ մոլորակային աղետի սպառնիչ ապացույցները, չեն գործում իրավիճակին համարժեք: Նրանք չեն հավատում, որ մարդկությունը կարող է հաղթահարել այս մարտահրավերը եւ գոյատևել: Այս զեկույցի առանցքային նպատակն է ներկայացնել փաստեր, որ կլիմայական կոլապսի խնդրի լուծումը գոյություն ունի:

ՕՎԿԻԱՆՈՍԻ ՎԵՐԱԿԱՆՔՆՈՒՄ

Մարդկության գոյատևման կարևոր նախապայմանն օվկիանոսի խորքերից ջերմությունը հեռացնելու ունակության վերականգնումն է: Հակառակ դեպքում, ինչպես վերը նշվեց, այս ցիկլի ընթացքում Երկիր մոլորակը կարող է հասնել կանխատեսվող անդամալիության կետին: Եկեք ավելի մանրամասն անդրադառնանք այն գործընթացներին, որոնք ամենամեծ դերն ունեն Մարիանյան իջվածքում մագմայի բեկման աղետալի վտանգի դրսևորման գործում:

12000 տարվա ցիկլի ընթացքում արտաքին տիեզերական ազդեցության պատճառով մոլորակի միջուկը գերտաքացնում է թիկնոցը: Այս ցիկլի ընթացքում հավելյալ ջերմությունը չի հեռանում թիկնոցից՝ մարդածին պատճառներով օվկիանոսի ջերմահեռացման ֆունկցիայի խախտման պատճառով: Սա նպաստում է մագմայի ջերմաստիճանի անոմալ բարձրացմանը եւ թիկնոցի ինտենսիվ հալմանը:

Մագման, որը գտնվում է միջուկի անմիջական հարեւանությամբ, դառնում է ծայրահեղ տաք եւ հեղուկ, ակտիվորեն քայքայում է թիկնոցը եւ ձեւավորում նոր ուղիներ դեպի Երկրի մակերես: Ըստ մոդելի, դա հանգեցնում է մագմատիկ հոսքերի եւ գետերի ձեւավորմանը: Փաստերը ցույց են տալիս, որ այս գործընթացն արդեն նկատելի է Սիբիրում:

Ըստ վարկածի, երբ մագմատիկ գետերը բախվում են, տեղի են ունենում ներթիկնոցային պայթյուններ, որոնք առաջանում են միջուկային ռեակցիաներից և մեծ քանակությամբ էներգիա են արձակում: Այս պայթյունները ապակայունացնում են Երկրի միջուկը և ավելի են բարձրացնում ջերմաստիճանը մոլորակի ներսում և սեյսմիկ ակտիվությունը երկրակեղևում:

Ըստ մաթեմատիկական հաշվարկների՝ Երկրի թիկնոցի հալման արագությունը ավելանում է, եւ մինչեւ 2024 թվականի վերջը, երբ միջուկի

վրա արտաքին տիեզերական ազդեցությունը կուժեղանա, մագմայի տաքացումը եւ հալումը զգալիորեն կավելանան: Ենթադրվում է, որ ժամանակի ընթացքում մագման կբարձրանա մակերեսին ավելի մոտ:

Տեկտոնաֆիզիկական մոդելավորումը ցույց է տալիս, որ, երբ ամբողջ թիկնոցը հալվի, խորը կիզակետով երկրաշարժերը կդադարեն և երկրակեղևը հեշտությամբ կարող է ճեղքվել մագմայի կողմից Մարիանյան իջվածքի շրջանում:

Հենց այս պատճառով է, որ օվկիանոսի գործառույթի վերականգնումը չափազանց կարեւոր է մարդկության եւ մոլորակի գոյատևման համար: Մարդածին գործոնով խաթարված օվկիանոսի ջերմահեռացման ֆունկցիայի լրացուցիչ հետևանքը մթնոլորտում ավելորդ խոնավությունն է:

Համաշխարհային օվկիանոսի ջրերի ջերմաստիճանի բարձրացման հետ տեղի է ունենում խոնավության ինտենսիվ գոլորշիացում: Երբ ջուրը գոլորշիանում է, այն օվկիանոսից հեռացնում է ջերմային էներգիան: Երբ խոնավ օդը բարձրանում է եւ հասնում է մթնոլորտի ավելի ցուրտ շերտերին, ջրի գոլորշին խտանում է, այսինքն՝ նորից վերածվում հեղուկ ջրի: Սա հանգեցնում է ամպերի ձեւավորման եւ, ի վերջո, անոմալ տեղումների, հեղեղումների եւ ջրհեղեղների:

Պարադոքս է առաջանում մթնոլորտում ավելի շատ ջրային գոլորշի կա, ամբողջ աշխարհում ավելանում է ծայրահեղ ջրհեղեղների թիվը, բայց միեւնույն ժամանակ երկրագնդի կեսը տառապում է երաշտից: Դա տեղի է ունենում մթնոլորտային ջերմաստիճանի բարձրացման պատճառով: Որքան բարձր է օդի ջերմաստիճանը, այնքան ավելի շատ խոնավություն կարող է այն պահել: Խոնավությունը, գոլորշիանալով, երկար ժամանակ մնում է մթնոլորտում՝ չվերադառնալով տեղումների տեսքով: Սա հանգեցնում է

որոշակի շրջաններում երաշտի երկարատեւ ժամանակաշրջանների:

Տաք եւ խոնավ մթնոլորտը նույնպես նպաստում է արեւադարձային ցիկլոնների առաջացմանը եւ մեծացնում դրանց կործանարար ուժը: Տաք եւ խոնավ օդը, իր ավելի ցածր խտության պատճառով, բարձրանում է՝ ձեւավորելով ցածր ճնշման գոտիներ, ինչը մեծացնում է քամու արագությունը: Երբ մթնոլորտում ջուրը խտանում է, այն ազատում է ամբողջ կուտակված ջերմային էներգիան, որը կլանվել է գոլորշիացման ժամանակ: Այս ջերմությունը էներգիայի հիմնական աղբյուրն է արեւադարձային ցիկլոնների համար: Երբ քամին, ջուրն ու ջերմությունը միանում են, դրանք կործանարար ուժ են ստանում:

Օվկիանոսի գործառույթների վերականգնման հնարավորությունը, ներառյալ խորքից ջերմությունը հեռացնելու եւ շրջակա միջավայրի կայունությունը պահպանելու կարողությունը, կարող է իրականացվել օդից ջուր ստացող սարքերի լայն կիրառմամբ, որոնք են այսպես կոչված մթնոլորտային ջրի գեներատորները (ՄՁԳ): Դրանք ոչ միայն կապահովեն Երկրի ողջ բնակչությանը բավարար քանակությամբ ջրով, այլ նաեւ կօգնեն մաքրել համաշխարհային օվկիանոսը միկրո- եւ նանոպլաստիկից: Ինչպես քննարկվել է այս գեկույցի 2-րդ մասում, պլաստիկն ու միկրոպլաստիկը իրենց յուրահատուկ քիմիական բաղադրության պատճառով խախտում են օվկիանոսի ջերմային հաղորդունակությունը, ինչը խանգարում է խորքերից ջերմության հեռացմանը: ՄՁԳ-ի զանգվածային ներդրման շնորհիվ օվկիանոսից գոլորշիացող եւ միկրոպլաստիկ պարունակող ջուրը կանցնի սարքի ֆիլտրերով, որոնք կհեռացնեն բոլոր աղտոտիչները: Ֆիլտրում մնացած նյութերը կվերամշակվեն եւ հետագայում կօգտագործվեն: Այս աղտոտիչների մաքրումը կվերականգնի օվկիանոսի ջերմությունը Երկրի ընդերքից մթնոլորտ փոխանցելու եւ դեպի տիեզերք

