

ПРОЦЕССЫ В ГЕОСРЕДАХ

2022
№ 3(33)

PROCESSES IN GEOMEDIA



Тот факт, что под воздействием акустического шума на некоторых сваях по горизонтали образуются изгибные стоячие волны, которые отсутствуют на других сваях свидетельствует об отсутствии жёсткого контакта с массивом породы.

Показано, что анализ стоячих волн вертикального сжатия-расширения, возникающих в свае под воздействием шумов, позволяет контролировать её длину и на качественном уровне оценивать соотношение акустических жёсткостей верха и низа свай, что также является диагностическим признаком, свидетельствующим об отсутствии жесткого контакта с массивом породы.

Исследование проведено при поддержке гранта Российского Научного Фонда, грант №22-29-00289.

Литература/References:

1. Altunina L., Burkov P. et al. Organizational and technical measures on using cryogels for improvement of soil bearing capacity in construction and operation of pipeline transport facilities. SCIENCE & TECHNOLOGIES: OIL AND OIL PRODUCTS PIPELINE TRANSPORTATION. 9. 164-173. 2019.
2. Yasser El Masri, Tarek Rakha, A scoping review of non-destructive testing (NDT) techniques in building performance diagnostic inspections, Construction and Building Materials, Volume 265, 2020.
3. Pioldi, F, Ferrari, R, Rizzi, E. Seismic FDD modal identification and monitoring of building properties from real strong-motion structural response signals. Struct. Control Health Monit. 2017.
4. Aurélien Mordret, Hao Sun, German A. Prieto, M. Nafi Toksöz, Oral Büyükoztürk; Continuous Monitoring of High-Rise Buildings Using Seismic Interferometry. Bulletin of the Seismological Society of America; 107 (6): 2759–2773. 2017.
5. Jiewen Hou, Xiaodun Wang, Jiadi Liu, Zhihua Chen, Xu Zhong, Study on the stability bearing capacity of multi-column wall in modular steel building, Vol. 214, 2020.
6. Liu Xianglei, Tang Yi, Lu Zhao et al. ESMD-based stability analysis in the progressive collapse of a building model: A case study of are in forced concrete frame-shear wall model // Measurement. Volume 120, Pages 34-42, 2018.
7. Nkwari P. K. M., Sinha S. & Ferreira H. C. Through-the-Wall Radar Imaging: A Review, IETE Technical Review, 35:6, 631-639. 2018.
8. Bonomi G. et al., Cosmic ray tracking to monitor the stability of historical buildings: a feasibility study, Measurement Science and Technology, Volume 30, Number 4, 2019.
9. Clark M.R., McCann D.M., Forde M.C. Application of infrared thermography to the non-destructive testing of concrete and masonry bridges, NDT & E International, Volume 36, Issue 4, P. 265-275, 2003.
10. Liu Shiwei, Sun Yanhua, et al., Review and analysis of three representative electromagnetic NDT methods, Insight - Non-Destructive Testing and Condition Monitoring, Volume 59, Number 4, pp. 176-183(8). 2017.
11. Malcolm K. Lim, Honggang Cao, Combining multiple NDT methods to improve testing effectiveness, Construction and Building Materials, Volume 38, p 1310-1315, 2013.
12. Muszynski Z., Wyjadłowski M., Assessment of surface parameters of VDW foundation piles using geodetic measurement techniques, Open Geosciences, Volume 12, p 547-567, 2020.
13. Kitaigorodsky A. Introduction to Physics. Foreign Languages Publishing House, Moscow, 1073, 719 p.
14. Zemanec J., Jr, Rudnick I. Attenuation and dispersion of elastic waves in a cylindrical bar // J. Acoust. Soc. Am. – 1961. – V. 33, N 10. – P. 1283-1288.
15. Kolesnikov Y.I., Fedin K.V., Ngomayezwe L. On the influence of seasonal changes in the resonant properties of surface soils on seismic safety of structures // Journal of Applied Geophysics. – 2021 – Vol. 193. – 104412., P. 1–6.
16. Fedin K.V., Kolesnikov Y.I., Ngomayezwe L., Mapping of underground cavities by the passive seismic standing waves method: the case study of Barsukovskaya cave (Novosibirsk region, Russia), Geophysical Prospecting – Vol. 69, P.167-179 – 2021.
17. Fedin K.V., Kolesnikov Y.I., Ngomayezwe L. Determination of ice cover thickness using compression standing waves // Cold Regions Science and Technology. – 2022. – Vol. 198. – Article 103552., P. 1–8.
18. Ngomayezwe L., Kolesnikov Y.I., Fedin K.V. Diagnostics of asphalt pavement using elastic standing waves // Near Surface Geophysics. – 2022. – Vol. 20, No. 1., P. 82–93.

ОРБИТАЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ ЗЕМЛИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОДОВОГО ХОДА ЕЕ ОБЛУЧЕНИЯ

В.М. Федоров¹, Д.М. Фролов¹, А.М. Залиханов¹

*¹МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет, 119991, Москва, Ленинские горы, 1
fedorov.msu@mail.ru*

Аннотация. Анализируется годовой ход облучения Земли в физических величинах удельной энергии облучения и интенсивности облучения. Сезонные изменения удельной (и подобной ей общей) энергии облучения Земли и интенсивности ее облучения имеют различный характер распределения по месяцам тропического года. Показано, что

годовой ход общего и удельной энергии облучения имеет больший отклик на форму Земли, а годовой ход интенсивности облучения в большей степени определяется орбитальными характеристиками: соотношением линии апсид с точками равноденствий и солнцестояний. Определено, что максимумы в годовом ходе удельной энергии облучения приходятся на периоды равноденствий, минимумы на периоды солнцестояний. Положение максимумов и минимумов в годовом ходе со временем не меняется. Максимумы в изменении годового хода приходятся на периоды солнцестояний, а минимумы – равноденствий. Годовой ход удельной энергии облучения и годовой ход многолетних изменений удельной энергии облучения Земли находятся в противофазе (сезонные различия в облучении Земли сглаживаются). Для периода от 3000 г. до н.э. до 2999 г. характерно сокращение удельной энергии облучения, которое отмечается для всех месяцев года и в среднем составляет 0,005%. Показано, что в интервале от 3000 г. до н.э. до 2999 г. значение максимума интенсивности облучения в годовом ходе от первого в массиве столетия к последнему уменьшается на 1,6 Вт/м² или на 0,5%. Минимальное значение в годовом ходе увеличивается от первого столетия к последнему на 1,82 Вт/м² или на 0,54%. (сезонные различия в облучении Земли сглаживаются). Максимальный размах колебания в изменении годового хода интенсивности облучения за 5999 лет составляет 35,91 Вт/м². Экстремумы интенсивности облучения в годовом ходе за период от 3000 г. до н.э. до 2999 г. смещаются на 3–4 астрономических месяца в сторону возрастания геоцентрической долготы Солнца.

Ключевые слова: инсоляция, удельное облучение, интенсивность облучения, годовой ход облучения.

THE ORBITAL MOTION OF THE EARTH AND THE CHARACTERISTICS OF THE ANNUAL COURSE OF ITS IRRADIATION

V.M. Fedorov¹, D.M. Frolov¹, A.M. Zalikhhanov¹

¹M.V. Lomonosov Moscow State University, Faculty of geography, 119991, Moscow, Leninskie gory, 1

Abstract. It is determined that the maxima in the annual course of the specific irradiation energy fall on the periods of the equinoxes, the minima on the periods of the solstices. The position of the highs and lows in the annual course does not change over time. The maxima in the change of the annual course occur at the solstices, and the minima at the equinoxes. The annual course of the specific energy of irradiation and the annual course of long-term changes in the specific energy of irradiation of the Earth are in the opposite phase (seasonal differences in the irradiation of the Earth are smoothed out). For the period from 3000 BC to 2999 BC. a reduction in the specific energy of irradiation is characteristic, which is observed for all months of the year and averages 0.005%. It is shown that in the interval from 3000 BC to 2999, the value of the maximum irradiation intensity in the annual course from the first century in the array to the last century decreases by 1.6 W/m² or 0.5%. The minimum value in the annual course increases from the first century to the last by 1.82 W/m² or 0.54%. (seasonal differences in the irradiation of the Earth are smoothed out). The maximum swing in the variation of the annual course of irradiation intensity over 5999 years is 35.91 W/m². Radiation intensity extremes in the annual course for the period from 3000 BC to 2999 they shift by 3-4 astronomical months in the direction of increasing geocentric longitude of the Sun. It is determined that long-term changes in the annual course of the Earth's irradiation are more associated with precession than with changes in eccentricity.

