

**Наурызбаева А.Ж. \*, Алимғазина Н.Ш., Манапбаева А.Б., Икрамова С.Б.**

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,  
Қазақстан, Алматы қ., \*e-mail: aisha.naur@gmail.com

## **КҮН БЕЛСЕНДІЛІГІ МЕН ҒАРЫШТЫҚ СӘУЛЕЛЕНУДІҢ ЖЕРДІҢ ЖАҒАНДЫҚ КЛИМАТЫНА ӘСЕРІ**

Осы уақытқа дейін күн белсенділігінің құбылмалылығы мен жаһандық ғарыштық сәулеленудің ағындары Жер атмосферасының әр түрлі процестеріне маңызды ықпал ететіндігін растаушы көптеген мәліметтер жиыны жиналған. Алайда күн белсенділігінің уақыттық динамикасының күрделілігі күшіне байланысты, ҒС ағындарының және Жер атмосферасының параметрлеріне осы шамалар байланысының қатынасы тұжырымдарының ауқымы айтарлықтай кең. Мысалы, күн белсенділігі мен жаһандық температураның арасындағы тура корреляцияның бар болуын нығайтудан бастап оның толықтай жоққа шығаруына дейін. Бұл жұмыста күн белсенділігі мен ғарыштық сәулеленудің Жердің жаһандық климатына әсерінің бар болуы немесе жоқ болуы құбылысы конвергенттік кросс-салыстыру әдісімен зерттелген. Соңғы жылдарда Паккард-Такенс теоремасына негізделіп жасалған бұл әдіс екі шаманың уақыттық қатарлары арасындағы себеп-салдарлық байланысты, тіпті оларды дәстүрлі әдістермен анықталмаған жағдайда да зерттеуге мүмкіндік береді. Екі шама арасындағы сызықты байланысты көрсететін өзара корреляциялық функция жаһандық температура мен ҒС ағыны арасында еш байланыс жоқ екенін көрсетсе де, бейсызық және себепті байланыстың бар-жоғын көрсететін жаңа конвергенттік кросс-салыстыру әдісі күн белсенділігі мен ғарыштық сәулелену жаһандық температураға елеулі әсер ететінін дәлелдейді: ҒС ағынының көлеңкелі көпбейнесінен бағаланған жаһандық температура аномалиясы мәндерінің осы аномалияның өлшенген (шың) мәндерімен корреляциясы өте жоғары болып табылады.

**Түйін сөздер:** ғарыштық сәулелер, Күн белсенділігі, Жер атмосферасы, жаһандық температура.

Naurzbaeva A.Zh. \*, Alimgazinova N.Zh., Manapbayeva A.B., Ikramova S.B.

Al Farabi Kazakh National University,  
Kazakhstan, Almaty, \*e-mail: aisha.naur@gmail.com

### **About influence of solar activity and cosmic rays on global climate of the Earth**

At present a large body of evidence indicates that solar activity and galactic cosmic rays variability has a significant impact on different processes in Earth's atmosphere such as global climate formation and the ozone layer thickness variation. However, due to the complex dynamics of solar activity, cosmic rays flux and global temperature widely divergent conclusions on the link between these quantities can be made, from arguing for the direct correlation between solar activity and global temperature to totally denying it or claiming inverse correlation. In recent the so-called convergent cross-mapping technique has been developed on the basis of Packard-Takens theorem which makes it possible to investigate the cause and effect relationship between time series of two quantities even when it has not been established using conventional procedures. This method has been applied by a number of researchers to the analysis of correlations between various chaotic processes. In this paper the results of applying of this technique to analysis of correlations between solar activity and global temperature are presented. This new method shows that solar activity and cosmic rays have a noticeable effect on the global temperature: the global temperature anomalies values estimated on the basis of attractors, represented by time series of cosmic rays and solar activity, have a high correlation with its measured values.

**Key words:** cosmic rays, solar activity, earth's atmosphere, global temperature.

Наурызбаева А.Ж. \*, Алимгазинова Н.Ш., Манапбаева А.Б., Икрамова С.Б.

