

დედამიწის კლიმატის ცვლილების გამომწვევი მთავარი მიზეზების შესახებ

ქირია თ., ნიკოლაიშვილი მ., ჩხაიძე თ.

*ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის
მიხეილ ნოდიას სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტი*

1. შესავალი

მზე-დედამიწის კავშირების და კლიმატის ცვლილების შესწავლა ერთიან კონტექსტში ერთ-ერთი რთული და საინტერესო სამეცნიერო მიმართულებაა. უკანასკნელი სამეცნიერო კვლევებით მტკიცდება, რომ არსებობს პოტენციური კავშირი დედამიწის მაგნიტური ველის დიპოლსა და კლიმატის ცვლილებას შორის. ასევე, არსებობენ ასეთი ჰიპოთეზის მოწინააღმდეგეები. ზოგიერთმა მკვლევარმა შეამჩნია საკმაოდ მაღალი კორელაციური ბუნების კავშირები მაგნიტური ველის სიძლიერის, სტრუქტურის ცვალებადობასა და კლიმატის მდგომარეობას შორის. დღეისათვის დედამიწის მაგნიტური ველის და კლიმატის ამ რთული ურთიერთობის ახსნით, ჩვენ შეიძლება მივიღოთ ახალი შეხედულებები კლიმატის სისტემაზე. აქ ხაზგასმულია ის ფაქტი, რომ კლიმატის მდგომარეობაზე საუბარი მაგნიტური ველის განხილვით არ უნდა დაიწყოს, ვინაიდან მათემატიკურად საწყისი პირობა სხვა მექანიზმებს უკავშირდება, რომელიც უფრო გლობალურია. თუმცა, დედამიწის მაგნიტური ველის დროით-სივრცითი ამჟამინდელი მდგომარეობა ცხადია, დედამიწის კლიმატის განმსაზღვრელი ფაქტორების მთლიანი კომპლექსის განუყოფელი ნაწილია. ამ მიმართულების კვლევებში ჩართულია სხვადასხვა რთული მათემატიკური მოდელები, რომლებმაც შეიძლება მოგვცეს წარმოდგენა დედამიწის სიღრმეში გენერირებულ დინამიურ ძალებს, მზე-დედამიწის კავშირებს, ზოგადად კოსმოსურ კლიმატსა და დედამიწის კლიმატურ პირობებს შორის რთულ ურთიერთქმედებაზე. ყველა თეორია თანხმდება იმაზე, რომ სხვადასხვა მასშტაბის დროის ინტერვალში მოიცემა დედამიწისთვის სხვადასხვა ობიექტური გლობალური პარამეტრები და ამის შემდეგ უნდა დავიწყოთ განხილვა დედამიწის მაგნიტური ველის „საკუთარ“ შესაძლებლობებზე, როგორ გაუმკლავდება შემოთავაზებელ გლობალურ ცვლილებებს და შეიცვლება თუ არა კლიმატი. ცხადია, დედამიწის მაგნიტურ ველს საკუთარი დინამიკური სირთულეები აქვს (საუკუნოვანი ვარიაციები, ციკლები, ინვერსიები და ა.შ).

2. გეომაგნიტური ინვერსია და კლიმატთან კორელაციები

მიუხედავად იმისა, რომ გეომაგნიტურ ინვერსიასა და კლიმატის ცვლილებას შორის კავშირი რთულია და ყველა ასპექტი არ შეიძლება გამოხატული იყოს მათემატიკური

ფორმულებით, ჩვენ შეგვიძლია წარმოვადგინოთ ზოგიერთი კონცეფციის ძირითადი შეხედულება. როგორც მტკიცდება კავშირი დედამიწის მაგნეტიზმსა და კლიმატს შორის შესაძლებელია განუყოფელ ქვესაკითხებად ჩაიშალოს, როგორცაა **პალეომაგნეტიზმი, კოსმოსური სხივები, ინვერსიული პროცესები**. ამ სამეულთ შიდად კლიმატის ისტორიულ ცვლილებებში აღნიშნული პროცესების კვალი აღმოვაჩინოთ.

