

## ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ДОЛГИХ ПЕРИОДОВ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Смутьский И.И.

Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН ФИЦ, Тюмень

[ismulsky@mail.ru](mailto:ismulsky@mail.ru)

100 лет назад Милутин Меланкович создал орбитальную теорию палеоклимата, в которой повторяющиеся ледниковые периоды объяснялись колебаниями солнечного тепла, то есть инсоляции. Эти колебания обусловлены колебаниями орбиты Земли. Однако изменение инсоляции были небольшие (рис. 1, линия  $L$ ), и они не совпадали с известными изменениями палеоклимата.

Так как эта причина колебания климата казалось мне разумной, то в конце XX века я решил эту теорию проверить и решить по-новому все входящие в неё проблемы. В результате было установлено, что задача об эволюции вращательного движения Земли ранее не была решена. Я ей решил, и колебания инсоляции возросли в 7-8 раз (рис. 1), а ее экстремумы совпали с колебаниями палеоклимата, которые были установлены геологами в XX веке.

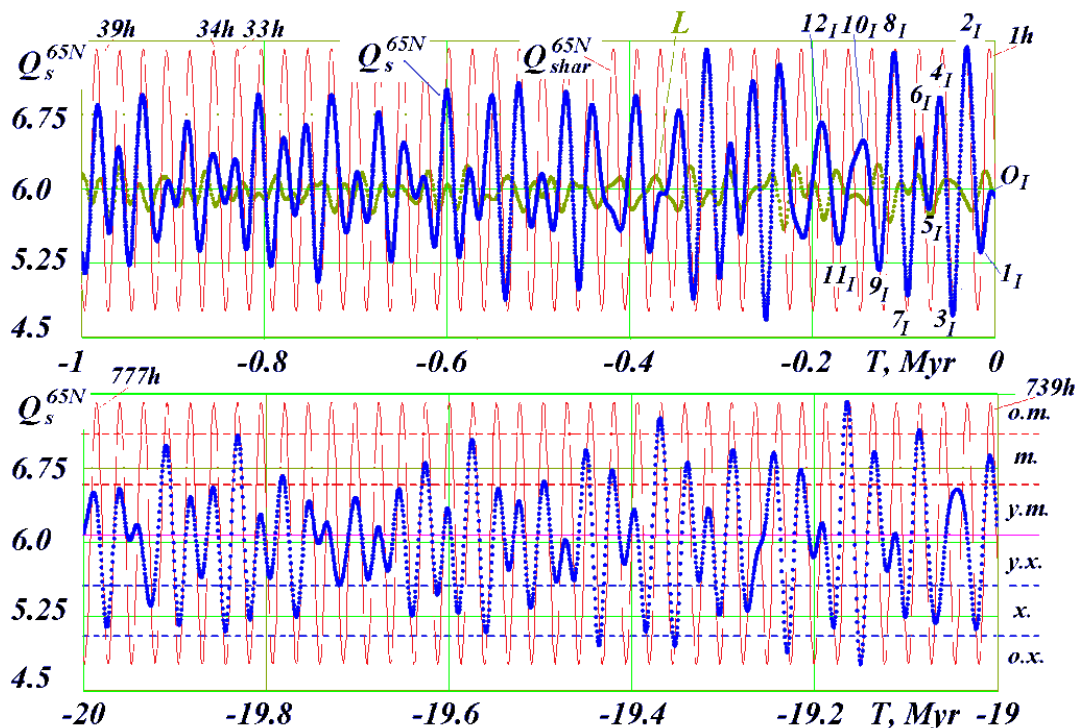


**Рис. 1.** Колебания летней инсоляции  $Q_s^{65N}$  на двухмиллионных интервалах времени за  $T = -$

1 Myr и -20 Myr.  $Q_s^{65N}$  – в ГДж/м<sup>2</sup>;  $Q_{shar}^{65N}$  – гармоника (1);  $O_I, 1_I, 2_I, \dots, 12_I$  – экстремумы инсоляционных периодов изменения климата за 200 т.л.н.;  $1h, 39h, \dots, 739h, 777h$  – номера максимумов гармоника (1);  $L$  – изменение летней инсоляции  $Q_s^{65N}$  согласно прежней Орбитальной теории изменения климата на примере работы (Laskar et al, 2004).

На верхнем графике рис. 1 синей линией показано изменение за 1 м.л.н. инсоляции за летнее калорическое полугодие  $Q_s^{65N}$  на широте 65° Северного полушария. Эта величина является характеристикой климата в высоких широтах. На интервале 200 тыс. лет назад (рис. 1 верхний график) были введены 13 инсоляционных периодов изменения палеоклимата  $O_I, 1_I, 2_I, \dots, 12_I$  (Смутьский, 2016).