Казахский национальный университет имени аль-Фараби,  
Казахстан, г. Алматы, \*e-mail: aisha.naur@gmail.com

### **О влиянии солнечной активности и космического излучения на глобальный климат Земли**

К настоящему времени накоплено множество свидетельств того, что изменчивость солнечной активности и потоков галактического космического излучения оказывает важное воздействие на различные процессы в атмосфере Земли. Однако в силу сложности временной динамики солнечной активности, потоков КИ и параметров атмосферы Земли, диапазон выводов в отношении взаимосвязи этих величин весьма широк, например, от утверждений о существовании прямой корреляции между солнечной активностью и глобальной температурой до полного ее отрицания. В данной работе этот вопрос о наличии или отсутствии влияния солнечной активности и космического излучения на глобальный климат Земли исследован методом конвергентного кросс-сопоставления. Этот разработанный в последние годы метод, основанный на теореме Паккарда-Такенса, позволяет исследовать причинно-следственную связь между временными рядами двух величин даже в тех случаях, когда она не выявляется традиционными методами. Несмотря на отсутствие линейной корреляции между исследуемыми величинами, метод конвергентного кросс-сопоставления показал, что солнечная активность и в особенности космические лучи оказывают заметное влияние на глобальную температуру: значения аномалий глобальной температуры, оцененные на основе аттракторов, представленных временными рядами космических лучей и солнечной активности, имеют высокую корреляцию с измеренными значениями глобальной температуры.

**Ключевые слова:** космические лучи, солнечная активность, атмосфера Земли, глобальная температура.

#### **Кіріспе**

Осы уақытқа дейін күн белсенділігі мен ғарыштық сәулелену ағынының өзгермелілігі Жер климатының қалыптасуына маңызды әсер ететінін растайтын көптеген мәлімет табылды [1-6]. Мысалы, жаһандық температураның өзгерісі мен ғарыштық сәулелер ағынының вариациясы арасындағы корреляция, Күн белсенділігі минимумының аномальді периоды мен суықтаудың аномальді периодына сәйкес келуі (мысалы, Маундер минимумы кезінде), соңғы 700 жылда орын алған Сібірдегі температура мен Күн белсенділігінің өзгерісі арасындағы жақында табылған корреляция, т.б.

Генрих Свенсмарктың теориясы бойынша ҒС-дің климатқа әсері ҒС-дің қарқынды өсуі барысындағы жоғарғы бұлт түзілу арқылы сезіледі, электрондар шығаратын бөлшектер молекулалық шоғырдың пайда болуына алып келеді, ол өз кезегінде (бұлт түзілу үшін) бұлт құрылуға арналған құрағыш блоктар болып табылады. Бірақ кейбір зерттеушілер бұған қарсы шығатын деректерді келтіреді [7-10].

Жалпы, күн белсенділігінің, ғарыштық сәулеленудің және жаһандық климаттың уақыттық динамикасының күрделілігіне байланысты, осы шамалар арасындағы байланыс жөніндегі қорытындылар күн белсенділігі мен

жаһандық температура арасындағы тура корреляция бар екенін айтудан бастап оны толығымен жоққа шығаруға дейінгі аралықта жатады. Қарастырылып отырған шамалардың ретсіз динамикалық сипатын ескере отырып, өзара байланыстарын зерттеу үшін бейсызық физика аясында дамыған әдісті қолдану өте тиімді болуы тиіс.

Осыған байланысты, осы жұмыста біз ғарыштық факторлар мен Жер климаты арасындағы байланысты зерттеу үшін бейсызық физика шеңберінде дамытылған сигналдарды талдаудың жаңа конвергентті кросс-салыстыру әдісін қолдандық.

#### **Зерттеу әдісі**

Соңғы кездерде пайда болған конвергентті кросс-салыстыру әдісі [11] екі шаманың уақыттық қатарларын талдау арқылы олар арасындағы себеп-салдарлық байланысты зерттеуге мүмкіндік береді. Әдіс Паккард-Такенс теоремасында негізделген. Бұл теорема бойынша жалғыз-ақ шаманың уақыттық қатарын қолданып, бұл сигналды тудырған жүйенің аттракторын табуға, ал оның көмегімен жүйенің динамикасын танып білуге болады. Уақыт бойынша кідіртуді жасау арқылы табылған бұл аттракторды көлеңкелі көпбейнесі деп атайды.