3. პალეომაგნეტური ჩანაწერები, როგორც კლიმატის მემატთან

ქანებში მაგნიტური მინერალების ორიენტაცია შეიძლება წარმოვადგინოთ ფორმულის სახით: ვთქვათ, θ წარმოადგენდეს კუთხეს მაგნიტურ მიმართულებასა და გეოგრაფიულ მიმართულებას შორის. მაგნიტური ველის მიხრილობა D , დახრილობა I და B ინტენსივობა შეიძლება დაკავშირებული იყოს შემდეგნაირად:

$$\tan(\theta) = \frac{B \sin(D - I)}{B \cos(I) - B_0}$$

სადაც, B_0 არის გარემოს მაგნიტური ველი.

ზოგადად კი, გეომაგნიტური ინვერსიის მიმოხილვა და მათზე ჰიპოთეზის შესწავლა, რომელიც აკავშირებს გეომაგნიტურ ცვლილებებს კლიმატისა და ბიომრავალფეროვნების ცვლილებებთან, გახდა დისკუსიის თემა სამეცნიერო საზოგადოებაში. მაგნიტური ველის პოტენციურ შესუსტებაზე ინვერსიის დროს და მის ზემოქმედებაზე კოსმოსურ სხივებზე შეიძლება ძალიან ბევრი რამ ითქვას.

ჰიპოთეზა იმის შესახებ, თუ როგორ შეიძლება მაგნიტური ველის ცვლილებამ მოახდინოს კოსმოსური სხივების ნაკადის მოდულირება, ღრუბლების დინამიკის, მოკლევადიან და გრძელვადიან პერსპექტივაში კლიმატის პოტენციური ცვლილება, მეცნიერულად დასაშვებად მიიჩნევა და უახლოესი კვლევები ამ ჰიპოთეზის მართებულობაზე მეტყველებს. პალეომაგნიტური მონაცემები და კლიმატის ე.წ. არქივებით აიხსნება, თუ როგორ უწყობს ხელს დანალექი ფენები, ყინულის ბირთვები და გეოლოგიური ჩანაწერები წარსულში მაგნიტური ველის პირობების გაგებას. ე. წ. „მარიონეტების“ გამოყენება უძველესი კლიმატური პირობების რეკონსტრუქციაში მნიშვნელოვან როლს თამაშობს და იძლევა უტყუარ მტკიცებულებებს განსაკუთრებით ინვერსიების პერიოდში, მზის აქტივობას და დედამიწის სხვადასხვა ადგილმდებარეობის (ქანების მაგნიტური თვისებების) მიხედვით კლიმატის ისტორიულ მდგომარეობებს შორის. ამ გარემოების გარშემო შექმნილია მრავალი მათემატიკური მოდელი და ამჟამად მიმდინარეობს დედამიწის არსებობის სხვადასხვა პერიოდისთვის ზემოთქმული რთული კავშირების გადამოწმება.

მაგალითისთვის, კოსმოსური სხივებსა და კლიმატს შორის ჰიპოტეტურად გამოთქმულია მოსაზრება, რომ გეომაგნეტური ველის დაძაბულობის ძალასა და (B) კოსმოსურის სხივის ნაკადს (CRF)-შორის არსებობს მათემატიკური კავშირი

$$CRF = k \cdot \frac{1}{B}$$

სადაც, k არის პროპორციულობის კოეფიციენტი.

ასევე, სამეცნიერო წრეებისთვის კარგადაა ცნობილი მილანკოვიჩის ციკლები და მაგნიტური ინვერსიები. წამოწეულია ჰიპოთეზა იმის შესახებ, რომ არსებობს კორელაცია მილან-

კოვიჩის ციკლებსა და გეომანტიურ ინვერსიებს შორის, რომელიც კლიმატის ცვლილებაზე მოქმედებს გრძელვადიან დროით მასშტაბში. ის მათემატიკურად ასე გამოიყურება:

$$T = a * \sin(b * M)$$

სადაც:

T – ტემპერატურაა,

M – მილანკოვიჩის ციკლის პარამეტრი (ორბიტის ექცენტრისიტეტი, ღერძის დახრა)

