

2. Дорожная карта по развитию человеческого капитала для цифровой экономики на 2018-2020 годы. Утв.МОН РК и МИИК РК. 06.11.2017 г.
3. Жантасова Ж.З. Сенім көрсетілген компьютерлік жүйелердің қауіпсіздік критерийлері: оқу-әдістемелік құрал / Ж.З. Жантасова. – Өскемен: ШҚМУ «Берел», 2015.
4. Жантасова Ж.З. Ақпараттық қауіпсіздік және ақпаратты қорғау. оқу құралы / Ж.З. Жантасова, М.Ж. Жетписова. – Өскемен: «БИОС», 2014.
5. Ақпарат қорғау және қауіпсіздендіру негіздері [Текст]: оқу құралы / А.Ш. Тұрым, Б.М. Мұстафина; Алматы энергетика және байланыс институты. – Алматы: АЭЖБИ, 2002. – 97 б.
6. Koehler M.J., Mishra P., Yahya K. Tracing the development of teacher knowledge in a design seminar: Integrating content, pedagogy and technology. [Жобалық семинарда мұғалімнің білімін дамытуды қадағалау: Біріктіретін мазмұн, педагогика мен технология]. – Computer & Education, 2007. – 49(3). – P. 740-762.

REFERENCES

1. Nazarbaev N.A', *Qazaqstan halqyna jolday'u. Qazaqstannyn' u's'ins'i jan'g'yry'u. jahandyq ba'seкеge qabiletilik*, 2017 (in Kaz).
2. *Dorojnai'a karta po razvi'ti'i'y'c'elovec'eskogo kapi'tala dli'a tsi'frovoy'ekonomi'ki' na 2018-2020 gody. Y'tv.MON RK i' MI'i'K RK. 06.11.2017 (in Kaz).*
3. Jantasova J.Z., *Senim ko'rsetilgen kompi'y'terlik ju'i'elerdin' qay'ipsizdik kri'teri'i'leri. Oqy'a'distemelik quraly. O'skemen, S'QMY', Berel*, 2015 (in Kaz).
4. Jantasova J.Z., Jetpi'sova M.J., *Aqparattyq qay'ipsizdik ja'ne aqparatty qorg'ay'. Oqy'quraly. O'skemen, BI'OS*, 2014 (in Kaz).
5. *Aqparat qorg'ay' ja'ne qay'ipsizdendiru' negizderi. oqy' quraly. A.S'. Turym, B.M. Mustafi'na. Almaty energeti'ka ja'ne bai'lanys i'nsti'ty'ty. Almaty, AEJBI'*, 2002, 97 (in Kaz).
6. Koehler M.J., Mishra P., Yahya K., *Tracing the development of teacher knowledge in a design seminar: Integrating content, pedagogy and technology. Zhobalyg semi'narda mug'alimnin' bilimin damyty'dy qadag'alay'. Biriktiretin mazmun, pedagogi'ka men tehnologi'ya. Computer & Education*, 2007, 49, 3, 740-762 (in Kaz).

УДК 537.612

А.М. ПАВЛОВ, Г.С. БЕКТАСОВА, С.Н. АТПАЕВА

Восточно-Казахстанский государственный университет имени С. Аманжолова,
г. Усть-Каменогорск, Казахстан

ВЛИЯНИЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ПРОВОДИМОСТЬ АТМОСФЕРЫ

В статье описаны результаты экспериментов по исследованию влияния солнечной активности на электрическую проводимость атмосферы. Проанализированы полученные данные из опытов. Показано влияние магнитных бурь на электропроводность атмосферы.

Ключевые слова: электропроводность, атмосфера, солнечная активность, магнитная буря.

КҮН БЕЛСЕНДІЛІГІНІҢ АТМОСФЕРАНЫҢ ЭЛЕКТРЛІК ӨТКІЗГІШТІГІНЕ ӘСЕРІ

Мақалада күн белсенділігінің атмосфераның электр өткізгіштігіне әсері туралы эксперименттердің нәтижелері сипатталған. Тәжірибенің деректері талданған. Магниттік дауылдардың атмосфераның электр өткізгіштігіне әсері көрсетілген.

Түйін сөздер: электрөткізгіштік, атмосфера, күн белсенділігі, магниттік дауыл.