Егер екі сигнал бір жүйенің әр түрлі бөліктерінен шықса, олардан қайта құрылған аттракторлардың шың аттракторға, демек бір біріне де диффеоморфты болып табылады. Сонымен қатар, бұл екі шама бір жүйені көрсеткендіктен, олар бір-бірімен байланысты болады. Сонда, егер  $x$  шамасы  $y$  шамасына себепті әсер етсе, онда  $x$  шамасының динамикасы да  $y$  шамасының динамикасына әсер етеді. Бұл әсердің  $y$  шамасының динамикасындағы «ізінің» («таңбасының») бар болуы  $y$  шамасының көлеңкелі көпбейнесінен  $x$  шамасының мәндерін бағалауға болатынына әкеледі.

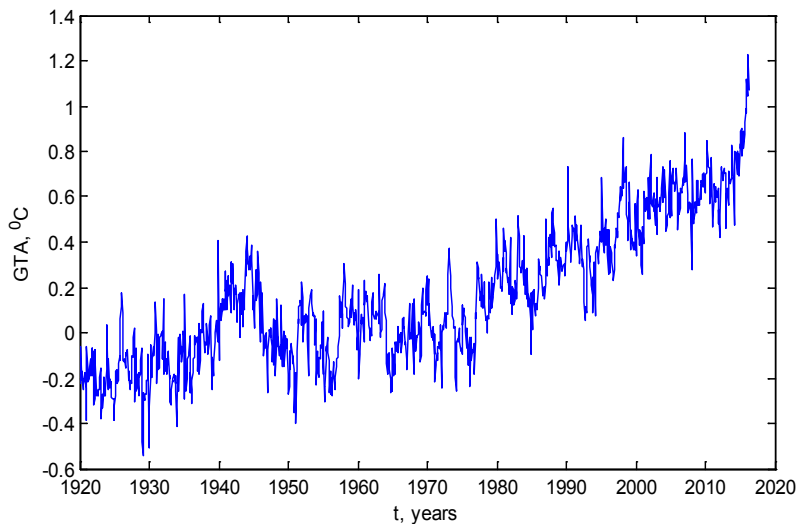
Сөйтіп,  $y$  шамасының көлеңкелі көпбейнесінен  $x$  шамасының  $x/M_y$  мәндерін бағалап, олар  $x$ -нің шың мәндеріне қаншалықты жуық екенін зерттеуге болады. Егер  $x$  пен  $x/M_y$  мәндері арасында жоғары корреляция (байланыс) бақыланса, онда  $x$  шамасы  $y$  шамасына себепті әсер етеді деген қорытындыны жасауға болады.

### Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Зерттеу  $FC$  бөлшектерін тіркейтін нейтрондық монитор станцияларының дүниежүзілік

желісінің мәліметі [12], Күн белсенділігінің уақыттағы өзгерісі туралы мәлімет [13] және жаһандық температура аномалиялары жөніндегі мәлімет [14] негізінде жүргізілді. Жаһандық температура аномалияларының айлық мәндерін (1-сурет) табу кезінде базалық период ретінде 1901-2000 жылдар аралығы алынған, яғни жылдың әр айы үшін бұл период ішіндегі орташа мәні табылып, жаһандық температураның сәйкес мәнінен алынған.

Осы әдіс көмегімен күн белсенділігі мен ғарыштық сәулеленудің жаһандық температураға әсерін зерттеу нәтижелері 2-5 суреттерде келтірілген. 2-суретте  $X$  өсі бойынша жаһандық температура аномалияларының ( $GTA$ -н) өлшенген (шың) мәндері, ал  $Y$  өсі бойынша  $FC$  ағынының көлеңкелі көпбейнесінен бағаланған  $JTA$ -н  $GTA/M_{CR}$  мәндері, 3-суретте  $GTA$ -н өлшенген мәндері мен Вольф санының көлеңкелі көпбейнесінен бағаланған  $GTA/M_{SA}$  мәндері, 4-суретте  $FC$  қарқындылығының шың мәндері мен  $GTA$ -н көлеңкелі көпбейнесінен бағаланған мәндері, ал 5-суретте күн белсенділігінің шың мәндері мен  $GTA$ -н көлеңкелі көпбейнесінен табылған мәндері келтірілген.



