

Տեսակների զանգվածային բնաջնջման աստղաֆիզիկական տեսակետ

Արարատ Եղիկյան

Մեր երկրագնդում տեղի ունեցող երևույթները որպես կանոն պայմանավորված են երկրային գործոններով: Բայց Երկիր մոլորակը մեկուսացված չէ շրջապատող Տիեզերքից և ենթակա է նաև արտերկրային գործոնների ազդեցությանը: Հայտնի է, օրինակ, որ Երկրի լույսի և ջերմության աղբյուրը հանդիսացող մեր Արևը, մի շարք այլ երկրային պրոցեսների հետ միասին, պայմանավորում է Երկրի մակերևույթի ընթացիկ ջերմաստիճանը: Արեգակի ճառագայթման լուսատվությունը, համաձայն աստղաֆիզիկական, երկրաֆիզիկական և կենսաբանական տվյալների, վերջին 3.5-3.8 միլիարդ տարիների ընթացքում հաստատուն է եղել, բայց Երկիր հասնող հոսքը (արեգակնային հաստատունը) փոփոխվում է, մի քանի տասնյակ հազար տարի պարբերությամբ, որը և պայմանավորում է կլիմայական փոփոխությունները, այդ թվում նաև սարցադաշտային դարաշրջանները: Արեգակնային հաստատունի այդ փոփոխությունները պայմանավորված են Երկրի ուղեծրի և պտտման առանցքի դիրքի խոտորումներով այլ մոլորակների և Արեգակի կողմից: Բայց երկրային կլիման կարող է փոխվել ոչ միայն արեգակնային հաստատունի փոփոխությամբ, այլ նաև այլ երկրային (օրինակ, հրաբխային ակտիվության) և արտերկրային երևույթների ազդեցությամբ:

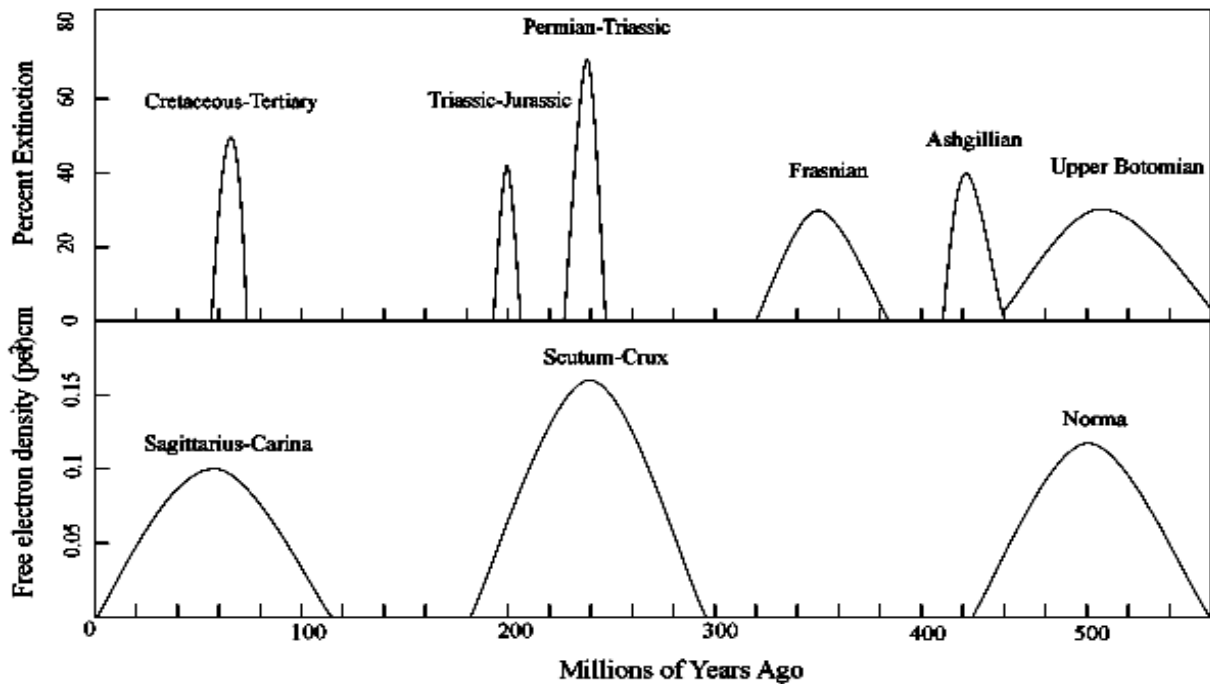
Մեր Արեգակը ամեն տարի իր զանգվածի մեկ հարյուր հազար միլիարդերորդ մասը արտանետում է լիցքավորված մասնիկների տեսքով 400 կմ/վ արագությամբ: Այդ երևույթը կոչվում է արեգակնային քամի, որը և պայմանավորում է հելիոլորտի Արեգակից հեռու կամ մոտ լինելու հանգամանքը: Հելիոլորտը դա արեգակնային քամու և արեգակնային համակարգը շրջապատող միջաստղային նյութի փոխազդեցությամբ առաջացած անցումային շերտն է, որը և մեկուսացնում է մեր համակարգը արտաքին միջաստղային նյութից: Պետք է շեշտել այստեղ, որ հելիոլորտը պատնեշ է թե միջաստղային չեզոք նյութի և թե լիցքավորված մասնիկների համար: Համաձայն աստղաֆիզիկական տվյալների հելիոլորտը գտնվում է մոտ հարյուր Երկիր-Արեգակ հեռավորության վրա: Միայն

բարձր եներգիաներով լիցքավորված մասնիկները (տիեզերական ճառագայթները) կարող են թափանցել հելիոլորտը և հասնել արեգակնային համակարգի ներքին տիրույթները, այդ թվում նաև Երկիր: Քանի որ այդ մասնիկներն իր հերթին խաղում են կարևորագույն դեր երկրային մթնոլորտային ամպերի առաջացման պրոցեսում, սկսած չորս կիլոմետր բարձրությունից , ապա դրանց կլիմայական ազդեցությունը չափազանց մեծ է [1]:

Մյուս կողմից երկրաբանական տվյալներից հայտնի են սառցադաշտային դարաշրջաններ մոտ հարյուր միլիոն տարվա պարբերությամբ [2]: Նշվաց պատճառներով դրանց հնարավոր չէ բացատրել, քանի որ արեգակնային համակարգում բացակայում են երևույթներ նման բնութագրիչ ժամանակամիջոցներով: Եթե հիշենք, որ Արեգակը շարժվում է Գալակտիկայի միջուկի շուրջը, կատարելով մեկ պտույտ մոտ 250 միլիոն տարվա ընթացքում, միաժամանակ տատանվելով կենտրոնական հարթության միջին մակարդակի նկատմամբ մոտ 30 միլիոն տարվա պարբերությամբ, ապա երևի կարելի է փորձել կապել նշված երկար-պարբերական սառցակալումները Արեգակի գալակտիկ ճանապարհորդության առանձնահատկությունների հետ: Օրինակ, մոտ հարյուր միլիոն տարի պարբերությամբ Արեգակը անցնում է Գալակտիկայի պարուրաթևերով, որտեղ աստղերի և խիտ միջաստղային ամպերի տարածական խտությունը սովորականից մեծ է [1,3]:

Նման գալակտիկ բնութագրիչ ժամանակահատվածներ (տասնյակ և հարյուր միլիոն տարիներ) առկա են նաև կենսաբանական տվյալներից հայտնի տեսակների զանգվածային բնաջնջման խնդրում: Հայտնի է, օրինակ, որ Երկրի կենսատեսակների զանգվածային բնաջնջումները համընկնում են Արեգակի Գալակտիկայի պարուրաթևերով անցնելու պահերի հետ [3] (Նկ.1):

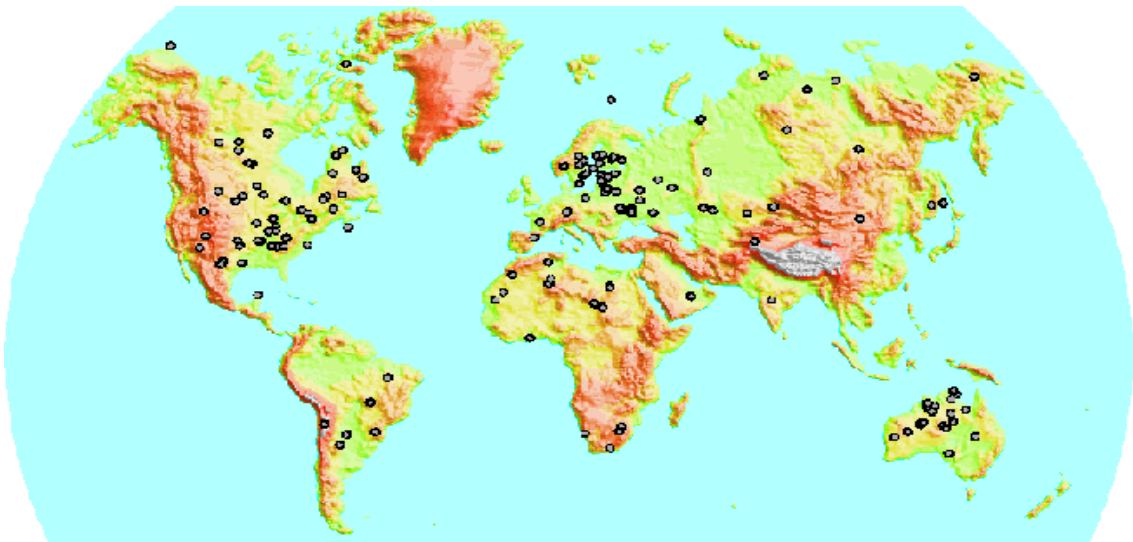
Correlations Between Mass Extinctions and the Solar System's Passage through the Galaxy's Spiral Arms



Նկ.1. Կենսատեսակների բնաջնջումների և գալակտիկ պարուրաթևերով անցնելու պահերի զուգորդությունը [3]:

Բանն այն է, որ Երկրի կենդանական աշխարհում տեսակները որպես կանոն առաջանում և ոչնչանում են երկրային կենսաբանական էվոլյուցիայի օրինաչափություններին համաձայն, պայմանավորելով այդ երևույթների բնական ֆոն: Նկ.1-ում բերված պատկերը ցույց է տալիս որ ամենահզոր բնաջնջումները համընկել են Գալակտիկայի պարուրաթևերով անցնելու պահերի բարձրակետերի հետ: Բացի այդ, հաշվի առնելով բնական ֆոնը մասնագետները բացահայտեցին տեսակների զանգվածային բնաջնջման 30-միլիոն տարվա պարբերություն [4]: Պարբերության որոշման սխալը չի գերազանցում 4-5 միլիոն տարի: Չափազանց կարևոր է այն փաստը, որ այդ թիվը նույն ճշտությամբ որոշված է նաև Երկրի մակերևույթի վրա գիսավորների անկման հետևանքով առաջացած խառնարանների տարիքների բաշխվածության համար [4]: Նկ. 2-ում բերված է հայտնի հարվածային խառնարանների բաշխվածության քարտեզը Երկրի մակերևույթի վրա [4]: Այդ խառնարանների տրամագծերը գերազանցում են 1 կիլոմետրը, հասնելով մի քանի հարյուր կիլոմետրերի, վկայելով մեծ աղետների մասին (ավելի փոքր խառնարանները չեն պահպանվել քայքայման հետևանքով): Մասնավորապես, Մեկսիկայում հայտնաբերված 180 կմ տրամագծով նման մեծ