THE INFLUENCE OF SOLAR ACTIVITY ON THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF THE ATMOSPHERE

In the article describes the results of experiments to study the effect of solar activity on the electrical conductivity of the atmosphere. The obtained dates from the experiments are analyzed. The influence of magnetic storms on the electrical conductivity of the atmosphere is shown.

Keywords: electrical conductivity, atmosphere, solar activity, magnetic storm.

Исследованием проблем солнечно-земных связей ученые занимаются давно. Солнечно-земная связь отражается в воздействии солнечной активности на процессы, происходящие на Земле – атмосферные, климатические и магнитные. Солнечная активность – это энергичные возмущения в атмосфере Солнца: вспышки, протуберанцы, пятна, корональные выбросы вещества и потоки ускоренных частиц. Солнечные возмущения сопровождаются мощным выделением энергии, в форме кинетических движений плазмы, а также в виде усиленных потоков электромагнитного излучения и солнечного ветра [1]. Солнечный ветер порождает магнитные бури и полярные сияния. Магнитные бури представляют собой сильные возмущения магнитного поля Земли, резко нарушающие плавный суточный ход элементов земного магнетизма. Бури наблюдаются одновременно на всей Земле. Продолжительность бурь различна: от нескольких часов до нескольких суток. Количество бурь зависит от солнечной активности, оно растет с увеличением активности Солнца. Магнитные бури имеют ярко выраженную 11-летнюю зависимость и в годы минимума солнечной активности практически отсутствуют.

Солнечная активность определяется числом Вольфа, т.е. численной характеристикой количества активных областей на Солнце, в которых наблюдается повышенное магнитное поле. На рисунке 1 показана активность Солнца в данном цикле, как видно максимум солнечных пятен пришелся на 2014 год, а далее солнечная активность из года в год спадает.

Данные многих исследований свидетельствуют о наличии влияния солнечной активности на такие атмосферные процессы и параметры как температура тропосферы [2, 3], количество осадков [4], влагосодержание атмосферы [5], площадь и распределение облачного покрова [6, 7], а также потоки

прямой солнечной радиации [8, 9]. Несмотря на многочисленные исследования, посвящённые солнечно-земным связям, некоторые ученые сомневаются в том, что активность Солнца может оказывать влияние на погоду и климат Земли [10, 11]. На сегодняшний день отсутствует теория, которая могла бы в полной мере описать физический механизм переноса энергии возмущений Солнца в атмосферу Земли.

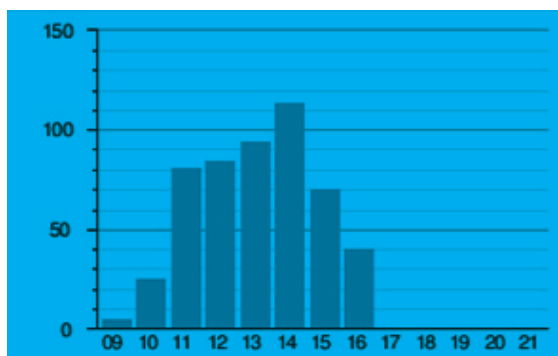


Рисунок 1 – Среднегодовые числа солнечных пятен

В данной статье предполагается, что одним из физических механизмов солнечно-земных связей является электрическая проводимость атмосферы вследствие ее ионизации космическими лучами солнечного и галактического происхождения. Ниже приведены результаты исследования.

Электрическое состояние атмосферы в значительной степени определяется ее электрической проводимостью σ , которая создается ионами, находящимися в атмосфере. Электрическая проводимость σ зависит от количества ионов, содержащихся в единице объема (их концентрации), и их подвижности. Механизм образования ионов заключается в отрыве электронов от нейтральных молекул и отчасти диссоциации их под действием ионизирующих факторов.

Ионизация воздуха в нижней атмосфере в основном происходит под влиянием энергичных частиц космических лучей. В более высоких слоях за ионизацию атмосферы ответственны потоки ультрафиолетового и рентгеновского излучения Солнца. Максимумы ионизации космическими лучами наблюдаются на высотах 10-20 км (ГКЛ) и 20-80 км (СКЛ), т.е. в области грозового генератора и над ним. Следовательно, вариации потоков космических лучей могут оказывать влияние на проводимость воздуха между грозовым генератором и ионосферой и тем самым определять интенсивность электрического тока во всём планетарном контуре и электрическое поле в областях с ясной погодой [12].