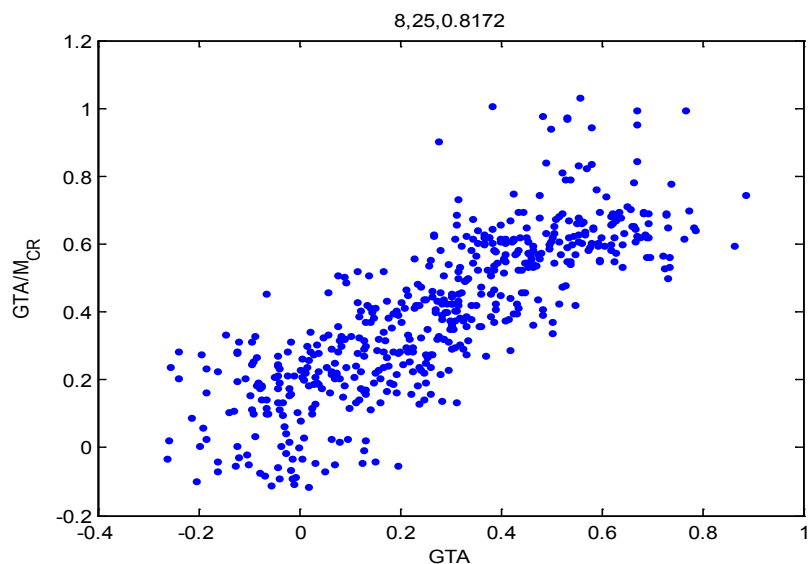
1-сурет – Жаһандық температура аномалиясының айлық мәндерінің уақыттағы өзгерісі

Салыстыру үшін 6-суретте  $GTA$  мен  $FC$  ағыны арасындағы әдеттегі корреляциялық функция келтірілген. Бұл функция екі шама арасындағы сызықты байланысты көрсетеді, сонда суреттен жаһандық температура мен  $FC$  арасында мұндай байланыс жоқ екенін көруге болады.

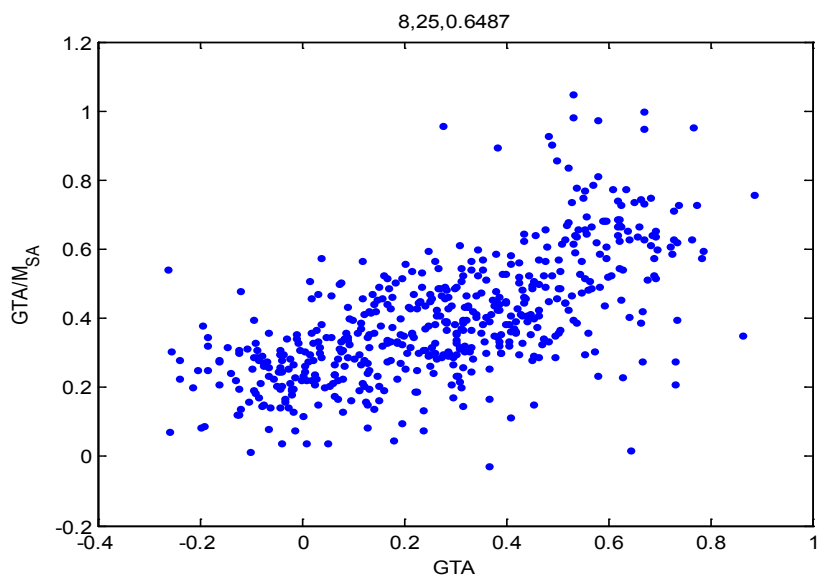
Ал, бейсызық және себепті байланыстың бар-жоғын көрсететін жаңа конвергенттік кросс-салыстыру әдісі күн белсенділігі мен әсіресе ғарыштық сәулелену жаһандық температураға елеулі әсер ететінін көрсетіп тұр:  $GTA/M_{CR}$  мәндерінің  $GTA$ -н шың мәндерімен корреляциясы жоғары болып табылады, атап айтсақ,

олар корреляциясының Пирсон коэффициенті 0.82 тең.  $GTA/M_{SA}$  мен  $GTA$  ң корреляция коэффициенті төмендеу болса да, аз емес – 0.65

тең. Бұл ғарыштық сәулелену күн белсенділігінің жаһандық климатқа әсерінің арасы (дәнекері) болып табылатынын көрсетуі мүмкін.