հեռացնելու կարողությունը: Կբարելավվի նաեւ բուն մթնոլորտի ջերմահաղորդունակությունը, այսինքն՝ ջերմությունը ավելի լավ կհեռացվի դեպի տիեզերք, քանի որ մթնոլորտը կմաքրվի ավելորդ խոնավությունից, մեթանից եւ CO2 -ից:

Այժմ արձանագրվել է մթնոլորտի վերին շերտերի խտության նվազում և իջեցում: Իսկ մթնոլորտից խոնավության ինտենսիվ հավաքագրմամբ մթնոլորտը կկարգավորվի իր ամբողջ բարձրության վրա, և վերին շերտերը ավելի կխտանան: Մթնոլորտային խոնավության քանակը նույնպես կկայունանա, ինչը կնվազեցնի ծայրահեղ տեղումների և քամիների քանակը: Դա հնարավոր կլինի, եթե ամբողջովին բացառենք մակերեսային և ստորերկրյա ջրերի ներկայիս սպառումը եւ անցում կատարենք մթնոլորտից վերը նշված սարքերով ստացված ջրի օգտագործմանը՝ ինչպես կենցաղային, այնպես էլ արտադրական մակարդակներում:

Եկեք դիտարկենք օվկիանոսի, մթնոլորտի եւ երկրակեղևի մակերեսի միջեւ խոնավության եւ ջերմափոխանակության վերականգնման անհրաժեշտ քայլերը:

Առաջին փուլում մենք պետք է ամբողջությամբ անցնենք մոլորակի ողջ տարածքում մթնոլորտային ջրի գեներատորների օգտագործմանը: Դա մեզ թույլ կտա դադարեցնել ջրառը վերգետնյա եւ ստորգետնյա աղբյուրներից: ՄՁԳ-ները (մթնոլորտային ջրի գեներատորներ) կարող են արտադրել ջրի պահանջվող ծավալը ինչպես խմելու, այնպես էլ արդյունաբերական կարիքների համար: Դրանք կենսական նշանակություն կունենան ջրային ճգնաժամի համատեքստում եւ կապահովեն ջրամատակարարման կայունությունը, ինչը թույլ կտա ամբողջությամբ իրականացնել ՄԱԿ-ի կայուն զարգացման մի քանի նպատակները, ինչպիսիք են.

- **Նպատակ 6.** Ջրային ռեսուրսների առկայության և ռացիոնալ օգտագործման

և սանիտարական պայմանների ապահովում բոլորի համար;

- **Նպատակ 9.** Ճկուն ենթակառուցվածքների ստեղծում, ներառական եւ կայուն արդյունաբերականացման եւ նորարարության խթանում;
- **Նպատակ 13.** Կլիմայի փոփոխության եւ դրա հետեւանքների դեմ հրատապ միջոցների ձեռնարկում;
- **Նպատակ 14.** Օվկիանոսների, ծովերի եւ ծովային ռեսուրսների պահպանում եւ ռացիոնալ օգտագործում կայուն զարգացման համար;
- **Նպատակ 15.** Ցամաքային էկոհամակարգերի պաշտպանություն և վերականգնում և դրանց ռացիոնալ օգտագործման խթանում, անտառների ռացիոնալ օգտագործում, անապատացման դեմ պայքար, հողերի դեգրադացիայի գործընթացի դադարեցում և հակադարձում և կենսաբազմազանության կորստի գործընթացի դադարեցում;
- **Նպատակ 17.** Իրականացման միջոցների ամրապնդում և աշխատանքի ակտիվացում գլոբալ գործընկերության շրջանակներում` ի շահ կայուն զարգացման:

Երկրորդ կարեւոր փուլը կլինի Էներգիայի անվառելիք գեներատորների (ԷԱԳ) ներդրումը, որոնք անհրաժեշտ են ՄՁԳ-ներին անհրաժեշտ եւ մատչելի Էներգիայով ապահովելու համար` իրենց Էներգատարողության շնորհիվ: Նաեւ ջրարտադրող կայանքների համար խոնավությունը պետք է համալրվի բնական աղբյուրներից, որոնք նախ պետք է մաքրվեն: Դրա համար անհրաժեշտ է նաեւ վերացնել բաց ջրամբարները եւ հեռացնել ամբարտակները: Հենց ԷԱԳ-ների ներդրումը կնվազեցնի կախվածությունը հիդրոէներգիայից եւ հնարավոր կդարձնի ամբարտակների

բացումը: Գետերը կվերադառնան իրենց բնական հուներին` վերականգնելով իրենց բնական հոսքը: Սա կվերացնի լճացած ջուրը եւ գետերը կվերադարձնի կյանքին, ինչը թույլ կտա մաքուր ջրի հոսքը դեպի օվկիանոս: Այս կերպ աղտոտվածությունը կդադարի մայրցամաքներից օվկիանոս հոսել:

Այս միջոցառումները նաեւ կօգնեն հասնել ՄԱԿ-ի Գլխավոր ասամբլեայի կողմից հաստատված կայուն զարգացման մի շարք հետեւյալ նպատակներին.

- **Նպատակ 7.** ապահովել բոլորի համար մատչելի, հուսալի, կայուն եւ ժամանակակից Էներգիայի համընդհանուր հասանելիություն.
- **Նպատակ 8.** Խթանել առաջադեմ, համապարփակ կայուն տնտեսական աճ, լիարժեք եւ արդյունավետ զբաղվածություն եւ արժանապատիվ աշխատանք բոլորի համար.
- **Նպատակ 9.** Կառուցել ճկուն ենթակառուցվածք, խթանել ներառական եւ կայուն արդյունաբերականացումը եւ նորարարությունը.
- **Նպատակ 11.** Ապահովել, որ քաղաքներն ու բնակավայրերը լինեն ներառական, անվտանգ, դիմացկուն եւ էկոլոգիապես կայուն;
- **Նպատակ 13.** Շտապ գործողություններ ձեռնարկել կլիմայի փոփոխության եւ դրա հետեւանքների դեմ պայքարելու համար:

Օվկիանոսի, մթնոլորտի եւ մակերեւույթի միջեւ խոնավության եւ ջերմության փոխանակման վերականգնման երրորդ փուլում անհրաժեշտ է վերականգնել ջրահեռացման համակարգերը: Ջուրը չպետք է թափվի բաց ջրամբարներ: Այն պետք է ներթափանցի հողի մեջ` անցնելով բնական մաքրման գործընթացը հողի շերտերի միջով, նախքան ջրամբարներում հայտնվելը:

Առաջարկվող գիտական եւ գործնական մոտեցումները կարող են դառնալ նոր գիտատեխնիկական հեղափոխություն: Դրանք ուղղված են ջրի կայուն մատակարարման եւ ջրային ռեսուրսների հավասարակշռված օգտագործման ապահովմանը: Բայց ամենակարեւորը, նրանք կարող են նվազեցնել մեր մոլորակի կլիմայական համակարգի վրա ունեցած բացասական ազդեցությունը: Այս միջոցառումները մեծ ներուժ ունեն բնապահպանական իրավիճակը փոխելու համար, մեր մոլորակը դարձնելով ավելի դիմացկուն կլիմայի մարտահրավերներին:

Մթնոլորտից ջուր վերցնելու ենթադրյալ ազդեցությունը գնահատվում է հետևյալ կերպ: Կլիմայի վատթարացման հետ կապված խնդիրների 70%-ը կարելի է լուծել մթնոլորտից ջուր վերցնելով: Խնդիրների մնացած 30%-ը կլուծվի կոյուղաջրերի մաքրման միջոցով, ուստի այս խնդիրը նույնպես առաջնային է:

Եթե առաջարկվող միջոցառումներն իրականացվեն, ապա, ըստ նախնական գնահատականների, շոշափելի արդյունքները նկատելի կլինեն արդեն 2-3 տարի հետո: Միջոցառումների իրականացումից հետո

առաջին տարում իրավիճակը կարող է սրվել, բայց մոտավորապես 8-14 ամիս անց օվկիանոսի և մթնոլորտի միջև ջերմության և խոնավության փոխանակումը կսկսի լավանալ: Արդեն 2 տարի անց պետք է ակնկալել առաջին դրական արդյունքները: Բնությունը կսկսի կենդանանալ, իսկ մթնոլորտային երևույթները կդառնան ավելի հավասարակշռված: 5-8 տարի անց հստակ նկատելի կդառնա, թե որքան ջուր կսկսի մաքրվել: Այն կվերականգնի օվկիանոսի կողմից մոլորակի սառեցման գործառույթը: Ջրհեղեղներն ու երաշտները կմնան անցյալում, և ավելորդ քամիներն ու ջերմաստիճանի փոփոխությունները կնվազեն: Սպասվում է, որ կլիման կդառնա ավելի մեղմ և կանխատեսելի:

Այնուամենայնիվ, կարևոր է հասկանալ, որ այս միջոցառումները չեն կարողանա լուծել գեոդինամիկ աղետների խնդիրը, քանի որ այդ փոփոխությունների պատճառը մթնոլորտում չէ: ՄՁԳ-ի համատարած ներդրումը կարող է միայն մեղմել կլիմայի փոփոխության հետևանքները և արագացնել մոլորակի էկոլոգիայի վերականգնումը, պայմանով, որ մենք կարողանանք պաշտպանել մոլորակը արտաքին տիեզերական ազդեցությունից:

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

Տարերային աղետների հաճախականության և ինտենսիվության աճին համաչափ կապելանան նաև կորուստներն ամբողջ աշխարհում: Չափազանց կարևոր է հաշվարկել գալիք կլիմայական աղետների հնարավոր վնասները՝ հաշվի առնելով էքսպոնենցիալ առաջընթացը, որը համապատասխանում է կատակլիզմների աճի համաշխարհային միտումին:

Այսպիսով, որքան ավելի ինտենսիվ և տարածված լինեն էքստրեմալ կլիմայական իրադարձությունները, այնքան գների բարձրացման հավանականությունը մեծ է, և այնքան ավելի քիչ կայուն են դառնում աշխարհի տնտեսությունները: Այն, ինչը հատկապես կարևոր է հաշվի առնել գեոդինամիկ և մարդածին գործոնների հետևանքով առաջացած գլոբալ աղետների համատեքստում, որոնք նկարագրված են այս զեկուլյցում:

Այս խնդրի արդյունավետ լուծման համար անհրաժեշտ է գիտականների միջազգային

համագործակցություն, որոնք կարող են միավորել իրենց ջանքերն ու ռեսուրսները՝ համալիր միջոցներ մշակելու եւ իրականացնելու համար: Ժամանակակից գիտությունը պառակտված է, բաժանված է շատ նեղ մասնագիտությունների եւ առարկաների, որոնք չեն կարող փոխազդել միմյանց հետ:

Բնականաբար, գլոբալ անմիաբանության նման պայմաններում անհնար է համակողմանիորեն վերլուծել և ամբողջությամբ հետաքննել այս մոլորակային սպառնալիքը: Եթե պայմաններ ստեղծվեն բաց համագործակցության համար, ապա գիտնականները զրոյից չեն սկսի, քանի որ այս ուղղությամբ արդեն իսկ կան իրական զարգացումներ և պատճառահետևանքային հարաբերությունների ըմբռնում:

Այժմ անհրաժեշտ է գործել օպերատիվ և ողջամտորեն տնօրինել մնացած ժամանակը:

Հավելված 1

Երկրաշարժի տվյալների բազաների միաձուլման մեթոդը

Երկրաշարժի վերաբերյալ տվյալները հավաքագրվել են տարբեր խոշոր սեյսմոլոգիական ծառայություններից, ինչպիսիք են Միջազգային սեյսմոլոգիական կենտրոնը (ISC)⁷⁸, Միացյալ Նահանգների Երկրաբանական ծառայությունը (USGS)⁷⁹, Սեյսմոլոգիայի Միացյալ գիտահետազոտական ինստիտուտները (IRIS)⁸⁰, Եվրոպական-միջերկրածովյան սեյսմոլոգիական կենտրոնը (EMSC)⁸¹ եւ Երկրաշարժերի ագրեգացիոն ռեսուրս Volcano Discovery (VD)⁸². Երկրաշարժի իրավիճակի առավել ամբողջական պատկերը ստանալու համար մենք ստեղծում ենք տվյալների բազա, որտեղ միավորում ենք իրադարձությունները բոլոր այս աղբյուրներից: Բնականաբար, որոշ իրադարձություններ առկա են մի քանի տվյալների շտեմարաններում, ուստի անհրաժեշտ է բացահայտել նույնական իրադարձությունները և խմբավորել դրանք միաձուլման գործընթացում: Այնուամենայնիվ, յուրաքանչյուր սեյսմոլոգիական ծառայություն գնահատում է երկրաշարժի պարամետրերը (հիպոկենտրոն, երկրաշարժի ժամանակ և ուժգնություն)՝ օգտագործելով իր ալգորիթմները և հիմնվելով սեյսմոգրաֆների որոշակի խմբերի վրա, ուստի իրադարձությունների խիստ և միանշանակ համեմատությունը միայն ըստ ժամանակի, հիպոկենտրոնի և ուժգնության անհնար է: Հետևաբար, մենք օգտագործում ենք իրադարձությունների անորոշ համընկնումը երկու տվյալների բազաներից՝ օգտագործելով հետևյալ ալգորիթմը:

Սահմանեք իրադարձություն A-ն առաջին D1 տվյալների բազայում որպես հնարավոր է կապված B իրադարձության հետ երկրորդ

D2 տվյալների բազայից, եթե նրանց էպիկենտրոնների միջեւ հեռավորությունը (Dտարբ.(A,B)) 300 կմ-ից պակաս է կամ հավասար, իրադարձությունների ժամանակի տարբերությունը (Tտարբ.(A,B)) 90 վայրկյանից պակաս է, իսկ մեծության գնահատումների տարբերությունը (Mտարբ.(A,B)) փոքր է կամ հավասար է 1-ի: Քանի որ կան երկրաշարժերի մագնիտուդների մի քանի տարբեր տեսակներ, եւ, մասնավորապես, ISC կատալոգը հաճախ տրամադրում է մի քանի բալ ուժգնության գնահատումներ մեկ իրադարձության համար, ուստի Mտարբ.(A,B) սահմանվում է որպես նվազագույն մագնիտուդային տարբերություն $\min(\text{abs}(M_a - M_b))$ ՝ A իրադարձության M_a մագնիտուդով եւ B իրադարձության M_b մագնիտուդով երկու երկրաշարժերի համար հետեւյալ ալգորիթմով:

Եթե A-ն եւ B-ն ունեն մագնիտուդի M_w տիպը, ապա M_a -ն եւ M_b -ն ընտրվում են M_w տիպերից:

Հակառակ դեպքում, եթե A-ն եւ B-ն հանդիսանում են մագնիտուդի M_s տիպը, ապա M_a -ն եւ M_b -ն ընտրվում են M_s տիպերից:

Հակառակ դեպքում, եթե A-ն եւ B-ն ունեն մագնիտուդի m_b տիպը, ապա M_a -ն եւ M_b -ն ընտրվում են m_b տեսակներից:

Հակառակ դեպքում, եթե A-ն եւ B-ն ունեն մագնիտուդի M_L տիպը, ապա M_L տիպերից ընտրվում են M_a -ն եւ M_b -ն:

Մնացած բոլոր դեպքերում ընտրվում են ցանկացած մագնիտուդ A-ից եւ ցանկացած մագնիտուդ B-ից՝ պայմանը բավարարելու համար, որտեղ $\text{abs}(M_a - M_b)$ ներկայանում է որպես նվազագույն:

⁷⁸ ISC Bulletin: event catalogue search <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/catalogue/>

⁷⁹ USGS Search Earthquake Catalog <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>

⁸⁰ IRIS Wilber 3: Select Event http://ds.iris.edu/wilber3/find_event

⁸¹ EMSC Search earthquakes https://www.emsc-csem.org/Earthquake_information/

⁸² Volcano Discovery Earthquakes <https://www.volcanodiscovery.com/earthquakes/lists.html>

Երկու առնչվող A եւ B իրադարձությունների համար դրանց միացման արժեքը հաշվարկվում է հետևյալ կերպ.

$$V(A,B) = 36 - 16 * T_{տարբ.}(A,B)^2 / 8100 - 16 * D_{տարբ.}(A,B)^2 / 90000 - 4 * M_{տարբ.}(A,B)^2,$$

որտեղ $T_{տարբ.}(A,B)$ չափվում է վայրկյաններով, $D_{տարբ.}(A,B)$ ՝ կիլոմետրերով, $M_{տարբ.}(A,B)$ ՝ մագնիտոլոգով: Երկու բացարձակապես նույնական A եւ B իրադարձությունների համար $V(A,B)$ արժեքը հավասար է 36-ի: A և B երկու իրադարձությունների համար, որոնք գտնվում են հնարավոր համապատասխանության սահմանին, $V(A,B)$ արժեքը 0 է:

$D1$ եւ $D2$ տվյալների բազաներում իրադարձությունների միջև համապատասխանությունն գտնելու համար անհրաժեշտ է, որ մեկ տվյալների բազայի յուրաքանչյուր իրադարձությանը համապատասխանի ոչ ավելի, քան մեկ իրադարձություն այլ տվյալների բազայից, ընդ որում, որ ընտրված իրադարձությունների զույգերի համար $V(A,B)$ բոլոր արժեքների գումարը լինի առավելագույնը:

Ձևականորեն, մենք կարող ենք սահմանել G գրաֆիկը $D1$ և $D2$ -ի բոլոր իրադարձություններով ձևավորված գագաթների մի շարքով, մի շարք եզրերով, որոնք ձևավորվել են հնարավոր կապակցված իրադարձությունների զույգերով: A և B գագաթների միջև եզրի արժեքը սահմանվում է $V(A,B)$:

Այս կետրա ձևակերպված օպտիմալացման խնդիրը հայտնի է որպես առավելագույն կշռի համապատասխանեցում երկմասնության գրաֆիկներում և կարող է լուծվել ստանդարտ ալգորիթմների միջոցով⁸³:

Օգտագործելով այս ալգորիթմը, մենք

ստանում ենք առավելագույն կշռված համընկնում $D1$ և $D2$ իրադարձությունների միջև և համընկնող իրադարձությունները համարում ենք նույնական: Այսպիսով, Dm -ի համակցված տվյալների բազան ձևավորվում է $D1$ -ի իրադարձություններից և $D2$ -ում չհամապատասխանող իրադարձություններից: Եթե $D1$ -ից իրադարձությունը համընկնում է $D2$ -ի իրադարձության հետ, ապա $D2$ -ից ստացված մեծության տվյալները ավելացվում են Dm -ում համապատասխան իրադարձության մեծության գնահատումների շարքին:

Սկսելով ISC տվյալների բազայից և հաջորդաբար միաձուլելով $USGS$, $IRIS$, $EMSC$ և $Volcano Discovery (VD)$ տվյալների բազաները՝ մենք ստացանք վերջնական միավորված տվյալների բազան ($Միաձուլված$):

Տարբեր տվյալների շտեմարաններում երկրաշարժերի թիվը համեմատող գրաֆիկներ ստեղծելու համար սովորաբար անհրաժեշտ է սահմանափակել տվյալները որոշակի մագնիտոլոգով: Բազմաթիվ տվյալների շտեմարաններից տարբեր ուժգնության գնահատականներով առաջացած երկրաշարժերի քանակի տարբերություններից խուսափելու համար մենք օգտագործում ենք համակցված տվյալների բազա՝ տվյալ մագնիտոլոգով տիրույթում իրադարձություններ ընտրելու և դրանք գծագրելու համար (այն կարող է պարունակել յուրաքանչյուր իրադարձության համար մի քանի մագնիտոլոգի գնահատումներ):

Մենք օգտագործեցինք երկու տարբեր մոտեցումներ՝

1. Առաջին մեթոդը իրադարձության նմուշում իրադարձությունը ներառելն է, եթե այդ իրադարձության համար որեւէ մեծության գնահատումը ընկնում է պահանջվող մեծության միջակայքում:
2. Երկրորդ, ավելի բարդ մեթոդը նախընտրելի մեծության գնահատման ընտրությունն է

⁸³ Nittish Korula, Combinatorial Optimization. Maximum Weight Matching in Bipartite Graphs <https://courses.engr.illinois.edu/cs598csc/sp2010/lectures/lecture10.pdf>

Եւ իրադարձությունը նմուշում ներառելը, եթե նախընտրելի գնահատումը գտնվում է պահանջվող մեծության միջակայքում: Մենք ընտրում ենք մագնիտուդի մեր նախընտրած գնահատականը, փնտրելով հետևյալ մագնիտուդային տեսակների գնահատականների միջև (նախապատվության կարգով)՝ Mw, ML, MS, mb, MVD (սա մագնիտուդի գնահատականն է Volcano Discovery տվյալների բազայից, քանի որ այդ տվյալների բազայում մագնիտուդի տեսակն անհասանելի է), MD, MV: Եթե տվյալ տիպի մագնիտուդի որեւէ գնահատական կա մեկ իրադարձության համար, ապա վերցվում են այդ իրադարձության համար ընտրված տիպի բոլոր մագնիտուդի գնահատականները: Հետո նրանց համար հաշվարկվում է միջնարժեքը եւ ընտրվում է մագնիտուդը, որը համընկնում է միջնարժեքի հետ: Եթե տվյալ իրադարձության համար վերոնշյալ տիպերից որեւէ մեկի գնահատական չկա (ինչը հազվադեպ է

պատահում եւ կազմում է ամբողջ տվյալների բազայում իրադարձությունների ընդամենը մի քանի տոկոսը), ապա ընտրվում է ցանկացած մագնիտուդի տիպ, որի արժեքը համընկնում է այդ իրադարձության բոլոր մագնիտուդների համար հաշվարկված միջնարժեքի հետ:

Տարբերությունը իրադարձությունների ստացված քանակներում, երբ օգտագործվում է իրադարձությունների ընտրության առաջին եւ երկրորդ մեթոդը, մեծ չէ: Սովորաբար դա մի քանի տոկոս է: Տարեկան երկրաշարժերի քանակի գրաֆիկի համար (Նկար 7, 9) յուրաքանչյուր տվյալների բազայում օգտագործվել է միավորված տվյալների բազայից իրադարձությունների ընտրության առաջին մեթոդը: Տարբեր տվյալների բազաներում գտնվող յուրահատուկ սեյսմիկ իրադարձությունների թվերի գրաֆիկների համար (Նկար 10) օգտագործվել է երկրաշարժերի ընտրության երկրորդ մեթոդը, որը տրված է մագնիտուդի տիրույթում:



Աղբյուրներ

- Алексеев Г.В., Боровков М.И., Титова Н.Е. Современные средства для очистки воды от масло-жировых эмульсий и нефтепродуктов // *Colloquium-journal*. № 7(18), 2018. — с. 4-6
- Андросова Н.К., Баранова Т.И., Семькина Д.В. Геологическое прошлое и настоящее магнитных полюсов земли. // *Науки о Земле / Colloquium-journal*, №5 (57), 2020. DOI:10.24411/2520-6990-2020-11388
- Арушанов М.Л. Динамика климата. Космические факторы. — Hamburg: LAMBERT Academic Publishing, 2023. с. 144.
- Арушанов М.Л. Причины изменения климата земли, как результат космического воздействия, развеивающее миф об антропогенном глобальном потеплении. // *Deutsche Internationale Zeitschrift Für Zeitgenössische Wissenschaft*, 53, сс. 4–14. 2013. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7795979>
- Баркин Ю.В. Синхронные скачки активности природных планетарных процессов в 1997-1998 гг. и их единый механизм. // *Геология морей и океанов: Материалы XIX Международной научной конференции по морской геологии*. — ГЕОС Москва, том 5, с. 28-32, 2011.
- Батурин А. М., Монография «Периодичность глобальных катастроф — 12 166 лет». // ГУ «Курский ЦНТИ». — 2001.
- Белозеров И.М. ПРИРОДА ГЛАЗАМИ ФИЗИКА // *Альтернативная Энергетика и Экология*. 2008. №12 (68).
- Бушуев Е. В., Копылов И. П. «Космос и Земля. Электромеханические взаимодействия: монография». — Москва: Энергия, 2005
- Гвишвили Г.В., Лещенко Л.Н. Многолетний тренд реакции Е-слоя ионосферы на солнечные вспышки, Солнечно-земная физика. Т. 8. No 1. С. 51–57. 2022. <https://doi.org/10.12737/szf-81202206>
- Гвишвили Г.В., Лещенко Л.Н. О причинах охлаждения и оседания средней и верхней атмосферы, Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. Т. 58. No 5. С. 601–614. 2022. <https://doi.org/10.31857/S0002351522050042>
- Груздов В.И. Нейтронная Вселенная. Гл.10. Расчёт нейтронного ядра Земли. // Москва: Либмонстр Россия, 2021. <https://libmonster.ru/m/articles/download/17227/4846>
- Данилов А. Д., Константинова А. В. Долговременные вариации параметров средней и верхней атмосферы и ионосферы (обзор) // *Геомагнетизм и аэрономия*, 2020, том 60, № 4, с. 411–435. <https://doi.org/10.31857/s0016794020040045>
- Данилов А.Д., Константинова А.В. Уменьшение атомного кислорода в верхней атмосфере // *Геомагнетизм и аэрономия*. Т. 54. № 2. С. 239–245. 2014. <https://doi.org/10.1134/S0016793214020066>
- Дьяченко А. И. Магнитные полюса Земли. // М.: МЦНМО, 2003. 48 с.
- Зотов Л.В., Баркин Ю.В., Любушин А.А. Движение геоцентра и его геодинамика. Тр. конф. «Космическая геодинамика и моделирование глобальных геодинамических процессов». // Новосибирск, 22–26 сентября, 2009 г., Сибирское отделение РАН. Новосибирск, Гео, 2009, сс. 98–101.
- КОММЮНИКЕ и первый доклад IC GCGE GEOCHANGE “Глобальные изменения окружающей среды: угроза для развития цивилизации”. Том 1. Лондон, 2010, ISSN 2218-5798
- Копылов И.П. «Электромеханика Солнечной системы». // НВО. https://nvo.ng.ru/nauka/2001-11-01/10_electro.html
- Люшвин П. В. Природные равнинные пожары и как их минимизировать. Доклад на XXVI заседании Всероссийского междисциплинарного семинара-конференции геологического и географического факультетов МГУ «Система Планета Земля» 30 января — 2 февраля 2018 г. — 2 // 2018
- Михайлова Р.С., Улубиева Т.Р., Петрова Н.В. Гиндукушское землетрясение 26 октября 2015 г. с Mw=7.5, 10^{~7}: предшествующая сейсмичность и афтершоковая последовательность // *Землетрясения Северной Евразии*. – 2021. – Вып. 24 (2015). – С. 324–339. DOI: 10.35540/1818- 6254.2021.24.31
- Петров Н. В. Климат Земли: решение проблемы с позиции закона сохранения жизни в космосе // *Экология и развитие общества: журн. / Международная академия наук экологии, безопасности человека и природы*. № 4, 2015. с. 11-23. <http://www.trinitas.ru/rus/doc/0016/001d/2551-ptr.pdf>
- Скачкообразные изменения трендов геодинамических и геофизических явлений в 1997-1998 гг. Авторы: Баркин Ю.В., Смольков Г.Я. Всероссийская конференция по солнечно-земной физике, посвящённая 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова (16 – 21 сентября 2013, г. Иркутск), г. Иркутск, 2013.
- Сильные землетрясения в мантии и их влияние в ближней и дальней зоне. Михайлова Р.С. Геофизическая служба РАН, 2014 г. <http://www.emsd.ru/conf2013lib/pdf/seism/Mihaylova.pdf>
- Стихии и катастрофы — главная угроза планетарной и евразийской безопасности при входе в III тысячелетие н. э. Автор доклада: Смотрич Е. Г., кандидат военных наук, 1998 г. <http://www.geost-21.su/ru/node/1>
- Тарасов Л.В. Земной магнетизм: Учебное пособие // Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2012. - 184 с.
- Юрганов Л.Н., Лейфер А., Вадаккепулиямбатта С. Признаки ускорения возрастания концентрации метана в атмосфере после 2014 года: спутниковые данные для Арктики. // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2017. Т. 14. № 5. С. 248–258.
- Alken, P., Thébaud, E., Beggan, C.D. et al. (2021). International Geomagnetic Reference Field: the thirteenth generation. *Earth Planets Space* 73, 49. <https://doi.org/10.1186/s40623-020-01288-x>
- AON. (2023). Weather, Climate and Catastrophe Insight. <https://www.aon.com/getmedia/f34ec133-3175-406c-9e0b-25cea768c5cf/20230125-weather-climate-catastrophe-insight.pdf>, p.42.
- Aubourg, L., (2024, January 12). Editors’ notes 2023’s record heat partly driven by ‘mystery’ process: NASA scientist <https://phys.org/news/2024-01-driven-mystery-nasa-scientist.html>
- Barkin, Yu.V. (2009). Ciklicheskie inversionnye izmeneniya klimata v severnom i juzhnom polusharijah Zemli [Cyclic Inversion

Climate Change in the Northern and Southern Hemispheres of Earth]. *Geology of the Seas and Oceans: Materials of the XVIII International Scientific Conference (School) on Marine Geology. Vol. III. - Moscow: GEOS. pp. 4-8.*

Barkin, Yu.V., & Barkin, M. Yu., (2014). Novaja analiticheskaja teorija vrashhenija Zemlistat'ja [New Analytical Theory of Earth's Rotation]. *Engineering Journal: Science and Innovation*, 12(36). <https://istina.msu.ru/publications/article/7735956/>