Движение ионов под действием сил электрического поля создает

в атмосфере вертикальный ток проводимости со средней плотностью $\sim(2\div3) \cdot 10^{-12} \text{ А/м}^2$. В обычных условиях положительные ионы движутся к земной поверхности, а отрицательные в обратном направлении. Суммарный ток из атмосферы на всю земную поверхность будет порядка 1800 А. При такой силе тока отрицательный заряд Земли должен был бы исчезнуть в течение нескольких минут, однако этого не происходит. Электрическое поле в среднем не меняется, и, очевидно, следует предположить, что существуют «генераторы» атмосферного электричества.

Был проведен эксперимент по исследованию влияния солнечной активности на электрическую проводимость атмосферы. Электрическая проводимость атмосферы измерялась в дни магнитных бурь и спокойных дней в 2017 году. Измерения проводились утром, в обед и вечером с помощью электрометра, который заряжали и отмечали время t и угол φ , на который он разрядится за время t .

Найдем зависимость напряженности на электрометре от угла отклонения стрелки. Пусть стержень, изображенный на рисунке 2 имеет длину L , а стрелка – l_0 . Центр массы стрелки смещен от оси вращения на расстояние a . Пусть далее, $AO=l_1$, а $OB=l_2$, масса стрелки равна m и пусть стержень заряжен с линейной плотностью τ_1 , а стрелка с линейной плотностью τ_2 .

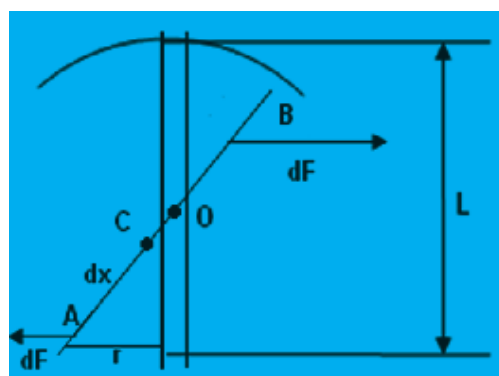


Рисунок 2 – Стрелка электрометра

Поле, создаваемое стержнем, равно формуле 1.

$$E = \frac{\tau_1}{2\pi\epsilon r}, \tag{1}$$

где r находится по формуле 2.

$$r = x \sin \varphi, \quad (2)$$

где φ – угол отклонения стрелки; x – расстояние от O до dx .

Тогда сила, действующая на элемент dx стрелки, равна формуле 3.

$$dF = \frac{\tau_1 \tau_2 dx}{2\pi \varepsilon x \sin \varphi} \quad (3)$$

Момент этой силы будет соответствовать формуле 4.

$$dM = dFx \cos \varphi = \frac{\tau_1 \tau_2 dx \cos \varphi}{2\pi \varepsilon \sin \varphi}, \quad (4)$$

Момент силы, действующей на всю стрелку равен формуле 5.

$$M = \int dM = \frac{\tau_1 \tau_2 l \cos \varphi}{2\pi \varepsilon \sin \varphi}, \quad (5)$$

где $l=l_1+l_2$ – длина стрелки.

Этот момент уравновешивается моментом силы тяжести, которая действует на стрелку, что видно из формулы 6.

$$M_T = mga \sin \varphi, \quad (6)$$

где $a = CO$.

Приравнивая эти моменты, получаем формулу 7.

$$\frac{\tau_1 \tau_2 l}{2\pi \varepsilon} \operatorname{ctg} \varphi = mga \sin \varphi \quad (7)$$

Выразим τ_1 и τ_2 через потенциал или напряжение.

Емкость стержня будем определять по формуле 8.

$$C = \frac{2\pi \varepsilon l}{\ln \frac{R}{b}}, \quad (8)$$

где l – длина стержня, b – радиус стержня, R – радиус электрометра.

$$\text{Так как } q = \tau l, \text{ то } \tau = \frac{q}{l} = \frac{CU}{l}.$$

Следовательно, получаем формулу 9.

$$\tau_1 \tau_2 = \frac{C_1 C_2 U^2}{lL} = \frac{4\pi^2 \varepsilon^2 l l U^2}{lL \ln \frac{R}{b_1} \ln \frac{R}{b_2}} \quad (9)$$

Тогда получаем формулу 10.

$$\frac{2\pi\varepsilon_0 l U^2}{\ln \frac{R}{b_1} \ln \frac{R}{b_2}} = mga \frac{\sin^2 \varphi}{\cos \varphi} \quad (10)$$