**2-сурет** – FC ағынының көлеңкелі көпбейнесінен бағаланған жаһандық температура аномалиясы мәндерінің осы аномалияның өлшенген (шын) мәндеріне тәуелділігі



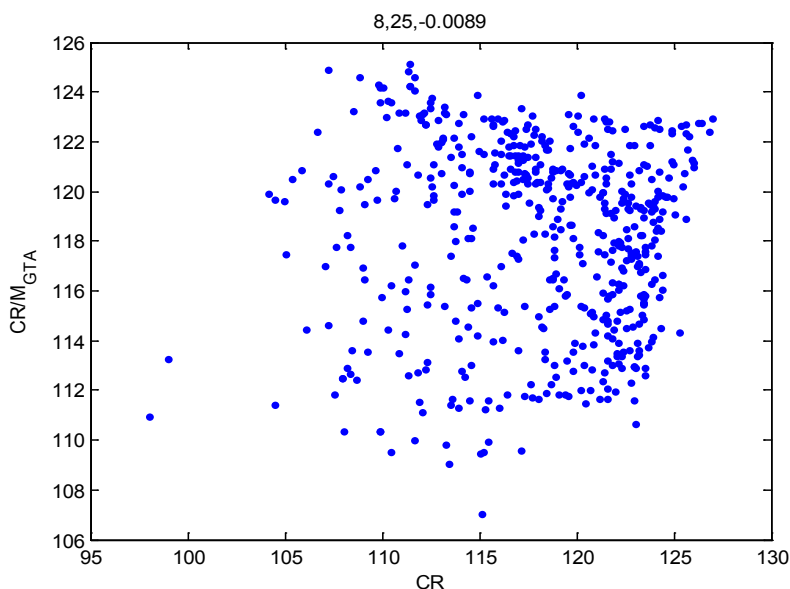
**3-сурет** – Вольф санының көлеңкелі көпбейнесінен бағаланған жаһандық температура аномалиясы мәндерінің осы аномалияның өлшенген (шын) мәндеріне тәуелділігі

GTA аттракторынан бағаланған FC ағыны мен Вольф сандарының мәндері олардың шын мәндерімен байланысты емес: 4 – 5 суреттердегі шамалардың Пирсон коэффициенттері нөлге

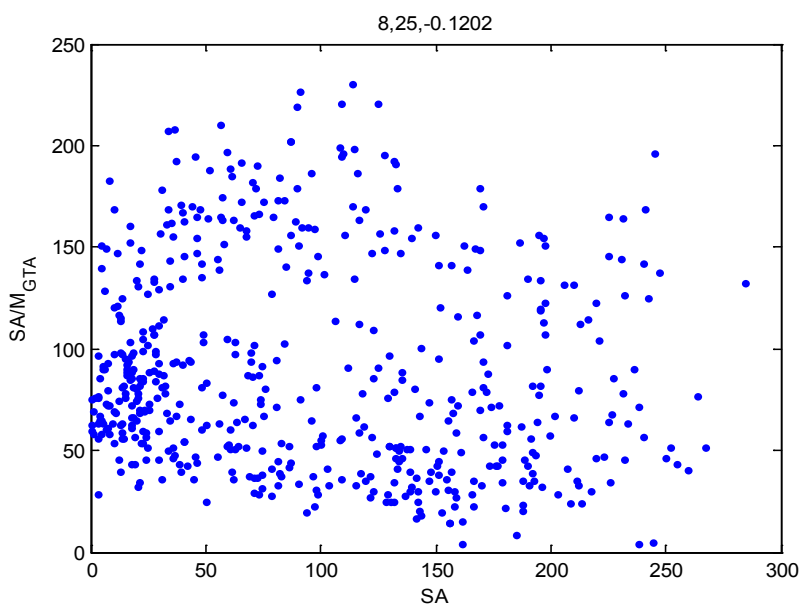
жуық, атап айтсақ, сәйкесінше 0.01 мен 0.1 тең. Ол түсінікті: Жердегі температураның күн белсенділігіне және ғарыштық сәулеленуге әсері жоқ екені айдан анық.