Keywords: insolation, specific irradiation, irradiation intensity, annual course of irradiation.

1. Введение.

Поступающие от Солнца свет и тепло имеют важнейшее значение для природной системы Земли. Изменение приходящей к Земле солнечной энергии, определяется двумя основными причинами, имеющими различную физическую природу. Одна из них связана с изменением активности Солнца. Другая причина определяется небесно механическими процессами, влияющими на характеристики орбитального движения Земли (расстояние Земля – Солнце) и наклон оси ее вращения. Известны межгодовые, сезонные и многолетние изменения облучения Земли. Сезонные изменения облучения определяются наклоном оси вращения и особенностями годового орбитального движения Земли вокруг Солнца. Годовым колебанием приходящей на верхнюю границу атмосферы (ВГА) солнечной радиации объясняется годовая ритмика многих природных процессов и явлений. Целью работы является анализ многолетних изменений годового хода облучения Земли выраженного разными физическими характеристиками энергии за 5999 лет.

2. Методика расчета облучения.

Расчеты приходящей солнечной радиации выполнялись по данным высокоточных астрономических эфемерид DE-406 (Giorgini et al., 1996; <http://ssd.jpl.nasa.gov>; Федоров, Костин) для всей поверхности Земли (без учета атмосферы) в интервале с 3000 г. до н.э. по 2999 г. н.э. Исходными астрономическими данными для расчетов инсоляции были склонение и эклиптическая долгота Солнца, расстояние от Земли до Солнца, разность хода равномерно текущего (координатного времени – СТ) и всемирного корректируемого времени (UT). Поверхность Земли аппроксимировалась эллипсоидом (GRS80 – Geodetic Reference System, 1980) с длинами

полуосей равными 6378137 м (большие) и 6356752 м (малая). В общем виде алгоритм расчетов можно представить выражением:

$$I_{nm}(\varphi_1, \varphi_2) = \int_{t_1}^{t_2} \left(\int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \sigma(H, \varphi) \left(\int_{-\pi}^{\pi} \Lambda(H, t, \varphi, \alpha) d\alpha \right) d\varphi \right) dt \quad (1)$$

где I – приходящая солнечная радиация за элементарный n -й фрагмент m -го тропического года (Дж); σ – площадной множитель (м^2), с помощью которого вычисляется площадной дифференциал, $\sigma(H, \varphi) d\alpha d\varphi$ – площадь бесконечно малой трапеции – ячейки эллипсоида; α – часовой угол; φ – географическая широта, выраженные в радианах; H – высота поверхности эллипсоида относительно поверхности Земли (м); $\Lambda(H, t, \varphi, \alpha)$ – инсоляция в заданный момент в заданном месте поверхности эллипсоида (Вт/м^2); t – время (с). Шаги при интегрировании составляли: по долготе 1° , по широте 1° , по времени $1/360$ часть продолжительности тропического года (Федоров, 2015). Значение солнечной постоянной (среднее многолетнее значение TSI) принималось равным 1361 Вт/м^2 (Корр, Lean, 2011). Изменение активности Солнца не учитывалось (Федоров, 2018, 2019).

Исходными данными для расчётов были склонение и эклиптическая долгота Солнца, расстояние от Земли до Солнца, разность хода равномерно текущего (координатного времени – СТ) и всемирного корректируемого времени (УТ). Поверхность Земли аппроксимировалась эллипсоидом с длинами полуосей 6378137 м (большие) и 6356752 м (малая). Значение солнечной постоянной (среднее многолетнее значение TSI) принималось равным 1361 Вт/м^2 [10]. Влияние атмосферы не учитывалось.

3. Результаты и их обсуждение.