Отсюда следует формула 11.

$$U^2 = \frac{mga \ln \frac{R}{b_1} \ln \frac{R}{b_2} \sin^2 \varphi}{2\pi\varepsilon l \cos \varphi} \quad (11)$$

Пусть сечение стрелки будет S , тогда $m = \rho l S$, что соответствует формуле 12.

$$U^2 = \frac{\rho g S a \ln \frac{R}{b_1} \ln \frac{R}{b_2} \sin^2 \varphi}{2\pi\varepsilon_0 \cos \varphi} \quad (12)$$

т.е. получаем формулу 13.

$$U = K \frac{\sin \varphi}{\sqrt{\cos \varphi}}, \quad (13)$$

где K находится по формуле 14.

$$K = \sqrt{\frac{\rho g S a \ln \frac{R}{b_1} \ln \frac{R}{b_2}}{2\pi\varepsilon_0}} \quad (14)$$

При не очень больших углах получаем формулу 15, 16.

$$\left(\sqrt{1 - \sin^2 \varphi}\right)^{-1} \approx 1 + 0.5 \sin^2 \varphi \quad (15)$$

$$U = K \sin \varphi (1 + 0.5 \sin^2 \varphi) \quad (16)$$

Формулы (15) и (16) позволяют по углу отклонения стрелки определить ее потенциал относительно корпуса.

Константу K лучше определить из опыта.

Проводимость σ связана со временем разряда электрометра и потенциалом U . Пусть плотность тока вблизи электрометра будет j , а напряженность поля – E . Тогда силу тока находим по формуле 17.

$$j = \sigma E, \text{ и } I = j4\pi R^2, \quad (17)$$

где R – радиус шара на электрометре, т.е. получаем формулу 18.

$$I = 4\pi R^2 \sigma E \quad (18)$$

Электрическое поле создает заряженный шар. Следовательно E можно определить по формуле 19.

$$E = \frac{q}{4\pi R^2 \varepsilon_0}, \text{ где } q \text{ – заряд шара.} \quad (19)$$

Тогда сила тока будет соответствовать формуле 20.

$$I = \frac{\sigma q}{\varepsilon_0} \quad (20)$$

Так как сила тока находится по формуле 21, приравниваем 20 и 21 получаем 22.

$$I = -\frac{dq}{dt}, \text{ то} \quad (21)$$

$$\frac{dq}{dt} = -\frac{\sigma q}{\varepsilon_0}. \quad (22)$$

Интегрируя это уравнение, получаем формулу 23.

$$q = q_0 e^{-\frac{\sigma}{\varepsilon_0} t} \quad (23)$$

Так как $q=CU$, то U будет находится по формуле 24.

$$U = U_0 \exp\left(-\frac{\sigma}{\varepsilon_0} t\right) \quad (24)$$

Если начальное напряжение было U_0 , а через время t_1 стало равным U_1 , то получаем формулу 25.

$$\frac{\sigma}{\varepsilon_0} t_1 = \ln \frac{U_0}{U_1}, \quad (25)$$

или формулу 26.

$$\sigma = \frac{\varepsilon_0 \ln \frac{U_0}{U_1}}{t_1}, \quad (26)$$

Так как σ выражается через отклонение U_0/U_1 , то К сокращается и получаем формулу 27.

$$\frac{U_0}{U_1} = \frac{\sin \varphi_0 \sqrt{\cos \varphi_1}}{\sqrt{\cos \varphi_0} \sin \varphi_1} = \frac{\sin \varphi_0}{\sin \varphi_1} \sqrt{\frac{\cos \varphi_1}{\cos \varphi_0}}. \quad (27)$$

Итак, проводимость воздуха находится по следующей формуле 28:

$$\sigma = \frac{\varepsilon_0 \ln \frac{U_0}{U_1}}{t}. \quad (28)$$

Ниже в таблице 1 представлены средние значения электропроводности в дни магнитных бурь и в дни, когда магнитосфера была спокойной. Видно, что в период магнитных бурь электропроводность увеличивается. Утром электропроводность в дни магнитных бурь в 1,25 раз больше чем в спокойные дни, в обед в 1,79 раз, вечером в 1,3 раза. В обед электропроводность значительно увеличивается по сравнению с утренними и вечерними часами, возможно, это связано с тем, что Солнце в это время находится в зените и особенно активно.