խառնարանի տարիքը 65 միլիոն տարի է, որը համընկնում է հսկա սողունների, և մասնավորապես դինոզավրերի զանգվածային բնաջնջման պրոցեսի հետ: Ենթադրվում է, որ պարուրաթևերում կամ հանդիպական GMC-ի (հսկա մոլեկուլյար ամպի) առավել հզոր ձգողական դաշտերի ազդեցությունը խոտորելով գիսավորների ուղեծրերը ստիպել էր դրանց ուղևորվել արեգակնային համակարգի ներքին տիրույթները, ռմբահարելով հանդիպող մոլորակներին, այդ թվում նաև Երկրին: Պետք է շեշտել, սակայն, որ նման խոտորումների բնութագրող ժամանակահատվածները կազմում են 2-3 միլիոն տարի, այսինքն առնվազն այդքան ժամանակ է պետք գիսավորին, որպեսզի փոխելով շարժման ուղղությունը և արագությունը, ի վերջո հասնի երկրամերձ ուղեծիր [5]:



Նկ.2 Գիսավորների խառնարանների քարտեզը Երկրի մակերևույթի վրա [4]:

Իրոք, տարիքների ճշգրիտ չափումները բացահայտեցին հետևյալ մի փաստ՝ տեսակների ոչնչացումը 65 միլիոն տարի առաջ սկսվել էր մոտ մեկ միլիոն տարի ավելի շուտ քան վերոհիշյալ գիսավորի անկումը: Մյուս կողմից հայտնի դարձավ, որ միաժամանակ այդ ժամանակամիջոցում Երկրի մակերևույթի վրա հայտնվել են իրիդիումով հարստացած տիրույթներ, որոնց հնարավոր չեղավ բացատրել որևէ երկրաքիմիական պրոցեսով [6,7]: Այդ հանգամանքը միանշանակ վկայում է՝ ա. Երկիր էր թափանցել մեծ քանակությամբ արտաերկրային նյութ, բ. գիսավորները չէին կարող ապահովել չափումներից հայտնի նյութի այդ քանակությունը [7], և գ. իրիդիումով հարստացած և մոտավորապես նույն տարիքը ունեցող տիրույթները բաշխված են Երկրի մակերևույթով տարբեր մայրցամաքներում: Հնարավոր

բացատրություններից ամենահավանականը հետևյալն է՝ Երկրի վրա տասնյակ միլիոնավոր տարի պարբերությամբ տիեզերական փոշի է թափվել: Նշված փաստերը, այն է՝ իրիդիումով հարստացած տիրույթների, խառնարանների և տեսակների զանգվածային բնաջնջման 30-միլիոն տարվա պարբերությունները կարելի է բացատրել միասնական սցենարի շրջանակներում, որը անվանվեց EDIC – հանդիպական խիտ միջաստղային ամպեր (Encountered Dense Interstellar Clouds): Աստղագիտական այդ վարկածը նույնիսկ հիմք հանդիսացավ հայտնի գիտա-ֆանտաստիկ վեպի համար [8]: Համաձայն այդ տեսակետի Արեգակը իր մոլորակների հետ միասին պարբերաբար անցնում է միջաստղային ամպերով:

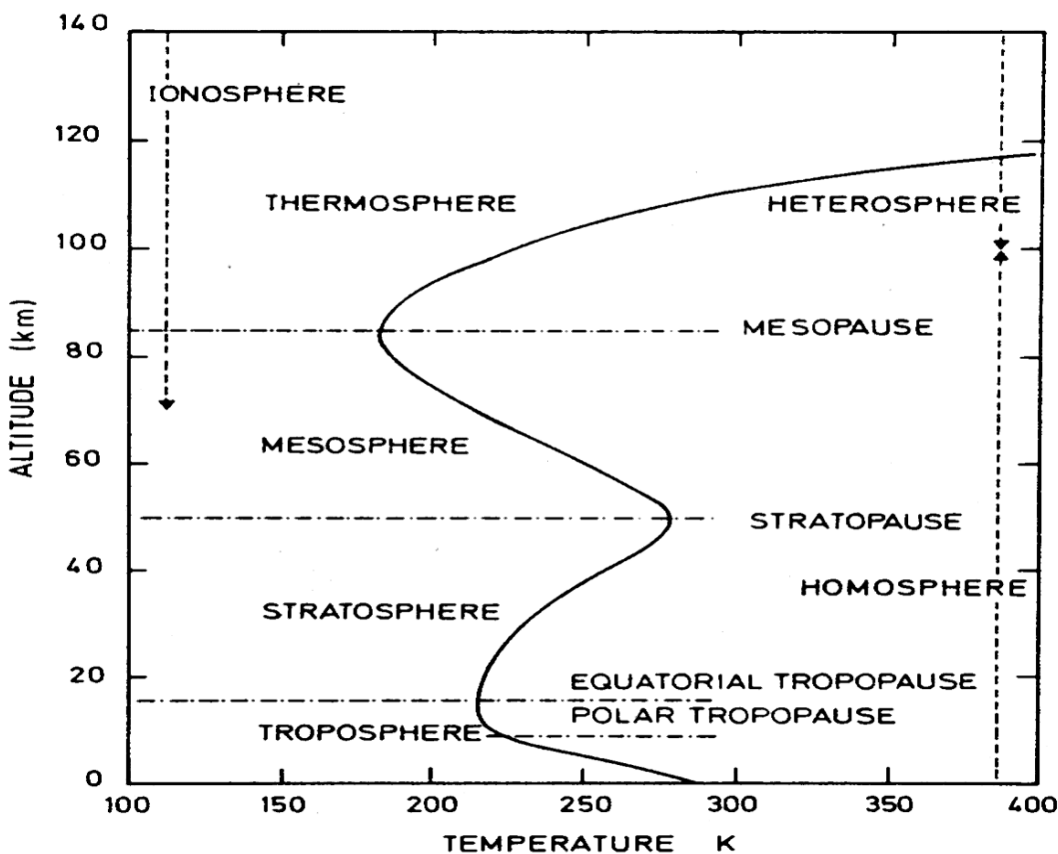
Միջաստղային ամպերի հետ Արեգակի երկու հաջորդական հանդիպումների միջև ընկած ժամանակահատվածը, կամ ազատ վազքի միջին ժամանակը $T = d/v_m$, որտեղ $d = 1/\sqrt{1-D^2} \cdot N$ ազատ վազքի միջին ճանապարհն է, իսկ D –ն, N –ը և $v_m \approx 20$ կմ/վ համապատասխանաբար ներկայացնում են ամպի շառավիղը, ամպերի խտությունը Գալակտիկայում և հարաբերական արագությունը: Խիտ ամպերի դասին են պատկանում այսպես կոչվող HI տիրույթները, որոնք բաղկացած են հիմնականում ատոմային ջրածնից և ունեն 10 լուսատարուց գերազանցող շառավիղներ: Նյութի կոնցենտրացիան հավասար է տասից մինչև հարյուր մասնիկներ մեկ խորանարտ սանտիմետրում: Ավելի մեծ և խիտ հսկա մոլեկուլյար ամպերում (GMC) մոլեկուլյար ջրածնի կոնցենտրացիան կարող է լինել հազարից մինչև հարյուր հազար մասնիկներ միավոր ծավալում: Վերը նշված մեծությունների արժեքները բերված են Ադյուսակ 1-ում [9], որտեղ Δt –ն և n_m –ը հավասար են համապատասխանաբար ամպը անցնելու ժամանակահատվածին և նյութի խտությանը ամպում:

Ադյուսակ 1: Արեգակի ամպերի հետ հանդիպելու հաճախությունը (1 Myr=1 միլիոն տարի, փակագծերում բերված թվերը ցույց են տալիս հաշվարկման սխալները, նույնպես միլիոն տարվա միավորներով) [9]:

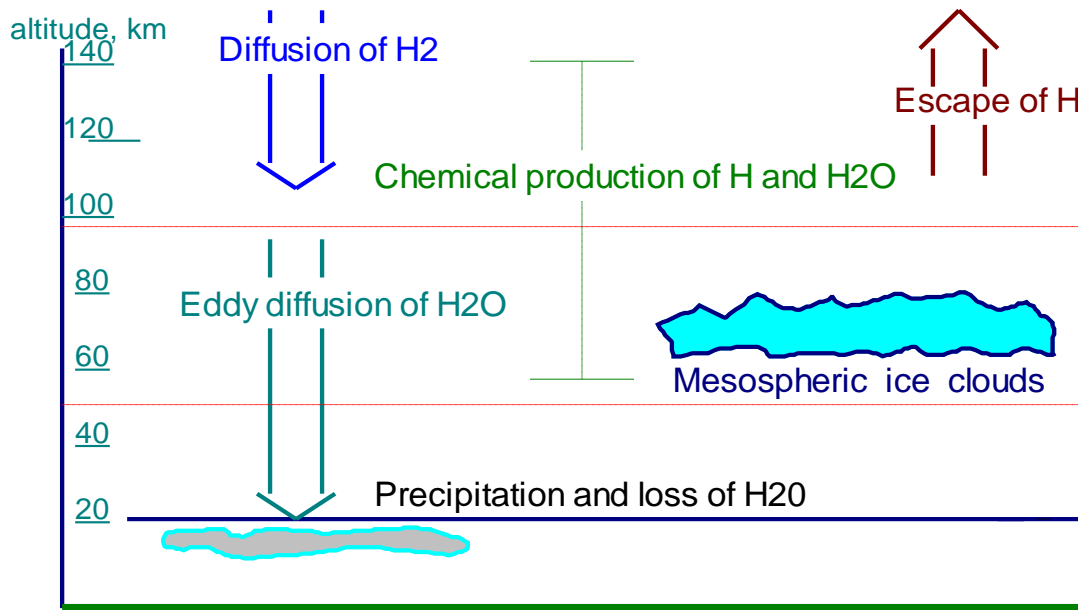
	D, pc	N, pc ⁻³ × 10 ⁻⁶	Δt, Myr	n _m , cm ⁻³	τ, Myr
HI	2	15	0.1	1-100	27 (2)
GMC	5	1.4	0.25	10 ³ -10 ⁴	460 (200)

Ինչպիսի՞ հետևանքներ կարելի է կանխատեսել Երկրի համար խիտ միջաստղային ամպերով անցնելու ժամանակ: Գերիշխող երևույթը այստեղ արեգակնային քամու և ամպի նյութի փոխազդեցությունն է, որը և պայմանավորում է Երկրի մթնոլորտ միջաստղային նյութի անմիջապես թափանցելու հնարավորությունը: Նման խնդիր դրվել և ինքնահամաձայնեցված ձևով լուծվել է մի շարք մեր աշխատություններում [9,11-13]:

Աստղաֆիզիկական դիտումները վկայում են, որ այդ ամպերի հետ անխզելիորեն կապված է փոշի, որը բաղկացած է սիլիցիումի օքսիդներից, մետաղներից, գրաֆիտից և զանազան սառույցներից, որոնցից ամենաառատը ջուրն է [10]: Որքան ավելի խիտ է ամպը, այդքան ավելի հարուստ է ամպի գազի և փոշու քիմիական բաղադրությունը: Դիտվել են զանազան ածխաջրածիններ, սպիրտեր, ցիանիդներ, ֆուլերեններ և այլն: Տեսականորեն ապացուցված է ամինաթթուների գոյության հնարավորությունը:

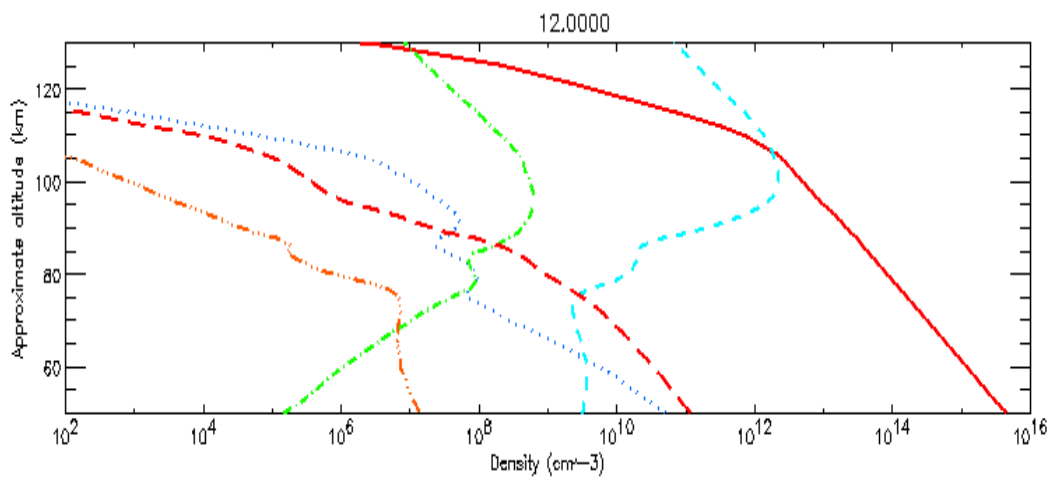
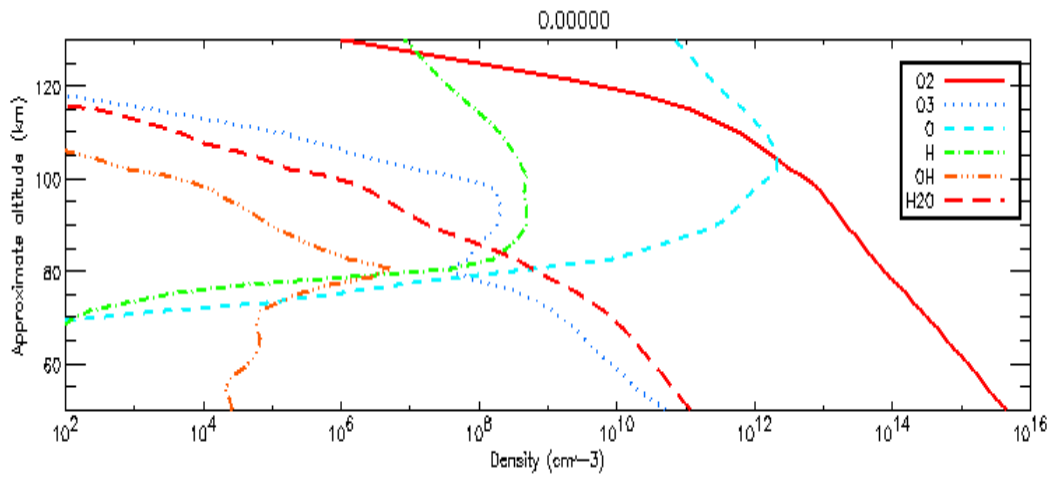


Նկար 3. Երկրի մթնոլորտի կառուցվածքը



Նկար 4. Ջրածնի հավասարակշռությունը խոտորված մթնոլորտում:

Ստացված արդյունքները կարելի է ամփոփել հետևյալ կերպ՝ ա. HI և GMC տիրույթների հետ Արեգակի հանդիպումների պարբերությունը 10-20 կմ/վ հարաբերական արագությամբ կազմում է համապատասխանաբար 27 միլիոն և 460 միլիոն տարի. բ. Երկու հանդիպական գերձայնային հոսքերի դինամիկ ճնշումները հավասարակշռվում են Երկրի ուղեծրի մոտ առավել խիտ ամպերի դեպքում, սկսած իրենց նյութի կոնցենտրացիայի 300 մասնիկներ միավոր ծավալում արժեքից. գ. ամպերով անցնելու ժամանակը կազմում է հարյուր հազարից մեկ միլիոն տարի. դ. միջաստղային ամպի ջրածինը թափանցելով Երկրի մթնոլորտը ընդգրկվում է մթնոլորտային թթվածնի քիմիական փոխակերպումների ցիկլի մեջ, սկսած մոտ հարյուր կիլոմետր բարձրությունից (Նկար 3,4,5). ե. այդ ցիկլի համապատասխան քայլում ջրածինը միանալով թթվածնին կազմում է ջուր, որն իր հերթին թափանցելով մթնոլորտի ստորին շերտերը կոնդենսացվում է և տեղումների ձևով անվերադարձ թափվում է Երկրի մակերևույթի վրա. զ. միջնոլորտում, հիսունից հարյուր կիլոմետր բարձրություններում օզոնը լրիվ վերանում է (Նկար 6,7), որի հետևանքով 80-90 կմ բարձրությաններում ջերմաստիճանի անկում է տեղի ունենում, քանի որ օզոնը միջնոլորտի հիմնական տաքացման աղբյուրն է: Միջնոլորտի սառեցումը զուգորդվում է միջնոլորտային սառցե (արծաթափայլ) ամպերի առաջացումով ամբողջ Երկրագնդի միջնոլորտում.