[1] жұмыста біздікіне ұқсас зерттеу жүргізілді, бірақ FC-ң уақыттағы өзгерісін сипаттау үшін АЕ геомагниттік индексінің жылдық мәндері қолданылды. Біз болсақ, FC өзінің ағындарын, және де жылдық емес, айлық мәндерін қолдандық, оған қоса күн белсенділігінің жаһандық температураға әсерін зерттедік. Жалпысында нәтижелеріміз сай келсе де, температураның трендіне

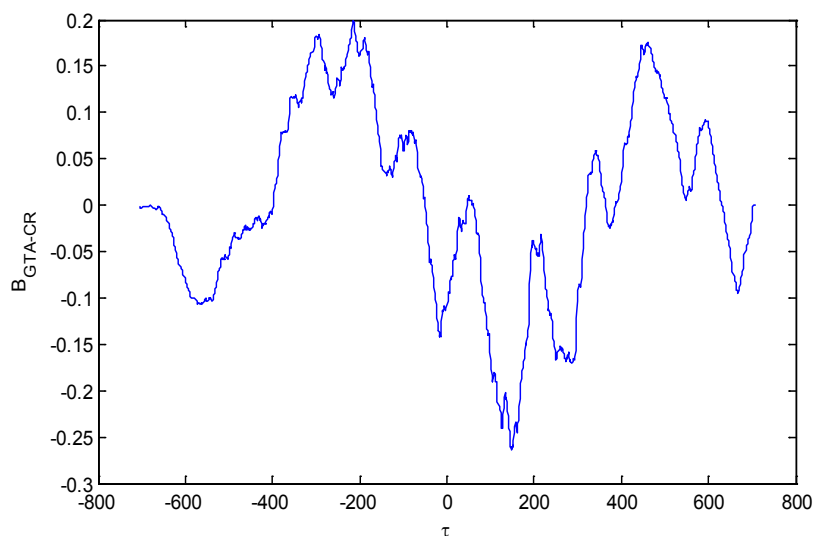
байланысты айырмашылық бар. Біздің зерттеуде жаһандық температура аномалиясының қатарынан жаһандық жылыну трендін алып тастаған жағдайда, жоғарыда айтылған шамалар үшін Пирсон коэффициенттері азаяды, ал [4] жұмыста – керісінше, өседі. Біздің нәтиже жаһандық жылынудың болуына сыртқы факторлар үлес қосуы мүмкін екендігін көрсетеді.



**4-сурет** – Жаһандық температура аномалиясының көлеңкелі көпбейнесінен бағаланған FC ағыны мәндерінің осы ағынның өлшенген (шың) мәндеріне тәуелділігі



**5-сурет** – Жаһандық температура аномалиясының көлеңкелі көпбейнесінен бағаланған Вольф саны мәндерінің оның өлшенген (шың) мәндеріне тәуелділігі



**6-сурет** – Жаһандық температура аномалиясы мен FC ағынының уақыттық қатарларының өзара корреляциялық функциясы

### Қорытынды

Екі шама арасындағы сызықты байланысты көрсететін өзара корреляциялық функция жаһандық температура мен FC ағыны арасында еш байланыс жоқ екенін көрсетсе де, бейсызық және себепті байланыстың бар-жоғын көрсететін жаңа конвергенттік кросс-салыстыру әдісі күн белсенділігі мен ғарыштық сәулелену жаһандық температураға елеулі әсер ететінін дәлелдейді: FC ағынының көлеңкелі көпбейнесінен бағаланған жаһандық температура аномалиясы мәндерінің осы аномалияның өлшенген (шың)

мәндерімен корреляциясы өте жоғары болып табылады, олар үшін Пирсон коэффициенті 0.82 тең.

Күн белсенділігі үшін бұл коэффициент төмендеу, бірақ аз емес болып табылады – 0.65 тең. Бұл ғарыштық сәулелену күн белсенділігінің жаһандық климатқа әсерінің арашы (дәнекері) болып табылатынын көрсетуі мүмкін.