Barletta, V. R., Bevis, M., Smith, B. E., Wilson, T., Brown, A., Bordononi, A., Willis, M., Khan, S. A., Rovira-Navarro, M., Dalziel, I., Smalley, R., Kendrick, E., Konfal, S., Caccamise, D. J., Aster, R. C., Nyblade, A., & Wiens, D. A. (2018). Observed rapid bedrock uplift in Amundsen Sea Embayment promotes ice-sheet stability. *Science*, 360(6395), 1335–1339. <https://doi.org/10.1126/science.aao1447>

Bowling, J. S., Livingstone, S. J., Sole, A. J., & Chu, W. (2019). Distribution and dynamics of Greenland subglacial lakes. *Nature Communications*, 10(2810). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-10821-w>

Briner, J. P., Cuzzzone, J. K., Badgley, J. A., Young, N. E., Steig, E. J., Morlighem, M., Schlegel, N.-J., Hakim, G. J., Schaefer, J. M., Johnson, J. V., Lesnek, A. J., Thomas, E. K., Allan, E., Bennike, O., Cluett, A. A., Csatho, B., de Vernal, A., Downs, J., Larour, E., & Nowicki, S. (2020). Rate of mass loss from the Greenland Ice Sheet will exceed Holocene values this century. *Nature*, 586(7827), 70–74. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2742-6>

Broquet, A., & Andrews-Hanna, J. C. (2022). Geophysical evidence for an active mantle plume underneath Elysium Planitia on Mars. *Nature Astronomy*, 7, 160–169. <https://doi.org/10.1038/s41550-022-01836-3>

Brown, S. K., Crossweller, H. S., Sparks, R. S. J., Cottrell, E., Deligne, N. I., Guerrero, N. O., Hobbs, L., Kiyosugi, K., Loughlin, S. C., Siebert, L., & Takarada, S. (2014). Characterisation of the Quaternary eruption record: analysis of the Large Magnitude Explosive Volcanic Eruptions (LaMEVE) database. *Journal of Applied Volcanology*, 3(5). <https://doi.org/10.1186/2191-5040-3-5>

Bryson, R. A. (1989). Late quaternary volcanic modulation of Milankovitch climate forcing. *Theoretical and Applied Climatology*, 39, 115–125. <https://doi.org/10.1007/bf00868307>

Canadell, J., Meyer, C., Cook, G., Dowdy, A., Briggs, P., Knauer, J., Pepler, A. & Haverd, V. (2021). Multi-decadal increase of forest burned area in Australia is linked to climate change. *Nature Communications*, 12, 6921. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-27225-4>

Cesca, S., Sukan, M., Rudzinski, Ł., Vajedian, S., Niemz, P., Plank, S., Petersen, G., Deng, Z., Rivalta, E., Vuan, A., Plasencia Linares, M. P., Heimann, S., & Dahm, T. (2022). Massive earthquake swarm driven by magmatic intrusion at the Bransfield Strait, Antarctica. *Communications Earth & Environment*, 3(1). <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00418-5>

Chadwick, J., Keller, R., Kamenov, G., Yogodzinski, G., & Lupton, J. (2014). The Cobb hot spot: HIMU-DMM mixing and melting controlled by a progressively thinning lithospheric lid. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 15(8), 3107–3122. <https://doi.org/10.1002/2014gc005334>

Channell, J. E. T., & Vigliotti, L. (2019). The role of geomagnetic field intensity in Late Quaternary evolution of humans and large mammals. *Reviews of Geophysics*, 57. <https://doi.org/10.1029/2018RG000629>

Cheng, L., Abraham, J., Zhu, J., Trenberth, K. E., Fasullo, J., Boyer, T., Locarnini, R., Zhang, B., Yu, F., Wan, L., Chen, X., Song, X., Liu, Y., & Mann, M. E. (2020). Record-Setting Ocean Warmth Continued in 2019. *Advances in Atmospheric Sciences*, 37(2), 137–142. <https://doi.org/10.1007/s00376-020-9283-7>

Copernicus. (2024, January 9) Copernicus: 2023 is the hottest year on record, with global temperatures close to the 1.5°C limit <https://climate.copernicus.eu/copernicus-2023-hottest-year-record>

Cox, C., & Chao, B. F. (2002). Detection of a large-scale mass redistribution in the terrestrial system since 1998. *Science*, 297(5582), 831–833. <https://doi.org/10.1126/science.1072188>

Dahmen, N., Clinton, J. F., Meier, M., Stähler, S., Ceylan, S., Kim, D., Stott, A. E., & Giardini, D. (2022). MarsQuakeNet: A more complete marsquake catalog obtained by deep learning techniques. *Journal of Geophysical Research: Planets*, 127(11). <https://doi.org/10.1029/2022je007503>

Damiani, T. M., Jordan, T. A., Ferraccioli, F., Young, D. A., & Blankenship, D. D. (2014). Variable crustal thickness beneath Thwaites Glacier revealed from airborne gravimetry, possible implications for geothermal heat flux in West Antarctica. *Earth and Planetary Science Letters*, 407, 109–122. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2014.09.023>

Davidson, B. (2021). The next end of the world. *Space Weather News*. ISBN 9781098357788

Deng, S., Liu, S., Mo, X., Jiang, L., & Bauer-Gottwein, P. (2021). Polar Drift in the 1990s Explained by Terrestrial Water Storage Changes. *Geophysical Research Letters*, 48(7). <https://doi.org/10.1029/2020gl092114>

Dziadek, R., Ferraccioli, F., & Gohl, K. (2021). High geothermal heat flow beneath Thwaites Glacier in West Antarctica inferred from aeromagnetic data. *Communications Earth & Environment*, 2(16). <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00242-3>

Earth Observatory. (n.d). Antarctic warming trends. <https://earthobservatory.nasa.gov/images/36736/antarctic-warming-trends>

Easterbrook, D. J. (2016). *Evidence-based climate science, data opposing CO2 emissions as the primary source of global warming*, (2nd Ed.) Elsevier. Bellingham, USA. <https://doi.org/10.1016/C2015-0-02097-4>

EM-DAT. (n.d.). Inventorying hazards & disasters worldwide since 1988. <https://www.emdat.be>

Emmert, J. T., Lean, J. L., & Picone, J. M. (2010). Record-low thermospheric density during the 2008 solar minimum. *Geophysical Research Letters*, 37(12). <https://doi.org/10.1029/2010gl043671>

EMSC. (n.d.). EMSC Search earthquakes. https://www.emsc-csem.org/Earthquake_information/

Fernando, B., Daubar, I. J., Charalambous, C., Grindrod, P. M., Stott, A., Abdullah Al Ateqi, Atri, D., Ceylan, S., Clinton, J., Fillingim, M. O., Hauber, E., Hill, J. R., Kawamura, T., Li, J., Lucas, A., Lorenz, R. D., Ojha, L., Perrin, C., S. Piqueux, & Stähler, S. C. ... Banerdt, W. B. (2023). A tectonic origin for the largest marsquake observed by InSight. *Geophysical Research Letters*, 50(20). <https://doi.org/10.1029/2023gl103619>

Frattasi, P. (2023, May 8). Ai Campi Flegrei 675 terremoti ad aprile 2023: è il mese con più scosse degli ultimi 20 anni. [At the Phlegraean Fields, 675 earthquakes in April 2023: it is the month with the most tremors in the last 20 years]. Fangage.it