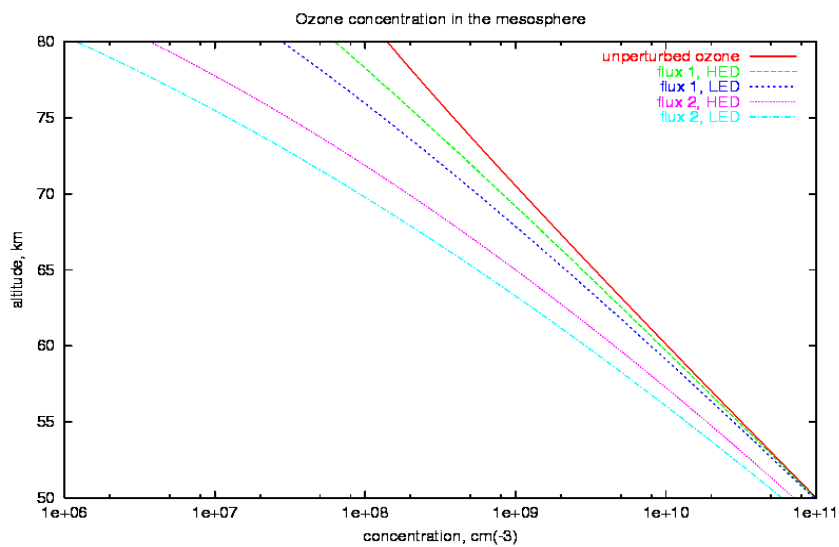


/aks2/aksm1th/ROSE-t/output/test6_chem.nc2

2000

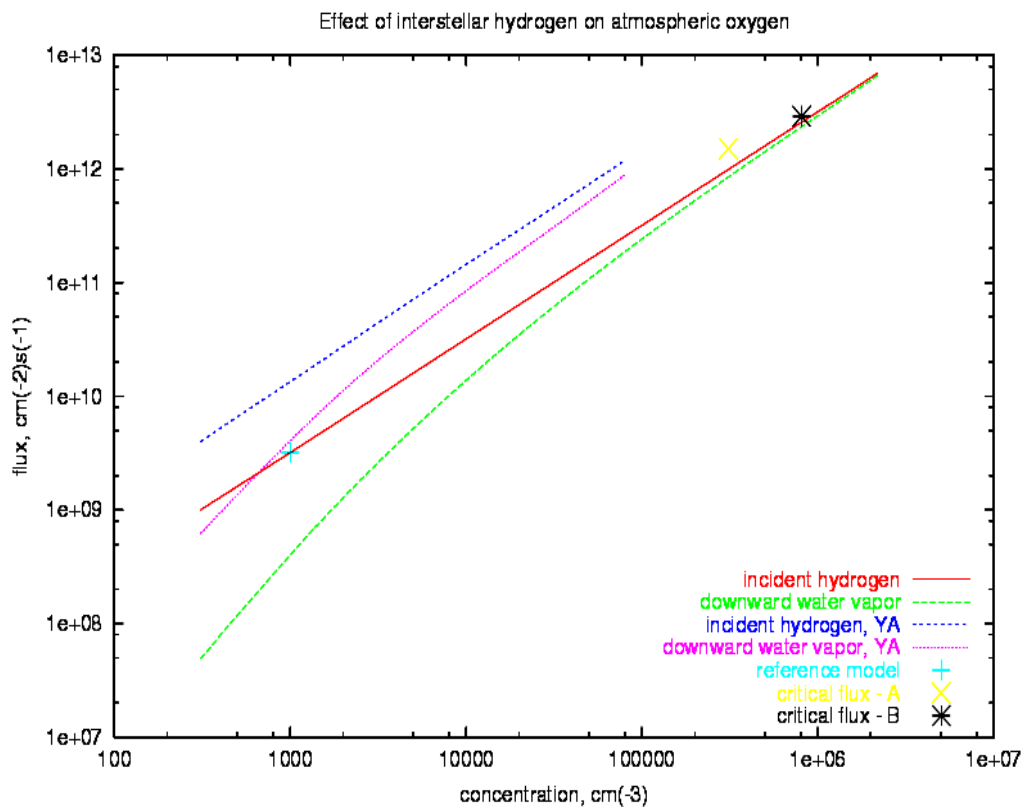
91

Նկար 5. Թթվածինը և ջրածինը չխտտորված մթնոլորտում



Նկար 6. Օզոնը խտտորված միջնոլորտում [13]:

ը. համաձայն հայտնի կլիմայական մոդելային հաշվարկների [14] միջնուլորտի սառեցումը առաջացնում է Երկրի մակերևույթի միջին ջերմաստիճանի անկում մեկ աստճանից ավել, որի հետևանքով անխուսափելիորեն սկսվում է սառցադաշտային դարաշրջանը, բացառությամբ Երկրի պատմության առավել տաք և բարձր հրաբխային ակտիվությամբ աչքի ընկնող ժամանակամիջոցները. թ. 65 միլիոն տարի առաջ սառցակալում չի եղել, նկատվել է միայն ջերմաստիճանի աննշան նվազեցում, որը այդ դեպքերից 40-50 միլիոն տարի հետո միայն ավարտվել է Անտարկտիդայի սառցակալումով:



Նկար 7. Ջրածնի հաշվարկված հոսքերը Երկրի ուղեծրի մոտ [13]:

Որպեսզի Երկրի մթնուլորտի բոլոր $N_0 = 2.2 \times 10^{43}$ թթվածնի մոլեկուլները կապվեն ջրածնի հետ և տեղումների հետ անվերադարձ թափվեն Երկրի մակերևույթի վրա, անհրաժեշտ է միջաստղային ջրածնի հոսքի շեմային F_c արժեք

$F_c = 2N_0 / 4\pi R_{\text{Երկիր}}^2 \Delta t$, որի հաշվարկված արժեքները երկու հանդիպական

միզամածությունների պայմանների համար բերված են Աղյուսակ 2-ում և Նկար 5-ում: Ջրածնի հոսքի նման արժեքները հնարավոր են միայն շատ խիտ և կոմպակտ գազա-փոշային ամպերի [15] հետ հանդիպելու ժամանակ:

Աղյուսակ 2. Ջրածնի հոսքի շենային արժեքները Երկրի ուղեծրի մոտ, երբ նյութի կոնցենտրացիան ամպում հավասար է $n_m = 1000 \text{ cm}^{-3}$

D, pc	Δt , Myr	$F_c, \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$
5	0.2	2.9×10^{12}
10	0.4	1.5×10^{12}