Облучение (инсоляция) Земли рассчитывается теоретически и выражается в Дж, Дж/м², Вт/м² (Шараф, Будникова, 1967; Монин, 1982; Laskar et al., 1993; Bertrand et al., 2002; Berger et al., 2010; Cionco, Soon, 2017). При анализе влияния формы Земли на характер ее облучения (Fedorov et al., 2020) мы уточнили определения характеристик инсоляции (солярного климата): энергии облучения (Дж), удельной энергии облучения (Дж/м²) и интенсивности облучения (Вт/м²). **Энергия облучения (ЭО)**, Дж – солнечная энергия, падающая на заданную поверхность в заданном промежутке времени. Вычисляется путём суммирования по единичным промежуткам времени (составляющим заданный промежуток) и по единичным площадкам (составляющим заданную поверхность) результатов реальных или расчётных измерений ЛИО. **Локальная интенсивность облучения (ЛИО)**, Вт/м² – солнечная энергия, падающая на заданную единичную площадку в заданном единичном промежутке времени. Может измеряться физическим прибором (пиргелиометр, актинометр, пиранометр, соляриметр и др.). **Удельная энергия облучения (УЭО)**, Дж/м² – отношение солнечной энергии, упавшей на заданную поверхность в заданном промежутке времени, к площади поверхности. Вычисляется путём суммирования по единичным промежуткам времени (составляющим заданный промежуток) усреднённых по единичным площадкам (составляющим заданную поверхность) результатов реальных или расчётных измерений ЛИО. **Интенсивность облучения (ИО)**, Вт/м² – отношение солнечной энергии, упавшей на заданную поверхность в заданном промежутке времени, к произведению площади поверхности на длительность промежутка. Вычисляется путём усреднения по единичным промежуткам времени (составляющим заданный промежуток) и по единичным площадкам (составляющим заданную поверхность) результатов реальных или расчётных измерений ЛИО.

Удельное облучение (УЭО) и интенсивность облучения (ИО) отличаются в годовом ходе. Это связано с тем, что, УЭО (Дж/м²) учитывает изменение облучения в связи с изменением площади облучаемой широтной зоны (отражает форму Земли при ее облучении). ИО (Вт/м²) учитывает дополнительно продолжительность тропического года, полугодий, сезонов и месяцев тропического года. Тропический год начинается от точки весеннего равноденствия (22 марта в 1901 году и 21 марта в 2018 г.), его средняя величина определяется значением 365,2422 суток. Таким образом, ИО отражает скорость орбитального движения Земли ($\text{Вт} = \text{Дж/с}$), которая определяется соотношением линии апсид (афелий – перигелий) с кардинальными точками орбиты (равноденствия и солнцестояния) (рисунок 1).

3.2 Характеристики облучения широтных зон, усреднённые по месяцам.

Среднегодовые (средние по астрономическим месяцам) значения DW для широтных зон минимальны в полярных районах (450.5 МДж/м^2 на уровне 10 км, 427.5 МДж/м^2 на уровне 60 км) и максимальны у экватора (1090 МДж/м^2 на уровне 10 км, 1081 МДж/м^2 на уровне 60 км).

Среднегодовые значения IT для широтных зон малы в полосе от 60° ю.ш. до 60° с.ш. и велики в высоких широтах. Минимумы находятся в экваториальной области (1.865 МДж/м^2 на уровне 10 км, 11.11 МДж/м^2 на уровне 60 км), максимумы в зонах 70° – 75° ю.ш. и с.ш. (5.713 МДж/м^2 на уровне 10 км, 37.01 МДж/м^2 на уровне 60 км).

уровне 60 км).

Таким образом, для усреднённых по месяцам характеристик облучения широтных зон между DW и IT на всех высотных уровнях наблюдается широтная асимметрия в расстановке экстремумов. Экстремумы и меридиональная контрастность для DW убывают, а для IT растут с высотой.



Рисунок 1. Орбитальное движение Земли в современную эпоху

Рассмотрим распределение приходящей на ВГА Земли солнечной радиации по месяцам тропического года (астрономические месяцы). Годовой ход энергии облучения (ЭО) Земли и годовой ход УЭО подобны. То есть, они отличаются только значениями, но распределение инсоляции в этих единицах по месяцам года тождественное. ЭО в годовом ходе (2022 г.) изменяется приблизительно от $4,580 \cdot 10^{23}$ Дж до $4,582 \cdot 10^{23}$ Дж, УЭО изменяется от $8,978 \cdot 10^8$ Дж/м² до $8,982 \cdot 10^8$ Дж/м².