Таблица 1

Время	σ (См/м) (магнитные бури)	σ (См/м) (магнитосфера спокойная)
Утро	$5,915 \cdot 10^{-15}$	$4,7 \cdot 10^{-15}$
Обед	$8,98 \cdot 10^{-15}$	$5 \cdot 10^{-15}$
Вечер	$11,7 \cdot 10^{-15}$	$9 \cdot 10^{-15}$

Результаты экспериментов проиллюстрированы графиком 1.

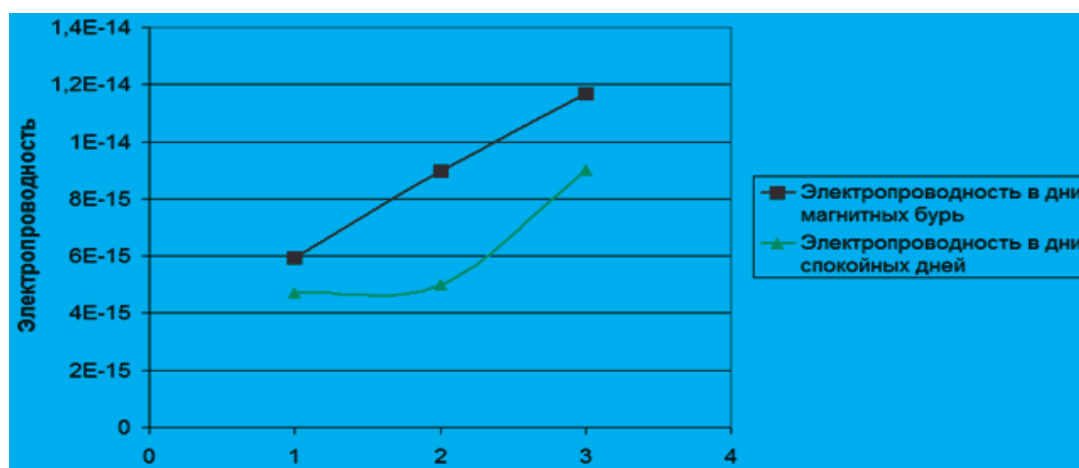


График 1

Можно сделать вывод, что активность Солнца влияет на электропроводность атмосферы. В дни магнитных бурь электропроводность атмосферы выше, так как в такие дни интенсивность заряженных частиц увеличивается. Так же анализируя график 1, можно увидеть, что электропроводность в течение дня возрастает. В вечерние часы электропроводность намного выше, чем утром или в обед, так как число ионизованных частиц возрастает. Это может быть связано с другими факторами, которые могут влиять на электропроводность атмосферы: температура, влажность воздуха, загрязнения атмосферы, активность растений. К вечеру загрязнение воздуха намного выше, чем в утренние часы, что объясняется деятельностью человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мирошниченко Л.И. Физика Солнца и солнечно-земных связей: учебное пособие // Под ред. Панасюка М.И. – М.: Университетская книга, 2011. – 174с.
2. Pudovkin M.I. Cosmic ray variation effects in the temperature of the high-latitude

atmosphere / Pudovkin M. I., Veretenenko S.V., Pellinen R., Kyro E. // *Adv. Space Res.* – 1996. – p. 165-168.

3. Pudovkin M.I. Variations of the cosmic rays as one of the possible links between the solar activity and the lower atmosphere / Pudovkin M.I., Veretenenko S.V. // *Adv. Space Res.* – 1996. – P. 161-164.

4. Kniveton D.R. Precipitation, cloud cover and forrush decreases in galactic cosmic rays / Kniveton D.R. // *J. Atm. Sol. Ter. Phys.* – 2004. – P. 1135-1142.

5. Чукин В.В. Влияние космической погоды на глобальный гидрологический цикл / В.В. Чукин, М.А. Аль-Тамими, У.А. Шермухамедов // *Проблемы гидрометеорологического обеспечения хозяйственной деятельности в условиях изменяющегося климата: матер. Межд. науч. конф. 5-8 мая 2015 г. – Минск, 2015. – С. 75-77.*

6. Веретененко С.В. Эффекты форбуш-понижений галактических космических лучей в вариациях общей облачности / С.В. Веретененко, М.И. Пудовкин // *Геомагнетизм и аэрномия.* – 1994. – Т. 34(4). – С. 38-44.