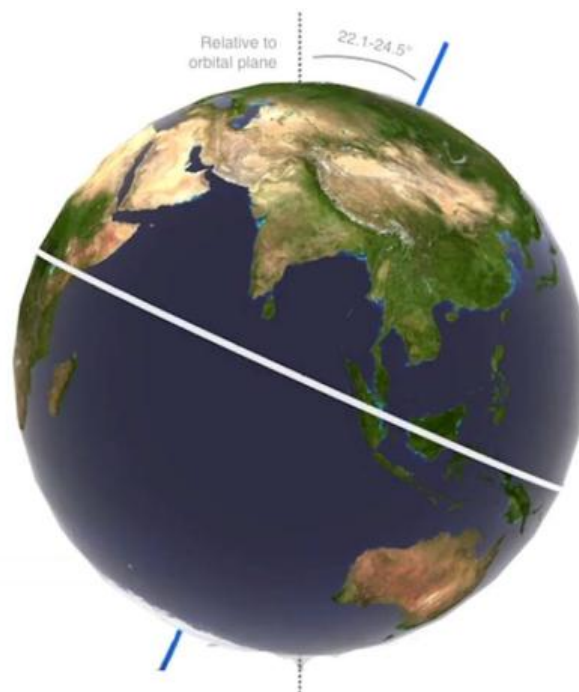
a, b – კოეფიციენტებია.

ამ ჰიპოტეტური ფორმულის ინტერპრეტაცია შემდეგნაირად შეიძლება:

კლიმატის პარამეტრის ცვლილება სინუსოიდურ მილანკოვიჩის ციკლების გავლენას განიცდის. ცხადია, ეს ვიწრო აზრით წარმოთქმული ჰიპოთეზაა და კავშირი კლიმატსა და გეომანტიზმს შორის გაცილებით რთული ბუნებისაა.

მზის კლიმატის სეზონურობა ხასიათდება ზაფხულის (გაზაფხული-ზაფხული) და ზამთრის (შემოდგომა-ზამთრის) სეზონებისთვის ინსოლაციის რაოდენობათა სხვაობით:

$$W_S - W_W = I_0 T_0 \frac{\sin \varphi \sin \varepsilon}{\pi \sqrt{1-e^2}}$$



სურათი 1. 41 000 წლიანი ციკლი, რომლის დროსაც ბრუნვის ღერძი ორბიტალურ სიბრტყესთან იხრება 22.1-24,4 გრადუსის მიდამოებში

ეს განსხვავება დამოკიდებულია მზის სიკაშკაშეზე და ადგილის გრძედზე, დედამიწის ბრუნვის პერიოდზე მზის გარშემო (T_0), ეკვატორის დახრილობაზე (ε) და ექსცენტრისიტეტ (e)-ზე.

მილონკევიჩმა შემოიტანა მცნება, კალორიული ნახევარწელი. აქედან გამომდინარე კი იმ სითბოს ჯამი კალორიულ ნახევარწელზე $\frac{T_0}{2}$ დამოკიდებულია მოცემულ გრძედზე, დედამიწის ბრუნვის ღერძის დახრაზე და ორბიტის ელემენტებზე [2].

$$Q_s = \frac{I_0 T_0}{2\pi} \left(S(\varphi, \varepsilon) + \sin \varphi \sin \varepsilon - \frac{4}{\pi} \varepsilon \sin \Pi \cos \varphi \right),$$

$$Q_w = \frac{I_0 T_0}{2\pi} \left(S(\varphi, \varepsilon) - \sin \varphi \sin \varepsilon + \frac{4}{\pi} \varepsilon \sin \Pi \cos \varphi \right),$$

სადაც Π – პერიგეას გრძივია.

ამასთან, ε -ის და $\varepsilon \sin \Pi$ -ის ცვლილება შესაძლებელია დედამიწაზე სხვა პლანეტების მიზიდულობის ძალის ზეგავლენით. ნებისმიერი გრძედისთვის საპლანეტათაშორისო მიზიდულობის ძალები არ ცვლიან წლიურ მზისგან მიღებულ სითბოს, მაგრამ ცვლიან სითბოს განაწილებას გრძედებზე სეზონურად [1].