**Алғыс.** *Ұсынылған зерттеу «BR05236494 – Fundamental and applied studies in related fields of physics of terrestrial, near-earth and atmospheric processes and their practical application» бағдарламасы шеңберінде орындалды.*

### Әдебиеттер

- 1 Tsonis A.A., Deyleb E.R., Mayr R.M., et.al. Dynamical evidence for causality between galactic cosmic rays and interannual variation in global temperature // Proc. of the National Academy of Science of the USA. – 2015. – Vol. 112, № 11. – P. 3253–3256.
- 2 Eichler A., Olivier S., Henderson K., et.al. Temperature response in the Altai region lags solar forcing // Geophysical Research Lett. – 2009. – Vol. 36. – L01808.
- 3 Dunne E.M., Gordon H., Kurten A. Global atmospheric particle formation from CERN CLOUD measurements // Science. – 2016. – Vol. 354 (6316). – P.1119–1124.
- 4 Svensmark H. and Calder N. The chilling stars: a new theory of climate change. – Icon Books, UK, 2007. – 246 p.
- 5 Mukherjee S. Electron Flux and Cosmic Ray Anomaly Before H1N1 Outbreak // J Climatol Weather Forecasting. – 2014. – Vol. 2. – P.113.
- 6 Mukherjee S. Cosmic Influence on the Sun-Earth Environment // Sensors. – 2008. – Vol.8. – P. 7736-7752.
- 7 Erlykin A.D., Sloan T. & Wolfendale A.W. A review of the relevance of the ‘CLOUD’ results and other recent observations to the possible effect of cosmic rays on the terrestrial climate // Meteorol Atmos Phys. – 2013. – Vol.121. – P.137-142.
- 8 Sloan T. and Wolfendale A.W. Testing the proposed causal link between cosmic rays and cloud cover // Environ. Res. Lett. – 2008. – Vol. 3. – 024001.
- 9 Erlykin A.D., Gyalai G., Kudela K. et.al. Some aspects of ionization and cloud cover, cosmic ray correlation problem // J Atmos Solar Terr Phys. – 2009. – Vol.71. – P.823–829.
- 10 Erlykin A.D., Gyalai G., Kudela K., et.al. On the correlation between cosmic ray intensity and cloud cover // J Atmos Solar Terr Phys. – 2009. – Vol. 71. – P.1794–1806.

- 11 Sugihara G., May R., Ye H., Hsieh C.-h., Deyle E., Fogarty M., and Munch S., Detecting causality in complex ecosystems // *Science*. – 2012. – Vol.338. – P.496-500.
- 12 Artamonova I. and Veretenenko S. Galactic cosmic ray variation influence on baric system dynamics at middle latitudes // *J. Atmos. Sol.-Terr. Phy.* – 2011. – Vol. 73. – P.366–370.
- 13 Belov A.V., Dorman L.I., Gushchina R.T., Obridko V.N., Shelt-ing B.D., and Yanke V. G. Prediction of expected global climate change by forecasting of galactic cosmic ray intensity time variation in near future based on solar magnetic field data // *Adv. Space Res.* – 2005. – Vol. 35. – P.491–495.
- 14 Dorman L.I. Long-term cosmic ray intensity variation and part of global climate change, controlled by solar activity through cosmic rays // *Adv. Space Res.* – 2006. – Vol.37. – P.1621–1628.
- 15 Ермаков В.И., Охлопков В.П., Стожков Ю.И. Влияние пыли космического происхождения на облачность, альbedo и климат Земли // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3. Физ. Астрон.* – 2007. – № 5. – С. 41–45.
- 16 Ермаков В.И., Охлопков В.П., Стожков Ю.И. Влияние космических лучей и космической пыли на атмосферу и климат Земли // *Известия РАН РФ, серия физ.* – 2009. – Т. 73, №3. – С.434–436.
- 17 Erlykin A.D. and Wolfendale A.W. Cosmic ray effects on cloud cover and the irrelevance to climate change // *J. Atmos. Sol.-Terr.Phys.* – 2011. – Vol. 73. – P.1681–1686.
- 18 Svensmark J., Enghoff M.B., Shaviv N.J., Svensmark H. The response of clouds and aerosols to cosmic ray decreases // *Journal of Geo-physical Research: Space Physics.* – 2016. – Vol.121 (9). – P.8152-8181.
- 19 Bagó E Pallé Butler C.J. The influence of cosmic rays on terrestrial clouds and global warming // *Astronomy & Geophysics.* – 2000. – Vol.41, Iss.4. – P.4.18–4.22.
- 20 <https://www.ncdc.noaa.gov/cag/time-series/global>.
- 21 <https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/temperature/sciref>.
- 22 <http://www.pmodwrc.ch>
- 23 <http://www.nmdb.eu/>
- 24 <http://www.sidc.be/silso/>
- 25 <https://www.ncdc.noaa.gov>