Период  $O_I$  называют оптимумом голоцена. Небольшое потепление в нем отмечает ряд исследователей (Сакс, 1953; Баулин, 1959; Ломанченков, 1966; Васильчук, 1982; Ершов, 1989; Некрасов и др., 1990) [1]. Период  $1_I$  в Западной Сибири называют Сартанским ледниковым периодом, или последним ледниковым максимумом (Архипов, 1997; Архипов и др. 1980; Арсланов и др., 1983; Svendsen et al, 1999; Архипов, 2000). Период  $2_I$  называют Каргинским теплым периодом, значительно более теплом чем оптимум Голоцена (Макеев и др., 1979; Гроссвальд, 1983; Арсланов и др. 1983; Архипов, 1997; Svendsen et al, 1999; Лаухин и др, 2006; Гроссвальд, 2009; MacDonald et al, 2012;

Илларионов, 2013). Период  $3_i$  называют предпоследним ледниковым максимумом, который был более суровым, чем первый  $1_i$ . В западной Сибири его называют Ермаковским ледниковым периодом (Волков и др., 1969; Волков, Архипов, 1978; Архипов и др., 1980; Svendsen et al, 1999; Архипов, 2000; Гросвальд, 2009).

Периоды  $4_i$  -  $6_i$  в Западной Сибири отмечают как Казанцевское межледниковье с двумя небольшими потеплениями  $4_i$  и  $6_i$  (Волкова, 1991; Архипов и др., 1995; Архипов, 1997); Слои этого теплого периода перекрывают морену ледникового периода  $7_i$  (Архипов, 1997). Согласно унифицированной региональной стратиграфической схеме четвертичных отложений Западно-Сибирской равнины выделены тазовский ледниковый горизонт ( $9_i$ ) ширтинский теплый ( $10_i$ ), самаровский ледниковый ( $11_i$ ), и тобольский теплый горизонт ( $12_i$ ) (Волкова, 1999; Гусев и др., 2019). Отмечаются слои еще более древнего теплого периода  $14_i$  с максимумом 239 т.л.н. (Гусев и др., 2019).

Все инсоляционные периоды на рис. 1 имеют свои особенности и не повторяются. В соответствии с этими особенностями они проявляются в потеплениях и похолоданиях, которые происходили за последние 250 тыс. лет.

Как видно из графиков рис. 1, колебания инсоляции  $Q_s^{65N}$  неравномерные. Значительные потепления и похолодания следуют не регулярно. Однако почти все колебания согласуются с гармоникой  $Q_{shar}^{65N}$ , показанной тонкой красной линией:

$$Q_{shar}^{65N} = Q_0 + Q_a \sin(\varphi_0 + 2\pi T / P_{prm}), \quad (1)$$

где  $Q_0 = 6.099$  ГДж/м<sup>2</sup>;  $Q_a = 1.2711$  ГДж/м<sup>2</sup>;  $\varphi_0 = 0$ ;  $T$  – время в тыс. лет;  $P_{prm} = -25.7478$  тыс. лет – средний период прецессии оси вращения Земли.

На нижнем графике рис. 1 изменения инсоляции  $Q_s^{65N}$  показаны за 20-й м.л.н. Из сравнения инсоляции с гармоникой  $Q_{shar}^{65N}$  на всех графиках за 20 млн. лет следует, что значительные экстремумы инсоляции совпадают с экстремумами гармоник, или находятся вблизи них. Поэтому период прецессии  $P_{prm}$  оси Земли является основным периодом изменения климата Земли.

Были также введены (Смульский, 2016) три градации теплого климата: умеренно теплый, теплый и очень теплый уровни; и три холодного: умеренно холодный, холодный и очень холодный уровни. На графике за -20 Млн на рис. 1 границы между уровнями показаны пунктирными линиями. Эти границы отстоят на одинаковое значение  $\Delta Q_s$  от средней за 20 м.л.н. летней инсоляции  $Q_s^{65N}$  и равной  $Q_{sm}^{65N} = 6.055$  ГДж/м<sup>2</sup>, которая показана горизонтальной оранжевой линией.

Многие представляют ледниковые периоды как похолодания на всем земном шаре. Это не так. Количество тепла, поступающего на Землю, не изменяется. Изменяется его распределение по широтам Земли. В очень холодные периоды в высоких широтах тепла становится меньше за летнее полугодие. Поэтому снег не успевает растаять и образуется ледниковый покров. В это время в экваториальных широтах тепла поступает больше. В эти периоды зимы на всей Земле становятся теплее. Это способствует увеличению снежного покрова в высоких широтах, а, следовательно, и росту ледников.

В очень теплые периоды в высоких широтах тепла летом больше, чем сейчас на экваторе. Поэтому тают полярные ледники, в том числе ледники Гренландии и Антарктиды. А зимы – холодные и малоснежные, поэтому ледники за зиму не восстанавливаются. Это приводит к увеличению уровня океана и затоплению низменностей. Так что при общем постоянстве количества солнечного тепла, эти колебания климата происходят по всему земному шару.

1. Смульский И.И. Инсоляционная причина долгопериодических изменений климата // Геофизические процессы и биосфера. 2024. Т. 23, № 2. С. 25–39. DOI: 10.21455/GPB2024.2-3. [https://www.ikz.ru/~smulski/Papers/IPDIKI03\\_1JP.pdf](https://www.ikz.ru/~smulski/Papers/IPDIKI03_1JP.pdf).