აქედან მილონკევიჩმა გამოყო დედამიწის ორბიტის შეცვლის ციკლები: 23 000 წლიანი (ეს არის დედამიწის მზესთან მაქსიმალურად მიახლოების პერიოდი), გამომდინარე აქედან მზე და დედამიწა 10 000 წლის შემდეგ დაუახლოვდება მაქსიმალურად ერთმანეთს. შემდეგი ციკლი არის 41 000 წლიანი, რომლის დროსაც ბრუნვის ღერძი ორბიტალურ სიბრტყესთან იხრება 21-24,4 გრადუსის მიდამოებში, მესამე ციკლი ეს არის 93 – 413 ათასწლიანი ციკლი, რომლის დროსაც ორბიტა გახდება ძლიერ ელისფური, რაც თავის მხრივ განაპირობებს დედამიწის და მზის დაშორებას და ზაფხული-ზამთრის სეზონს ძლიერ შეცვლის.

აქედან გამომდინარე, მილონკევიჩმა დაასაბუთა კლიმატის ცვლილების გამომწვევი მიზეზი, რომელიც ორბიტალურ პარამეტრებზეა ძლიერ დამოკიდებული, ხოლო ეს უკანასკნელი თავის მხრივ დედამიწისთვის ქმნის განსხვავებულ კოსმოსურ კლიმატს, სითბოს ნაკადების ინტენსივობას. შესაბამისად, დედამიწის მაგნიტური ველის რეაგირება სხვადასხვა დოზის რადიაციაზე განსხვავებულია. გამომდინარე აქედან, ატმოსფეროში მიმდინარე პროცესები ციკლების შესაბამისად სხვადასხვაა. საბოლოოდ, ციკლების მიხედვით გვექნება განსხვავებული კლიმატური პირობები. ყველა კვლევა მეტყველებს იმაზე, რომ დედამიწაზე კლიმატი ისტორიულად იყო ძლიერ მკმნობიარე მზის აქტივობის, მის სისტემაში ორბიტალურ პარამეტრებზე და შემდეგ უკვე დედამიწის მაგნიტური ველის პარამეტრებზე.

დასკვნა

პალეომაგნიტური ჩანაწერები, მზე-დედამიწის კავშირები და მილანკოვიჩის ციკლებს შორის გამოკვეთილი მიზეზ-შედეგობრივი სქემა, რომელიც საბოლოოდ კლიმატის ცვლილების სახით ვლინდება დედამიწაზე, ადასტურებს იმას, რომ კლიმატის გლობალური ცვლილება დედამიწაზე არაა ცალსახად დამოკიდებული დედამიწის მაგნიტურ ველის სიძლიერეზე. ის არაა დიდი ცვლილებების პირდაპირი მიზეზი, კლიმატის სეზონურობის და პლანეტათაშორისი გრავიტაციული ძალების გავლენასთან შედარებით. ორბიტალური პარამეტრების, დედამიწის ბრუნვის ღერძის დახრისა და სხვა გლობალური ცვლადების ცვლილებები მთავარ გამწვევ მექანიზმად მიიჩნევა. ცხადია, კლიმატის ცვლილება რთულად არის დაკავშირებული ორბიტალურ პარამეტრებთან, რასაც ქმნის განსხვავებული კოსმოსური კლიმატი გაფართოებულ ციკლებში, რომელიც ხაზს უსვამს დედამიწის რეაგირების სირთულეს გარე გავლენებზე. კლიმატის ცვლილების გამომწვევი ძირითადი მექანიზმების უფრო ღრმა გაგებას უკავშირდება პალეომაგნიტური ჩანაწერები, მზე-დედამიწის კავშირები და მილანკოვიჩის ციკლების მიზეზ-შედეგობრივი სქემები. სხვადასხვა უახლესი მათემატიკური მოდელებიც სწორედ ამ უკანასკნელი ჰიპოთეზის სასარგებლოდ

მეტყველებენ. ყველა მოდელში თითოეული ცვლადის წილობრივი გავლენა დედამიწის კლიმატის ჩამოყალიბებაში პრაქტიკულად მსგავს თანაფარდობაში არიან მათემატიკური ზომადობის თვალსაზრისით.