Նման ամպերի (անվանենք դրանց Sciama-ի ամպեր) գոյության հնարավորությունը հիմնավորվել է տիեզերական ճառագայթներով պայմանավորված և աստղագիտական դիտումներից ստացված փաստերով: Մասնավորապես ցույց է տրվել, որ Գալակտիկայում այդ ամպերում կուտակված է բոլոր աստղերի գումարային զանգվածին հավասար նյութ, որ նման ամպերը ունեն տասից մինչև հազար Երկիր-Արեգակ հեռավորությանը հավասար շառավիղներ (մինչև $D = 0.003 \text{ pc}$), այսինքն հազար անգամ պակաս քան սովորական HI և GMC ամպերի դեպքում, հազար անգամ Արեգակից փոքր զանգված և $N = 20 \text{ pc}^{-3}$ տարածական խտություն ($1 \text{ pc} = 3.3 \text{ լուսատարի}$): Նյութի խտությունը հազար անգամ ավել է սովորական GMC ամպից: Խտության այդպիսի արժեքի դեպքում առավելագույն $D = 0.003 \text{ pc}$ չափեր ունեցող ամպը կարող է սեփական ձգողության դաշտի ազդեցության նկատմամբ անկայուն լինել ցածր ($T \sim 10 \text{ K}$) ջերմաստիճանների դեպքում: Որպեսզի ամպի ստորին մասերը կարողանան դիմակայել արտաքին շերտերի ծանրության ուժով պայմանավորված ճնշմանը, անհրաժեշտ են ավելի բարձր ($T > 100 \text{ K}$) ջերմաստիճաններ, կամ տուրբուլենտ շարժումներ ամպի ներսում: Նման օբյեկտները կարող են շրջապատված լինել իրենց սեփական գիսավորներով: Կարելի է ցույց տալ [9,13], որ Արեգակի Sciama-ի ամպերի հետ հանդիպելու հաճախությունը հավասար է մոտ 30 միլիոն տարի, 5 միլիոն տարի սխալով: Եթե

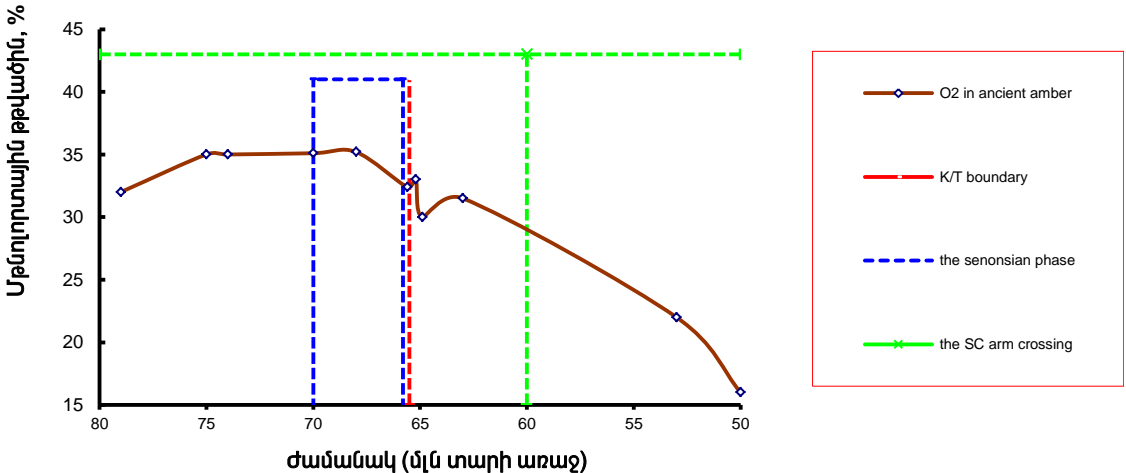
Արեգակի և հանդիպական Sciama-ի ամպի հարաբերական արագությունը նույնպես հավասար լինի 10-20 կմ/վրկ, ինչպես սովորական ամպերի դեպքում, ապա ամպով անցնելու ժամանակահատվածը չի կարող գերազանցել հազար տարի: Այնուհանդերձ, ամպի նյութի համեմատական բարձր խտությունը ի վերջո վերացնում է ամբողջ մթնոլորտային թթվածինը:

Ազատ թթվածինը մեկ տոկոսից ավել պարունակությամբ հայտնվել է Երկրի մթնոլորտում 2.3 մլրդ տարի առաջ [16]: Ինչպես հայտնի է, այդ գազի հիմնական աղբյուրը դա կապտականաչ ջրիմուռներն են (cyanobacteria), որոնք հայտնվել է 2.7 մլրդ տարի առաջ [17]: Հայտնի է նաև, որ աղբյուրի բացակայության դեպքում մթնոլորտային թթվածինը կպակասի 2 անգամ 4 մլն տարվա ընթացքում [18], այսինքն լրիվ կվերանա 10 միլիոն տարվա ընթացքում: Բանն այն է, որ ազատ թթվածնի զգալի մասը ծախսվում է հրաբուխներով և միջմոլորակային փոշու հետ թափված նյութի օքսիդացման համար: Պարզ է, որ կապտականաչ ջրիմուռների կենսագործնությունը կվերականգնի թթվածնի ներկա պարունակությունը ևս 10 միլիոն տարվա ընթացքում, այնինչ ամպը անցնելու ժամանակահատվածը շատ ավելի կարճ է արդեն սովորական ամպերի համար (Աղյուսակ 1):

Այսպիսով, դինոզավրերի զանգվածային բնաջնջումը կարելի է բացատրել մթնոլորտային թթվածնի պակասությամբ 65 միլիոն տարի առաջ, խիտ ամպով անցնելու ժամանակ: Հետաքրքիր է, որ 80-ից մինչև 50 միլիոն տարի առաջ ժամանակահատվածի համար վերջերս հայտնի դարձան տվյալներ թթվածնի պարունակության վերաբերյալ, սաթի նմուշներում պահպանված օդի պղպջակների բաղադրության ուսումնասիրության միջոցով [19]: Դրանք բերված են Նկար 8-ում, որտեղից պարզ երևում է թթվածնի պարունակության անկումը 2 անգամ 65-ից մինչև 50 միլիոն տարի առաջ ժամանակահատվածում: Կան հետազոտություններ [19], որտեղ բացատրվում է դինոզավրների առավել զգայուն լինելու փաստը թթվածնի պակասության պայմաններում. իրենց շնչառության առանձնահատկություններն են պատճառ հանդիսացել արագ բնաջնջմանը, համեմատած այլ կենսատեսակների հետ:

Անհրաժեշտ է շեշտել այստեղ, որ Երկրի մթնոլորտային թթվածնի վերանալու հնարավորությունը միջաստղային ամպերով անցնելու ժամանակ առաջին անգամ ուսումնասիրվել է [7] և ամփոփվել է [19] աշխատանքներում, նկատի ունենալով GMC-ի հետ հանդիպելու դեպքը: Համաձայն մեր հաշվարկների, հսկա մոլեկուլյար

ամպերը ի վիճակի չեն պայմանավորելու հանդիպական ջրածնի հոսքի անհրաժեշտ շեմային արժեքները, ինչը պարզ երևում է Նկար 5-ից և Աղյուսակ 2-ից: Թեպետ [7,19] աշխատանքներում ենթադրվում է հանդիպում հսկա մոլեկուլյար ամպի միջուկի հետ, որտեղ նյութի խտությունը հարյուր անգամ մեծ է, բայց մյուս կողմից միջուկի չափերն են հազար անգամ փոքր: Բացի այդ, նման ամպերի հետ հանդիպման հաճախությունը համապատասխանում է 200-500 միլիոն տարուց ոչ պակաս պարբերությանը (Աղյուսակ 1): Ավելացնենք դրան, որ ամպի միջուկի ծավալը, ամպի ընդհանուր ծավալի չնչին մասը զբաղեցնելով, ավելացնում է հանդիպումների միջև ընկած ժամանակահատվածը, հավասարեցնելով այն Արեգակի տարիքը շատ ավելի գերազանցող մի արժեքին:



Նկար 8: Թթվածնի պարունակությունը մթնոլորտում 80-ից 50 միլիոն տարի առաջ (Landis et al. 1995, հղումը վերցված է [19] աշխատանքից):

Միայն Sciama-ի ամպերն են բավարարում մթնոլորտային թթվածինը վերացնելու անհրաժեշտ պայմաններին և կարող են հանդիպել Արեգակին 30 միլիոն տարի պարբերությամբ, ինչը համաձայնեցվում է կենսատեսակների զանգվածային բնաջնջման պարբերության հետ:

Մթնոլորտային ամբողջ թթվածնի անհայտանալու կլիմայական հետևանքները քանակապես դեռ ուսումնասիրված չեն, բայց սառցակալման հավանականությունը այդ դեպքում որակապես կարելի է գնահատել որպես շատ փոքր:

Ամփոփում

1. Sciama-ի օբյեկտները ի վիճակի են ամբողջությամբ վերացնելու Երկրի մթնոլորտի թթվածինը, առաջացնելով տեսակների զանգվածային բնաջնջում 30 մլն տարի պարբերությամբ:
2. Հսկա մոլեկուլյար ամպերը 100-400 մլն տարի պարբերությամբ վերացնելով միջնոլորտի օզոնը պայմանավորում են երկարատև սառցադաշտային դարաշրջանի սկիզբը:
3. 65 մլն տարի առաջ սառցակալում չի եղել. հավանաբար հսկա սողունները բնաջնջվել են մթնոլորտային թթվածնի պակասելու պատճառով, Sciama-ի ինչ-որ օբյեկտի Երկրի հետ հանդիպելու հետևանքով, որին հաջորդել էին հսկա գիսավորների անկումները:
4. Տեսակների զանգվածային բնաջնջման սույն տեսակետը չի կարելի համարել վերջնական, նկատի ունենալով հայտնի փաստերի սակավությունը և աստղագիտական տվյալների որոշ դեպքերում անցանկալի մեծ սխալները: Անհրաժեշտ են նոր աստղագիտական և երկրագիտական համատեղ ուսումնասիրություններ, որոնք ի վերջո թույլ կտան ներկայացնելու խնդրի ինքնահամաձայնեցված պատկերը:

Շնորհակալություններ

Աշխատանքում բերված հիմնական արդյունքները ստացված են Բոննի համալսարանի պրոֆեսոր Հանս Ֆարիի հետ համագործակցությամբ

Հղումներ

1. N.J.Shaviv, 2003, *New Astronomy*, **8**, 39.
2. W.H.McCrea, 1975, *Nature*, **255**, 607.
3. E.M.Leitch and G.Vasisht, 1998, *New Astronomy*, **3**, 51.
4. S. Clube and W. Napier, 1996, *QJRAS*, **37**, No.4, 617.
5. K. Scherer, 2000, in *The Outer Heliosphere: Beyond the Planets*, 327.
6. A. Alvarez e.a., 1989, *Science*, 208, 1095.
7. S. Yabushita, S., A.J. Allen, 1989, *MNRAS*, **238**, 1465.
8. Fred Hoyle, *The black cloud*, 1957.

9. Ararat Yeghikyan and Hans Fahr, *Annales Geophysicae*, 2003, **21**, 1263.
10. A. Yeghikyan, S. Viti, D. Williams, 2001, *MNRAS*, **326**, 313.
11. A. Yeghikyan and H. Fahr, 2004, *Astronomy and Astrophysics*, **415**, 763.
12. A. Yeghikyan and H. Fahr, 2004, *Astronomy and Astrophysics*, **425**, 1113.
13. Ararat Yeghikyan and Hans Fahr, 2006, Accretion of interstellar material into the heliosphere and onto Earth, in: *The Significance of our Galactic Environment for the Heliosphere and Earth*, P. Frisch (ed.), *Astrophysics and Space Science Library*, Ch. 12.
14. C.P. McKay and G.E. Thomas, 1978, *Geophys. Res. Letters*, **5**(3), 215.
15. D.W. Sciama, 2000, *MNRAS* **312**, 33.
16. H.D. Holland, 1999, *Geochem. News*, **100**, 20.
17. J.J. Brocks, et. al. 1999, *Science*, **285**, 1033.
18. A. Leger, A. et. al. 1999, *Astronomy and Astrophysics*, **341**, 304.
19. S. Yabushita, S., A.J. Allen, 1997, *Astronomy and Geophysics*, **38**(2), 15.