Максимумы ЭО и УЭО Земли отмечаются вблизи точек солнцестояний, что объясняется эллипсоидальной формой Земли. При положении Земли вблизи этих точек облучаемая поверхность планеты (эллипсоида) увеличивается. Если бы Земля имела форму сферы, такого эффекта не было бы (Fedorov et al., 2020). В среднем, вблизи солнцестояний значения УЭО Земли превышают значения при положении Земли вблизи равноденствий на 0,041% (рисунок 2).

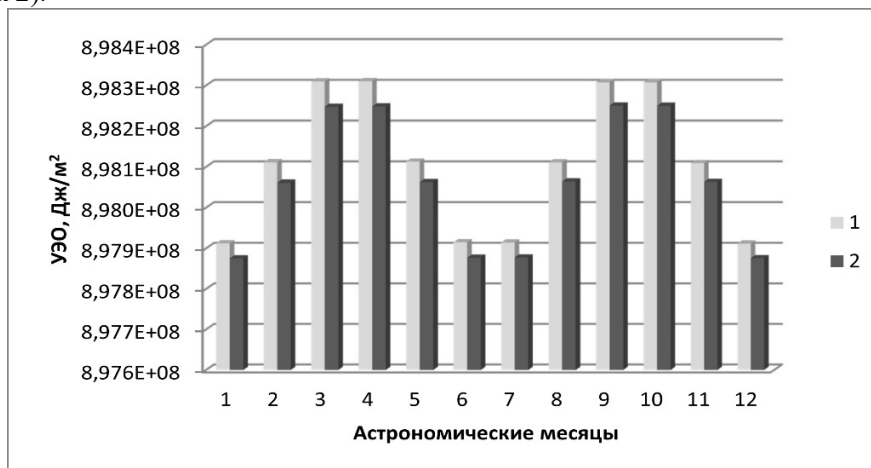


Рисунок 2. Среднемесячные значения удельной энергии облучения Земли: 1– для первого столетия (3000 г. до н.э. – 2901 г. до н.э.), 2- для последнего столетия (2900 – 2999 гг.)

Годовой ход интенсивности облучения имеет иной характер распределения (рисунок 3).

Сезонное распределение ИО отражает эллиптическую форму орбиты Земли. ИО Земли при ее положении в перигелии в настоящее (2022 г.) время превышает ИО в афелии на 6,83%. Максимальное значение составляет 351,56 Вт/м² и соответствует положению Земли вблизи перигелия ее орбиты. Минимальное значение ИО составляет 329,07 Вт/м² и приходится на положение Земли вблизи афелия. Размах колебаний ИО в годовом ходе составляет 22,49 Вт/м².

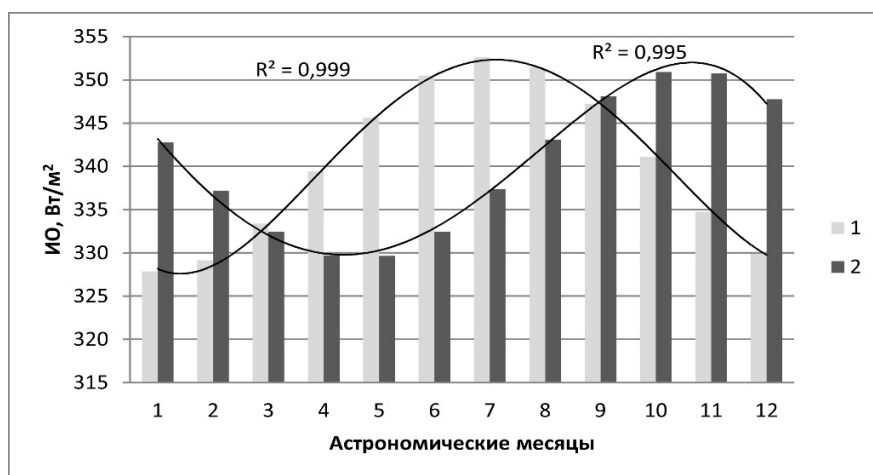


Рисунок 3. Среднемесячные значения интенсивности облучения Земли: 1 – для первого столетия (3000 г. до н.э. – 2901 г. до н.э.), 2 – для последнего столетия (2900 – 2999 гг.). Аппроксимация – полиномы четвертой степени

Таким образом, сезонные изменения УЭО (и подобной ей ЭО) и ИО Земли имеют различный характер распределения по месяцам тропического года. Это объясняется тем, что годовой ход ЭО и УЭО имеет больший отклик на форму Земли, а годовой ход ИО в большей степени определяется соотношением линии апсид с точками равноденствий и солнцестояний земной орбиты (рисунок 1).