- <https://www.fanpage.it/napoli/campi-flegrei-675-terremoti-aprile-2023/>
- Gase, A., Bangs, N. L., Saffer, D. M., Han, S., Miller, P., Bell, R., Arai, R., Henrys, S. A., Shiraishi, K., Davy, R., Frahm, L., & Barker, D. (2023). Subducting volcanoclastic-rich upper crust supplies fluids for shallow megathrust and slow slip. *Science Advances*, 9(33). <https://doi.org/10.1126/sciadv.adh0150>
- GeoNet. (2022, December 2). Strong M5.6 earthquake consistent with continued minor volcanic unrest at Taupō. Volcanic Alert Level remains at Level 1. Volcanic Activity Bulletin. <https://www.geonet.org.nz/vabs/7tu66IDztDnlaYDG0LYSgI>
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Gorny, V. I. et al. (2001) Model of the mantle-lithospheric interaction based on data from Uralses Geotraverse for prospecting seismology and remote geothermal method. Deep structure and geodynamics of the Southern Urals. Tver. pp. 227-238.
- Hapgood, C. H. (1958). Earth's shifting crust: A key to some basic problems of earth science. Pantheon Books, Science.
- Heinrich, H. (1988). Origin and consequences of cyclic ice rafting in the Northeast Atlantic Ocean during the past 130,000 years. *Quaternary Research*, 29(2), 142–152. [https://doi.org/10.1016/0033-5894\(88\)90057-9](https://doi.org/10.1016/0033-5894(88)90057-9)
- Hughes, T. P., Kerry, J. T., Baird, A. H., Connolly, S. R., Dietzel, A., Eakin, C. M., Heron, S. F., Hoey, A. S., Hoogenboom, M. O., Liu, G., McWilliam, M. J., Pears, R. J., Pratchett, M. S., Skirving, W. J., Stella, J. S., & Torda, G. (2018). Global warming transforms coral reef assemblages. *Nature*, 556, 492–496. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0041-2>
- IERS Earth Orientation Center of the Paris Observatory. (n.d.).
- Length of day — Earth Orientation Parameters: https://datacenter.iers.org/singlePlot.php?plotname=EOPC04_14_62-NOW_IAU1980-LOD&id=223
- International Seismological Centre. (n.d.). Bulletin of the International Seismological Centre. <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin> <https://doi.org/10.31905/D808B830>
- IRIS. (n.d.). IRIS Wilber 3: Select Event http://ds.iris.edu/wilber3/find_event
- Kamis, J. E., (n.d.). Geologically induced northern atlantic ocean “warm blob” melting Southern Greenland ice sheet. *Plate Climatology*. <https://www.plateclimatology.com/geologically-induced-northern-atlantic-ocean-warm-blob-melting-southern-greenland-ice-sheet>
- Kamis, J. E., (2016, November 3). West Antarctic glacial melting from deep earth geological heat flow not global warming. *Plate Climatology*. <https://www.plateclimatology.com/west-antarctic-glacial-melting-from-deep-earth-geological-heat-flow-not-global-warming>
- Korula, N. (2010, February 18). Combinatorial Optimization. Maximum Weight Matching in Bipartite Graphs. Lecture in CS 598CSC: Combinatorial Optimization. <https://courses.engr.illinois.edu/cs598csc/sp2010/lectures/lecture10.pdf>
- Laufkötter, C., Zscheischler, J., & Frölicher, T. L. (2020). *Science*, 369(6511), 1621–1625. <https://doi.org/10.1126/science.aba0690>
- Lebreton, L., Egger, M., & Slat, B. (2019). A global mass budget for positively buoyant macroplastic debris in the ocean. *Scientific Reports*, 9, 12922. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-49413-5>
- Li, S., Li, Y., Zhang, Y., Zhou, Z., Guo, J., & Weng, A. (2023). Remnant of the late Permian superplume that generated the Siberian Traps inferred from geomagnetic data. *Nature Communications*, 14, 1311. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37053-3>
- Livermore, P. W., Hollerbach, R., & Finlay, C. C. (2017). An accelerating high-latitude jet in Earth's core. *Nature Geoscience*, 10, 62–68. <https://doi.org/10.1038/ngeo2859>
- Loose, B., Naveira Garabato, A. C., Schlosser, P., Jenkins, W. J., Vaughan, D., & Heywood, K. J. (2018). Evidence of an active volcanic heat source beneath the Pine Island Glacier. *Nature Communications*, 9(2431). <https://doi.org/10.1038/s41467-018-04421-3>
- Lübken, F.-J., Berger, U., & Baumgarten, G. (2013). Temperature trends in the midlatitude summer mesosphere. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(24), 13,347–13,360. <https://doi.org/10.1002/2013jd020576>
- Lushvin, P., (2018, March 27). Prirodnye ravninnye pozhary i kak ih minimizirovat' — 2 [Natural Grassland Fires and How to Minimize Them — 2]. *Regnum*. <https://regnum.ru/article/2395754>
- Lushvin, P., Buyanova, M. (2021). Development of ice cover in water areas during methane. *International Journal of Geosciences*, 12(9), 927-940. <https://doi.org/10.4236/ijg.2021.129047>
- Lushvin, P., Buyanova, M. (2021). History of observations of seismogenic phenomena in the atmosphere and formalization of their decryption. *International Journal of Atmospheric and Oceanic Sciences*, 5(1), 13-19. <https://doi.org/10.11648/j.ijaos.2021050113>
- Malinin V. N. & Vaynovsky P. A. (2021). Trends of moisture exchange components in the ocean-atmosphere system under global warming conditions”, *Reanalysis-2. Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniâ Zemli iz kosmosa [Current problems in remote sensing of the Earth from space]* 18(3), 9-25. DOI: 10.21046/2070–7401–2021–18–3–9–25
- Meinen, C. S., Perez, R. C., Dong, S., Piola, A. R., & Campos, E. (2020). Observed ocean bottom temperature variability at four sites in the northwestern argentine basin: Evidence of decadal deep/abyssal warming amidst hourly to interannual variability during 2009–2019. *Geophysical Research Letters*, 47(18). <https://doi.org/10.1029/2020gl089093>
- Mersereau, D., (2023, September 9). A world first, every tropical ocean saw a Category 5 storm in 2023. *The Weather Network*. <https://www.theweathernetwork.com/en/news/weather/severe/a-world-first-every-tropical-ocean-saw-a-category-5-hurricane-cyclone-in-2023>
- Morton, A. (2019, December 27). Hot blob: vast patch of warm water off New Zealand coast puzzles scientists. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/world/2019/dec/27/hot-blob-vast-and-unusual-patch-of-warm-water-off-new-zealand-coast-puzzles-scientists>
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (2024). NOAA National Centers for Environmental Information (NCEI) U.S. Billion-Dollar Weather and Climate Disasters.