7. Todd M.C. Changes in cloud cover associated with Forbush decreases of galactic cosmic rays / M.C. Todd, D.R. Kniveton // *J. Geophys. Res.* – 2001. – V. 106. – P. 32031-32041.

8. Веретененко С.В., Пудовкин М.И. Влияние вариации галактических космических лучей на поступление солнечной радиации в нижнюю атмосферу / С.В. Веретененко, М.И. Пудовкин // *Геомагнетизм и аэрномия.* – 1997. – Т.37(2). – С. 55-60.

9. Веретененко С.В. Влияние гелиогеофизических факторов на поступление солнечной радиации в нижнюю атмосферу / С.В. Веретененко // *Естественные и антропогенные аэрозоли. II Международная конференция (Санкт-Петербург, Петродворец, 27 сентября-1 октября 1999 г.). – СПб., 2000. – С. 204-208.*

10. Burroughs W.J. Weather cycles: real or imaginary / W.J. Burroughs // *Cambridge University Press.* – 1992. – P. 207.

11. Pittock A.B. A critical look at long-term sun-weather relationships / A.B. Pittock // *Revs. Geophys. Space Phys.* – 1978. – V. 16. – №3. – P. 400-420.

12. Артамонова И.В. Влияние вариаций космических лучей на динамические процессы в нижней атмосфере Земли: дис. / И.В. Артамонова. – Санкт-Петербург, 2015. – 154 с.

REFERENCES

1. Miroshnichenko L.I., *Physics of the Sun and solar-terrestrial connections: a textbook.* Ed. M.I. Panasyuk. M.: *University book*, **2011**, 174 p. (in Russ).

2. Pudovkin M.I., *Cosmic ray variation effects in the temperature of the high-latitude atmosphere*, M.I. Pudovkin, S.V. Veretenenko, R. Pellinen, E. Kyro, *Adv. Space Res*, **1996**, V. 17, №11, P. 165-168 (in Eng).

3. Pudovkin, M.I., *Variations of the cosmic rays as one of the possible links between the solar activity and the lower atmosphere*, M.I. Pudovkin, S.V. Veretenenko, *Adv. Space Res*, **1996**, V. 17, №11, P. 161-164 (in Eng).

4. Kniveton D.R., *Precipitation, cloud cover and forrush decreases in galactic cosmic rays*, D.R. Kniveton, *J. Atm. Sol. Ter. Phys*, **2004**, V. 66, P. 1135-1142 (in Eng).

5. Chukin VV, Al-Tamimi MA, Shermukhamedov U.A., *Influence of space weather on the global hydrological cycle. Problems of hydrometeorological support of economic activity in a changing climate: materials of the International Scientific Conference May 5-8, 2015, Minsk, P. 75-77 (in Russ).*

6. Veretenenko S.V., Pudovkin M.I., *Effects of Forbush decreases of galactic cosmic rays in variations of the general cloudiness, Geomagnetism and Aeronomy.* **1994.** Т. 34(4). P. 38-44 (in Russ).

7. Todd M.C., *Changes in cloud cover associated with Forbush decreases of galactic cosmic rays.* M.C. Todd, D.R. Kniveton. *J. Geophys. Res.* **2001.** V. 106. P. 32031-32041 (in Eng).

8. Veretenenko S.V., Pudovkin M.I., *Influence of the variation of galactic cosmic rays on the arrival of solar radiation in the lower atmosphere. Geomagnetism and Aeronomy.* **1997.** Т. 37 (2). P. 55-60 (in Russ).

9. Veretenenko S.V., *Influence of heliogeophysical factors on the arrival of solar radiation in the lower atmosphere. Natural and Anthropogenic Aerosols. II International Conference (St. Petersburg, Petrodvorets, September 27-October 1, 1999). St. Petersburg.* **2000.** P. 204-208 (in Russ).

10. Burroughs, W.J., *Weather cycles: real or imaginary.* W.J. Burroughs. Cambridge University Press. **1992.** P. 207 (in Eng).

11. Pittock, A.B., *A critical look at long-term sun-weather relationships.* A.B. Pittock. *Revs. Geophys. Space Phys.* **1978.** V. 16. №3. P. 400-420 (in Eng).

12. Artamonova I.V., *Dissertation Influence of Cosmic Ray Variations on Dynamic Processes in the Earth's Lower Atmosphere, St. Petersburg,* **2015.** 154 p. (in Russ).