#### References

- 1 A.A. Tsonisa, E.R. Deyleb, R.M. Mayc, et.al. Proc. of the National Academy of Science of the USA, 112 (11), 3253–3256 (2015).
- 2 A .Eichler, S. Olivier, K. Henderson, et.al. *Geophysical Research Let.*, 36, L01808 (2009). <https://doi.org/10.1029/2008GL035930>
- 3 E.M. Dunne, H. Gordon, and A. Science, 354 (6316), 1119–1124 (2016). <https://doi.org/10.1126/science.aaf2649>
- 4 H. Svensmark and N. Calder, *The chilling stars: a new theory of climate change* (Icon Books, UK, 2007), 246 p.
- 5 S. Mukherjee, *J Climatol Weather Forecasting* 2, 113, (2015). <https://doi.org/10.4172/2332-2594.1000113>
- 6 S. Mukherjee, *Sensors*, 8, 7736-7752 (2008). <https://doi.org/10.3390/s8127736>
- 7 A.D. Erlykin, T. Sloan & A.W. Wolfendale, *Meteorol Atmos Phys* 121, 137-142 (2013) <https://doi.org/10.1007/s00703-013-0260-x>
- 8 T. Sloan and A.W. Wolfendale, *Environ. Res. Lett.* 3, 024001 (2008). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/3/2/024001>
- 9 A.D. Erlykin, G. Gyalai, K. Kudela et.al., *J Atmos Solar Terr Phys* 71, 823–829 (2009). <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2009.03.007>
- 10 A.D. Erlykin, G. Gyalai, K.Kudela et.al., *J Atmos Solar Terr Phys* 71, 1794–1806 (2009). <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2009.06.012>
- 11 G. Sugihara, R. May, H. Ye, C.-h. Hsieh, E. Deyle, M. Fogarty, and S. Munch, *Science*, 338, 496-500 (2012).
- 12 Artamonova and S.Veretenenko, *J. Atmos. Sol.-Terr. Phy.*, 73, 366–370 (2011).
- 13 A.V. Belov, L.I. Dorman, R.T .Gushchina, V.N. Obridko, B.D. Shelt-ing, V. and G. Yanke, *Adv.Space Res.*, 35, 491–495 (2005).
- 14 L.I. Dorman, *Adv. Space Res.*, 37, 1621–1628 (2006).
- 15 V.I. Ermakov, V.P. Okhlopkov, and Yu.I. Stozhkov, *Vestn.Mosk. Univ., Ser. 3: Fiz. Astron.*, 5, 41–45 (2007) (in Russ.).
- 16 V.I. Ermakov, V.P. Okhlopkov, and Yu.I. Stozhkov, *Izv. Ross. Akad. Nauk, Ser.Fiz.*, 73, 434–436 (2009) (in Russ.).
- 17 A.D. Erlykin and A.W. Wolfendale, *J. Atmos. Sol.-Terr.Phys.*, 73, 1681–1686 (2011).
- 18 J. Svensmark, M.B. Enghoff, N.J. Shaviv, and H. Svensmark, *J of Geophysical Research: Space Physics*, 121 (9), 8152-8181 (2016)
- 19 E Pallé Bagó, C.J. Butler, *Astronomy & Geophysics*, 41 (4), 4.18–4.22 (2000). <https://doi.org/10.1046/j.1468-4004.2000.00418.x>
- 20 <https://www.ncdc.noaa.gov/cag/time-series/global>.
- 21 <https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/temperature/sciref>.
- 22 <http://www.pmodwrc.ch>
- 23 <http://www.nmdb.eu/>
- 24 <http://www.sidc.be/silso/>
- 25 <https://www.ncdc.noaa.gov>