- (<https://www.ncei.noaa.gov/access/billions/>), DOI: 10.25921/stkw-7w73
- Nippon. (2018, May 16). Sakurajima, Japan's Most Active Volcano. <https://www.nippon.com/en/features/h00194/>
- Oppo, D. (2013, October 31). Is global heating hiding out in the oceans? Columbia Climate School. The Earth Institute. <https://www.earth.columbia.edu/articles/view/3130>
- Ostle, C., Thompson, R. C., Broughton, D., Gregory, L., Wootton, M., & Johns, D. G. (2019). The rise in ocean plastics evidenced from a 60-year time series. *Nature Communications*, 10(1622). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09506-1>
- Otosaka, I. N., Horwath, M., Mottram, R. & Nowicki, S. (2023). Mass Balances of the Antarctic and Greenland Ice Sheets Monitored from Space. *Surveys in Geophysics*, 44:1615–1652. <https://doi.org/10.1007/s10712-023-09795-8>
- Pisoft, P., Sacha, P., Polvani, L. M., Añel, J. A., de la Torre, L., Eichinger, R., Foelsche, U., Huszar, P., Jacobi, C., Karlicky, J., Kuchar, A., Miksovsky, J., Zak, M., & Rieder, H. E. (2021). Stratospheric contraction caused by increasing greenhouse gases. *Environmental Research Letters*, 16, 064038. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abfe2b>
- PMODWRC. (n.d.). Solar Constant: Construction of a Composite Total Solar Irradiance (TSI) Time-Series from 1978 to the Present <https://www.pmodwrc.ch/en/research-development/solar-physics/tsi-composite/>
- Reteyum, A. Yu. (2020, April 11). Epidemii v obstanovke bol'shogo solnechnogo minimuma [Epidemics in the context of a major solar minimum]. *Regnum*. <https://regnum.ru/article/2913426>
- Reteyum, A. Yu. (2020, April 11). Opasnyj mif antropogennogo poteplenija [The dangerous myth of anthropogenic warming]. *Regnum*. <https://regnum.ru/article/3101660>
- Rezvanbehbahani, S., Stearns, L. A., Kadivar, A., Walker, J. D., & van der Veen, C. J. (2017). Predicting the geothermal heat flux in Greenland: A machine learning approach. *Geophysical Research Letters*, 44(24), 12,271-12,279. <https://doi.org/10.1002/2017gl075661>
- Rogozhina, I., Petrunin, A. G., Vaughan, A. P. M., Steinberger, B., Johnson, J. V., Kaban, M. K., Calov, R., Rickers, F., Thomas, M., & Koulakov, I. (2016). Melting at the base of the Greenland ice sheet explained by Iceland hotspot history. *Nature Geoscience*, 9, 366–369. <https://doi.org/10.1038/ngeo2689>
- Romagnoli, C., Zerbini, S., Lago, L., Richter, B., Simon, D., Domenichini, F., Elmi, C., & Ghirotti, M. (2003). Influence of soil consolidation and thermal expansion effects on height and gravity variations. *Journal of Geodynamics*, 35(4-5), 521–539. [https://doi.org/10.1016/S0264-3707\(03\)00012-7](https://doi.org/10.1016/S0264-3707(03)00012-7)
- Rosenthal, Y., Linsley, B. K., & Oppo, D. W. (2013). Pacific ocean heat content during the past 10,000 years. *Science*, 342(6158), 617–621. <https://doi.org/10.1126/science.1240837>
- Rysgaard, S., Bendtsen, J., Mortensen, J., & Sej, M. K. (2018). High geothermal heat flux in close proximity to the Northeast Greenland Ice Stream. *Scientific Reports*, 8(1344). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-19244-x>
- Sawyer, D. E., Urgeles, R., & Lo Iacono, C. (2023). 50,000 yr of recurrent volcanoclastic megabed deposition in the Marsili Basin, Tyrrhenian Sea. *Geology*, 51(11), 1001–1006. <https://doi.org/10.1130/g51198.1>
- Seroussi, H., Ivins, E. R., Wiens, D. A., & Bondzio, J. (2017). Influence of a West Antarctic mantle plume on ice sheet basal conditions. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 122(9), 7127–7155. <https://doi.org/10.1002/2017jb014423>
- Seroussi, H., Morlighem, M., Rignot, E., Mouginot, J., Larour, E., Schodlok, M., & Khazendar, A. (2014). Sensitivity of the dynamics of Pine Island Glacier, West Antarctica, to climate forcing for the next 50 years. *The Cryosphere*, 8(5), 1699–1710. <https://doi.org/10.5194/tc-8-1699-2014>
- Smolkov, G. Ya. (2018). Exposure of the solar system and the earth to external influences. *Physics & Astronomy International Journal*, 2(4), 310–321. <https://doi.org/10.15406/paij.2018.02.00104>
- Strass, V. H., Rohardt, G., Kanzow, T., Hoppema, M., & Boebel, O. (2020). Multidecadal warming and density loss in the Deep Weddell Sea, Antarctica. *Journal of Climate*, 33(22), 9863–9881. <https://doi.org/10.1175/jcli-d-20-0271.1>
- Sun, D., Li, F., Jing, Z., Hu, S., & Zhang, B. (2023). Frequent marine heatwaves hidden below the surface of the global ocean. *Nature Geoscience*, 16(12), 1099–1104. <https://doi.org/10.1038/s41561-023-01325-w>
- Sun, W., & Tkalčić, H. (2022). Repetitive marsquakes in Martian upper mantle. *Nature Communications*, 13, 1695. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-29329-x>
- Swiss Re Institute. (2023, December 14). Natural catastrophes in focus: Tornados, hail and thunderstorms. <https://www.swissre.com/risk-knowledge/mitigating-climate-risk/tornados-hail-thunderstorms.html>
- Thomas, C. (1993). *The Adam & Eve story: The history of cataclysms*. Bengal Tiger Pr.
- Toyokuni, G., Matsuno, T., & Zhao, D. (2020). P wave tomography beneath Greenland and surrounding regions: 1. crust and upper mantle. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 125(12). <https://doi.org/10.1029/2020jb019837>
- The IMBIE Team. (2018). Mass balance of the Antarctic Ice Sheet from 1992 to 2017. *Nature*, 558, 219–222. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0179-y>
- The Watchers. (2023, February 23). Increased seismic activity under Trident volcano, Alaska. <https://watchers.news/2023/02/23/increased-seismic-activity-under-trident-volcano-alaska/>
- van der Veen, C. J., Leftwich, T., von Frese, R., Csatho, B. M., & Li, J. (2007). Subglacial topography and geothermal heat flux: Potential interactions with drainage of the Greenland ice sheet. *Geophysical Research Letters*, 34(12). <https://doi.org/10.1029/2007gl030046>
- United Nations. (n.d.). Her land. Her rights. <https://www.un.org/en/observances/desertification-day>
- USGS. (n.d.). Search results: Seismic activity in the Mariana Trench region according to USGS data. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map/?extent=-15.62304,98.08594&extent=45.39845,196.52344&range=search&search=%7B%22name%22:%22Search%20Results%22,%22params%22:%7B%22starttime%22:%222023-11-23%20>

[00:00:00%22,%22endtime%22:%222023-11-26%2023:59:59%22,%22maxlatitude%22:29.075,%22minlatitude%22:6.49,%22maxlongitude%22:155.215,%22minlongitude%22:133.242,%22minmagnitude%22:2.5,%22orderby%22:%22time%22%7D%7D](#)

USGS. (n.d.). USGS Search Earthquake Catalog. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>

Viterito, A. (2022). 1995: An important inflection point in recent geophysical history. *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*, 29(5). <https://doi.org/10.19080/ijesnr.2022.29.556271>

Vogt, D. B. (2007). *God's Day of Judgment; The real cause of global warming* (1st Ed.). Vector Associates.

Vogt, D. B. (2015). *The theory of multidimensional reality*. Vector Associates.

Volcano Discovery. (n.d.). Volcano Discovery Earthquakes. <https://www.volcanodiscovery.com/earthquakes/lists.html>

Volcano Hazards Program. (2015, September 17). Mauna Loa - earthquake and deformation data 2010-2016. <https://www.usgs.gov/media/images/mauna-loa-earthquake-and-deformation-data-2010-2016>

Vsegei. (n.d.). Tajaniju Idov Grenlandii sposobstvuet Islandskij pljum [The melting of Greenland's ice is facilitated by the Icelandic plume.] https://www.vsegei.ru/ru/about/news/97448/?sphrase_id=1444325

White, K. W. (1992). *World in peril: The origin, mission, and scientific findings of the 46th/72nd Reconnaissance Squadron*, K. White, ISBN 0962891681.

Yao, F., Livneh, B., Rajagopalan, B., Wang, J., Jean-François Crétau, Wada, Y., & Berge-Nguyen, M. (2023). Satellites reveal widespread decline in global lake water storage. *Science*, 380(6646), 743–749. <https://doi.org/10.1126/science.abo2812>