Многолетние изменения годового хода УЭО и ИО определялись по разности соответствующих среднемесячных значений полученных для последнего (2900 – 2999 гг.) и первого в массиве столетий (3000 г. до н.э. – 2901 г. до н.э.). Анализ изменений годового хода УЭО за 5999 лет показывает малые сокращения во все месяцы тропического года. Максимальные сокращения УЭО отмечаются в периоды года близкие к солнцестояниям, минимальные – в периоды, близкие к равноденствиям (рисунок 2). Смещения экстремумов в годовом ходе со временем не происходит. В среднем для месяца уменьшение УЭО за 5999 лет составляет около 0,005%. Уменьшение УЭО Земли отражает уменьшение эксцентриситета земной орбиты (Миланкович, 1939).

Годовой ход УЭО (во все годы рассматриваемого периода), наоборот, имеет максимальные значения вблизи периодов солнцестояния, а минимальные приходятся на периоды равноденствия (рисунок 2). Таким образом, годовой ход сокращения УЭО находится в противофазе с годовым ходом УЭО Земли (сезонные различия в облучении Земли сглаживаются).

Сезонные изменения ИО имеют иной характер (рисунок 3). Среднегодовые значения в первом и последнем столетии меняются незначительно ($340,25 \text{ Вт/м}^2$ и $340,20 \text{ Вт/м}^2$ соответственно). Максимальное для первого в массиве столетия значение ($352,61 \text{ Вт/м}^2$) приходится на 7-й астрономический месяц. Максимальное для последнего столетия значение ($350,92 \text{ Вт/м}^2$) приходится на 10-й астрономический месяц. Таким образом, значение максимума ИО в годовом ходе от первого в массиве столетия к последнему уменьшается на $1,6 \text{ Вт/м}^2$ или на 0,5%. Минимальное значение в первом столетии ($327,85 \text{ Вт/м}^2$) приходится на 1-й астрономический месяц, в последнее столетие ($329,67 \text{ Вт/м}^2$) на 4-й астрономический месяц. Минимальное значение в годовом ходе ИО увеличивается от первого столетия к последнему на $1,82 \text{ Вт/м}^2$ или на 0,54%. То есть, отмечается сглаживание сезонных различий в облучении. Максимумы и минимумы ИО за 5999 лет смещаются в годовом ходе на 3–4 астрономических месяца по ходу тропического года. Смещение экстремумов связано с изменением угловых расстояний между перигелием земной орбиты и точкой весеннего равноденствия в результате прецессионного движения (Миланкович, 1939).

За 5999 лет отмечается увеличение ИО Земли в 1-й, 2-й и с 9-го по 12-й астрономические месяцы.

Сокращение ИО характерно для периода с 3-го по 8-й месяц (рисунок 3). Максимальное увеличение ИО отмечается в 12-м астрономическом месяце ($17,87 \text{ Вт/м}^2$), а максимальное сокращение в 6-м астрономическом месяце ($-18,04 \text{ Вт/м}^2$). Максимальный размах колебания в изменении годового хода ИО за 5999 лет составляет $35,91 \text{ Вт/м}^2$ или 10,55% от среднегодовых за первое в массиве столетие месячных значений ИО (увеличиваясь на 5,28% в 12-й астрономический месяц и уменьшаясь на 5,27% в 6-й астрономический месяц).

4. Выводы.

1. Многолетние изменения годового хода облучения Земли в большей степени связаны с прецессией, чем с изменениями эксцентриситета.

2. Годовой ход характеристик облучения (УЭО, ИО) и его изменения имеют существенные различия.
3. Максимумы в годовом ходе УЭО приходятся на периоды равноденствий, минимумы на периоды солнцестояний. Положение максимумов и минимумов в годовом ходе со временем не меняется. Максимумы в многолетнем изменении годового хода приходятся на периоды солнцестояний, а минимумы – равноденствий (сезонные различия в облучении Земли сглаживаются). Для периода от 3000 г. до н.э. до 2999 г. характерно сокращение УЭО, которое отмечается для всех месяцев года и в среднем составляет 0,005%.
4. Максимумы ИО связаны с положением Земли вблизи перигелия, минимумы – вблизи афелия. В интервале от 3000 г. до н.э. до 2999 г. максимумы ИО уменьшаются, минимумы увеличиваются (сезонные различия в инсоляции сглаживаются). Экстремумы интенсивности облучения в годовом ходе за 5999 лет смещаются на 3–4 астрономических месяца в сторону возрастания геоцентрической долготы Солнца.