ლიტერატურა – References – Литература

- [1] Couchoud I. et al. Millennial-scale climate variability during the Last Interglacial recorded in a speleothem from south-western France. *Quaternary Science Reviews* 28, 2009, pp. 3263-3274.
- [2] Kingston J. D. et al. Astronomically forced climate change in the Kenyan Rift Valley 2.7-2.55 Ma: Implications for the evolution of early hominin ecosystems. *Journal of Human Evolution* 53, 2007, pp. 487-503.
- [3] Courtillot V., Olson, P. Mantle plumes link magnetic superchrons to Phanerozoic mass depletion events. *Earth and Planetary Science Letters*, 260(3-4), 2007, pp. 495-504.
- [4] Svensmark, H., Friis-Christensen E. Variation of cosmic ray flux and global cloud coverage – a missing link in solar-climate relationships. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 59(11), 1997, pp. 1225-1232.
- [5] Tarduno J. A., Cottrell R. D., Watkeys M. K., Hofmann A. Geodynamo, solar wind, and magnetopause 3.4 to 3.45 billion years ago. *Science*, 327(5970), 2010, pp. 1238-1240.
- [6] Usoskin I. G., Gladysheva O. G., Kovaltsov G. A., Mironova I. A., Turtiainen, T. Cosmic ray induced ionization in the atmosphere: Full modeling and practical applications. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 120(6), 2015, pp. 2474-2486.
- [7] Vaughan A. P. M., Spagna P. Reversals of the Earth's magnetic field and climate. *Journal of Quaternary Science*, 30(6), 2015, pp. 511-515.

დედამიწის კლიმატის ცვლილების გამომწვევი მთავარი მიზეზების შესახებ

ქირია თ., ნიკოლაიშვილი მ., ჩხაიძე თ.

რეზიუმე

კლიმატის გლობალური ცვლილების მრავალფაქტორული ანალიზის შედეგებიდან ჩანს, რომ ცვლილებების გამომწვევი და მთავარი პირობა არის კოსმოსური კლიმატი მზის სისტემაში, დედამიწის ციკლები და ბოლოს დედამიწის მაგნიტური ველის სიმძლავრე და გეომაგნიტური პროცესები დედამიწის წიაღში. აგებულია, არაერთი კლიმატის ცვლილებების პირადიპირი და ირიბი ფაქტორების განმსაზღვრელი, რეალობასთან მაქსიმალურად მიახლოებული სხვადასხვა მათემატიკური მოდელი, რომელიც მიაჩნდება ფაქტორთა კომპლექსურ და დროში თანმიმდევრულ ერთობლიობას კლიმატური სურათის ჩამოყალიბებისთვის. მოდელური რეკონსტრუქციები საკმარისად ასაბუთებენ კლიმატის ცვლილების გამომწვევ მიზეზთა კასკადს, რომელიც მაღალი სირთულით და დინამიკით გამოირჩევა.

საკვანძო სიტყვები: კლიმატის ცვლილება, მზე-დედამიწის კავშირები, მაგნიტური ველი.

ABOUT THE MAIN CAUSES OF THE EARTH'S CLIMATE CHANGE

Kiria T., Nikolaishvili M., Chkhaidze T.

Abstract

The results of the multifactorial analysis of global climate change show that the cause and main condition of the changes are the space climate in the solar system, the Earth's cycles, and finally the strength of the Earth's magnetic field and geomagnetic processes in the Earth's core. A different

mathematical model has been built that is as close as possible to the reality of individual and indirect factors determining climate changes, which indicates a complex and time-consistent set of factors for the formation of a climatic picture. Model reconstructions sufficiently substantiate the cascade of causes of climate change, which is characterized by high complexity and dynamics.

Key words: Climate change, Sun-Earth connections, magnetic field.

ОБ ОСНОВНЫХ ПРИЧИНАХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА ЗЕМЛИ

Кириа Т., Николайшвили М., Чхаидзе Т.

Реферат

Результаты многофакторного анализа глобального изменения климата показывают, что причиной и основным условием изменений являются космический климат Солнечной системы, земные циклы и, наконец, сила магнитного поля Земли и геомагнитные процессы в ядре Земли. Построена иная математическая модель, максимально приближенная к реальности отдельных и косвенных факторов, определяющих изменения климата, что свидетельствует о сложном и согласованном во времени наборе факторов формирования климатической картины. Модельные реконструкции достаточно обосновывают каскад причин изменения климата, характеризующегося высокой сложностью и динамикой.

Ключевые слова: Изменение климата, Солнечно – земные связи, магнитное поле.