Полученные результаты могут учитываться при физико-математическом моделировании и реконструкции природных условий в позднем голоцене, а также при прогнозе их изменений в будущем.

Работа выполнена в соответствии с госбюджетной темой Географического факультета МГУ «Палеогеографические реконструкции природных геосистем и прогнозирование их изменений» (121051100135-0) «Опасность и риск природных процессов и явлений» (121051300175-4), «Эволюция криосферы при изменении климата и антропогенном воздействии» (121051100164-0) и «Географические основы устойчивого развития энергетических систем с использованием возобновляемых источников энергии» (121051400082-4).

Литература/References:

1. Миланкович М. Математическая климатология и астрономическая теория колебаний климата. М.–Л.: ГОНТИ, 1939. 208 с.
2. Монин А.С. Введение в теорию климата. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 246 с.
3. Шараф Ш.Г., Будникова Н.А. О вековых изменениях элементов орбиты Земли, влияющих на климаты геологического прошлого // Бюллетень Института теоретической астрономии АН СССР, 1967. Т. 11. № 4 (127). С. 231 – 261.
4. Berger A., Loutre M.F., Yin Q. Total irradiation during any time interval of the year using elliptic integrals // Quaternary science reviews, 2010. V. 29. P. 1968–1982. DOI: 10.1016/j.quascirev.2010.05.07.
5. Bertrand C., Loutre M.F., Berger A. High frequency variations of the Earth's orbital parameters and climate change // Geophysical research letters, 2002. V. 29. № 18. P. 40-1 – 40-3. DOI: 10.1029/2002GL015622.
6. Cionco R.G., Soon W.W.-H. Short-Term Orbital Forcing: A Quasi-Review and a Reappraisal of Realistic Boundary Conditions for Climate Modeling // Earth-Science Reviews, 2017. V. 166. P. 206–222. DOI: 10.1016/j.earscirev.2017.01.013.
7. Fedorov V.M., Kostin A.A. The Calculation of the Earth's insolation for the 3000 BC - AD 2999 // Processes in GeoMedia. V. 1. Pp. 181–192. DOI: 10.1007/978-3-030-38177-6_20.
8. Fedorov V.M., Kostin A.A., Frolov D.M. Influence of the Shape of the Earth on the Characteristics of the Irradiation of the Earth // Izvestiya - Atmospheric and Oceanic Physics, 2020. V. 56. № 10. Pp. 1301–1313. DOI: 10.1134/S0001433820100035.
9. Kopp G., Lean J. A new lower value of total solar irradiance: Evidence and climate significance // Geophysical Research Letters, 2011. V. 37. L01706. DOI: 10.1029/2010GL045777.
10. Laskar J., Joutel F., Boudin F. Orbital, precessional and insolation quantities for the Earth from – 20 Myr to + 10 Myr // Astronomy and Astrophysics, 1993. V. 287. P. 522–533.

СВЯЗИ МЕЖГОДОВОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ТОПОГРАФИИ ВОДНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОКЕАНИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ С СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТЬЮ НА ПРИМЕРЕ ЧЕРНОГО И АЗОВСКОГО МОРЕЙ

А.В. Холодцев^{1,2}, С.В. Палаев²

¹Севастопольское отделение ФГБУ «Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова», г. Севастополь, Российская Федерация

²Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, Российская Федерация

spalaiev@yahoo.com

Аннотация. Изучены связи «сглаженных» в скользящих окнах той или иной продолжительности, изменений среднегодовых уровней водной поверхности различных участков акваторий Азовского и Черного морей, а также солнечной активности. На примере указанных морей проверена справедливость гипотезы о том, что причиной наличия этих связей является влияние на солнечную активность и динамику топографии водной поверхности некоторых регионов Мирового океана, поступательного движения по своим орбитам планет-гигантов Солнечной системы.